Université Lumière Lyon 2

Université Libanaise

Thèse pour obtenir le grade de
Docteur en Sciences de l'Éducation

De la caractérisation des pratiques de classes de physique à leur relation aux performances des élèves : étude de cas en France et au Liban

Présentée par Layal MALKOUN

le 11 octobre 2007

Préparée sous la direction d'Andrée TIBERGHIEN et Jawad NIZAM

au sein de l'équipe ADIS-LST (groupe COAST)
de l'UMR 5191 ICAR (Université Lyon II, CNRS, ENS LSH, INRP)

Jury

Gérard SENSEVY	Rapporteur
Saouma BOU JAOUDE	Rapporteur
Andrée TIBERGHIEN	Directrice
Jawad NIZAM	Directeur

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION 9

CHAPITRE I
CONTEXTE DE RECHERCHE

1. La notion de pratique enseignante 11

2. Evolution historique des recherches sur enseignement – apprentissage/performances 13

2.1. Courant behavioriste 13
2.2. Courant cognitiviste 14
2.3. Courant socio-constructiviste et situationniste 14

3. Recherches récentes sur enseignement – apprentissage/performances 15

3.1. Approches processus-produit 16
3.2. Une variété d'autres approches 17

CHAPITRE II
CADRE THEORIQUE

1. Savoirs et connaissances 21

2. De la production du savoir à sa transmission aux élèves 22

2.1. Savoir savant 23
2.2. Savoir à enseigner 23
2.3. Savoir enseigné 24
2.4. Savoir acquis et performance 24

3. Le savoir enseigné en classe 26

3.1. L'importance de la situation de classe 26
3.2. L'action conjointe 27
3.3. La reconstruction du chercheur 28
3.4. Des concepts pour caractériser le savoir enseigné 29
3.4.1. Contrat didactique 30
3.4.2. Chronogénèse 30
3.4.3. Topogénèse 31
3.5. Des références pour caractériser le fonctionnement du savoir enseigné 33
3.5.1. Modélisation 33
3.5.2. Tâches épistémiques 33
3.5.4. Monstration 35

4. Savoir scientifique versus savoir naïf 35

5. Conceptions des élèves en mécanique 36

5.1. 1ère loi de Newton: 36
5.2. 3ème loi de Newton: 37

6. Hypothèses d'apprentissage 38
6.1. Hypothèses générales d'apprentissage en lien avec les interactions en classe 38
6.2. Hypothèses opératoires 39
7. Différentes échelles temporelles pour l'analyse du savoir enseigné 40

CHAPITRE III
QUESTIONS DE RECHERCHE ET METHODOLOGIE
1. Questions de recherche 43
2. Méthodologie de recueil et premier traitement des données 45
2.1. Dispositif de l'étude 45
2.2. Données recueillies 47
2.3. Premier traitement des données 48
3. Analyse des pratiques de classe à différentes échelles 49
3.1. Echelle macroscopique 49
3.2. Echelle mésoscopique 49
3.3. Echelle microscopique 51
3.3.1. Facettes : petits éléments de savoir 51
3.3.2. Tâches épistémiques 61
3.4. Caractérisation des pratiques de classes à partir des liens entre les échelles 73
4. Lien entre analyses de classes et performances des élèves d'un point de vue méthodologique 74
4.1. Les performances des élèves 75
4.2. Le lien entre pratiques de classes et performances 75

CHAPITRE IV
ANALYSE DES PRATIQUES DE CLASSE
1. Analyse à l'échelle macroscopique 78
2. Analyse à l'échelle mésoscopique 79
2.1. Chronologie 81
2.2. Contenu et durée 81
3. Analyse à l'échelle microscopique 83
3.1. Analyse en termes de facettes 83
3.1.1. Continuité du savoir 83
3.1.2. Densité du savoir 89
3.2. Analyse en termes de tâches épistémiques 90
3.2.1. Tâches épistémiques pour la classe 1 91
3.2.2. Tâches épistémiques pour la classe 2 92
3.2.3. Tâches épistémiques pour la classe 3 93
3.2.4. Conclusion 94
4. Conclusion 95

CHAPITRE V
ANALYSE DES PRATIQUES DE LA CLASSE 1
A L'ECHELLE MESOSCOPIQUE

1. Séance I (cours en classe entière) 98

1.1. Thème 2: Interactions 98
1.1.1. Sous – thème 2a: Principe des actions réciproques 98
1.1.2. Sous – thème 2b: Interactions à distance et interactions de contact 100
2. Séance II (TP en demi-classe) 102

2.1. Thème 1: Rappel des interactions (Aperçu) 102
2.2. Thème 2 : Forces : Modélisation des actions et représentation 103
2.3. Thème 4: Inventaire des forces avec compensation ou non des forces suivant le mouvement 106
2.3.1. Sous-Thème 4a: Situation de la boule accrochée à un fil 106
2.3.2. Sous-Thème 4b: Situation de la balle dans l'eau 108
3. Séance III (cours en classe entière) 116

3.1. Thème 3: Liste et représentation des forces et relation somme des forces et variation de la vitesse 116
3.1.1. Sous-Thème 3a: Cas de la situation balle de ping-pong dans l'eau 116
3.1.2. Sous-Thème 3b: Cas de la situation pierre-élastique 119
4. Séance V (TP en demi-classe) 124

4.1. Thème 2: Bilan des forces et application du principe d'inertie sur le mouvement d'une goutte d'eau colorée dans l'huile 124
5. Conclusion 128

5.1. Actions/Forces de contact 128
5.2. Force – mouvement 129
5.3. Force exercée par la Terre 130
5.4. Force exercée par l'air 130
5.5. Représentations 130
5.6. Tâches épistémiques et groupes de facettes 131
5.7. Topogénèse 131

CHAPITRE VI
ANALYSE DES PRATIQUES DE LA CLASSE 2
A L'ECHELLE MESOSCOPIQUE

1. Séance I (Cours en classe entière) 134

1.1. Thème 1: Introduction de la notion d'action 134
1.2. Thème 2: Introduction du modèle des interactions 140
1.3. Thème 3: Première mise en œuvre du modèle des interactions 142
2. Séance II (TP en demi-classe) 147

2.1. Thème 2: Etude des interactions pour des situations variées 147
2.2. Thème 5: Détermination des phases du mouvement d'un objet, du sens de l'action, variation de sa vitesse (cas d'un médecine-ball qu'on lance et qu'on rattrape) 151

3. Séance III (cours en classe entière) 156
3.1. Thème 3: Représentation de la force modélisant un objet en mouvement 156
4. Séance V (TP en demi-classe) 163
4.1. Thème 3: Non compensation des forces s'exerçant sur un système dont la vitesse varie 163
5. Séance VI (cours en classe entière) 166
5.1. Thème 2: Représentation du diagramme système-interactions et des forces et application du principe d'inertie 166
6. Conclusion 173
6.1. Actions/Forces de contact 173
6.2. Force – mouvement 174
6.3. Force exercée par la Terre 175
6.4. Force exercée par l'air 175
6.5. Représentations 175
6.6. Tâches épistémiques et groupes de facettes 176
6.7. Topogénèse 176

CHAPITRE VII
ANALYSE DES PRATIQUES DE LA CLASSE 3
A L'ECHELLE MESOSCOPIQUE

1. Séance I (cours en classe entière) 180
1.1. Thème 3: Bilan des forces exercées sur un corps 180
2. Séance III (cours en classe entière) 183
2.1. Thème 5: Modélisation de l'action mécanique par le vecteur force (caractéristiques de ce vecteur) 183
2.2. Thème 6: Forces de contact: tension d'un fil et réaction du support 185
3. Séance IV (cours en classe entière) 187
3.1. Thème 2: Bilan et représentation des forces et relation entre sens du mouvement et sens des forces (exercice) 188
4. Séance V (cours en classe entière) 191
4.1. Thème 4: Relation force-mouvement et force-vitesse-accélération 191
5. Séance VI (cours en classe entière) 195
5.1. Thème 1: Principe de l'inertie avec des formules 195
5.2. Thème 5: Nature du mouvement, bilan et représentation des forces et application du principe d'inertie (exercice) 196
5.2.1. Sous-Thème 5a : Nature du mouvement, bilan et représentation des forces 197
5.2.2. Sous-Thème 5b : Application du Principe de l'inertie (+ projection des forces suivant une direction) 199
6. Conclusions 200
6.1. Actions/Forces de contact 200

6.2. Force – mouvement 201
6.3. Force exercée par la Terre 201
6.4. Force exercée par l'air 202
6.5. Représentations 202
6.6. Tâches épistémiques et groupes de facettes 203
6.7. Topogénèse 203

CHAPITRE VIII
LIENS ENTRE PRATIQUES DE CLASSE ET PERFORMANCES DES ELEVES

1. Concepts difficiles à acquérir 206

1.1. Relation entre force et mouvement 206
1.1.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes 206
1.1.2. Performances des élèves 209
1.1.3. Lien avec les pratiques de classe 215
1.2. Actions ou forces de contact et actions réciproques 217
1.2.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes 217
1.2.2. Performances des élèves 218
1.2.3. Lien avec les pratiques de classes 222
1.3. Un objet en mouvement peut ne pas avoir de force dans le sens du mouvement 226
1.3.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes 226
1.3.2. Performances des élèves 227
1.3.3. Lien avec les pratiques de classes 229

2. Eléments de savoir ne présentant pas une difficulté particulière: 230

2.1. Nature du mouvement 230
2.1.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes 230
2.1.2. Performances des élèves 231
2.1.3. Lien avec les pratiques de classes 234
2.2. Force exercée par la Terre/poids 235
2.2.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes 235
2.2.2. Performances des élèves 236
2.2.3. Lien avec les pratiques de classes 239
2.3. Rôle de l'air dans le mouvement 241
2.3.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes 241
2.3.2. Performances des élèves 242
2.3.3. Lien avec les pratiques de classes 244
2.4. Représentation vectorielle des forces 245
2.4.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes 245
2.4.2. Performances des élèves 247
2.4.3. Lien avec les pratiques de classe 255

3. Conclusion 256

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

1. Retour sur les questions de recherche 258
1.1. Caractérisation des pratiques de classe 258
1.2. Lien entre pratiques de classes et performances des élèves 261
2. Retour sur la méthodologie 262
2.1. Thèmes 262
2.2. Facettes 262
2.3. Tâches épistémiques 264

BIBLIOGRAPHIE 266

Contrat de diffusion

Ce document est diffusé sous le contrat *Creative Commons* « **Paternité – pas d'utilisation commerciale - pas de modification** » : vous êtes libre de le reproduire, le distribuer et le communiquer au public à condition de mentionner le nom de son auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adater ou l'utiliser à des fins commerciales.

Remerciements

Maman,

J'ai déposé ma thèse, olé ! Voici ce que j'aurai aimé te dire, comme je l'ai dit à tout le monde, mais il se trouve que tu sois la seule à qui je ne puis le dire face à face ou au téléphone, alors j'ai décidé de te l'écrire : Maman, j'ai déposé ma thèse, olé ! Et je sais que, où que tu sois, tu trouveras un moyen de le lire et que tu te précipiteras pour me serrer dans tes bras.

Je ne sais pas trop pourquoi je t'écris, je pense que c'est par envie de me poser et de faire le point avec toi sur cette période passée.

J'ai débarqué un peu par hasard dans ce domaine de la didactique et me suis retrouvée, un peu par hasard aussi, engagée dans un projet que je n'aurai jamais imaginé entreprendre, une thèse. Ce n'était pas toujours évident à faire et j'avoue que j'ai parfois eu envie de laisser tomber. Mais c'était mon choix, je l'ai assumé, je ne regrette pas du tout de l'avoir fait, au contraire, et finalement j'ai appris à vraiment aimer ce que je fais, quelqu'un me l'a appris. En fait, j'ai eu la chance d'avoir deux directeurs vraiment superbes, Dr. Jawad et Andrée et qui m'ont beaucoup aidé mais le fait que j'étais en France a fait que j'ai beaucoup plus travaillé avec Andrée et que je la connais mieux. L'énergie qu'elle a, l'ambition d'aller à fond dans ce qu'elle fait, la joie d'avoir des résultats, l'ouverture qu'elle a envers les autres, font que tu te sens emportée dans ce tourbillon et je n'ai pas été une très bonne nageuse pour pouvoir y échapper, je me retrouvée de plus en plus attirée par la recherche. Professionnellement j'ai beaucoup reçu et appris et j'en suis reconnaissante. Humainement j'ai énormément reçu et appris et j'en suis infiniment reconnaissante. La pudeur m'a souvent empêché et m'empêche aujourd'hui même d'en dire plus mais peu importe, tous ceux qui liront cette lettre savent très bien ce que je pense d'elle et je pense, enfin j'espère, qu'elle le sait aussi. Voilà maman, cette thèse je ne l'ai donc pas faite seule, on l'a faite à deux, voire à plusieurs avec toutes les personnes qui m'ont aidée. Je ne sais pas si je l'ai bien ou mal faite, on le saura le 11 octobre. J'aurai l'honneur d'être jugée par deux personnes que je respecte beaucoup ; elles me poseront plein de questions et vu le début d'Alzheimer que j'ai, j'espère pouvoir m'en sortir, alors fais quelques rosaires ce jour-ci au cas où.

En tout cas, le résultat final est important pour moi mais je sais que je l'oublierai un jour ; l'essentiel reste tout ce que j'ai vécu pendant ces quatre ans et qui gardera en moi des empreintes indélébiles. Pour tout te dire, c'était la plus belle aventure que j'ai jamais vécue. Tout quitter au début pour de me lancer dans l'inconnu était dur mais tous ceux que j'aime

ont toujours été là pour me soutenir. La famille que tu m'as laissée, Papa, Fadi, Tante Fernande et co., Tonton Riad et co., Téta, Jeddo, ont toujours été et sont toujours là pour moi ; ils prennent soin avec beaucoup d'amour de la fille que tu leur a laissée il y a 22 ans. Je ne sais pas exactement qui était ta meilleure amie mais si j'étais toi j'aurai choisi tante Maguy ; personne n'aurait fait ce qu'elle a fait pour moi, je pense qu'elle t'adore. J'ai ensuite eu deux grands amours dans ma vie, Rori et Joe et deux tout petits, Touti et Clara qui me comblent toujours par tout ce qu'ils sont et que j'adore. J'ai même eu une communauté qui me porte toujours dans ses prières. Tu vois, je ne manque de rien !

Je suis arrivée à Lyon en rêvant de la quitter le plus vite possible et voilà que je la quitte avec amertume ! La ville va sûrement me manquer mais c'est surtout tout ce que j'ai vécu dans tous ses coins avec des personnes que j'adore et dont les souvenirs ont déjà commencé à me hanter. Je n'oublierai jamais l'endroit où j'ai rencontré pour la première fois ceux qui sont devenus mes meilleurs amis : l'Amour en miniature, la Tendresse en stress, la Distraction en soi, l'Autorité dans tous ses états, le Sang originellement royal, le Gendre écrasé, la Noblesse qui oblige, les Yeux étincelants, le Guide du savoir vivre, la Famille sainte, et tous les membres de ma chorale, mes amis du labo et plein d'autres. Nous avons vécu des folies ensemble et j'espère que nous serons toujours réunis malgré toutes les distances qui nous séparent.

Maman, voici venu le jour de mon départ, le jour où une aventure se termine pour qu'une autre commence, une autre qui sera pire ou meilleure, mais peu importe puisque je la vivrai avec tous ceux qui seront toujours là pour moi et avec toi, Charbel, Téta et Jeddo qui me survoleront toujours.

Je te dirai ce qui se passera le 11 mais quoiqu'il en soit nous ferons la fête et boirons à la santé de nous tous. Si vous vous trouvez en pénurie de boissons et de friandises, cherche avec Téta, elle cache toujours quelques unes dans son fauteuil.

Ça m'a fait plaisir de vivre ce moment avec toi, c'est comme si tu étais là et je sais que tu le seras toujours à ta façon.

Je t'aime

« Mon père était un chercheur d'or
L'ennui c'est qu'il en a trouvé »
Jacques Brel

INTRODUCTION

Actuellement, alors que les évaluations internationales et nationales se développent, plusieurs recherches visent à mettre en relation les performances des élèves et les pratiques de classe. A notre connaissance les hypothèses permettant d'anticiper des effets de l'enseignement effectif en classe sur les performances des élèves sont encore des objets de débats. Notre recherche s'inscrit dans cette voie. Elle concerne les relations entre l'évolution des performances des élèves relatives aux acquisitions conceptuelles entre le début et la fin de l'enseignement et l'activité d'enseignement dans la classe, en se plaçant du point de vue du savoir. Cette recherche prend appui sur la partie "mécanique" du programme actuel de physique de la classe de seconde en France et au Liban. Le but est de caractériser les pratiques des classes étudiées afin de les différencier, d'évaluer l'apprentissage dans les différentes classes en termes de performances sur des questionnaires et de poser des hypothèses sur les relations entre les différences de performances et les différences de pratiques.

Notre recherche se situe à la croisée de deux études : l'une porte sur l'évaluation de la mise en œuvre de la séquence d'enseignement de mécanique en seconde conçue le groupe SESAMES (*Situations d'Enseignement Scientifique: Activités de Modélisation, d'Evaluation et de Simulation*, projet INRP) et l'autre porte sur l'étude du fonctionnement d'une classe de physique quelle que soit la séquence utilisée. C'est une étude de cas à la fois qualitative et quantitative: qualitative dans la mesure où elle s'intéresse à un petit échantillon (trois classes) et essaie de comprendre son comportement et son fonctionnement de manière profonde et quantitative dans la mesure où elle met en jeu des données numériques lors de l'analyse des questionnaires de même que lors de l'analyse des pratiques de classes.

Afin de présenter notre travail, nous commençons par exposer le contexte dans lequel s'inscrit notre recherche. Elle s'intéresse aux « pratiques », une notion qui émerge de plus en plus dans les recherches actuelles afin de les relier aux performances des élèves. Ces recherches ont

connu une évolution importante dans le temps et présentent de nos jours une variété de travaux.

Dans le deuxième chapitre nous exposons le cadre théorique qui nous a permis de poser nos questions de recherches et d'alimenter nos réflexions et notre méthodologie. Notre cadre théorique est basé sur le savoir. Nous tenterons de définir et de différencier différents genres de savoir pour nous centrer sur le savoir enseigné et présenter les outils qui permettent de caractériser son fonctionnement. Nous présentons ensuite les difficultés que les élèves ont en mécanique et posons nos hypothèses d'apprentissage. Enfin nous définissons différentes échelles au niveau desquelles se situeront nos analyses.

Dans le troisième chapitre nous présentons nos questions de recherche et la méthodologie d'analyse que nous adoptons afin de répondre à ces questions. Nous exposons les différents types d'analyse menés au niveau de chaque échelle.

Dans le quatrième chapitre, nous présentons les analyses des pratiques de classes aux différentes échelles et dans les trois chapitres suivants, nous menons des analyses plus fines de ces pratiques au niveau mésoscopique. Nous présentons ensuite les résultats des classes aux questionnaires et tentons d'interpréter les différences de résultats à l'aide des différences de pratiques à plusieurs échelles temporelles. Nous concluons enfin sur la nécessaire complémentarité de ces analyses.

CHAPITRE I
CONTEXTE DE RECHERCHE

L'étude des relations entre pratiques d'enseignement et performances des élèves présente une grande variété de travaux, tant du point de vue méthodologique que théorique. Par exemple, nous retrouvons des études de cas et des études à grande échelle, certaines mettent en jeu une discipline et d'autres deux ou plusieurs, certaines se centrent sur l'évolution des conceptions des élèves avec l'enseignement et d'autres sur les pratiques d'enseignement ou sur la relation entre pratiques d'enseignement et performances des élèves, etc. Nous présentons dans ce chapitre la notion de pratique enseignante telle qu'elle est définie par plusieurs chercheurs afin de donner ensuite ce que nous entendons par cette notion. Notre recherche étant centrée sur les relations entre enseignement et apprentissage, nous présentons l'évolution historique des recherches allant des approches behavioristes aux approches socio-constructivistes et donnons quelques approches de recherches récentes concernant la relation entre enseignement et apprentissage.

1. La notion de pratique enseignante

Les recherches sur les pratiques enseignantes deviennent de plus en plus nombreuses de nos jours. L'intérêt scientifique de ces recherches et ses enjeux sont importants vu que la demande sociale en matière de réussite de l'école, de qualité et d'efficacité de l'enseignement est forte et que la formation des professeurs prend une ampleur et se développe afin de faire de l'enseignement un vrai métier dont les pratiques seraient théorisées. L'enjeu principal de ces recherches est de comprendre les modalités des pratiques enseignantes en classe, leur organisation, leur fonctionnement, les processus en jeu, pour en comprendre les relations avec les apprentissages des élèves.

La notion de pratique est employée dans un bon nombre de recherches et constitue leur objet d'étude: on parle de pratiques d'enseignement, d'apprentissage, d'enseignants, d'élèves, de pratiques pédagogiques, culturelles, professionnelles, institutionnelles, familiales, etc. Cependant il n'existe pas une définition univoque de la notion de "pratique" mais plusieurs définitions selon les disciplines, les champs théoriques et les problématiques. Nous reprenons quelques définitions et caractéristiques des pratiques données par des chercheurs et explicitons ensuite ce que nous entendons par cette notion.

Les travaux des chercheurs sur les pratiques enseignantes ont été en grande partie influencés par l'œuvre du sociologue Pierre Bourdieu (1980), « le sens pratique », qui a traité la question des pratiques dans une approche sociologique.

Durand (1996), psychologue, définit la pratique en utilisant la théorie de l'activité. Pour lui, activité désigne ce que fait un agent pour réaliser une tâche ; elle regroupe le comportement observable (la composante motrice ou verbale) et l'activité cognitive qui s'y rapporte (les processus activés par l'agent). Nous retrouvons également cette double dimension chez des chercheurs en sciences de l'éducation comme Beillerot et Altet. Beillerot (1998) considère que c'est la double dimension de la pratique qui la rend précieuse, en précisant d'un côté les gestes, les conduites, les langages et de l'autre, les objectifs, les stratégies et les idéologies. Altet (2002) évoque également ces deux dimensions en les qualifiant de pédagogique et didactique. Elle définit la pratique enseignante comme "la manière de faire singulière d'une personne, sa façon réelle, propre d'exécuter une activité professionnelle : l'enseignement". Pour elle, "la pratique, ce n'est pas seulement l'ensemble des actes observables, actions, réactions mais cela comporte les procédés de mise en œuvre de l'activité dans une situation donnée par une personne, les choix, les prises de décision. (…) La pratique enseignante recouvre bien les deux dimensions pédagogique et didactique dont il s'agit de comprendre l'articulation fonctionnelle et la cohérence."

Robert et Rogalski (2002) évoquent par contre plusieurs composantes des pratiques enseignantes: les composantes *cognitives* et *médiatives* qui correspondent aux analyses réalisées en classe (choix des énoncés et de la gestion de la classe), la composante *sociale* (liée à l'établissement), la composante *institutionnelle* (les programmes et instructions officielles, les horaires, les manuels) et enfin la composante *personnelle* (liée à la formation et au parcours de l'enseignant). Ces différentes dimensions rentrent en jeu et influent sur les choix individuels dans une pratique de classe.

D'autres chercheurs en science de l'éducation, comme Barbier (2000), définissent la pratique non pas comme une manière de faire d'une personne mais plutôt comme un processus de transformation d'une réalité en une autre réalité, requérant l'intervention d'un opérateur humain (procès opératoire). Il s'intéresse aux processus d'accompagnement d'une pratique qu'il désigne par "procès de conduite" qui comporte les "gestes mentaux" et les "phénomènes représentationnels" et par "procès affectif" qui comporte les "phénomènes indissociablement liés à l'image de soi, individuelle ou collective".

Bru (1991 ; 2001) évoque le caractère organisationnel des pratiques. Pour lui, les pratiques des enseignants, si elles sont des objets complexes, n'évoluent pas de façon chaotique. On peut repérer des invariances à partir de l'étude des stabilisations intra-individuelles et interindividuelles de ces pratiques. Tenter de décrire et d'expliquer les pratiques des enseignants en contexte consiste à étudier les organisateurs de ces pratiques.

Chevallard (1999) considère que la pratique enseignante se caractérise par le rapport personnel d'un individu x à un objet o… toute activité humaine consiste à accomplir une tâche t d'un certain type T au moyen d'une certaine technique, justifiée par une technologie, à son

tour justifiable par une théorie. Pour lui, toute pratique se laisse analyser en un système de tâches, c'est-à-dire d'activités bien circonscrites qui se découpent dans le flux de la pratique.

Blanchard-Laville (2002), dans une approche clinique, s'appuie sur le modèle de Chevallard. Pour elle la pratique "c'est la posture, c'est-à-dire la façon d'investir la tâche, de se relier aux différents objets (au sens psychique du terme) que sont les élèves, le savoir, l'institution, qui détermine la pratique"

Nous retenons de toutes ces définitions le fait qu'elles évoquent "ce que font les individus et comment ils le font". Cependant, nous adoptons la définition donnée par Sensevy et Mercier (2007) qui reste la plus fonctionnelle pour nous. Dans une approche comparatiste en didactique, ces auteurs définissent la pratique en utilisant la notion d' "action didactique", c'est-à-dire "ce que les individus font dans des lieux (des institutions) où l'on enseigne et où l'on apprend", en considérant que cette action est réalisée conjointement par le professeur et ses élèves. En effet, nous utilisons dans notre étude la notion de "pratiques de classe" plutôt que "pratiques d'enseignement" ou "pratiques enseignantes" puisque nous considérons la classe comme un système et que la façon dont fonctionne ce système influence l'apprentissage des élèves. La pratique de classe serait donc une "action conjointe" du professeur et des élèves qui contribuent ensemble à l'élaboration du savoir dans la classe et à son apprentissage par les élèves.

2. Evolution historique des recherches sur enseignement – apprentissage/performances

Les recherches sur l'enseignement et l'apprentissage n'ont pas toujours été ce qu'elles sont aujourd'hui. Elles sont passées de l'intérêt unique à l'enseignant et aux performances des élèves avec le paradigme du "processus-produit" et l'étude des processus cognitifs de l'enseignant à l'étude du processus interactif enseignement-apprentissage.

2.1. Courant behavioriste

Avant les années 70, les premiers travaux sur l'enseignement en Amérique du Nord s'inscrivaient dans ce paradigme. La visée de ces travaux était prescriptive plutôt que descriptive: ils disaient plutôt ce que devrait être l'enseignement ou comment enseigner plutôt qu'ils ne s'attachaient à analyser, dans toute sa complexité, ce qui se passe en réalité dans l'espace d'enseignement. Adoptant l'approche behavioriste de l'enseignement qui postule des relations entre les comportements du maître, sa personnalité, ses caractéristiques et les résultats des élèves, des travaux du type "processus-produit" réduisaient l'étude de l'enseignement aux seuls comportements observables de l'enseignant et visaient à déterminer l'efficacité de l'enseignement (Walberg, 1993). Shulman décrit bien ce genre de travaux:

> "Overall, the findings take the form of propositions describing those forms of teaching behavior that are associated with gains in student performance, often conditioned on grade level and subject matter. That aspect of teacher behavior usually described is either classroom management behavior (responses to misbehavior, allocation of turns, establishment of rules) or generic instructional behavior (use of lower- or higher-order questions, frequency of praise or critisism, wait time), rather than behavior describing the substantive subject-specific content of instruction (e.g., choice of examples, sources of metaphors, type of substraction algorithm employed, reading comprehension strategy demonstrated and explained, and the like)." (Shulman, 1986, p. 12)

Ces travaux mettaient l'accent sur le rôle primordial de l'enseignant et le considéraient comme l'acteur principal, essayant ainsi de repérer des variables efficaces dans ses comportements qui

seraient associées à la réussite des élèves. Brophy et Good (1986) décrivent les résultats de ces types de travaux en termes de cinq catégories de base: "quantity and pacing of instruction, structuring of information presented to students, questionning students, responding to student responses and handling seatwork and homework assignments". Cependant, minimisant les rôles des élèves et des contenus, ces travaux n'ont pu comprendre le processus enseignement-apprentissage.

Avec le temps, le behaviorisme s'est éclipsé au profit du paradigme cognitiviste et de nos jours, on retrouve toujours des études du type "processus-produit" mais qui adoptent des approches cognitivistes ou socio-cognitivistes plutôt que behavioristes.

2.2. Courant cognitiviste

Dans les années 70, un premier changement est observé dans les orientations des recherches sur l'enseignement: des études se centrant sur les processus cognitifs de l'enseignant se développent. Clark et Peterson (1986) attribuent ce changement en grande partie à une conférence "National Conference on Studies in Teaching" qui a eu lieu en 1974 aux Etats-Unis et dont le rapport incite la communauté des chercheurs à s'intéresser aux processus cognitifs des enseignants qui sont à la base de leurs actions. Depuis, plusieurs études se sont intéressées aux processus de pensées et décisions des enseignants. Ces études se sont souvent centrées sur un des trois moments pendant lesquels l'enseignant peut s'engager dans une prise de décision (Shavelson et Stern, 1981 ; Clark et Peterson, 1986 ; Calderhead, 1996): avant l'enseignement (décision préactive), pendant l'enseignement (décision interactive) ou après l'enseignement (décision postactive).

Ces études ont pris en compte le rôle de la classe et des élèves de manière plus importante que celles qui les précédaient, dans le sens où elles considéraient que les décisions interactives que le professeur prenaient dépendaient beaucoup du comportement des élèves: si le comportement des élèves est approprié il n'y a pas de raison de modifier le plan de la leçon, sinon le professeur peut modifier la leçon (Shavelson et Stern, 1981 ; Clark et Peterson, 1986).

Cependant, comme le disent Shavelson et Stern, ces études restaient du côté de l'enseignant et ont rarement pris en compte les attitudes et les acquisitions des élèves:

> "Few studies of teachers' judgments, decisions and behavior have traced the teaching process from initial information through teacher characteristics and cognitive processes to planning and interactive teaching and the effects of these components of teaching on students' achievements and attitudes." (Shavelson et Stern, 1981, p.487)

2.3. Courant socio-constructiviste et situationniste

Au cours des années 70, avec l'arrivée des théories constructivistes et socio-constructivistes de l'apprentissage, l'enseignant n'est plus considéré comme le seul acteur ou l'acteur principal. On observe l'émergence du rôle de l'élève et de la situation. Le constructivisme accorde un rôle primordial à l'élève en le considérant comme le propre architecte de son savoir qui apprend en agissant sur le monde matériel et en l'organisant en même temps qu'il s'organise lui-même par les processus d'adaptation, d'assimilation et d'accommodation (Piaget). Le socio-constructivisme est centré sur la médiation, et ainsi, le rôle de l'enseignant comme médiateur entre l'élève et le savoir qui intervient auprès de l'élève afin de diminuer l'espace d'incertitude dans lequel ce dernier navigue devient essentiel (Vygotski, Bruner).

Dans les années 80 apparaît le courant de l'action/cognition située, inspiré des travaux de Garfinkel, le fondateur de l'ethnométhodologie. Le terme d'action/cognition située sous-tend

l'idée que toute action/cognition dépend étroitement des circonstances matérielles et sociales dans lesquelles elle a lieu (situation) et qu'elle doit en conséquence, être considérée comme une réponse spécifique à cet ensemble de circonstances. Plutôt que de tenter d'abstraire une structure de l'action pour la représenter sous la forme d'un plan rationnel, l'approche préconisée par Suchman (1987) et les théoriciens de l'action située consiste à comprendre comment l'homme parvient à produire des plans en cours d'action.

Ces théories ont influencé les recherches sur l'enseignement et de nos jours "la problématique de la recherche contemporaine sur l'enseignement porte sur l'articulation du processus enseignement-apprentissage en situation, en contexte" (Altet, 1994). Plusieurs de ces recherches ont alors étudié à la fois les comportements de l'enseignant et des élèves en situation et essayé d'identifier les processus et les dispositifs qui médiatisent les relations enseignant - apprenant - savoir.

3. Recherches récentes sur enseignement – apprentissage/performances

Avant d'évoquer un certain nombre de recherches, signalons d'abord qu'en France, des réseaux de collaboration entre chercheurs ayant un objet commun de recherche, les pratiques enseignantes, ont été créés. Deux réseaux rassemblant des chercheurs de différentes disciplines ont vu le jour en 2001, OPEN et RESEIDA.

« Le Réseau Observation des Pratiques Enseignantes (OPEN) rassemble des équipes de recherche qui travaillent sur les pratiques enseignantes en accordant une large place à l'observation de ces pratiques, dans une perspective pluridisciplinaire convoquant à la fois les sciences de l'éducation, les didactiques des disciplines, la sociologie, la psychologie, les sciences du langage, l'ergonomie. L'enjeu de ces recherches est avant tout de poursuivre et d'approfondir les analyses des modalités de la pratique enseignante en classe pour en comprendre les relations avec les apprentissages des élèves » (http://www.u-paris10.fr/11428558/0/fiche___pagelibre/).

A la différence du réseau OPEN, le réseau Recherches sur la Socialisation, l'Enseignement, les Inégalités et les Différenciations dans les Apprentissages (RESEIDA) s'intéresse aux pratiques mais n'a pas pour objet central les pratiques enseignantes, pas plus d'ailleurs que celles des élèves. Il s'intéresse à la question des inégalités et des processus différenciateurs à l'école. Il rassemble des sociologues, des psychologues et des didacticiens. (http://escol.univ-paris8.fr/rubrique.php3?id_rubrique=73).

Ces réseaux, même à l'échelle d'un pays montrent que bien qu'ayant un objet de recherche commun, les pratiques enseignantes, les équipes et les chercheurs ne l'abordent pas de la même façon mais on observe des approches théoriques et méthodologiques différentes. Nous essaierons de nous pencher sur quelques travaux récents, nationaux et internationaux, qui ont abordé de façons différentes la question des pratiques enseignantes afin de nous positionner par rapport à elles. Certains de ces travaux sont plus centrés sur les pratiques enseignantes et par suite sur l'enseignant, d'autres sur la classe, en d'autres termes sur le professeur et les élèves. Nous distinguons pour cette présentation l'approche « processus-produit » des autres approches.

3.1. Approches processus-produit

Nous présentons deux types de travaux, l'un mené à une échelle internationale en lien avec l'évaluation, TIMSS, et l'autre menée en Allemagne à partir d'un modèle théorique de l'enseignement.

Dans une approche "processus-produit", qui n'est partagée par aucun des chercheurs français des réseaux que nous avons cités ci-dessus, des chercheurs allemands (Fisher et al. 2005) se basent sur un cadre théorique proposant "des modèles de base" de l'apprentissage (autour de 10) tels que la construction de la signification de mots/concepts, le développement de routines ou de stratégies, la résolution de problèmes, etc. (Oser et Baeriswyl 2002 ; Paquay et Dayez 2006). A chacun de ces modèles sont associées des procédures d'enseignement observables. Des procédures très différentes peuvent être associées à un même modèle d'apprentissage. Ce modèle a été adapté par les équipes allemandes pour permettre de caractériser l'enseignement de physique pendant une séance en termes de structures profonde et de surface. Les résultats actuellement disponibles caractérisent le type d'enseignement effectif d'une majorité de professeurs en Allemagne. Ils ne donnent pas de caractéristiques spécifiques des classes "performantes". L'étude est quantitative dans le sens où un grand nombre de données vidéo est pris sur un échantillon important de classes.

Nous classons dans cette catégorie, une étude évaluant les connaissances conceptuelles des élèves pour les relier aux pratiques d'enseignement : TIMSS Video Studies

Associés aux évaluations TIMSS *(Third International Mathematics & Science Study)*, deux projets TIMSS vidéo ont été menés. Ces projets visaient à décrire les pratiques d'enseignements dans différents pays afin d'essayer de les relier aux performances des élèves. Les travaux du premier projet "TIMSS 1995 Video Study", associé à l'évaluation TIMSS 1995, étaient basés sur une comparaison de leçons de mathématiques dans trois pays: l'Allemagne, le Japon et les Etats-Unis, parmi lesquels le Japon avait le score le plus élevé à l'évaluation. L'étude TIMSS vidéo a montré que le Japon avait une façon différente d'enseigner les mathématiques, comparée à celle des deux autres pays de l'étude (Stigler et al. 1999). Ces résultats pouvaient laisser penser que les bonnes performances sont possibles si on adopte des pratiques d'enseignement similaires à celles observées au Japon.

Le deuxième projet "TIMSS 1999 Video Study", associé à l'évaluation TIMSS 1999, était une continuité du projet fait en 1995. Il a été réalisé sur un nombre de séances de classes de mathématiques jamais atteint jusque-là: 638 séances de mathématiques au niveau de la 4ème, une séance par professeur. Ces séances ont été filmées dans sept pays: Australie (87 séances), République Tchèque (100 séances), Hong Kong SAR (100 séances), Japon (50 séances), Pays Bas (78 séances), Suisse (140 séances) et Etats-Unis (83 séances). Dans chaque pays, les séances ont été filmées tout au long de l'année scolaire afin de couvrir différents sujets et activités pouvant avoir lieu durant une année scolaire. Les buts de ce projet sont (Hiebert et al. 2003a, p.1-2) :

- "To develop objective, observational measures of classroom instruction to serve as appropriate quantitative indicators of teaching practices in each country in using complementary qualitative and quantitative approaches.
- To compare teaching practices among countries and to identify lesson features that are similar or different across countries.
- To describe patterns of teaching practices within each country."

Avec une perspective pragmatique, les auteurs visent à caractériser les pratiques d'enseignement dans différents pays permettant aux étudiants d'obtenir de bonnes performances. Un des résultats principaux porte sur la caractérisation des particularités d'une

leçon de mathématiques dans différents pays, ce qui est appelé : la signature d'une leçon. Les leçons sont caractérisées selon trois dimensions : (1) but de ce qui se déroule dans la classe (rappel, introduction d'un nouveau contenu, etc.), (2) les interactions en classe, (3) le contenu de l'activité (sujets couverts, nature du raisonnement mathématique, relations entre les problèmes, …). Les signatures des leçons sont construites en étudiant ce qui se passe selon les trois dimensions pendant chaque minute de chacune des leçons. Il apparaît qu'il existe des ressemblances ainsi que des différences entre les pays:

> "While there were some shared general features, there was discernible variation across the countries in teaching eighth-grade mathematics. Distinctions included the introduction of new content, the coherence across mathematical problems and within their presentation, the topics covered and the procedural complexity of the mathematical problems, and classroom practices regarding individual student work and homework in class" (Hiebert et al., 2003b, p.4)

Comme le précisent les auteurs, les résultats ne permettent pas d'identifier les caractéristiques d'une séance qui seraient importantes pour l'apprentissage et les acquisitions des élèves en mathématiques. Il apparaît que les pays ayant de très bons résultats aux évaluations ont des structures de leçons très différentes, comme par exemple Hong Kong SAR et les Pays-Bas (Hiebert et al., 2003a). Par exemple, à Hong Kong SAR, "a number of lessons are initially focused on content activities such as non-problem-based mathematical work: presenting definitions, pointing out relationships among ideas, or providing an overview or summary of the major points in a lesson. […]. As students and teachers moved through the second half of the lesson, Hong Kong SAR mathematics lessons also began to focus on the practice of new content through a mix of independent problems and sets of problems (concurrent problems) assigned to students as whole-class or seatwork." (Hiebert & al. 2003, p.132). De plus, la majorité de la leçon se situe avec des "interactions publiques" c'est-à-dire que l'ensemble de la classe travaille ensemble. Inversement, aux Pays-Bas, "the midpoint of the lesson is the time when a majority of Dutch lessons moved into private interaction, wherein students worked individually or in small groups with the help of the teacher and focused on sets of problems completed as seatwork." (Hiebert & al. 2003, p.138). De plus, la majorité du temps de la leçon est consacrée à de nouveaux contenus (introduction d'un nouveau contenu ou sa pratique) et presque un quart des leçons est consacré entièrement à la révision.

TIMSS vidéo n'a pas conduit à des propositions précises sur les solutions à la question du lien entre pratiques d'enseignement et performances ; les auteurs ont plutôt mis l'accent sur la complexité de ces pratiques:

> "More than anything, the findings of this study expand the discussion of teaching by underscoring its complexity. One thing is clear however: the countries that show high levels of achievement on TIMSS do not all use teaching methods that combine and emphasize features in the same way. Different methods of mathematics teaching can be associated with high scores on international achievement tests." (Heibert et al. 2003a, p.149)

Les résultats de ces études nous emmènent à considérer comme nécessaire le fait d'accompagner ces études quantitatives d'études qualitatives qui se pencheraient plus vers l'enseignement effectif en classe et l'apprentissage des élèves afin de mieux comprendre les processus qui les sous-tendent et les relient.

3.2. Une variété d'autres approches

Parmi les travaux qui se centrent plus sur les pratiques enseignantes, certains s'inscrivent dans le courant des processus interactifs contextualités, qui tente de rendre intelligible le processus enseignement-apprentissage en contexte en le traitant comme un processus interactif situé, et en identifiant la combinaison de ses différentes variables. Certains de ces travaux sont

quantitatifs, leur méthodologie est basée en général sur des entretiens, des questionnaires et des grilles d'observations que les auteurs de ces travaux cherchent à perfectionner. Ces auteurs, considérant que les configurations des pratiques ne sont pas aléatoires, cherchent à en identifier les organisateurs à partir de la combinaison de variables, pour saisir comment ils fonctionnent. Ils étudient les comportements verbaux et non verbaux des enseignants, les processus interactifs en classe et les processus cognitifs (pensée des enseignants, représentations, planification, décisions…). (Bru et Talbot, 2001 ; Clanet, 2001). Certains de ces travaux s'intéressent en parallèle à la formation des enseignants (Bataille et Clanet, 2001 ; Marcel, 1998).

D'autres recherches, s'inscrivant de même dans le courant des processus interactifs contextualisés, mettent en jeu, à la différence de celles que nous venons de citer, des analyses qualitatives fines de pratiques singulières pour pouvoir en repérer le fonctionnement. Elles s'intéressent de même aux processus interactifs considérant que le processus d'enseignement-apprentissage fonctionne comme un travail interactif d'ajustements, de négociations, de transactions et de compromis permanents (Altet, 2002 ; Vinatier, 2002). Ces recherches se basent par contre sur des analyses des pratiques enseignantes qui croisent plusieurs approches disciplinaires: psychologie, sociologie, pédagogie, didactique et épistémologie.

Dans une perspective socioculturelle, Scott & Mortimer (2003 et 2006) mènent des études de cas dans des classes de science. A la différence des autres recherches citées qui prennent en compte les interactions mais sans les analyser finement, ces études se basent sur l'analyse des interactions et du genre de discours, s'appuyant sur les travaux de Bakhtin (1986), avec une centration sur le rôle du professeur, en particulier le rôle qu'il joue dans l'internalisation des nouvelles idées scientifiques par les élèves. Au cœur du cadre théorique, nous retrouvons le concept de "communicative approach" développé par ces auteurs et qui rend compte de la façon dont le professeur travaille avec les élèves afin de développer des idées dans la classe. Cette approche communicative, les auteurs regardent si le professeur interagit ou non avec les élèves (discours interactif ou non interactif) et si les idées des élèves son prise en compte lors du déroulement des leçons (discours dialogique ou authoritatif). Le discours est découpé en épisodes et les "patterns" de l'interaction sont caractérisés afin de rendre compte de l'approche communicative.

Des chercheurs (Niedderer et al., 2007), dans la ligne des travaux sur l'évolution des conceptions avec l'enseignement, mènent des études de cas dans des classes de science, centrées sur l'apprentissage, en suivant un groupe de deux ou trois élèves pendant une séquence d'enseignement. Ces analyses qualitatives fines visent à comprendre les processus d'apprentissage en termes d' "évolution des idées des élèves" ou de "changement conceptuel". La relation entre enseignement et apprentissage est étudiée en termes de résonnance entre certains éléments du contenu enseigné et l'évolution des conceptions des élèves (Budde, 2002) ou en termes d'influence de différents éléments de l'environnement de l'élève (sociaux, expérimentaux, matériel d'enseignement) sur l'évolution de ses idées (Givry, 2003).

Des recherches menées par des sociologues et des psychologues s'intéressant aux processus de construction des inégalités scolaires mettent en œuvre une approche à la fois relationnelle et contextuelle (Bautier et Goigoux, 2004 ; Rochex, 2004). L'approche relationnelle considère les inégalités scolaires comme résultant de la confrontation entre d'une part, les caractéristiques et dispositions socio-cognitives et socio-langagières des élèves et d'autre part, l'opacité et le caractère implicite des réquisits des apprentissages scolaires, des modes de fonctionnement du système éducatif, des pratiques professionnelles et des modes de travail qui sont mis en œuvre ou exigés des élèves. L'approche contextuelle met en rapport les modes de faire et les modalités d'interprétation des situations scolaires des élèves et des

professionnels du système éducatif, avec les contraintes de situations et avec les contextes socio-géographiques et institutionnels dans lesquels s'exercent leurs activités (Rochex, 2007).

D'autres chercheurs abordent la question du savoir et le rapport au savoir des sujets mais dans une approche codisciplinaire articulant plusieurs approches théoriques (notamment didactique des mathématiques, psychologie sociale et psychologie clinique à orientation psychanalytique) pour analyser un même corpus (Blanchard-Laville, 2002 ; Hatchuel, 1999). A la différence des travaux déjà cités, les dimensions psychique et sociale sont prises en compte afin d'étudier l'individu dans son rapport au savoir. Il s'agit souvent de recherches longitudinales qui observent des individus sur une longue durée (une année ou deux). Des enregistrements vidéo et des entretiens sont réalisés avec l'enseignant. Certaines de ces recherches se trouvent en lien étroit avec la formation des enseignants (Chaussecourte et Blanchard-Laville 2000).

Dans le cadre de l'approche comparatiste en didactique, plusieurs chercheurs se centrent sur l'action conjointe du professeur et des élèves avec des cadres théoriques reprenant la tradition française issue de la didactique des mathématiques en particulier la théorie des situations de Brousseau (1998) et/ou les gestes professionnels de Chevallard (1999) (Sensevy et Mercier 2007 ; Amade-Escot, 2006 ; Rilhac, 2007). L'accent est mis sur le savoir partant de l'hypothèse que les savoirs donnent leur forme aux pratiques et l'analyse du savoir est faite selon son avancement dans le temps, la responsabilité que les différents acteurs de la situation ont envers lui et l'étude des milieux dans lequel il évolue. La plupart de ces travaux partent de données prises en classe, essentiellement des enregistrements vidéo, complétés, selon la méthodologie, d'entretiens, de productions écrites des acteurs, etc.

Nous partageons l'orientation des travaux coordonnés par Sensevy (2007) visant à relier pratiques de classes et performances des élèves. Ces travaux vont dans le sens de l'hypothèse du rôle prépondérant du savoir dans la classe et de la centration sur l'action conjointe du professeur et des élèves: "Nous persuadant en effet que *les savoirs donnent leurs formes* aux pratiques d'enseignement et d'apprentissage, nous voulons plus généralement considérer que ce sont les contenus des pratiques qui déterminent leur structure… comprendre l'action, c'est d'abord comprendre comment le *contenu* propre à cette action la spécifie" (Sensevy, 2007, p.9). Nous faisons donc le choix de nous centrer sur le savoir sans prendre en compte les composantes psychiques et sociales (Blanchard-Laville, 2002 ; Rochex, 2007) et les composantes affectives (motivation et intérêt) (Hidi, 2006 ; Venturini, 2004), bien qu'étant conscientes du rôle que ces composantes ont dans le processus enseignement-apprentissage. Les interactions ne sont pas abordées finement comme elles le sont par Scott et Mortimer (2003 et 2006) mais nous les analysons plutôt comme des indicateurs des positions des différents acteurs de la classe envers le savoir.

Notre étude est une étude de cas à la fois qualitative et quantitative. Elle est qualitative dans la mesure où elle s'intéresse à un petit échantillon de classes (trois classes) et essaie de comprendre son comportement et son fonctionnement de manière profonde. A la différence des études quantitatives menées par Fischer (2005) et Bru (2001) et qui étudient un grand échantillon d'individus, nous qualifions également notre étude de quantitative dans la mesure où elle met en jeu des données numériques lors de l'analyse questionnaires de même que lors de l'analyse des pratiques de classes. Globalement notre étude se situe dans la méthode d'analyse de cas et ne peut ainsi conduire qu'à des résultats en forme d'hypothèses.

Nos approches théorique et méthodologique seront détaillées dans les chapitres suivants.

CHAPITRE II
CADRE THEORIQUE

Nous avons déjà précisé le fait que nous étudions les pratiques de classe du point de vue du savoir, notre cadre théorique sera donc centré sur le savoir. Après avoir présenté ce que nous entendons par savoir et les différentes étapes que suit le savoir afin d'être enseigné aux élèves, nous traitons du savoir enseigné en classe afin d'en donner nos positions et des références pour le caractériser et caractériser son fonctionnement. Nous différencions ensuite le savoir scientifique du savoir naïf que les élèves peuvent acquérir dans leur vie quotidienne et présentons les conceptions des élèves en mécanique qui peuvent constituer des difficultés face à l'apprentissage. Nos différentes hypothèses d'apprentissage qui sont à l'origine de nos choix théoriques et méthodologiques seront données. Et enfin nous discuterons des échelles d'analyse du savoir.

1. Savoirs et connaissances

Les termes "savoirs" et "connaissances" sont souvent utilisés de manière indifférenciée dans la littérature et peu d'auteurs en donnent des définitions précises. Par contre, dans la langue anglaise, ce problème n'existe pas puisqu'un seul terme est employé pour parler de savoirs ou de connaissances, "knowledge". Nous essayons ici d'exposer les significations de ces deux termes et les différences entre eux selon quelques auteurs afin de préciser ensuite ce que nous entendons par le terme "savoirs" qui est au centre de notre étude.

Pour Vergnaud (2007, p.1), "la connaissance est adaptation. L'individu s'adapte à des situations ; c'est par une évolution de l'organisation de son activité qu'il s'adapte". Vergnaud (2007) distingue deux formes de la connaissance, "la forme opératoire de la connaissance" qui permet de faire et de réussir, et qu'on résume aujourd'hui sous le terme de "compétence" et "la forme prédicative de la connaissance" qui permet de dire sur le faire, de communiquer son

savoir-faire. Pour Brousseau (1998) aussi, il existe deux formes de connaissances, "celles qui s'expriment sur le mode "déclaratif" et "celles qui s'expriment sur un mode plus "procédural"". Selon ces auteurs, l'une de ces deux formes de connaissances est implicite alors que l'autre est explicite:

> "il y a des individus dont les compétences sont pratiquement irremplaçables, parce qu'elles se sont formées dans l'expérience, à travers des situations, des cas singuliers, et qu'elles restent pour une bonne part implicites. Elles sont d'un ordre différent des connaissances qui figurent dans les ouvrages de référence de l'expert sur les étagères de son bureau" (Vergnaud, 1994, P.178)

Nous retrouvons aussi cette double distinction pour "savoir" et en anglais pour "knowledge". Ainsi, Chevallard (1991) parle de "savoirs" et "savoir-faire" et Ohlsson (1996) de "practical knowledge" et "declarative knowledge":

> "Routes and maps illustrate two qualitatively different types of knowledge. On one hand, there is the knowledge of how to perform tasks, produce desirable effects or reach goals and destinations. This type of knowledge is variously called competence, expertise, "knowing how" and skill; I will also use the term *practical knowledge*. The term procedural knowledge is sometimes used. (…) On the other hand, there is knowledge of the structure of relations that inhere in a particular situation or state of affairs. This type of knowledge is called *declarative knowledge* or "knowing that"" (Ohlsson, 1996, p.37)

Comment distinguer "savoir" et "connaissance"? Cette distinction tient d'abord, selon Brousseau (1998), à leur statut social ; "un savoir est une connaissance institutionnalisée". Dans sa postface, Chevallard (1991) explique qu'on peut "s'y connaître" en ceci ou cela et le manifester par telle ou telle manipulation. Tel observateur, poursuit-il, pourra présumer l'existence d'un savoir derrière la manipulation, tel autre au contraire, déclarer à propos de la même manipulation qu'il n'y a rien à savoir. La connaissance, dans ce type d'acception, représente un certain rapport cognitif, personnel, à un objet. Pour lui:

> "Un savoir peut donc être utilisé, enseigné, produit. Sur tous ces points, les savoirs se distinguent des "systèmes institutionnels de connaissances", que l'on pourrait appeler encore – l'expression est je crois de Pierre Bourdieu - des savoirs pratiques, lesquels sont mis en œuvre, s'apprennent, s'enrichissent, sans pour autant être utilisés, enseignés, produits." (Chevallard, 1991, p.211)

La connaissance représente donc un rapport personnel à des objets et le savoir un rapport institutionnel. A tout savoir est associée une institution qui produit ce savoir, sinon ce savoir n'existe pas.

Nous avons déjà précisé que nous étudions les pratiques de classes du point de vue du savoir. Nous employons dans notre étude le terme "savoir" qui peut être associé à l'institution des chercheurs, de l'école ou de la classe, plutôt que le terme "connaissance" associé à des individus. Suivant Chevallard (1991), nous donnons au terme "savoir" une signification large: il n'est pas limité au contenu mais inclut les savoir-faire, compétences, etc. ainsi que le fonctionnement du savoir et l'épistémologie véhiculée.

2. De la production du savoir à sa transmission aux élèves

Les lois de Newton ne sont pas enseignées aux élèves telles que Newton les a produites. Elles subissent déjà une transformation au sein de la communauté scientifique et ensuite un ensemble d'autres transformations avant d'être enseignées: c'est la transposition didactique dont parle Chevallard (1991). Un savoir scientifique produit par la communauté des savants est transformé par l'institution responsable du curriculum afin de devenir un objet d'enseignement, un savoir à enseigner, apprenable par les élèves. Ce savoir à enseigner est ensuite mis en jeu de façons différentes dans les classes pour devenir le savoir effectivement enseigné. Enfin les élèves n'acquièrent pas ce savoir tel qu'il est enseigné ni au même rythme

de celui de son enseignement. Nous discutons ici de ces différents types de savoir qui constituent l'histoire du savoir de sa production à sa transmission et son acquisition par les élèves et nous nous intéressons spécifiquement au savoir enseigné en classe et au savoir acquis par les élèves.

2.1. Savoir savant

Le savoir savant ou le savoir mathématique comme le dit Chevallard (1991) est celui dont les mathématiciens professionnels, universitaires ou chercheurs purs sont les détenteurs et les fabricants permanents (Arsac 1989). Cette définition donnée dans le domaine des mathématiques peut être valable en sciences, notamment en physique ; cette discipline a été mentionnée par Chevallard dans plusieurs de ses exemples: le savoir savant serait donc le savoir scientifique de la physique produit par la communauté des chercheurs en physique.

Ce savoir se distingue d'un autre type de savoir par sa légitimité institutionnelle comme le dit Joshua (1996):

> "La seule distinction raisonnable -mais elle est de taille- est de nature institutionnelle. (...) Sont considérés comme savants les savoirs qu'une société donnée considère comme tels à un moment donné de son histoire." (Joshua, 1996, p.67)

Chevallard mentionne aussi le critère de scientificité: "Prenez le mot dans le sens que vous voudrez: les mathématiques sont certainement un savoir savant". Cependant, ces deux critères, celui de légitimité institutionnelle et la scientificité, sont différents comme le souligne Halté (1998) et ne se trouvent pas toujours réunis dans un savoir qu'on considère savant:

> "Certain personnage savant qui prétendait que la terre tournait était si peu légitime, en ce temps où l'institution religieuse "disait la culture" légitime, qu'il a subit les conséquences de ses affirmations. Cela n'a nullement remis en cause, semble-t-il, le fait que la terre tourne effectivement. Il est clair que l'on peut abandonner l'un des deux aspects pour l'autre, encore moins, réduire l'une des caractéristiques à l'autre!" (Halté, 1998, p. 182)

Ce savoir savant ou scientifique sera confié à une certaine communauté afin d'en produire un savoir qui pourrait être enseigné aux élèves, un savoir qui soit assimilable par ceux-ci et utile pour eux en tant que citoyens ou futurs scientifiques.

2.2. Savoir à enseigner

Le savoir à enseigner ou "savoir-initialement-désigné-comme-devant-être-enseigné" (Chevallard, 1991) diffère du savoir scientifique de référence. Il est plus qu'une reformulation du savoir scientifique et peut être une transformation de ce dernier sous les contraintes du système éducatif (Chevallard, 1991). Ce savoir est souvent le résultat d'une négociation entre plusieurs groupes: la communauté scientifique, les professeurs, les représentants de la société et les personnes en charge du système éducatif. Cette négociation mène à la production de textes écrits décrivant explicitement ce savoir: les programmes officiels et les manuels scolaires. Mercier et al. (2005) évoquent l'intérêt de ces textes de savoir:

> "One effect of writing knowledge down in the form of a written text is to separate it from the people who originally produced it, and from all the problems that gave rise to it. In addition, when knowledge is reconstituted as a text for teaching purposes, it takes the form of a succession of ordered parts that can be incorporated into a program for the acquisition of knowledge". (Mercier & al., 2005, p. 141)

C'est ce savoir, présenté sous forme de textes, que la société demande au professeur de transmettre aux élèves.

2.3. Savoir enseigné

Le savoir enseigné, le "savoir-tel-qu'il-est-enseigné" (Chevallard, 1991) est différent du savoir à enseigner. Le professeur s'approprie le savoir à enseigner, figé dans des textes, et le structure et l'organise à sa façon en respectant les contraintes institutionnelles afin de le présenter aux élèves:

> "The teacher's task is to bring these items of knowledge to life by giving them a new context through which the teacher is able to "personalize" the knowledge for the students. So the text, which was originally written down in programs, manuals, and other teaching documents, is interpreted by the teacher, who reorganizes the text of the knowledge into a teaching objective. So the teacher creates particular sequence of written texts and oral communications, in order to impart that knowledge to the students." (Mercier & al., 2005, p.141)

Cependant, ces personnalisation et contextualisation faites par le professeur et dont parle Mercier, n'impliquent pas une exclusivité dans la production de ce savoir de sa part. Une fois en classe, ce sont les interactions avec les élèves qui vont donner sa forme au savoir enseigné. Le savoir enseigné est donc associé à une classe particulière. Il est une construction du chercheur basée sur les productions discursives de la classe (incluant les gestes) et correspond au savoir élaboré en classe par le professeur et les élèves pendant les séquences d'enseignement (Tiberghien & al., 2007c).

Ce savoir est au centre de notre étude puisqu'il est en jeu dans les pratiques de classe et que nous essayons de relier la façon dont il prend vie en classe aux acquisitions des élèves. Nous élaborons dans le paragraphe 3 l'importance de la situation de classe et de l'action conjointe du professeur et de l'élève dans sa production ainsi que sa reconstruction par le chercheur.

2.4. Savoir acquis et performance

L'importance d'étudier le savoir acquis vient du fait que le but de tout enseignement scolaire est de faire apprendre, de faire acquérir un savoir aux élèves. Ces deux activités sont donc liées ; nous élaborons donc la relation entre enseignement et apprentissage et montrons ensuite la façon dont nous abordons l'apprentissage (en termes de performances).

L'enseignement et l'apprentissage ont lieu, au moins en partie, dans le même espace-temps: la classe. Cependant, ces deux activités sont celles d'individus différents (le professeur et les élèves) et ont des buts différents ; pour l'enseignement: l'introduction de nouveaux savoirs aux élèves et la création de conditions favorables à l'apprentissage des élèves ; pour l'apprentissage: la compréhension et l'acquisition du savoir enseigné et la capacité à montrer que ce savoir est acquis (Tiberghien, 1997). L'acquisition du savoir se trouve donc au centre de toute activité d'enseignement ou d'apprentissage. Elle est sous la responsabilité de l'élève (Mercier & al., 2005; Tiberghien, 1997)

Les recherches sur l'évolution des conceptions des élèves le long d'une séquence d'enseignement soulignent la différence entre le savoir acquis par les élèves et le savoir enseigné (Niedderer & al., 2005). En d'autres termes: "there is a gap between what we teach and what is learned" (McDermott, 1991). Les cheminements des élèves dans leur apprentissage, comme le montrent plusieurs chercheurs (Dykstra, 1992; Petri & Niedderer, 1998; Buty, 2000; Küçüközer, 2005, Givry, 2003; Budde & al., 2002), diffèrent du savoir enseigné, non seulement par le contenu mais aussi par les rythmes d'enseignement et

d'apprentissage: le rythme d'introduction de nouveaux éléments de savoir est différent du rythme d'acquisition de ces éléments par les élèves.

Niedderer et al. (2005) et Budde et al. (2002) utilisent la notion de "resonance" pour étudier la relation entre certains éléments du savoir enseigné et l'évolution des conceptions des élèves. Ainsi les élèves peuvent construire des conceptions équivalentes (congruent resonance) ou différentes du contenu du savoir enseigné (disgruent resonance); la congruence peut se passer sur le champ ou après des semaines de l'enseignement. Dans son étude de l'enseignement et l'apprentissage des lois de la mécanique, Dykstra (1992) propose une évolution des relations entre force et vitesse avec comme point de départ de l'élève l'idée qu'il y a force s'il y a mouvement. L'élève relierait ensuite explicitement force et vitesse : la force augmente si v augmente et la force reste constante si v est constant puis relie force et variation de la vitesse avec trois cas : force si variation de vitesse, force nulle si v est constant et force nulle si v est nul, puis enfin relie les deux cas : force nulle si v ne varie pas (ou l'accélération est nulle) et force non nulle si accélération. Il apparaît que cette relation, fondamentale pour la physique, entre force et accélération, est construite à partir de connaissances reliant force (au sens d'action) et mouvement. Cette évolution met en jeu des connaissances intermédiaires, incorrectes du point de vue de la physique, mais qui peuvent permettre à l'élève d'acquérir la compréhension du principe d'inertie.

Pour souligner la différence entre le rythme d'enseignement et d'apprentissage, des chercheurs évoquent la notion de "temps d'apprentissage". Arsac le définit comme étant "le rythme réel de l'apprentissage propre a priori à chaque apprenant". Mercier & al. (2005) considèrent que quand un élève étudie, reprend ses notes, les révisent et reconstruit le contenu d'une certaine façon, il produit le "temps d'apprentissage". Pour ces auteurs, ce temps est différent du temps d'enseignement, ou "temps didactique" comme le nomment Mercier et al. (2005), qui correspond à l'introduction de nouveaux éléments de savoir:

> "Learning time therefore involves a much wider range of personal relationships of knowledge than those strictly referred to in the text of knowledge at any given time. (...) Learning time cannot be superimposed on didactic time; this proves that didactic time, in which items of knowledge are simply cumulative, is not the same as learning time, which requires a reorganization of knowledge already learned." (Mercier & al., 2005, p.144)

Cependant, le système éducatif a tendance à nier cette différence (Arsac, 1989), à vouloir identifier temps de l'enseignement et temps de l'apprentissage, et à traiter en termes d'échec ou de retard scolaire des différences entre ces deux rythmes. Le système éducatif introduit donc un temps fictionnel d'apprentissage (Mercier & al., 2005) puisque les évaluations faites pendant l'année scolaire supposent que les élèves ont appris ce qui a déjà été enseigné.

Dans notre étude, nous prenons comme indicateur des acquisitions des élèves, leurs performances à des tests. D'autres auteurs, dans le cadre d'études sur l'évaluation, abordent aussi la compréhension à partir des performances et vont jusqu'à définir la compréhension à partir des performances:

> "Understanding" cannot be directly observed ; it can only be inferred from an observed performance of some kind. In science teaching, the kinds of performances we take to be indicators of understanding are the things the students write or say, or in some cases their actions in response to certain stimuli (questions or tasks). The ability to answer a question, or set of questions, about topic X then provides an "operational definition" of "understanding of X", and perhaps also a means of measuring it on a scale that enables us to identify change and improvement" (Millar & Hames, cités par Coulaud, 2005, p.37)

La performance, selon Vergnaud (2007), est l'un des aspects de la compétence ; elle se traduit de la façon suivante: "X est plus compétent au temps t qu'au temps t' s'il sait faire ce qu'il ne savait pas faire". Cette définition de la compétence en termes de performance conduit, selon

Vergnaud, à l'analyse du résultat de l'activité d'un individu mais reste silencieuse sur d'autres considérations qui conduisent à l'analyse de son activité. "La performance est radicalement insuffisante pour comprendre et définir la compétence" (Vergnaud, 2007). Cet écart entre performance et compréhension ou acquisition est également souligné par Ohlsson qui considère que:

> "successful performance is neither a sufficient criterion for, nor a necessary consequence of understanding. On one hand, it is possible to perform any task without understanding. On the other hand, it is possible to fail while in the possession of the relevant knowledge, by failing to derive its implications." (Ohlsson, 1996, p.50)

"Any task" est trop fort pour nous dans la citation d'Ohlsson mais nous sommes tout à fait en accord avec elle sur le fait que la performance n'implique pas la compréhension ou l'acquisition ; nous la considérons juste comme un indicateur de celles-ci. L'acquisition peut sûrement être évaluée de manière beaucoup plus approfondie et dynamique en menant des études qualitatives comme celles de Niedderer & al. (2005), Budde & al. (2002), Givry (2003), et Küçüközer (2005) pour étudier les processus d'apprentissage. Cependant, ces études ont souvent porté sur un nombre très réduit d'élèves (entre un et trois) et n'ont pas reflété les acquisitions du groupe classe. Notre volonté de considérer la classe comme un groupe, un système, nous a mené à regarder plutôt les performances.

3. Le savoir enseigné en classe

Notre choix de caractériser les pratiques de classes du point de vue du savoir suppose un intérêt particulier au savoir effectivement enseigné en classe, le savoir qui vit en classe. Nous développons dans cette partie nos positions vis-à-vis de ce savoir et nous nous donnons des moyens de le caractériser.

3.1. L'importance de la situation de classe

Nous considérons qu'un aspect déterminant de l'enseignement pour étudier l'apprentissage est le savoir enseigné: son contenu et la façon dont il est élaboré en classe. Cette position est basée sur l'hypothèse suivante: ce qui n'est pas enseigné n'a pas trop de chances d'être appris, radicalement différente de ce qui est enseigné est appris. Ceci nous mène à considérer que "la situation de classe joue un rôle essentiel dans l'apprentissage de l'élève et ses acquisitions" (Tiberghien & al., 2007a, p.95): "la classe n'est pas seulement un lieu où l'élève prend de l'information pour ensuite apprendre à la maison (…) l'élève va y travailler et apprendre". Ces hypothèses sont reliées à notre position théorique sur les savoirs, basée sur le travail de Chevallard (1991) qui a traité la question des savoirs en utilisant la métaphore de la vie et l'écologie. La savoir "vit" dans des institutions formées de groupes de personnes (la classe dans notre cas). Le terme "savoir" dans cette perspective a une signification très large: il n'est pas limité au contenu mais inclut les savoir-faire, compétences, etc. ainsi que le fonctionnement du savoir ou encore l'épistémologie véhiculée (Tiberghien & al., 2007a).

Le rôle de la classe est essentiel pour l'apprentissage mais non exclusif, puisque les acquisitions des élèves dépendent de l'apprentissage en classe et hors classe, notamment du travail des élèves à la maison (Johsua & Felix, 2002 ; Mercier & al., 2005). Mercier & al. évoquent l'action d'étudier de l'élève comme une action associée au "temps d'apprentissage":

> "In the current state of knowledge about teaching and learning, it is felt that progress by students requires personal reorganization of knowledge that is already understood (this is completely different from automatic repetition of the text of the mathematical knowledge) in order to integrate new knowledge that could help the learner with new issues. The student is responsible for this work which produces learning time, and which is based on the specific learning behaviour of *study*." (Mercier & al., 2005, p.148)

Nos données recueillies étant uniquement des données prises en classe, il nous est difficile d'étudier directement le rôle du travail à la maison. Nous pouvons juste supposer que le travail des élèves à la maison s'intègre d'une certaine façon dans les séances de classe filmées.

L'importance d'étudier le savoir en classe vient aussi du fait que la classe soit l'endroit "idéal" de la rencontre entre les élèves et le savoir scientifique (différent du savoir de la vie quotidienne) ; les élèves ont peu de chance de rencontrer ce savoir ailleurs. Certes, l'élève peut rencontrer ce savoir dans un musée scientifique ou pendant une activité culturelle orientée vers les sciences ainsi que dans livres et revues scientifiques mais nous supposons que "ces situations sont insuffisantes à l'apprentissage conceptuel d'une grande partie des élèves" (Tiberghien & Buty, 2007).

3.2. L'action conjointe

Comme nous l'avons déjà précisé, notre approche des pratiques est basée sur le travail des chercheurs français en didactique comparée (Sensevy & al., 2000 ; Mercier & al., 2002 ; Sensevy & Mercier, 2007 ; Schubauer-Leoni & al., 2007) dont le choix commun est d'étudier l' *action didactique*. Par *action*, Sensevy entend "le fait que les gens agissent" et par *didactique* "ce qui se passe quand quelqu'un enseigne quelque chose à quelqu'un d'autre". L'action didactique serait donc "ce que les individus font dans des lieux (institutions) où l'on enseigne et où l'on apprend" (Sensevy, 2007, p.14).

Considérant en fait la classe comme un système didactique formé par la triade du professeur, des élèves et du savoir (Sensevy et al., 2000), nous utilisons le terme de "pratiques de classe" pour parler de l'action didactique. Les instances du système didactique sont supposées comme indissociables: "l'action du professeur ne pouvant être traitée indépendamment de celle des élèves et de l'enjeu du savoir" (Schubauer-Leoni & al., 2007, p.56). L'action didactique serait donc une action conjointe du professeur et des élèves dont les buts sont interdépendants: "chacun ne peut atteindre son but que si l'autre atteint le sien" (Bange, 1994), ou autrement dit, "le professeur gagne à son jeu (d'enseignement) dans la mesure où l'élève gagne au sien (le jeu d'apprentissage)" (Schubauer-Leoni & al., 2007). Sensevy traduit cet aspect de l'action de la façon suivante:

> "Le terme enseigner, d'une certaine manière, demande le terme apprendre ; le terme apprendre demande le terme enseigner. (…) Ces lignes banales sont relativement importantes. Elles signifient que la description et la compréhension de l'action didactique supposent de considérer celle-ci comme une action conjointe, fondée sur une communication dans la durée entre le professeur et les élèves, donc sur une *relation* qui actualise l'action, et qui est actualisée en retour par celle-ci." (Sensevy, 2007, p.14)

L'action conjointe ne signifie nullement "une symétrie des positions tenues par les acteurs (professeur et élèves)" ; le professeur enseigne, transmet le savoir et les élèves sont à l'école pour apprendre, acquérir le savoir. Le savoir se trouve donc au centre de leurs actions et en

constitue la fin, ce qui nous mène à considérer les pratiques de classe sous le point de vue du savoir:

> " Nous persuadant en effet que *les savoirs donnent leurs formes* aux pratiques d'enseignement et d'apprentissage, nous voulons plus généralement considérer que ce sont les contenus des pratiques qui déterminent leur structure. (…) comprendre l'action, c'est d'abord comprendre comment le *contenu* propre à cette action la spécifie." (Sensevy & Mercier, 2007, p.9)

Le savoir enseigné en classe, en jeu dans les actions didactiques, serait donc le fruit d'une co-élaboration, d'une co-production entre le professeur et les élèves. Ce savoir n'est pas une donnée, il est seulement en jeu dans les productions verbales (orales et écrites) et gestuelles des acteurs en contexte (Tiberghien & al., 2007 a et b). Pour l'analyser, le chercheur est donc amené à le reconstruire.

3.3. La reconstruction du chercheur

Le savoir vit en classe, un lieu de communication entre le professeur et les élèves. La compréhension par le professeur et les élèves d'un énoncé peut être bien différente, chaque acteur construit donc une signification et le chercheur va "reconstruire" ces significations. Le chercheur peut donc construire plusieurs significations: celle de la physique, celle donnée par le professeur, celle construite par un élève ou celle construite par un groupe d'élèves.

Pour "reconstruire" le savoir enseigné en classe comme chercheur, nous suivons Bange (1992, 1995) dans son interprétation de Grice qui distingue la "signification conventionnelle" de la "signification en situation". La "signification conventionnelle" ou "signification indépendante du temps" est celle qui est impliquée "quand on dit qu'une phrase ou un mot ou une tournure signifient ceci et cela", elle est donc associée à une référence autre que la situation elle-même. La "signification en situation" ou "signification pour le locuteur" est celle qui est impliquée "quand on peut dire de quelqu'un qu'en faisant ceci et cela il a voulu dire ceci et cela". Elle est attribuée à un acteur ou un groupe d'acteurs donné en situation. Ces deux significations sont construites à partir d'une même situation observée. Considérons par exemple l'énoncé "la voiture accélère" ; cet énoncé peut avoir deux significations différentes: la signification conventionnelle du point de vue de la physique est que la vitesse de la voiture varie et donc peut diminuer, alors que si on se place dans le contexte de deux personnes dans une voiture, l'énoncé pourrait signifier que la vitesse de la voiture augmente. Ainsi, en classe de physique, le professeur peut dire la "voiture accélère" et un inspecteur ou un physicien présent dans la classe donnera à cet énoncé sa signification conventionnelle de la physique alors qu'un élève peut très bien comprendre par cet énoncé que la vitesse de la voiture augmente. Cette signification construite par l'élève n'est pas la signification conventionnelle en classe de physique, c'est une signification en situation que l'élève a construite à ce moment particulier de l'énonciation et dans un contexte particulier. Cependant, cette signification est la signification conventionnelle adoptée dans la vie quotidienne, celle de la société des non physiciens. La signification conventionnelle dépend donc d'un groupe social qui, par habitude, donne une certaine signification à un certain acte:

> "L'habitude de L et de R est un savoir partagé concernant une régularité de comportement existant entre deux individus. Cette "signification établie" entre les deux individus L et R résulte de l'habitualisation d'une signification en situation. La signification est dite "conventionnelle" si cette habitude est étendue à tout un groupe social: dans ce cas elle est une convention…" (Bange, 1992, p. 143)

Nous adoptons la signification conventionnelle dans notre reconstruction du savoir en classe. Nous considérons qu'une signification conventionnelle correspond à la signification "officielle" du point de vue de l'institution école (Chevallard, 1991) ; c'est aussi la

signification du professeur qui est le représentant officiel du savoir scientifique en classe. Nous la reconstruisons à partir (Tiberghien & al., 2007a, p.96):

- "des savoirs de la discipline qui peuvent être le savoir à enseigner et/ou le savoir plus savant (c'est-à-dire enseigné par exemple à l'université) et/ou le savoir de la communauté des scientifiques de la discipline.
- de la pratique de la classe ; par exemple quand le professeur propose des raccourcis comme "on ne dira plus force exercée par le système X sur le système Y mais force de X sur Y"."

La signification en situation serait certes très fructueuse pour l'étude des processus d'apprentissage puisqu'elle serait parlante de l'écart entre la signification conventionnelle de la physique et le savoir acquis par un élève au cours de l'apprentissage. Mais nous pensons que la construction d'une telle signification requiert la suivie de près d'un élève ou d'un groupe d'élèves afin d'avoir accès à ses productions verbales et gestuelles et pouvoir ainsi construire le sens qu'il donne à un énoncé (cela suppose aussi de faire beaucoup d'inférences). Cependant, il serait presque impossible de reconstruire les significations en situation de tous les acteurs de la classe car cela suppose d'avoir toutes les productions de tous les acteurs à tous les instants, ce qui serait très couteux en matériel, en quantité de données et en temps d'analyse. Ces contraintes, ainsi que notre intérêt à étudier le savoir rattaché au groupe « classe » et non pas à des individus, nous ont poussés à prendre uniquement en compte la signification conventionnelle.

L'intérêt de la construction de la signification conventionnelle du savoir est multiple (Tiberghien & al., 2007a, p.100): "(1) Le savoir enseigné permet de rendre explicite que la signification « conventionnelle » des productions discursives de la classe n'est pas la même d'une classe à l'autre même si les professeurs sont supposés enseigner le même contenu. (…) (2) Il peut constituer une référence dans l'analyse du point de vue des élèves ou du professeur, c'est-à-dire dans la construction de la signification en situation. En effet, dans le cas de la physique, de nombreuses études portant sur l'évaluation des acquis des élèves ou sur les conceptions avant et après enseignement confortent l'hypothèse que l'acquisition par les élèves de l'ensemble du savoir enseigné n'est généralement pas réalisée. Ainsi, le savoir enseigné permet d'évaluer un écart avec les connaissances acquises, inférées à partir des performances, par une majorité d'élèves ou des groupes d'élèves (savoir intermédiaire) qui est caractéristique d'une classe. (…) (3) Il permet également d'évaluer un autre écart, celui avec le savoir à enseigner. Ainsi une classe peut se caractériser par un savoir acquis, par une majorité d'élèves à la fin de l'enseignement, très proche du savoir enseigné et en même temps un savoir enseigné très loin du savoir à enseigner".

3.4. Des concepts pour caractériser le savoir enseigné

Pour caractériser le savoir enseigné, nous reprenons certains concepts donnés par Brousseau (1998), Chevallard (1991) et Sensevy et Mercier (2007), notamment ceux de contrat didactique, de chronogénèse et de topogénèse. Comme toute relation mettant en jeu des êtres humains, la relation didactique s'actualise en un certain nombre d'attentes réciproques (contrat), qui, vues du point de vue du savoir, se traduisent par des positions du professeur et des élèves envers le savoir (topogénèse) qui évoluent pendant la progression du savoir dans le temps (chronogénèse).

3.4.1. Contrat didactique

La relation entre professeur, élèves et savoir est gouvernée par un système d'attentes réciproques, à propos du savoir, entre le professeur et les élèves, appelé par Brousseau (1998) "contrat didactique". Le professeur s'attend à ce que l'élève s'investit pour apprendre et apprenne et l'élève s'attend à ce que le professeur lui présente le savoir et l'aide à apprendre ce savoir présenté. Ces attentes sont fonction de répétitions antérieures de comportements, en particulier ceux du professeur, et de résultats obtenus précédemment par les élèves dans les différentes tâches auxquelles ils ont eu à faire face. Nous avons donc affaire à une "trace des exigences habituelles du maître" (Brousseau & Warfield, 2001). Ce système d'attentes a été également évoqué par Jackson (1966) cité par Cobb (2006), en termes de "norms", définies comme "recurrent pattern in joint activity that is regulated by the expectations that the teacher and the students have for each other's actions in particular situations".

Le contrat didactique est le résultat d'une négociation souvent implicite de la responsabilité que chacun a envers le savoir et dont il sera responsable devant l'autre. Ce contrat n'est donc pas en fait un vrai contrat écrit et signé une fois pour toute par le professeur et les élèves. Brousseau (1998) signale que ce contrat ne peut pas être complètement explicitable puisqu'il porte sur le résultat de l'action d'enseigner et qu' "il n'existe pas de moyens connus repérés et suffisants permettant de construire des savoirs nouveaux ou pour obtenir contre toute défense l'appropriation par l'élève des savoirs visés".

Une autre façon de définir le contrat didactique a été proposée par Chevallard (1991), à travers les notions de chronogénèse, de topogénèse et de mésogénèse. Le suffixe "génèse" indique la nature interactive et continue des processus: à tout moment de la chronogénèse correspond un état de la topogénèse et de la mésogenèse. La description des topos respectifs des élèves et du professeur en fonction du temps didactique permet de décrire de façon dynamique le contrat. Par la suite nous développons les notions de chronogénèse et de topogénèse sans reprendre explicitement celle de mésogénèse et de milieu. Nous ne négligeons pas le rôle du milieu, mais il reste incorporé à nos analyses du savoir enseigné.

3.4.2. Chronogénèse

Le savoir enseigné est un savoir disposé sur l'axe du temps, c'est un "savoir-temps" comme le disent Sensevy et Quilio (2002). Enseigner, pour eux, c'est "parcourir avec les élèves une séquence, une suite orientée d'objets de savoir, qui établit ce que les professeurs nomment la progression". C'est cette progression dans le temps du savoir en classe qui définit la *chronogénèse* (Sensevy et Quilio, 2002 ; Mercier et al., 2002 ; Sensevy, 2007). La chronogénèse pose la question du *quand*? plus précisément *comment quand*? "Elle incite à identifier la nature et les raisons du passage, à un certain moment, d'un contenu épistémique à un autre" (Sensevy, 2007, p.32). Elle n'est cependant pas régulière mais évolutive: le rythme d'introduction de nouveaux éléments de savoir dépend à la fois du professeur et des élèves (Tiberghien et al., 2007a), donc du système classe. Un même professeur enseignant dans deux classes différentes n'introduit pas les nouveaux éléments de savoir au même rythme: une question posée par un élève dans une classe peut mener par exemple à une répétition de la part du professeur pour mieux expliciter la notion introduite ou à un rappel afin de mieux situer un élément de savoir par rapport à d'autres déjà introduits qui mènent à un ralentissement du rythme d'évolution du savoir ; dans la deuxième classe, ce qu'on pourrait appeler le "bon niveau de la classe" par exemple peut parfois mener à une accélération du rythme du savoir enseigné, les nouvelles notions introduites ne posant pas problème aux élèves de cette classe. Les exemples donnés n'impliquent en aucun cas une correspondance entre rythme accéléré et "bon niveau" de la classe mais visent juste à souligner le rôle que la classe joue dans la

chronogénèse ; le rythme peut très bien être accéléré dans une classe dont le niveau n'est pas très bon et où le professeur mène un cours magistral par exemple, laissant la compréhension des élèves à l'écart de la dynamique de production du savoir.

La chronogénèse peut être étudiée à différentes échelles temporelles, correspondant à l'évolution du savoir au niveau d'une séquence d'enseignement ou d'une séance de classe ou des énoncés. Dans notre étude nous abordons la chronogénèse aux deux premiers niveaux, la séquence et la séance, en prenant une perspective thématique comme nous le précisons dans notre méthodologie d'analyse.

3.4.3. Topogénèse

L'élaboration du savoir enseigné dans la classe ne relève pas uniquement de la responsabilité du professeur, il y a une négociation entre le professeur et les élèves et entre les élèves de la répartition des tâches et des responsabilités. Les positions de chacun envers le savoir correspondent à la *topogénèse* (Chevallard, 1991 ; Mercier & al., 2002). Ces positions sont nécessairement évolutives (Mercier & al., 2002) avec le temps d'enseignement, elles dépendent de la chronogénèse : à chaque instant de celle-ci, "le professeur et les élèves occupent un lieu précis, un topos, c'est-à-dire accomplissent un ensemble de tâches, dont certaines sont spécifiquement liées à la position de professeur, et d'autres à la position d'élève. A chaque instant de la chronogénèse correspond un état de la topogénèse" (Sensevy & Quilio, 2002). Cette topogénèse qui pose la question du qui? plus précisément comment qui?, constitue un analyseur privilégié de la nature "conjointe" de l'action didactique (Sensevy, 2007, p.32). Nous donnons un exemple pour illustrer la nature évolutive de la topogénèse: lors de la correction d'un exercice (ou d'un TP), un professeur demande à deux élèves ayant des réponses différentes à une question relevant d'un enjeu conceptuel de donner leur réponse puis il ouvre le débat dans la classe et le régule. Il clôt le débat en prenant les arguments théoriques qui permettent de trancher. Dans cet exemple, la position du professeur et des élèves vis-à-vis du savoir évolue ; lors du débat, les élèves ont la responsabilité de faire avancer la construction du savoir dans la classe alors que, pendant la conclusion, le professeur reprend la responsabilité. Nous retrouvons cette même idée de la répartition des responsabilités chez d'autres auteurs qui parlent de "distribution of authority" au lieu de topogénèse:

> "Authority concerns the degree to which students are given opportunities to be involved in decision making about the interpretation of tasks, the reasonableness of solution methods, and the legitimacy of solutions. Authority is therefore about "who's in charge" in terms of making mathematical contributions. " (Cobb, 2006, p.8)

L'autorité peut par exemple, selon Cobb, être partagée entre le professeur et les élèves dans certaines classes où les élèves et les professeurs jugent ensemble de la légitimité des réponses en donnant des arguments mathématiques, ou attribuée uniquement au professeur dans d'autres classes, qui juge seul de la légitimité des réponses des élèves.

Deux concepts peuvent être pertinents dans l'étude de la topogénèse, la dévolution et l'institutionnalisation, qui réfèrent tous les deux à la manière dont le professeur engage et régule la relation didactique (Sensevy & al., 2000, 2002). Partant des hypothèses socio-constructivistes qui considèrent que l'élève construit son savoir et que le rôle du professeur en tant que tuteur est essentiel pour l'aider à construire ce savoir, ces deux concepts décrivent les positions que le professeur et les élèves peuvent avoir envers le savoir à certains moments de l'enseignement et qui peuvent favoriser l'apprentissage.

« L'élève ne peut apprendre qu'en produisant, en faisant fonctionner et en faisant évoluer les (ses) connaissances – sinon à chaque instant, du moins assez fréquemment – dans des

conditions semblables ou asymptotiquement semblables à celles qu'il rencontrera dans l'avenir… Pour permettre ce fonctionnement, l'enseignant ne peut pas dire à l'avance à l'élève exactement quelle réponse il attend de lui ; il doit donc faire en sorte que ce dernier accepte la responsabilité de chercher à résoudre des problèmes ou des exercices dont il ignore la réponse ». La ***dévolution*** est « l'acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage (adidactique) ou d'un problème et accepte lui-même les conséquences de ce transfert » (Brousseau, 1998, p.303). Le professeur place ainsi l'élève dans une situation donnée qui suscite chez lui la création de nouvelles connaissances et l'utilisation de ses connaissances antérieures. L'élève doit assumer cette responsabilité et accepter le fait que le professeur ne lui transmettra pas directement les connaissances. Un exemple de dévolution peut être un moment où le professeur demande aux élèves de travailler une activité individuellement ou en groupes sans qu'il intervienne auprès d'eux ou qu'il le fasse sans leur donner des éléments de réponses (il peut leur poser des questions qui suscitent chez eux d'autres réflexions) et que les élèves acceptent de prendre la responsabilité du savoir.

Si l'élève arrive à résoudre le problème que le professeur lui a dévolué, il peut penser qu'il l'a fait par l'exercice normal de ses connaissances antérieures et qu'il n'y a rien de nouveau à apprendre (Brousseau, 1998). « Comment un sujet seul pourrait distinguer dans toutes les décisions qu'il a prises celles qui sont détachables de la situation et qui pourront servir telles quelles dans d'autres situation, de celles qui sont purement conjoncturelles et locales ? » (Brousseau, 1998, p.76). Il faut que quelqu'un d'extérieur vienne pointer et clarifier le statut des éléments de savoir. L'***institutionnalisation*** est le processus par lequel le professeur reconnaît publiquement et officiellement l'émergence de nouveaux éléments de savoir compatibles avec les savoirs conventionnels de la discipline. Chaque élément prend sa place dans un ensemble structuré constitué de tous les éléments de savoir déjà produits en classe (Mercier & al., 2005). Selon la façon dont il est présenté, nous considérons qu'un élément de savoir est institutionnalisé ou non: si les moments d'énonciation de ces éléments sont bien marqués par la façon dont le professeur les présente, s'il les dicte par exemple ou les lit en les explicitant ou donne une indication claire que ces éléments de savoir sont nouveaux et que les élèves doivent les apprendre, nous considérons qu'il y a institutionnalisation ; si par contre le professeur introduit un nouveau savoir d'une façon implicite ou sans lui donner un statut de référence pour les situations à venir pour l'élève, nous considérons qu'il n'est pas institutionnalisé. Le fait de pointer les activités, identifier celles qui ont un intérêt et les relier à d'autres questions et à d'autres savoirs est au cœur de l'institutionnalisation (Brousseau, 1998). Certains cas font exception cependant: un professeur peut introduire un nouveau savoir sans que le moment de son énonciation ne soit marqué par des indices clairs de nouveauté ou d'importance pour les élèves mais que ce savoir soit important du point de vue de la discipline et qu'il serve de base à la suite et qui soit utilisé dans différentes situations ; nous le considérons comme institutionnalisé. Un autre critère que nous prenons pour les savoirs institutionnalisés est celui de la généralité: le nouveau savoir doit être général, applicable à plusieurs situations ; les solutions des exercices et des activités qui constituent de nouveaux savoirs du fait qu'elles sont liés à un nouveau champ d'application ne sont pas prises en compte, sauf si le professeur généralise ensuite ces solutions pour qu'elles recouvrent plusieurs cas. Nous prenons ce critère parce que nous considérons que l'élève a besoin que le professeur l'aide à décontextualiser le savoir, à reconnaître qu'il est détachable de la situation afin de pouvoir l'appliquer dans d'autres situations.

3.5. Des références pour caractériser le fonctionnement du savoir enseigné

Nous présentons certaines références qui nous permettent d'inclure dans l'analyse du savoir enseigné son fonctionnement ; nous entendons par fonctionnement du savoir son épistémologie et les formes de son introduction. Nous donnons ci-dessous quatre références que nous utilisons dans nos analyses : la modélisation, les tâches épistémiques, les registres sémiotiques et la monstration. Seule la monstration constitue une forme d'introduction du savoir qui n'est pas directement liée à la modélisation. Le savoir peut pas exemple être introduit par une relation entre objets/évènements et théorie/modèle qui est un aspect de la modélisation à laquelle nous nous référons ; par une interprétation d'une situation donc par un processus cognitif que nous classons dans nos tâches épistémiques ou en utilisant un registre sémiotique précis.

3.5.1. Modélisation

La modélisation a été l'objet d'étude de plusieurs épistémologues (Bunge, 1973 ; Bachelard, 1979) et didacticiens (Tiberghien, 1994, 2000, 2005 ; Martinand, 1992 ; Chomat et al., 1992). Elle pose la question des rapports entre concret et abstrait et de l'articulation entre expérimental et théorique.

La modélisation est un fonctionnement essentiel de la physique: quand une personne explique, interprète ou prédit une situation matérielle, elle est dans l'activité de modélisation (Tiberghien, 2000). Pour des raisons didactiques, certains chercheurs (Tiberghien & al., 2000 et 2005) considèrent que cette activité met en jeu deux mondes, celui des objets et des évènements (aspects observables du monde matériel) et celui des théories et des modèles (éléments théoriques: principes, paramètres, quantités) (Tiberghien, 1994) ; les savoirs des élèves appartenant à ces mondes peuvent très bien être des savoirs scientifiques ou des savoirs provenant de leur vie quotidienne.

Cette approche de la modélisation permet d'interpréter plusieurs difficultés d'élèves en physique. En effet, après l'enseignement, plusieurs élèves arrivent à résoudre des problèmes avec des formules mais sont incapables d'utiliser ces formules et la théorie associée afin de prédire et d'interpréter des expériences. L'approche de la modélisation adoptée par Tiberghien (1994, 2000, 2005) permet d'interpréter ces difficultés.

3.5.2. Tâches épistémiques

Considérant qu'il y a un lien entre le savoir et le discours, nous analysons les productions verbales du point de vue des processus de pensée en jeu dans la compréhension du monde matériel, ce qu'Ohlsson appelle les tâches épistémiques. Ces tâches sont celles que les personnes réalisent quand ils parlent et écrivent:

> "While most cognitive researchers have concentrated on goal-directed action, a small but persistent minority has insisted that *human beings employ their understanding, not in action but in the generation of symbols* (Cassirer, 1957/1923; Gardner, 1994/1973; Goodman, 1978; Bruner, 1986). Abstracts concepts, ideas and principles find their primary expression in cultural products, not in goal attainment. In particular, there is a deep connection between abstract knowledge and discourse. The study of higher-order learning might therefore begin by asking what people do when they produce discourse. What are the canonical tasks that people carry out when they talk and write?" (Ohlsson, 1996, p.51)

Dans son travail, Ohlsson s'est inspirée de ce que Collins & Ferguson (1993) appellent les jeux et les formes épistémiques: "Epistemic forms are target structures that guide inquiry. Epistemic games are general purpose strategies for analyzing phenomena in order to fill out a particular epistemic form". Ohlsson (1996) a donc proposé un certain nombre de tâches que nous avons adaptées afin qu'elles soient relatives à la compréhension du monde matériel, qu'elles soient de l'ordre théorique ou de celui de la description des objets ou évènements. Notre approche de la modélisation s'y trouve donc intégrée.

Certaines tâches sont directement liées à l'activité de modélisation. Il y a une tâche relative à la construction du cadre dans lequel fonctionne la modélisation : *définir*. Cette tâche peut correspondre soit à la mise en œuvre d'une définition déjà établie soit à l'élaboration d'une définition. Il y a des tâches qui sont liées à la compréhension d'une situation expérimentale (ou plus généralement matérielle) ou d'un modèle : *décrire ; sélectionner ; effectuer des opérations formelles ; interpréter ; prédire ; comparer et généraliser.*

D'autres tâches mettent nécessairement en jeu l'interaction entre acteurs de la modélisation : *expliquer* ; *argumenter* ainsi que *critiquer*/*évaluer*.

Du point de vue des processus de pensée, ces tâches ne sont pas exclusives. Elles peuvent être mise simultanément en jeu dans les productions verbales, c'est-à-dire qu'un énoncé peut renfermer à la fois plusieurs tâches, une description et une interprétation par exemple.

Les définitions de ces tâches ainsi que des exemples de chacune sont donnés dans la partie méthodologie.

3.5.3. Registres sémiotiques

La formation du savoir scientifique est inséparable du développement de symbolismes spécifiques pour représenter les objets et leur relation (Gragner, 1979, cité par Duval, 1995). Selon Duval (1995), un concept peut être représenté de différentes manières. Il évoque plusieurs registres sémiotiques: la langue naturelle, les graphes, la géométrie vectorielle, les schémas, les formules algébriques, etc., la langue naturelle constituant pour lui un "registre à part", c'est l'organisation sémiotique par excellence.

Chacune des différentes représentations apporte une information spécifique à son sujet et c'est la compréhension de l'ensemble des représentations qui permet de donner du sens au concept. Ainsi, "la compréhension (intégrative) d'un contenu conceptuel repose sur la coordination d'au moins deux registres de représentation, et cette coordination se manifeste par la rapidité et la spontanéité de l'activité cognitive de conversion" (Duval, 1993). "Se contenter de proposer des représentations multiples sans mener d'activité visant à établir des liens entre ces représentations pourrait être contre-productif du point de vue de l'apprentissage" (Tiberghien & Vince, 2005).

La mise en œuvre de différents registres sémiotiques peut être fructueuse pour l'apprentissage, cependant le passage d'un registre à l'autre n'est pas évident pour les élèves:

> "Le passage d'un système de représentation à un autre ou la mobilisation simultanée de plusieurs systèmes de représentation au cours d'une même démarche, phénomènes si familiers et si fréquents dans l'activité mathématique, n'ont rien d'évident et de spontané pour la plupart des élèves et des étudiants. Ceux-ci, le plus souvent, ne reconnaissent pas le même objet à travers les représentations qui peuvent en être données dans des systèmes sémiotiques différents (…) Et, de façon plus significative, un tel cloisonnement persiste même après un enseignement ayant largement utilisé ces différents systèmes sémiotiques de représentation" (Duval, 1995, p.5)

D'ailleurs de nombreux travaux de didactique ont mis en avant des difficultés d'élèves liées à l'utilisation de certaines représentations sémiotiques d'un concept comme la représentation

graphique (McDermott & al., 1987) et la représentation vectorielle (Meltzer, 2005 ; Jiménez & Perales, 2001).

3.5.4. Monstration

A la suite de Johsua et Dupin (1993), nous considérons qu'une des formes d'introduction du savoir est la monstration. D'après ces auteurs, "le problème de la classe de science n'est pas un problème naturel – au sens où il serait naturel que la grande majorité d'une classe d'âge le ressente comme un problème à résoudre. La nuit, le ciel est noir pour tout le monde: ce n'est qu'en classe de physique que cette couleur "un problème". Le professeur désigne le problème à résoudre qui n'en était pas un du point de vue des élèves et essaie de le résoudre et de leur faire comprendre le point de vue scientifique en montrant un événement typique d'un phénomène et en lui donnant une explication théorique. Il peut aussi viser à faire acquérir aux élèves une procédure, en leur désignant comment faire ; c'est un autre aspect de la monstration.

Ces références sont celles que nous choisissons pour l'analyse du fonctionnement du savoir mais il existe sûrement bien d'autres que nous ne prenons pas en compte et qui pourraient être utilisées dans cette analyse.

4. Savoir scientifique versus savoir naïf

L'élève n'est pas un vase vide qu'il suffit de remplir, il a des connaissances préalables qui lui permettent de construire des interprétations de la très grande majorité des situations proposées, même nouvelles. Ces connaissances préalables, à partir desquelles les connaissances nouvelles sont construites, jouent donc un rôle dans l'apprentissage ; elles peuvent aussi bien être le fruit d'un enseignement que celui de l'expérience quotidienne des élèves.

"Le terme naïf renvoie aussi bien aux connaissances ou savoirs communs ou quotidiens partagés socialement, qu'aux connaissances spontanées mises en œuvre par les individus dans des situations particulières" (Tiberghien, 2003, p.334). Selon Bachelard (1938), la connaissance commune présente des caractéristiques qui la distinguent nettement de l'approche scientifique. Cette connaissance ne fait pas le détour conceptuel qui fonde l'expérimentation. En effet l'expérience quotidienne se suffit à elle-même par le seul fait que l'homme est constamment en situation d'action et de prise de décision. La démarche scientifique exige une certaine cohérence puisqu'une loi physique n'en serait pas une si elle ne s'appliquait que de temps en temps, sans qu'on sache pourquoi. On s'attend à ce que la physique atteigne une certaine généralité et qu'elle soit définie par un certain domaine de validité.

Piaget et Vygotski distinguent tous les deux les concepts naïfs des concepts scientifiques, en revanche, ils divergent sur leurs développements respectifs. Les connaissances naïves se développent vers les savoirs scientifiques selon Piaget ; les connaissances naïves sont essentielles en tant que connaissances préalables et sont ensuite marginalisées. Alors que Vygotski considère qu'il ne s'agit pas d'éradiquer les connaissances naïves, mais les deux types de connaissances, naïves et scientifiques, vont se développer et peuvent interagir (Tiberghien, 2003).

"Nous disposons donc d'un fonds commun de raisonnements auxquels nous tenons. Leur relatif degré de cohérence contribue à leur résistance. Et si quelqu'un vient nous dire qu'ils sont erronés, cela ne va pas nous en détourner du jour au lendemain" (Viennot, 1996, p.13).

On observe partout et avec des fréquences impressionnantes, des raisonnements et des tendances de pensée non compatibles avec la théorie enseignée. Ces raisonnements se révèlent résistants à l'enseignement, vu qu'on les rencontre souvent chez les élèves durant et après l'enseignement. Il se pourrait, que ces raisonnements fréquemment rencontrés, obéissent à une logique propre qui contribue à expliquer leur résistance. C'est pourquoi ils ont fait l'objet de nombreux travaux, notamment ceux sur les conceptions, cherchant à mettre en évidence des invariants dans les connaissances des élèves sur le monde matériel.

5. Conceptions des élèves en mécanique

Nous considérons qu'une conception est "un ensemble de connaissances ou de procédures hypothétiques que le chercheur attribue à l'élève dans le but de rendre compte des conduites de l'élève dans un ensemble de situations données" (Tiberghien & Vince, 2005). Cette définition met l'accent sur le fait qu'une conception est une reconstruction du chercheur à partir des productions de l'élève et qu'elle a un champ d'application limité. Cependant, elle reste muette sur le rapprochement ou l'éloignement du savoir des élèves du savoir scientifique. On trouve d'autres appellations dans la littérature concernant les conceptions comme "alternative conceptions", "alternative frameworks", "misconceptions", "preconceptions". Ces appellations renvoient souvent aux "*mistaken answers* students give when confronted with a particular situation" ou aux "*ideas about particular situations* students have which evoke the "mistaken" answers" (Dykstra, 1992). Elles mettent l'accent donc sur l'éloignement ou la différence entre le savoir des élèves et le savoir scientifique.

Il existe une littérature assez étendue sur les conceptions des élèves, la mécanique est le sujet le plus fréquemment et largement étudié. Nous n'avons pas pour but d'analyser et recenser ces travaux. Nous retenons juste certaines conceptions en lien avec les concepts en jeu dans les séquences d'enseignement étudiées et avec le questionnaire que nous avons passé aux élèves avant et après l'enseignement de la dynamique. Les séquences et le questionnaire testent essentiellement la relation entre le concept de force et les concepts de mouvement, vitesse et interactions. Les deux premières relations sont à la base du principe d'inertie et la troisième à la base du principe des actions réciproques.

5.1. 1ère loi de Newton:

Tous les travaux des didacticiens montrent que l'apprentissage du principe d'inertie est en fait très difficile pour les élèves. Tout d'abord une analyse épistémologique permet de mieux comprendre cette difficulté. Ainsi Koyré (1955/1990) montre que le principe d'inertie ne peut se comprendre que dans certains cadres de pensée du monde et que "pour les Grecs, ainsi que pour le Moyen Age, ces conceptions auraient semblé (ou ont semblé) être manifestement fausses; et même être absurdes" ; de plus il s'agit d'une vision d'un monde idéal qui n'existe pas : "Le concept Galiléen du mouvement (de même que celui de l'espace) nous paraît tellement naturel que nous croyons même que la loi d'inertie dérive de l'expérience et de l'observation, bien que, de toute évidence, personne n'a jamais pu observer un mouvement d'inertie, pour cette simple raison qu'un tel mouvement est entièrement et absolument impossible (p. 383)".

Nous donnons quelques conceptions des élèves concernant les relations force – mouvement et force – vitesse et qui peuvent rendre l'acquisition du principe d'inertie difficile.

Dans la vie quotidienne on explique souvent le monde matériel en considérant qu'un changement a une cause et donc un mouvement, quel qu'il soit, a une cause (Viennot, 1996).

En effet, un raisonnement typique chez les élèves est de considérer qu'un mouvement implique une force dans le sens du mouvement (Viennot, 1979, 1996 ; McDermott, 1998 ; Clement, 1982 ; White, 1983 ; Halloun & Hestenes, 1985). Ainsi, une balle lancée vers le haut, continue de monter après que le lanceur l'ait lâchée grâce à une force exercée vers le haut. Viennot (1996) explique ceci par le fait que les élèves attribuent une force à l'objet, "la force de la masse vers le haut", "la masse a de la force". Ceci autorise l'idée de stockage, "un capital de force vers le haut", qui permet à une cause antérieure de rester une raison de mouvement, ou de non-chute, présente à l'instant voulu: "il y a délocalisation dans le temps des grandeurs impliquées, pour les nécessités de l'explication – causale – commune" ; la force exercée par le lanceur au moment du lancer continue donc de s'exercer pendant la montée alors que le lanceur ne touche plus la balle. McCloskey (1983), Halloun & Hestenes (1985) et Hestenes & al. (1992 a et b) mettent en relation de telles erreurs des élèves avec l'idée de l'impetus, une force intrinsèque qui permet aux objets de conserver leur mouvement. Cette théorie de l'impetus a été développée par Jean Buridan, trois siècles avant Newton, qui la résumait ainsi: "Quand une personne met un corps en mouvement elle lui communique un certain impetus, c'est-à-dire une certaine force le rendant capable de se déplacer dans la direction où la personne l'a engagé: vers le haut, le bas, sur le côté ou bien en cercle. C'est grâce à cet impetus qu'une pierre continue à se mouvoir après que le lanceur a cessé de l'accompagner" (McCloskey, 1983, p.70). Cette théorie est en désaccord avec la mécanique Newtonienne car elle suppose que le mouvement doit avoir une cause. Le fonctionnement de certains élèves donnant des réponses comme la présence d'une force exercée par un agent causal même lorsqu'il n'y a pas de contact, peut être rapprochée de cette théorie.

D'autres conceptions concernant également la relation force-mouvement se traduisent sous cette forme: "aucune force n'agit sur un corps au repos " et "en l'absence de force, les objets soit sont au repos soit ralentissent" (McDermott, 1998 ; Halloun & Hestenes, 1985).

De nombreux élèves considèrent que la relation entre la force et la vitesse est linéaire (Viennot, 1979, 1996 ; Champagne & al., 1980 ; Halloun & Hestenes, 1985 ; McDermott, 1998). Cette relation linéaire conduit à plusieurs implications comme: "si la vitesse d'un corps est nulle la force exercée sur ce corps est nulle aussi", "si la vitesse d'un corps est constante la force exercée sur ce corps est constante","si la vitesse d'un corps augmente la force exercée sur ce corps augmente", "si la vitesse d'un corps diminue la force exercée sur ce corps diminue", etc. et inversement.

5.2. 3ème loi de Newton:

La troisième loi de Newton ou principe des actions réciproques semble poser problème aux élèves. Maloney (1984) qui a étudié les comportements des élèves face à des situations où la 3ème loi de Newton est appliquée, a trouvé que les élèves caractérisent les actions réciproques entre deux objets par une sorte de principe de dominance: l'objet de plus grande masse exerce une force plus grande ou l'objet qui cause le mouvement de l'autre objet exerce la force la plus grande car il arrive à l'emporter sur l'opposition de l'autre. Lemeignan & Weil-Barais (1993) évoquent aussi l'idée des objets "actifs/passifs" chez les élèves. Un objet ne peut exercer une force que s'il est vivant, animé ou actif, s'il est passif il ne peut pas. Au rôle actif sont associés des verbes comme tirer et pousser et au rôle passif des verbes comme retenir, supporter. Une autre difficulté soulignée par Viennot (1979) est que les élèves considèrent souvent les deux forces du couple action-réaction comme s'exerçant sur le même corps, elles sont donc égales dans le cas du repos et dans le cas du mouvement, celle qui est dans la direction du mouvement est plus grande que l'autre.

L'ensemble de ces travaux sur les conceptions nous permettent de prévoir et de tester certaines difficultés d'élèves et de classer les concepts en jeu en classe et dans les questionnaires selon leurs difficultés.

6. Hypothèses d'apprentissage

Nous présentons dans ce paragraphe deux genres d'hypothèses d'apprentissage que nous faisons, certaines sont générales et liées aux interactions et d'autres sont plus opératoires et directement liées à notre méthodologie d'analyse.

6.1. Hypothèses générales d'apprentissage en lien avec les interactions en classe

Notre hypothèse générale sur l'apprentissage est basée sur une approche socio-constructiviste au sens où nous nous appuyons sur les travaux de Vygotski (1934/1997) sans éliminer ceux de Piaget (1970). "Pour Vygotski, on se développe parce qu'on rencontre la contingence" (Vergnaud, 2002, p.61). Ainsi, nous sommes dans la ligne de Vygotski quand nous affirmons que *pour donner la possibilité d'apprendre une notion en physique cette notion doit être enseignée, doit mettre en jeu des interactions verbales et nécessite aussi bien la médiation de l'adulte que du signe.* Nous retenons essentiellement le rôle de la médiation d'autrui qui permet de rendre effective "la possibilité plus ou moins grande qu'a l'enfant de passer de ce qu'il sait faire tout seul à ce qu'il sait faire en collaboration avec quelqu'un est précisément le symptôme le plus notable qui caractérise la dynamique de son développement et de la réussite de son activité intellectuelle. Elle coïncide entièrement avec sa zone prochaine de développement" (Vygotski 1934/1997, p. 353). Bruner (1987) a de même pris en compte la médiation d'autrui et a analysé plusieurs actes de médiation du tuteur "comme ceux qui consistent à attirer l'attention sur les informations pertinentes, ou à prendre à sa charge une partie des actions à effectuer" (Vergnaud, 2007). Nous nous appuyons aussi sur la partie de la tradition piagétienne qui met l'accent sur le rôle essentiel de l'interaction de l'enfant avec le monde matériel. En accord avec Vergnaud (2007), nous considérons que ces deux contributions majeures du vingtième siècle à la psychologie cognitive "ne s'opposent pas mais se complètent au contraire utilement":

> "En résumé, l'appropriation d'une culture par un individu dépend nécessairement de sa propre activité, y compris de son propre travail de construction ou de reconstruction des concepts constitutifs de cette culture. Elle dépend aussi fortement de l'aide qu'il reçoit de son environnement, et donc de la qualité des médiations dont il bénéficie" (Vergnaud, 2007, p.12)

Deux hypothèses découlent en partie de cette hypothèse générale sur l'apprentissage:

1- La situation de classe joue un rôle essentiel dans l'apprentissage de l'élève et ses acquisitions:

Nous ne développons pas cette hypothèse ici puisqu'elle a déjà été développée plus haut dans le paragraphe "l'importance de la situation de classe".

2- La topogénèse joue un rôle essentiel dans l'apprentissage:

Partant du fait que l'action didactique est une action conjointe du professeur et des élèves, le rôle de chacun des acteurs de la situation dans l'avancement du savoir devient crucial pour nous. Nous considérons spécifiquement que les moments de dévolution et d'institutionnalisation peuvent jouer un rôle dans l'apprentissage des élèves. Nous ne

développons pas cette hypothèse ici puisqu'elle a déjà été développée plus haut dans le paragraphe "topogénèse".

6.2. Hypothèses opératoires

Nous faisons des hypothèses plus spécifiques et plus opératoires qui seront à la base de notre méthodologie d'analyse.

1- La compréhension se développe à partir de "petits éléments" de savoir:

Nous supposons que la compréhension se développe grâce à de nouvelles relations construites par l'apprenant ce qui est une reformulation de la proposition de Bange (1992) : "comprendre c'est intégrer un événement préalablement isolé dans un ensemble qui l'englobe et par là même lui donne un sens" (p.164).

Nous supposons que ces nouvelles relations ou intégrations se construisent le plus souvent à partir d'éléments de savoir assez petits. Comme le montre Küçüközer (2005), l'élève peut acquérir des éléments comme par exemple une des caractéristiques de la vitesse dans le cas d'un mouvement circulaire (la modification de sa direction alors que sa valeur est constante), et ultérieurement la signification d'un mouvement uniforme, ou encore il peut apprendre que, pour le physicien, la Terre est un objet au même titre qu'un crayon ou un ballon et ultérieurement comprendre le principe des interactions entre objets (ou au moins certains aspects). Ces "petits" éléments constituent des éléments du principe d'inertie mais leur cumul ne constitue pas le principe d'inertie ; celui-ci consiste en des relations entre ces différents éléments. L'acquisition donc de ces éléments et surtout l'acquisition des différents liens entre eux vont contribuer à la compréhension du principe d'inertie. Nous considérons donc qu'un élève ne peut pas apprendre d'un coup le principe d'inertie, il va passer par de nombreuses étapes intermédiaires et cet apprentissage peut même durer des années. Ainsi, la construction de la compréhension conceptuelle de la physique se ferait par "petits éléments". "Cette position peut ne pas être contradictoire avec celle d'obstacle. En effet si on se place à un niveau de granularité fin, le chercheur peut approcher l'évolution de l'élève "à petits éléments" alors que si on étudie l'évolution de l'élève sur un temps suffisamment long on peut considérer qu'il a franchi un obstacle épistémologique. En revanche notre hypothèse peut être en contradiction avec l'idée qu'on apprendrait d'un coup de nouveaux concepts à la suite d'une mise en contradiction. Nous n'excluons pas cette possibilité, mais nous la considérons comme étant plutôt rare" (Tiberghien & al. 2007b, 34).

Notre choix de "petits éléments" nous conduit à prendre l'unité minimale de discours qui a un sens de manière autonome. Nous prenons donc l'équivalent d'une phrase qui, pour une majorité de linguistes, est considérée comme étant une unité minimale de sens. Par exemple pour le concept de poids nous avons quatre petits éléments : (1) la force exercée par la Terre sur un objet est le poids de l'objet , (2) la Terre exerce toujours une force sur les autres objets, (3) la force exercée par la Terre sur un objet est un vecteur vertical toujours dirigé vers le bas, (4) la force (l'action) exercée par la Terre et la force (l'action) exercée par le sol ne sont pas les mêmes forces. Chacun de ces éléments est une des composantes de ce concept. L'acquisition de l'un n'implique pas l'acquisition d'un autre et l'acquisition de tous les éléments n'implique pas nécessairement l'acquisition du concept qui nécessite des liens entre ces différents éléments.

2- Un élément de savoir ne s'apprend pas de la même façon qu'un autre, nous pouvons donc parler de la différence "d'apprenabilité" (Tiberghien & al., 2007b):

Les recherches sur les conceptions des élèves et les processus d'apprentissage ont montré des difficultés chez les élèves à acquérir certains concepts ou éléments de concepts. Nous

évoquons ces difficultés dans la partie qui suit. Nous faisons donc, dans nos analyses, la différence entre les concepts difficiles à acquérir et les concepts ne présentant pas une difficulté particulière. Les concepts que nous considérons comme « difficiles à acquérir » sont ceux qui mettent en jeu plusieurs éléments de savoir devant être mis en relations dont certains sont en concurrence avec des éléments contradictoires qui sont déjà acquis ; les élèves ont certaines conceptions erronées concernant ces concepts. Par contre, les concepts que nous considérons comme « ne présentant pas une difficulté particulière » sont des éléments de savoir qui peuvent être appris sans remise en cause des liens avec d'autres éléments et qui en plus ne correspondent pas à certaines conceptions erronées des élèves. Cette reconnaissance de la difficulté de certains éléments plutôt que d'autres nous conduit à poser la question de "l'apprenabilité" des éléments de savoir ou des groupes d'éléments puisque nous considérons qu'un élément de savoir ne s'apprend pas tout seul mais en lien avec d'autres éléments. Certains éléments de savoir peuvent être appris mieux que d'autres et ceci pendant une durée déterminée d'enseignement alors que d'autres comme le principe d'inertie requièrent plusieurs années parfois pour être appris.

3- La reprise d'un élément de savoir nouvellement introduit peut favoriser son apprentissage:

Nous ne parlons pas de reprise comme simple énonciation d'un énoncé déjà introduit, un perroquet peut très bien reprendre ce qui a été dit sans lui donner du sens, mais de reprise dans un nouveau contexte, une nouvelle situation, un nouveau champ d'application. Cette mise en œuvre d'un élément de savoir dans un nouveau contexte en classe peut mener l'élève à manipuler le savoir, à étendre son champ d'application et à établir des relations entre différents éléments de savoir ; cette répétition peut favoriser l'apprentissage de cet élément de savoir par l'élève. Cependant, compte tenu de la diversité possible de "l'apprenabilité" des éléments, la reprise d'un élément ne conduit pas nécessairement à son apprentissage. Nous rendons compte de cette 3ème hypothèse opératoire par la notion de "continuité" que nous développons dans la partie méthodologie.

4- La variété des éléments de savoir mis en jeu peut jouer un rôle dans leur apprentissage:

Pendant une durée bien déterminée, un certain nombre d'éléments de savoir est mis en jeu dans la classe. Ce nombre peut être relativement petit dans un cas ou relativement grand dans un autre, ceci n'aura pas le même effet sur l'apprentissage. Si le nombre est grand, il peut constituer une surcharge pour les élèves qui ne pourront pas intégrer facilement ces éléments dans le réseau d'éléments qu'ils connaissent déjà. Nous rendons compte de cette hypothèse par la notion de "densité" qui vise à connaître dans quelle mesure le savoir nouveau est introduit de manière régulière ou par à-coups. Cette notion sera développée dans la partie méthodologie. La densité pose la question du rôle du lien entre les différents éléments de savoir. Si la densité des éléments de savoir pendant une certaine durée est élevée et que les liens entre ces éléments ne sont pas clairs, ceci peut constituer un obstacle à l'acquisition de ces éléments par les élèves puisqu'ils constitueront des éléments de savoir dispersés ; alors que si le lien entre eux est clair, les élèves ont plus de chances d'acquérir ces éléments en les insérant dans des groupes qui leur donnent du sens.

7. Différentes échelles temporelles pour l'analyse du savoir enseigné

"Every human action, all human activity takes place on one or more characteristic timescales. A heartbeat, a breath, a step, a spoken word takes but a moment; a stroll, a conversation extends over many such moments; and an education or a relationship may be a lifetime project" (Lemke, 2000, p.273). Cette activité humaine, précisément celle qui en lien avec la vie du savoir en classe dans notre cas, peut donc être analysée à différentes échelles

temporelles ; Afin de pouvoir la caractériser, le chercheur doit se placer à ces différentes échelles temporelles, ce qui nous mène à préciser celles des phénomènes que nous cherchons à étudier.

Nous suivons Mercier et al. (2005) qui considèrent que "chaque système produit son temps propre". Ainsi, pour un système donné, certaines échelles de temps sont plus appropriées que d'autres. Le système éducatif d'un pays dépend du gouvernement qui décide de la succession des années académiques et du programme officiel consacré pour chaque année. Ce programme précise le savoir à enseigner pour une année scolaire en spécifiant son contenu et souvent la durée approximative consacrée à chaque contenu. Cette organisation produit ce que Mercier & al. (2005) appellent le "temps académique" ; nous considérons que ce temps est situé à une échelle de temps macroscopique. Cependant, la progression du contenu de l'enseignement est spécifique d'une classe et est sous la responsabilité du professeur qui doit présenter le programme officiel à sa classe. Elle est aussi dépendante de la classe dont l'activité rythme l'introduction de nouveaux éléments de savoir. Ce rythme produit le "temps didactique" (Mercier & al., 2005) spécifique d'une classe puisqu'un même professeur dans deux classes différentes gère différents temps didactiques. Ce temps est situé à une échelle de temps mésoscopique qui caractérise la vie du savoir enseigné en classe. L'analyse du savoir à cette échelle montre ce qu'un élève idéal fictionnel peut apprendre (Tiberghien & Buty, 2005).

Nos hypothèses d'apprentissage posent que le savoir peut être acquis par « petits éléments » ; ce phénomène d'apprentissage nous conduit à considérer une échelle microscopique de temps qui correspond à celle de l'analyse du chercheur à un niveau de granularité plus fin. Pour caractériser une classe et ainsi la comparer à d'autres, le chercheur va étudier les événements de la classe à une échelle fine du temps et de l'espace. L'échelle temporelle sera celle des énoncés ou des gestes des personnes, c'est-à-dire autour de la seconde ; il s'agit aussi d'une échelle plus fine dans l'espace puisque les événements peuvent se situer dans l'interaction entre deux élèves (Tiberghien & al., 2007a)

Sous le contrôle de	**Temps du système**	**Échelle de temps**
Système éducatif (pays, région)	**Temps académique** Année académique: Programme officiel selon les niveaux	*Macroscopique* Année, Mois
Classe	**Temps didactique** Thème, Sous-thème, rythme d'introduction de nouveaux éléments de savoir	*Mésoscopique* Heure, minute
Classe, professeur ou élèves	**Temps d'un énoncé, d'un geste** Niveau fin de granularité de l'analyse	*Microscopique* Minute, seconde,

Tableau 1. Echelles de temps selon les systèmes et la granularité de l'analyse; chaque échelle de temps est donnée avec le temps physique (Tiberghien & al., 2007a)

Nous situons donc nos analyses à trois échelles temporelles, macro, méso et micro. Pour Lemke, "each scale of organization in an ecosocial system is an integration of faster, more local processes (activities, practices, doings, happenings) into longer timescale, more global or extended networks" (Lemke, 2000, p.275) ; « activities at higher levels of organization are emergent, their functions cannot be defined at lower scales, but only in relation to still higher ones. […] Going « up » we know the units, but we know neither the patterns of organization nor the properties of the emergent higher level phenomena » (Lemke, 2001, p.25). L'intérêt de mener des analyses à différentes échelles temporelles vient donc du fait qu'un événement se produisant à une certaine échelle peut être intégré dans des échelles de niveau supérieur. Le niveau inférieur informe le niveau supérieur mais il ne nous permet pas d'avoir la structure et les propriétés de l'activité au niveau supérieur. Il faut donc se mettre au bon niveau pour pouvoir étudier certains phénomènes.

CHAPITRE III
QUESTIONS DE RECHERCHE ET METHODOLOGIE

Dans ce chapitre, nous présentons nos questions de recherche qui découlent de la problématique et du cadre théorique et auxquelles nous tentons de répondre dans les parties qui suivent. Nous présentons ensuite le dispositif de notre étude ainsi que les données récoltées et enfin nous détaillons la méthodologie d'analyse.

1. Questions de recherche

Comme nous l'avons déjà précisé, notre problématique est de relier les pratiques de classes aux performances des élèves du point de vue du savoir. Cette problématique nous mène donc à nous poser des questions concernant les trois volets suivants: les pratiques de classe, les performances des élèves et le lien entre pratiques de classes et performances des élèves.

Nous tenterons donc de répondre aux trois questions générales suivantes :

1. *Comment caractériser les pratiques de classes, du point de vue du savoir, de façon à pouvoir différencier les classes ? Quelles sont différences et similitudes entre les pratiques des classes observées ?*
2. *Quelles sont les performances des élèves relatives aux connaissances conceptuelles dans les classes observées ?*
3. *Comment relier pratiques et performances ? Quels liens hypothétiques peut-on établir entre les différences de performances et les différences de pratiques ?*

En ce qui concerne les performances des élèves, nous nous sommes appuyés sur des travaux antérieurs (la construction du questionnaire, sa passation dans les classes et le codage des

réponses ont été faits par d'autres). Les questions de recherche associées sont donc limitées aux résultats relatifs aux performances des élèves.

Il est important de préciser que notre étude est une étude de cas qui porte sur trois classes, deux en France et une au Liban ; les résultats que nous donnons en réponse à ces questions sont donc de nature hypothétique.

Nos positions théoriques et nos hypothèses d'apprentissage nous permettent de raffiner nos questions de recherche et de les préciser.

Concernant la caractérisation des pratiques des classes observées du point de vue du savoir, nous tenterons de répondre aux questions suivantes :
En lien avec les échelles temporelles (cf. cadre théorique)

1. A quelles échelles temporelles pouvons-nous nous positionner afin de caractériser la dynamique du savoir enseigné dans les classes ?
2. Comment découper les productions des classes suivant les différentes échelles temporelles ? Quels liens entre les échelles ces découpages nous permettent-ils de faire ?

En lien avec la chronogénèse (cf. cadre théorique)

3. Quel est le rythme d'avancement du savoir enseigné dans les différentes classes ?
4. Partant de l'hypothèse que la reprise d'un élément de savoir peut favoriser son apprentissage, nous voulons savoir à quel point il y a une continuité du savoir enseigné dans les différentes classes ?
5. Partant de l'hypothèse que la variété des éléments de savoir mis en jeu peut jouer un rôle dans leur apprentissage, nous voulons savoir quelle est la densité du savoir (nouveau et réutilisé) dans les différentes classes ? Quels liens sont faits entre les différents éléments de savoir mis en jeu ensemble ?

En lien avec la topogénèse et la modélisation (cf. cadre théorique)

6. Quelles sont les positions des différents acteurs de la classe, professeur et élèves, vis à vis du savoir ? Qui prend la responsabilité du savoir ?
7. En lien avec les tâches épistémiques : Quels sont les différents processus de pensée mis en jeu et leur lien avec la modélisation et la topogénèse ?

Concernant les performances des élèves relatives aux connaissances conceptuelles, nous tenterons de répondre aux questions suivantes (En lien avec l'apprenabilité, cf. cadre théorique) :

1. Quels regroupements conceptuels faisons-nous concernant les questions des questionnaires passés aux élèves ?
2. Quels regroupements conceptuels sont considérés comme difficiles à acquérir ou ne présentant pas de difficultés reconnues ?
3. Quels sont les taux de réussites des élèves aux différentes questions du questionnaire avant et du questionnaire après ? Quelles sont les évolutions observées entre avant et après l'enseignement ?

Concernant le lien entre pratiques de classes et performances des élèves, nous tenterons de répondre aux questions suivantes :

1. Quelle est la continuité dans les classes des différents éléments de savoir en jeu dans les questions du questionnaire ? Quel lien hypothétique peut-on établir entre la continuité du savoir dans les classes et les différences de performances ?

2. A quelle(s) échelle(s) d'analyse pouvons-nous approfondir nos liens ? Quel lien hypothétique pouvons-nous établir entre la vie du savoir en classe à une échelle donnée et les différences de performances ?

Nous essayons autant que possible de répondre à ces questions dans notre étude mais nous ne prétendons pas pouvoir avoir toutes les réponses.

2. Méthodologie de recueil et premier traitement des données

Notre recherche se situe à la croisée de deux études : l'une porte sur l'évaluation de la mise en œuvre de la séquence d'enseignement de mécanique en seconde conçue par le groupe SESAMES (*Situations d'Enseignement Scientifique: Activités de Modélisation, d'Evaluation et de Simulation*, projet INRP) et l'autre porte sur l'étude du fonctionnement d'une classe de physique quelle que soit la séquence utilisée. La première étude a été réalisée par ailleurs (Coulaud, 2005) et elle est encore en cours. L'autre étude porte sur le fonctionnement d'une classe du point de vue de la « vie » du savoir ainsi que les liens entre performances et fonctionnement de la classe et constitue, comme le montrent nos questions de recherche, la part essentielle de notre recherche.

2.1. Dispositif de l'étude

Pour évaluer l'évolution des performances des élèves, un questionnaire a été passé dans des classes de seconde, avant et après l'enseignement de la mécanique ; les huit questions posées avant sont présentes dans le questionnaire après enseignement qui comporte quelques questions supplémentaires (voir annexe 3 pour les questionnaires). Ce questionnaire, élaboré à partir d'un travail sur l'évaluation en classe concernant la mécanique en seconde (Coulaud, 2005), a été passé dans une classe au Liban et 20 classes en France dont 9 classes ont suivi la séquence construite par leur professeur (groupe 1) et 11 classes la séquence d'enseignement conçue par le groupe de recherche et développement SESAMES (groupe 2) (voir annexe 2 pour la séquence SESAMES). La passation de ce questionnaire a pour but de tester le fonctionnement de la séquence SESAMES ainsi que celui de séquences ordinaires construites par les professeurs des classes. Nous avons repris les résultats de ces questionnaires à partir des fichiers SPSS et les avons traités, nous avons en particulier fait quelques croisements selon nos analyses que nous présentons dans un chapitre ultérieur.

Pour analyser les pratiques de classes du point de vue du savoir enseigné, nous avons recueilli des données, en particulier des enregistrements vidéo, dans trois classes de seconde, une au Liban (classe 3) et deux en France: l'une (classe 1) appartenant au groupe 1 et l'autre (classe 2) au groupe 2 (SESAMES). En fait, nous avons choisi de suivre une classe appartenant à chacun des deux groupes afin de mieux comprendre le fonctionnement de ces deux groupes ; les professeurs de ces deux classes avaient accepté de faire passer le questionnaire dans leur classe et d'être filmés avec leur classe pendant l'enseignement de la partie dynamique. Ces enregistrements ont été faits au cours de l'enseignement des parties "forces et interactions" et "introduction du principe d'inertie" en mécanique. Il faut noter que parmi les élèves présents dans ces trois classes, certains étaient absents lors de la passation soit du questionnaire avant soit du questionnaire après. Seuls les élèves présents lors de la passation des deux questionnaires ont été pris en compte dans les résultats des questionnaires, soit 28 élèves pour la classe 1, 31 pour la classe 2 et 23 pour la classe 3. Ce sont ces effectifs qui seront affichés dans les tableaux de résultats des questionnaires (partie suivante).

La classe du Liban comporte 23 élèves (13 filles et 10 garçons) ; l'établissement est privé (chrétien) et le niveau socioculturel est moyen. Le professeur est un homme qui a moins de cinq années d'expérience.

La classe 1 de France comporte 30 élèves (22 filles et 8 garçons) ; elle se situe dans la périphérie d'une grande agglomération. C'est un lycée d'enseignement général et technologique qui comporte des classes préparatoires. Il recrute dans un milieu socioculturel sans difficulté particulière. Le professeur est un homme, qui a une longue expérience d'enseignement de la physique.

La classe 2 de France comporte 34 élèves (5 filles et 29 garçons) ; elle se situe, comme la classe 1, dans la périphérie d'une grande agglomération, il s'agit aussi d'un lycée d'enseignement général et technologique qui comporte des classes préparatoires et qui a une forte connotation technologique d'où le nombre élevé de garçons dans la classe. Le professeur est une femme qui est très expérimentée. Elle a participé pendant de nombreuses années au groupe SESAMES, en particulier pour la conception de la séquence enseignée.

Nous connaissons personnellement le professeur libanais. Le professeur de la classe 2 de France a déjà participé au projet SESAMES avec certains membres de notre laboratoire de recherche et celui de la classe 1 de France enseigne dans le même lycée que l'un de nos collègues. Nous avons demandé à ces professeurs de filmer dans leur classe et ils ont accepté.

Le professeur de la classe 2 a fidèlement suivi les documents produits par le groupe SESAMES et qui comportent des modèles, des activités et des exercices. Ces documents sont distribués par le professeur aux élèves avant chaque partie à faire (modèle, activité, exercice) sous forme de feuilles à coller sur leur cahier. Par contre les professeurs des classes 1 et 3 qui ont construit leur propre séquence ont eu recours à des livres. Le professeur de la classe 1 a utilisé le livre Hatier Microméga (2004) pour choisir des activités et des exercices et le professeur de la classe 3 le livre de la collection Spectra (1998) pour choisir des exercices et lire le cours parfois. Dans la classe 2, les documents dont les élèves ont besoin sont distribués par le professeur sous formes de feuilles que les élèves collent sur leur cahier ; ces feuilles comportent des modèles et des activités ou exercices et les élèves réalisent les activités et les exercices sur leur cahier. Dans la classe 1, le professeur soit écrit des parties du cours au tableau et les élèves copient, soit dicte aux élèves certaines parties. Il ne dit jamais aux élèves de s'appuyer sur le cours présent dans le livre mais utilise le livre uniquement pour leur donner des activités et des exercices à faire et les élèves les font sur leur cahier. Dans la classe 3, le professeur soit écrit des parties du cours au tableau et les élèves copient, soit leur demande de prendre certaines parties du cours qui se trouvent dans leur livre. Les exercices sont faits sur le cahier et leurs énoncés sont soit pris du livre soit dictés par le professeur.

Une des différences observée entre les classes françaises et la classe libanaise concerne l'organisation de la classe. En France, les classes fonctionnent soit en classe entière pendant les séances de cours en général (tous les élèves de la classe sont présents) soit en demi-classe pendant les séances de travaux pratiques (presque la moitié de la classe est présente) ; il faut noter que parfois, et c'est le cas dans nos deux classes filmées, les professeurs font des travaux pratiques en classe entière et des activités ou exercices et demi-classe. On ne trouve pas cette tradition au Liban, les classes fonctionnent toujours en classe entière et les travaux pratiques sont rares, souvent par manque de matériel ; dans le cas de la classe qu'on a filmée il n'y a pas du tout de travaux pratiques pendant la séquence filmée. Une autre différence dans l'organisation concerne le travail en petits groupes. Dans la conception de la séquence SESAMES, le travail en petits groupes, souvent de deux et parfois de quatre, est mis en avant, partant de l'hypothèse que les interactions entre pairs peuvent favoriser l'apprentissage. Dans notre classe SESAMES filmée (classe 2), pendant les activités, les exercices et les travaux

pratiques, les élèves travaillent toujours en petits groupes, que ce soit en classe entière ou en demi-classe. Par contre, dans la deuxième classe filmée en France (classe 1) et qui suit la séquence du professeur, le travail en petits groupes n'est pas systématique, on l'observe surtout pendant l'enseignement en demi-classe où les élèves sont amenés à travailler par deux sur le même matériel expérimental. La classe du Liban ne fonctionne presque jamais en petits groupes.

2.2. Données recueillies

Pendant les enregistrements vidéographiques dans les classes, deux caméras ont été utilisées. Une caméra placée au fond de la classe prend dans son champ le professeur (elle le suit quand il se déplace), le tableau et un bon nombre d'élèves vus de dos ou de biais. Deux configurations de classe, une correspondant à une salle de cours et une à une salle de TP, sont données en annexe (voir annexe 4) ; les classes 1 et 2 utilisent les deux salles selon que les élèves sont en classe entière (salle de cours) ou en demi-classe (salle de TP), alors que la classe 3 n'utilise que la salle de cours et jamais la salle de TP. A cette caméra, placée au fond de la classe, est relié un micro-cravate donné au professeur. C'est la vidéo prise par cette caméra qui servira principalement à nos analyses. La deuxième caméra est fixée au devant de la classe et prend dans son champ le même binôme d'élèves pendant toute la séquence d'enseignement et le plus grand nombre possible d'élèves vus de face. A cette caméra sont reliés deux micros-cravates donnés aux deux élèves du binôme filmé. Dans le cas de la classe du Liban nous ne suivons pas un binôme puisque les élèves ne travaillent jamais en groupes ; une caméra est donc placée au devant de la classe et prend dans son champ le plus grand nombre d'élèves vus de face ou de biais. Dans le cas des classes françaises, les binômes ont été choisis par le professeur suite à notre demande d'avoir deux élèves de niveau moyen et qui discutent. La vidéo prise par cette caméra sert de complément à la première dans le cas où le son et la vue d'ensemble ne sont pas très clairs dans celle-ci. Elle peut servir ultérieurement à mener des analyses plus fines concernant les acquisitions des élèves. Une fois les séances enregistrées en classe, les bandes sont ensuite numérisées et compressées à l'aide du logiciel Windows Movie Maker et nous obtenons des fichiers en ".wmv".

Le tableau 2 ci-dessous montre l'ensemble des séances successives enregistrées dans les trois classes. Les enregistrements ont été uniquement interrompus dans la classe 2 pour une durée d'un mois environ parce que le professeur faisait de la chimie pendant ce mois.

	Numéro de la séance	**Séances filmées**	**Type de la séance**	**Organisation de la classe**	**Durée prévue**	**Durée effective**
Classe 1	1	03/03/05	Cours	Classe entière	55 min	00:28:20
	2	04/03/05	TP	Demi-classe	1h25	01:09:05
	3	07/03/05	Cours	Classe entière	55 min	00:51:46
	4	10/03/05	Cours	Classe entière	55 min	00:47:40
	5	11/03/05	TP	Demi-classe	1h25	01:15:18
	6	14/03/05	Cours	Classe entière	55 min	00:51:59
Durée totale					**6h30**	**05:24:08**
Classe 2	1	04/02/05	Cours	Classe entière	55 min	00:48:24
	2	08/02/05	TP	Demi-classe	1h25	01:27:18
	3	10/02/05	Cours	Classe entière	55 min	00:51:31
	4	11/02/05	Cours	Classe entière	55 min	00:24:17
	5	22/03/05	TP	Demi-classe	1h25	01:23:35
	6	24/3/05	Cours	Classe entière	55 min	00:54:55
	7	25/03/05	Cours	Classe entière	55 min	00:50:10
Durée totale					**7h25**	**06:40:10**

Classe 3	1	16/05/06 (1)	Cours	Classe entière	50 min	00:37:19
	2	16/05/06 (2)	Cours	Classe entière	50 min	00:44:14
	3	19/05/06	Cours	Classe entière	50 min	00:50:53
	4	23/05/06 (1)	Cours	Classe entière	50 min	00:39:36
	5	23/05/06 (2)	Cours	Classe entière	50 min	00:49:53
	6	26/05/06	Cours	Classe entière	50 min	00:50:56
	7	02/06/06	Cours	Classe entière	50 min	00:54:20
Durée totale					**5h50**	**05:27:11**

Tableau 2. Ensemble des séances enregistrées dans les trois classes

Les durées effectives de l'enseignement de la séquence filmée dans les trois classes sont comparables ; elles sont approximativement de 5h20 pour la classe 1, de 6h40 pour la classe 2 et de 5h30 pour la classe 3. Les écarts entre les durées prévues et les durées effectives d'enregistrement vidéo viennent du fait que parfois les élèves de la classe perd quelque minutes au début de la séance pour s'installer et quelques minutes à la fin pour ranger leurs affaires. Elle vient aussi du fait que parfois nous démarrons notre caméra après que le cours ait commencé pour des raisons d'installation du matériel. Deux grands décalages sont à noter : pour la 1ère séance de la classe 1 et la 4ème séance de la classe 2 ; dans le 1er cas, le décalage est dû au fait que la 1ère moitié de la séance était consacrée à la cinématique, nous ne l'avons donc pas filmée ; dans le 2ème cas, le décalage est dû au fait que la 2ème moitié de la séance était consacrée à la chimie, nous ne l'avons également pas filmée.

Une évaluation concernant la partie dynamique a été faite dans les classes 1 et 2 après l'enseignement de cette partie, alors que dans la classe 3 (celle du Liban), le professeur n'a pas eu le temps de faire une évaluation puisqu'il a terminé cette partie juste avant les vacances d'été ; l'examen de fin d'année a par contre été fait dans cette classe après l'enseignement de la « dynamique » mais portait également sur d'autres parties du programme.

2.3. Premier traitement des données

Un premier traitement des vidéos consiste à transcrire les productions verbales. Nous avons fait le choix de ne pas suivre des normes déjà définies pour les transcriptions mais de transcrire d'une façon très simplifiée, en consacrant dans un tableau Word une colonne pour le temps (qui est noté presque toutes les deux minutes), une colonne pour le locuteur et une colonne pour le discours. Pour certaines séances, la transcription complète du discours a été faite et pour d'autres nous n'avons fait que des transcriptions partielles. L'utilisation de ces transcriptions dans nos analyses est toujours secondée du visionnement vidéo. Ces transcriptions sont données en annexe (voir annexes 5, 6, 7).

Un logiciel d'annotation vidéo a été utilisé pour nous aider à faire nos analyses, Videograph (Rimmele 2002). Chaque fichier créé par Videograph montre dans une fenêtre une vidéo, dans une deuxième, les catégories et sous-catégories de codage définies *a priori* et dans une troisième, les codages faits (voir figure 1).

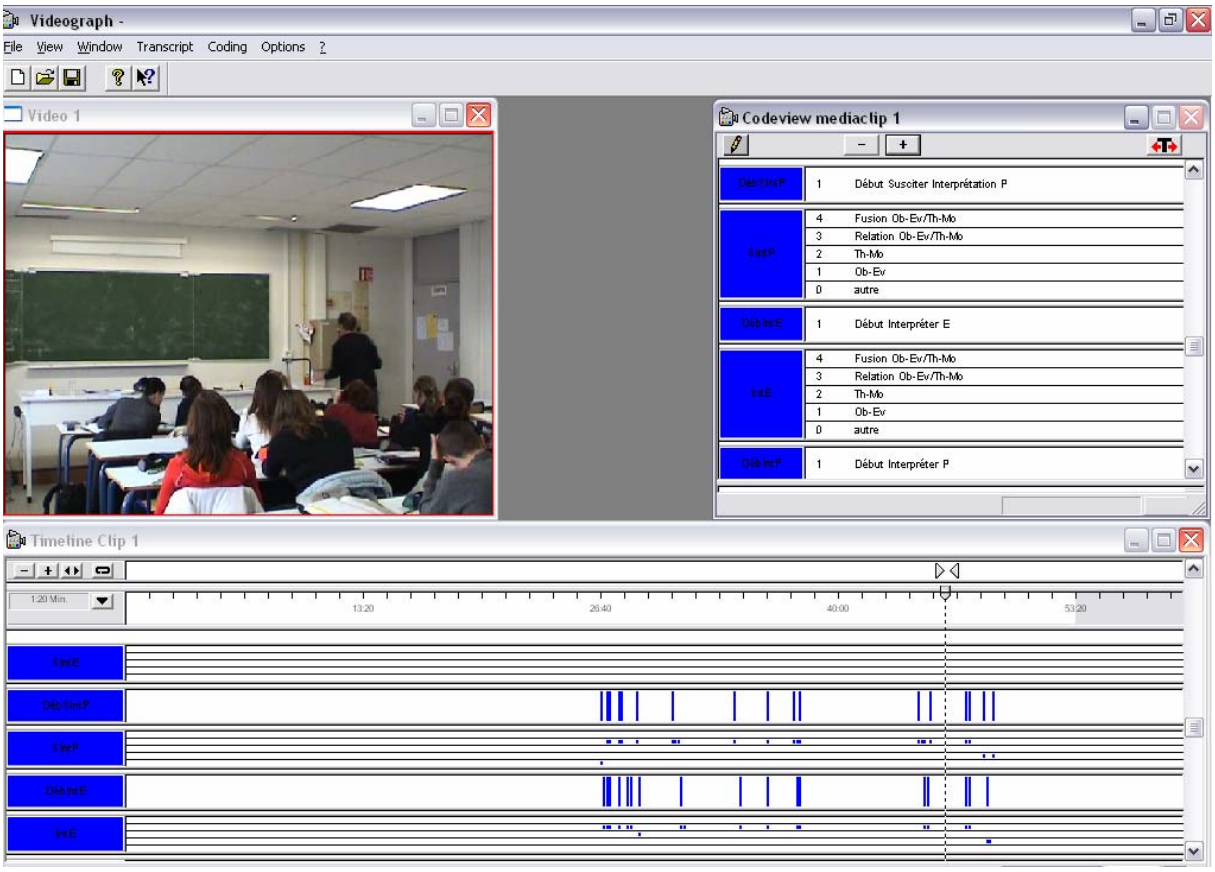


Figure 1.Interface du logiciel videograph. En haut à gauche : vidéo ; en haut à droite : catégories et sous-catégories de codage ; en bas : le codage fait suivant les différentes catégories et sous-catégories en fonction du temps.

3. Analyse des pratiques de classe à différentes échelles

Nous développons ci-dessous nos différents choix méthodologiques concernant le positionnement à différentes échelles afin d'analyser les pratiques de classe, les découpages des productions de la classe et les différentes analyses menées selon les échelles.

Comme nous l'avons mentionné dans le cadre théorique, nous nous situons à trois échelles afin d'analyser les pratiques de classes, l'échelle microscopique, l'échelle mésoscopique et l'échelle macroscopique. Nous présentons ci-dessous la façon dont nous analysons les pratiques des classes à ces trois échelles temporelles.

3.1. Echelle macroscopique

A cette échelle temporelle nous effectuons une analyse de la structure conceptuelle des différentes séquences d'enseignement mises en œuvre dans les trois classes que nous présentons dans la partie résultats et analyse.

3.2. Echelle mésoscopique

Afin d'analyser le savoir enseigné à l'échelle du temps didactique, l'échelle mésoscopique, nous menons une analyse thématique (Tiberghien et al., 2007c, 2007a) qui permet de le structurer par son contenu. En effet, les productions discursives d'une classe (Filletaz, 2001) peuvent être divisées en unités à des échelles de temps de l'ordre de quelque(s) dizaine(s) de

minutes. Ces unités ont une structure, avec des frontières et une cohérence thématique. La plupart du temps, elles incluent une introduction et une conclusion, la majorité des énoncés est reliée au même thème. Nous appelons ces unités: "thèmes". La cohérence thématique est basée sur les concepts en jeu: un thème peut mettre en jeu un concept (ou un aspect d'un concept), par exemple le concept de force ou plusieurs concepts liés comme par exemple la relation entre force et mouvement. Un exemple d'un thème peut être une activité ou un exercice ou la présentation d'un modèle où les concepts sont liés par les questions (de l'activité ou de l'exercice) ou par le discours du professeur. En général l'ensemble des thèmes relatifs au savoir (il peut y avoir des thèmes relatifs uniquement à l'organisation de la classe) recouvrent presque la totalité de la séance mais il peut y avoir au début ou à la fin de la séance ou entre deux thèmes un temps consacré à l'organisation de la classe ou au traitement de questions qui ne sont pas en lien avec le contenu d'enseignement. Cependant, les thèmes peuvent être imbriqués, avec des frontières non juxtaposées ; nous les délimitons différemment selon les cas. Toutefois, dans nos analyses, nous sommes arrivés à déterminer les thèmes de manière relativement simple quelle que soit la classe ; ceci montre de manière empirique que le découpage thématique est un découpage relativement adapté à l'analyse des productions discursives d'une classe.

Dans certains cas les thèmes sont divisés en "sous-thèmes". Les sous-thèmes sont des sous-unités du thème qui recouvrent le thème, c'est à dire dont la juxtaposition reconstitue le thème. Ils peuvent être divisés selon les concepts (ou les aspect des concepts) mis en jeu, par exemple, dans le cas d'une activité ou d'un exercice qui comporte plusieurs questions, les questions peuvent constituer des sous-thèmes si elles sont bien délimités (et si elles ne le sont pas on ne découpe pas en sous-thèmes) dans la vie de la classe, c'est à dire si on voit bien le début et la fin de la question: un exercice constituant un thème nommé "bilan des forces et représentation des forces", peut par exemple être divisé en deux sous-thèmes, le 1er "bilan des forces" et le 2ème "représentation des forces" si on arrive à bien les délimiter dans l'activité de la classe. Un autre critère pour diviser un thème en sous-thèmes peut être la situation ou le champ d'application: si un thème portant sur la représentation des forces par exemple met en jeu deux situations différentes, une balle dans l'eau et un crayon posé sur une table par exemple, on peut le diviser en deux sous-thèmes selon ces deux situations, sûrement si elles sont aussi bien délimitées.

Donc comme nous venons de le dire, les sous-thèmes sont des sous-unités du thème qui recouvrent le thème. Dans le cas où un thème contient des sous-unités mais qui ne le recouvrent pas, c'est à dire dont la juxtaposition dans le temps ne reconstitue pas le thème, nous appelons ces sous-unités "imbrications".

Nous pouvons aussi retrouver dans un thème des productions discursives qui ne sont pas complètement reliées au thème ; ces productions constituent alors ce que nous appelons "inclusion" (Tiberghien & Buty, 2007). Par exemple, un professeur introduit une activité expérimentale avec une balle de ping-pong dans l'eau ; la plupart des élèves considère que quand la balle est dans l'eau, la Terre n'agit pas sur elle. Le professeur prend alors le temps de discuter cette question de l'attraction terrestre (inclusion) et retourne ensuite au thème initial.

Ces différentes divisions à l'intérieur d'un thème ont pour unique objectif de décrire de façon plus claire la dynamique du savoir enseigné dans les classes à l'échelle méso. Nous essayons, autant que possible, de donner au thème et à ses différentes subdivisions des noms qui puissent refléter les concepts mis en jeu et leur lien afin d'obtenir des noms qui soient comparables entre classes.

Nous délimitons les thèmes et les sous-thèmes à partir de la transcription et de l'observation des vidéos, surtout pour bien préciser leur début et leur fin. Après les avoir bien délimités

dans le temps, nous codons les thèmes *a posteriori* à l'aide de Videograph afin de les croiser avec les tâches épistémiques (voir paragraphe sur les tâches dans ce qui suit).

3.3. Echelle microscopique

Au niveau microscopique (environ la seconde), les productions discursives sont analysées de deux points de vue : les facettes et les tâches épistémiques. Ces facettes et tâches sont codées par thème puisque le thème est l'unité de base que nous avons choisie pour découper les productions de la classe. C'est au sein d'un thème que nous retrouvons une certaine cohérence thématique basée sur les concepts en jeu et les liens entre eux. Les éléments de savoir (codés en facettes) se trouvent insérés dans des groupes conceptuels en lien avec d'autres éléments et prennent donc sens du fait de cette insertion. De même, les processus de pensée (tâches épistémiques) se trouvent liés aux contextes et aux positions des acteurs dans certains contextes (topogénèse). Ces raisons nous ont poussées à faire le codage de ces éléments microscopiques par thèmes.

3.3.1. Facettes : petits éléments de savoir

Cette analyse correspond à la décomposition en "petits éléments" de savoir en lien avec les hypothèses d'apprentissage. Pour désigner ces éléments nous reprenons le terme de "facettes" introduit par Minstrell (1992) et repris par Galili et Hazan (2000). Pour Minstrell, "the Facet Codes are slight abstractions of what students say or do when confronted with a situation in which they are asked to predict or explain a physical phenomenon. Although our research has investigated students' conceptual understanding, many of the Facets have been identified in the research done by others. We can not possibly acknowledge all those researchers who have contributed. The Facet Codes are our attempt to organize the phenomena of students' conceptual understanding (matter en biblio Minstrell: site: http://depts.washington.edu/huntlab/diagnoser/facetcode.html#edf). Pour Galilli et Hazan (2000), « facets may represent consistently applied explanations manifested in a declarative knowledge, but not only. They can also express certain strategies, elements of students' characteristic behavior procedural knowledge, when coping with particular questions and problems. Facets are more context specific, and thus less fundamental than *p*-prims. Facets may incorporate several concepts, related in such a way as to represent individual comprehension of the situation. » (p.S3-S4)

Ces auteurs identifient et cataloguent des éléments de savoir ou de raisonnement que les élèves semblent appliquer dans différentes situations. Ces éléments ont la taille d'une phrase et sont appelés "facettes". Ils utilisent le langage des étudiants quand ils justifient leurs réponses, leurs prédictions ou leurs explications.

A la différence de Minstrell et Galili, nous ne prenons pas en compte dans notre analyse en facettes les pensées ou le fonctionnement cognitif des personnes mais nous nous centrons sur le discours ou les gestes. Nous nous basons cependant sur le contexte pour repérer des facettes implicites au discours ; des inférences sont alors faites mais elles sont basées sur le contexte (momentané et général de l'enseignement de la physique). Dans notre étude, les facettes sont des énoncés relatifs au savoir et ayant un sens minimum. Un énoncé effectif (ou plusieurs dans le cas des interactions verbales) est associé à une facette dans la mesure où le chercheur considère qu'il a la même signification. La signification conventionnelle correspond à la composante « professeur de physique » du professeur en tant que représentant du savoir de la physique (incluant son fonctionnement).

La signification peut être celle conventionnelle, celle du locuteur ou celle d'un autre interlocuteur. Dans notre cas, les facettes servent à analyser le savoir enseigné, nous prenons

donc la signification conventionnelle déjà discutée dans le cadre théorique, celle de la physique enseignée. Nous ne cherchons donc pas à construire des facettes relatives à des connaissances intermédiaires ou erronées des élèves. La formulation des facettes peut être celle du modèle ou d'un professeur ou une reformulation des productions d'une classe que nous adaptons afin qu'elle convienne le mieux à la physique. Nous essayons autant que possible d'avoir des facettes générales qui ne relèvent pas de cas particuliers. Par exemple, la production verbale peut être "la Terre exerce une force sur le nageur" ; dans notre formulation nous ne prenons pas en compte le cas particulier du nageur mais nous adoptons la formulation générale "la Terre exerce une force sur les objets" afin de ne pas se retrouver avec une infinité de facettes suivant les champs d'application (ceux-ci sont pris notés à part).

Cependant, du fait de la granularité fine, certaines facettes peuvent ne pas être explicitées dans les textes du savoir à enseigner. Pour construire cette liste de facettes nous procédons de manière itérative. La construction des facettes s'est fondée sur le travail de Kûçüközer (2005) réalisé pour la mécanique au niveau de la 1ère S. Nous avons a priori élaboré les facettes à partir des modèles du savoir à enseigner proposés par le groupe de recherche – développement (Gaidioz et al. 2004, SESAMES 2006). A posteriori, pendant la visualisation des vidéos, nous ajoutons des facettes correspondant au savoir enseigné effectif.

L'ensemble des facettes est structuré en deux parties de la mécanique enseignée : cinématique et dynamique. Les deux parties correspondent donc à des regroupements conceptuels et ainsi il n'est pas surprenant que leur nom puisse être très proche de celui des thèmes. Ce regroupement est basé sur la physique et non sur l'analyse du discours d'une classe. Les groupes de facettes structurant notre catalogue sont les suivants:

- **Les facettes "conceptuelles"** qui sont des composantes de concepts ou de relations entre concepts ; par exemple: Quand un système X est en interaction avec système A, on appelle force exercée par A sur X l'action de A sur X. De plus nous constituons des **sous-groupes par concepts ou relations conceptuelles**. Les sous-groupes sont les suivants : actions-interactions, vecteur force, force-mouvement-forme, force-vitesse, force-variation de la vitesse, force-accélération, force-interactions, force-masse, frottements.
- **Les facettes "représentation symbolique"** qui consistent en des règles de construction de différentes représentations comme les diagrammes, les vecteurs ; par exemple "la longueur de la flèche (force vecteur) représente l'intensité de la force".
- **Les facettes "langagières"** qui correspondent au langage spécifique de la physique comme l'expression standard associée à la force : "force exercée par X sur Y".
- **Les facettes "fonctionnement du savoir"** qui décrivent le fonctionnement de la physique ; par exemple "en physique une théorie ou une loi est susceptible d'évoluer dans le temps". Nous distinguons entre fonctionnement général de la physique et fonctionnement particulier dans le cas des forces et des interactions.
- **Les facettes "procédure"** qui consistent en des phrases relatives à la façon de construire quelque chose comme une représentation symbolique standard, ou de trouver l'orientation d'une action ou de faire l'inventaire des forces, ex : "Pour faire l'inventaire des forces on commence par les forces à distance ensuite par les forces de contact". Nous distinguons aussi entre des procédures générales ou particulières dans le cas des forces et des interactions.
- **Les facettes "phénomènes"** qui décrivent des phénomènes naturels observés, ex: "quand la Lune s'approche de la Terre on a la marée haute, et quand elle s'éloigne on a la marée basse".

Nous présentons ci-dessous le catalogue des facettes classées selon les deux parties, cinématique et dynamique et selon les groupes et sous-groupes déjà cités.

FACETTES DYNAMIQUE

1 Facettes Connaissances Conceptuelles		
1.1 Action- Interaction	1	Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)
	2	Quand un objet A n'est plus en contact avec l'objet B il n'exerce plus une action sur lui
	3	Si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction)
	4	L'action a un sens
	5	L'action a une direction
	6	L'action mécanique a une intensité
	7	L'action mécanique a un point d'application
	8	Une action mécanique produit un changement au niveau du mvt
	9	Une action mécanique produit un changement au niveau de la forme
	10	Il y a 2 types d'actions (interactions): à distance et de contact
	11	Il y a trois types d'interactions à distance: gravitationnelle, magnétique, électrique
	12	L'interaction magnétique est une interaction à distance
	13	Une action mécanique ne peut pas s'exercer par un corps sur lui-même mais par un corps sur un autre
	14	Un système qui agit (ou qui exerce une action) est l'agent
	15	Un système reçoit une action ou une force : c'est le receveur
	16	La Terre agit toujours sur (attire) les objets
	17	L'action de la Terre sur les objets est une action à distance
	18	L'action de la Terre est toujours verticale vers le bas
	19	La pesanteur (ou le poids) est le résultat de l'action de la Terre
	20	les objets tombent à cause de l'action de la Terre
	21	Ce n'est pas le centre de la Terre qui attire les objets mais chaque partie de la Terre
1.2 Vecteur Force	1	Une force est un vecteur
	2	Le vecteur force a une origine
	3	La force a une direction
	4	La force a un sens
	5	La force a une intensité
	6	Le point d'application d'une force de contact est n'importe quel point de contact
	7	Si les forces qui s'exercent sur un objet se compensent alors leur somme est nulle
	8	Deux forces qui se compensent ont même intensité et sont de sens opposés (Deux forces de même direction, de même intensité et de sens opposés se compensent)
	9	Si plusieurs forces colinéaires se compensent, la somme des forces dans une direction est égale à la somme des forces dans l'autre direction
	10	Si plusieurs forces non colinéaires se compensent alors les forces suivant les différentes directions doivent se compenser
	11	La force exercée par un solide sur un autre, quand il n'y a pas de frottements, est perpendiculaire à la surface du solide mais quand il y a des frottements elle ne l'est plus.
1.3 Force - Mouvement - Forme	1	La force qui s'exerce sur un objet peut le mettre en mouvement (effet)
	2	La force qui s'exerce sur un objet peut modifier le mouvement (effet)
	3	La force qui s'exerce sur un objet peut modifier la trajectoire (effet)
	4	La force qui s'exerce sur un objet peut modifier sa forme (effet)

	5	Pour un observateur terrestre tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne et uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent
	6	Si les forces qui s'exercent sur le système (objet) se compensent on peut affirmer que le système (l'objet) est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme
	7	Lorsqu'un système (objet) est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent.
	8	Si les forces qui s'exercent sur le système (objet) ne se compensent pas, on peut affirmer qu'il n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme
	9	Lorsqu'un système (objet) n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas.
	10	Les forces s'exerçant sur un système en équilibre se compensent
	11	Si un objet est immobile, les 2 forces s'exerçant sur lui (cas de 2 forces) ont même intensité et sont de sens opposés (ou l'inverse)
	12	La résultante des forces n'a pas nécessairement le sens du mvt.
	13	S'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens
	14	On a l'intuition qu'il y a une force à cause du mvt
1.4 Force - vitesse	1	Si la vitesse d'un objet est nulle, les forces exercées sur l'objet se compensent
1.5 Force - variation de la vitesse	1	Lorsque la valeur *et* la direction de la vitesse d'un système ne varient pas, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent. (somme des forces nulle)
	2	Lorsque les forces qui s'exercent sur un système se compensent (somme des forces nulle), on peut affirmer que la valeur et la direction de sa vitesse ne varient pas.
	3	Lorsque la valeur *et/ou* la direction de sa vitesse varient, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas (somme des forces non nulle).
	4	Lorsque les forces qui s'exercent sur le système ne se compensent pas (somme des forces non nulle), on peut affirmer que la valeur *et/ou* la direction de sa vitesse varient.
	5	La force qui s'exerce sur un objet peut changer la vitesse (effet)
	6	Une modification de la vitesse d'un point doit être attribuée à une cause: la force agissant sur le point $\vec{F}$
	7	$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v} = c\vec{te}$
1.6 Force - Accélération	1	Un point matériel, soumis à une force quelconque $\vec{F}$ (ou à un ensemble de forces de résultante $\vec{F}$), prend une accélération $\vec{a}$
	2	L'accélération et la somme des forces ont le même sens
	3	L'accélération a même direction et même sens que la force $\vec{F}$ et un module proportionnel à celui de $\vec{F}$
	4	Si la force est constante l'accélération est constante (ou l'inverse)
	5	S'il n'y a pas de force (ou si la somme des forces est nulle) il n'y a pas d'accélération (ou l'accélération est nulle)
	6	$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}$
1.7 Force/action - masse	1	Une même action (force) exercée sur deux objets de masses différentes n'a pas le même effet sur le mouvement des objets: l'effet est plus important pour l'objet le plus léger
1.8 Forces - Interactions	1	La force « modélise » l'action d'un système (objet) sur un autre (L'action est représentée par une force)
	2	Quand un système X est en interaction avec un système A (ou agit sur un système A), on appelle force exercée par A sur X l'action de A sur X.
	3	Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets
	4	Si un objet A exerce une force sur B, B exerce simultanément une force sur A (on dit que A et B sont en interaction)
	5	Une interaction est modélisée par deux forces qui sont, pour toutes les situations et dans tous les cas, d'intensités égales et de sens opposés
	6	Les intensités des forces modélisant une interaction sont égales

	7	Les vecteurs représentant les 2 forces d'une interaction sont sur la même droite (ont la même direction)
	8	Les sens des forces modélisant une interaction sont opposés
	9	Une force peut être attractive ou répulsive
	10	La force ne peut pas être par moments à distance et par moment de contact, elle est soit l'une soit l'autre
	11	La force (l'action) exercée par la Terre et la force (l'action) exercée par le sol ne sont pas les mêmes forces
	12	La force exercée par les fluides sur les objets immergés s'appelle la poussée d'Archimède (ou un corps immergé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée vers le haut: c'est la poussée d'Archimède)
	13	La force exercée par un fil ou un ressort est appelée tension du fil ou du ressort
	14	La force exercée par un support est appelée réaction du support
	15	La réaction du support possède 2 composantes: normale au support et parallèle au support
	16	La composante normale (perpendiculaire) de la force exercée par un support est appelée réaction normale
	17	La composante parallèle au support de la force exercée par un support est appelée frottement
	18	$\vec{R} = \vec{N} + \vec{f}$
	19	L'interaction électrique peut être attractive ou répulsive selon le signe des charges en présence
	20	L'intensité de la force d'interaction électrique entre 2 charges est donnée par: $F = \frac{k \times \lvert q \rvert \times \lvert q \rvert}{d^2}$
Interaction gravitationnelle	1	La Terre exerce toujours une force sur les autres objets
	2	La force exercée par la Terre sur un objet est le poids de l'objet
	3	La force exercée par la Terre sur un objet est un vecteur vertical toujours dirigé vers le bas
	4	La résultante de toutes les forces exercées par les différentes parties de la Terre sur un objet est une force dont la direction passe par le centre de la Terre (verticale) et l'intensité dépend de l'objet de la masse de l'objet: c'est le poids
	5	le poids est une force gravitationnelle
	6	Le poids varie (ou diminue) avec l'altitude
	7	L'intensité du poids d'un corps de masse m est donnée par P=mxg
	8	Deux corps matériels A et B de masses m_A et m_B s'attirent (c'est l'interaction gravitationnelle)
	9	Deux corps matériels A et B de masses m_A et m_B s'attirent avec deux forces opposées dirigées suivant la droite AB
	10	L'intensité de la force gravitationnelle est donnée par: $F = \frac{G.M_A \times M_B}{d^2}$
	11	L'intensité de la force gravitationnelle est proportionnelle aux masses des 2 corps
	12	L'intensité de la force gravitationnelle est inversement proportionnelle au carré de la distance séparant les 2 corps
	13	L'interaction gravitationnelle est une interaction à distance
	14	L'interaction gravitationnelle est une interaction attractive
	15	L'interaction gravitationnelle se manifeste entre tous les corps de l'univers (d'où son nom d'attraction universelle)
	16	Pour que l'effet de la force gravitationnelle soit remarquable, il faut qu'une des 2 masses au moins soit relativement grande

	17	L'intensité de l'accélération de la pesanteur à la surface d'une planète est égale à la constante de gravitation G fois la masse de la planète sur le rayon de la planète au carré: $g_0 = \frac{G \times M_T}{(R_T)^2}$
	18	L'intensité de la pesanteur à une altitude z est donnée par $g_z = \frac{G \times M_T}{(R_T + z)^2}$
	19	g est proportionnelle à la masse de la planète
	20	g est inversement proportionnelle au carré de l'altitude (ou de la distance)
	21	g change lorsqu'on passe d'une position à une autre sur la Terre
	22	$\frac{g_z}{g_0} = \frac{R_T^2}{(R_T + z)^2}$
	23	$g = \frac{F_{Terre\ /\ corps}}{m}$
	24	G est une constante appelée constante de gravitation ou d'attraction universelle
	25	Pour chaque planète on a une intensité de pesanteur g différente
	26	L'intensité de pesanteur sur la surface de la Terre est à peu près 6 fois plus grande que l'intensité de pesanteur sur la surface de la Lune
1.9 Représentations - Unités	1	L'interaction de contact est représentée par une double flèche en traits pleins
	2	L'interaction à distance est représentée par une double flèche en pointillés
	3	L'action de A sur B est notée A/B
	4	Pour bien distinguer dans le diagramme le système choisi des autres systèmes on souligne son nom dans le diagramme
	5	Un objet est représenté par une bulle.
	6	La force est représentée par un vecteur
	7	L'objet est représenté par un point
	8	L'origine du vecteur force est le point représentant le système (l'objet) sur lequel s'exerce la force
	9	La longueur du vecteur (de la flèche) représente l'intensité de la force
	10	Le sens du vecteur (de la flèche) représente le sens de la force
	11	La direction du vecteur (de la flèche) représente la direction de la force
	12	L'intensité de la force se mesure avec un dynamomètre
	13	L'unité de la force est le Newton (N)
	14	La force (vecteur ou intensité) est représentée par FA/B
	15	le vecteur représentant la force exercée par A sur B va de A vers B
	16	Lorsque 2 forces exercées sur un objet ont le même sens on les représente l'une à côté de l'autre
	17	La force est représentée par une flèche en traits pleins à la fois pour représenter l'interaction à distance et de contact
	18	La somme des forces est l'addition vectorielle des forces exercées sur l'objet
	19	La somme de 2 forces non colinéaires est la diagonale du parallélogramme formé par ces 2 forces.
	20	L'unité de la masse dans le SI est le kg
	21	L'unité de la distance dans le SI est le mètre
	22	L'unité du temps dans le SI est la seconde
	23	L'unité de l'accélération dans le SI est le $m\ /\ s^2$
Interaction gravitationnelle	1	L'intensité de la pesanteur à la surface de la planète est notée g_0
	2	L'intensité de la pesanteur à une altitude z de la planète est notée g_z
	3	L'accélération de la pesanteur dans le SI s'exprime en N/kg
	4	La valeur de l'intensité de la pesanteur à la surface de la Terre est de 9,8 N/kg (ou à peu près 10)
	5	Dans le SI, unités SI $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$

1.10 Frottements	1	Dans le cas d'une surface lisse les frottements sont négligeables
	2	Dans le cas d'une surface rugueuse les frottements existent
	3	Pour modéliser les frottements d'un fluide (gaz ou liquide) ou d'un solide sur un système, le physicien utilise une force toujours de même direction que le mouvement et de sens opposé au mouvement.
	4	Dans le cas des frottements il y a une action qui résiste à l'avancement
	5	Les frottements de l'air ralentissent le mouvement
	6	Plus la valeur de la vitesse est importante plus l'action de l'air est importante
	7	La valeur de l'action de l'air sur un objet dépend de la surface de contact de cet objet avec l'air
	8	Il y a 2 genres de forces de frottements: statique et cinétique

Tableau 3. Facettes conceptuelles de la partie dynamique

Les facettes sont codées essentiellement à partir des transcriptions et le recours à la vidéo est souvent nécessaire pour reconstruire le contexte dans lequel ces éléments de savoir sont produits. Dans notre codage nous distinguons entre:

- une "nouvelle facette" correspondant à un élément de savoir introduit pour la première fois dans la classe pendant la séquence d'enseignement observée. Cependant une exception est faite pour les éléments de savoir correspondant à la cinématique puisque cette partie n'a pas été filmée et la plupart de ces éléments de savoir ont déjà été introduits dans le chapitre précédant la partie observée ; même quand ces éléments sont observés pour la première fois, ils ne sont considérés comme nouveaux que si dans le discours du professeur il y a un indicateur qu'ils le sont.
- une "facette réutilisée" correspondant à un élément de savoir déjà introduit avant cette utilisation.
- Une "facette réutilisée dans un nouveau champ d'application" est un cas particulier du précédent, correspondant à un élément de savoir réutilisé mais dans un champ d'application nouveau par rapport aux champs d'application dans lesquels il a déjà été utilisé. Dans ce cas la facette est codée deux fois, une fois en tant que "facette réutilisée" et une deuxième fois en tant que facette réutilisée dans un nouveau champ d'application. La différence donc entre le nombre de facettes réutilisées et le nombre de facettes réutilisées dans un nouveau champ d'application donne le nombre de facettes réutilisées soit dans un ancien champ d'application soit juste énoncées sans être appliquées à une situation particulière.

Les facettes sont codées sur Excel. En lignes, nous disposons de l'ensemble des facettes groupées par groupes et sous-groupes et en colonnes, de tous les thèmes de la séquence d'enseignement puisque nous codons les facettes par thèmes comme nous l'avons déjà dit ci-dessus ; c'est à l'intérieur d'un thème que les facettes se trouvent liées à d'autres et s'insèrent dans des groupes conceptuels et prennent par suite sens. Nous disposons de trois colonnes pour chaque thème afin de différencier si une facette est "nouvelle", "réutilisée" ou "réutilisée dans un nouveau champ d'application". Une facette est codée 1 quand l'élément de savoir auquel elle renvoie est mis en jeu dans le thème. Nous obtenons un tableur Excel qui a cette forme (figure 2):

			Classe 3	Classe 3	Classe 3
			19_5_06	19_5_06	19_5_06
			Th5 Sav Nouv	Th5 Nouv CA	Th5 Sav Re-Util
DYNAMIQUE					
1 Facettes Connaissances Conceptuelles					
1.1 Action- Interaction	1	Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)			
	2	Quand un objet A n'est plus en contact avec l'objet B il n'exerce plus une action sur lui			
	3	Si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction)			1
	4	L'action a un sens	1		
	5	L'action a une direction	1		
	6	L'action mécanique a une intensité	1		
	7	L'action mécanique a un point d'application	1		
	8	une action mécanique produit un changement au niveau du mvt			
	9	une action mécanique produit un changement au niveau de la forme		1	1
	10	Il y a 2 types d'actions (interactions): à distance et de contact			1

Figure 2. Extrait du tableau Excel utilisé pour le codage des facettes de la classe 3

La figure 2 montre le codage de quelques facettes du sous-goupe conceptuel "action-interaction" pour la classe 3, séance du 19/05/06, thème 5. Les facettes 4, 5, 6 et 7 sont "nouvelles", les facettes 3, 9 et 10 sont "réutilisées" et la facette 9 est "réutilisée dans un nouveau champ d'application" (codée donc deux fois). Nous obtenons ainsi un tableau donnant l'ensemble des facettes le long de la séquence d'enseignement.

Cette prise en compte de la réutilisation d'un élément de savoir au cours de l'enseignement nous permet de rendre compte de la 3ème hypothèse opératoire déjà développée dans le cadre théorique: *"la reprise d'un élément de savoir nouvellement introduit peut favoriser son apprentissage"*. Ainsi, nous introduisons la notion de "continuité" du savoir reprise du travail de Tiberghien & al. (2007 a et b). La continuité est exprimée, de façon générale, par le taux de réutilisations par rapport aux introductions. Trois types de continuité peuvent alors être calculés pour une durée déterminée, cette durée pouvant correspondre à une séance, ou plusieurs séances ou à la séquence d'enseignement ; dans notre cas nous calculons la continuité sur toute la séquence d'enseignement. Ces trois types de continuité sont les suivants:

- La continuité d'une facette: c'est le nombre de réutilisations d'une facette pendant la séquence d'enseignement observée (la facette ne pouvant être introduite qu'une fois, le nombre d'introductions d'une facette est égal à 1).
- La continuité d'un groupe de facettes: c'est la somme des réutilisations de toutes les facettes du groupe / le nombre de facettes introduites appartenant à ce groupe.
- La continuité de l'ensemble des facettes du catalogue: c'est la somme des réutilisations de toutes les facettes du catalogue / le nombre de facettes introduites appartenant à ce catalogue.

Cette notion de continuité nous permet d'établir des liens entre le niveau micro (celui des facettes) et le niveau macro dans notre cas (celui de la séquence) ou niveau méso dans le cas où la continuité est calculé sur une durée plus courte, une séance par exemple. Les trois types de continuité permettent de tirer des conclusions différentes concernant le savoir enseigné: la continuité d'une facette permet de tirer des conclusions sur un aspect de la vie d'un élément de savoir en classe ; la continuité d'un groupe de facettes, des conclusions sur l'organisation conceptuelle du savoir et sur la dynamique des groupes conceptuels (ou représentationnels,

langagiers, etc.) ; et la continuité de l'ensemble de toutes les facettes, des conclusions sur la dynamique générale du savoir enseigné en classe. Les conclusions que nous tirons seront présentées dans la partie « analyse ».

Une autre notion, celle de "densité" du savoir, peut être aussi informative de la dynamique du savoir enseigné en classe. Partant de la 4ème hypothèse opératoire *"la variété des éléments de savoir mis en jeu peut jouer un rôle dans leur apprentissage"*, déjà développée dans le cadre théorique, nous introduisons cette notion de "densité" reprise aussi du travail de Tiberghien & al. (2007 a et b). La densité est "le nombre de facettes d'un ou de plusieurs types en rapport avec une durée de l'enseignement pour un thème, une série de thèmes ou une séquence" (Tiberghien & al., 2007a). Dans notre cas, nous calculons la densité par thème. Nous distinguons deux types de densité:

- La densité du nouveau savoir: c'est le nombre de nouvelles facettes introduites dans un thème / la durée du thème (en minutes)
- La densité du savoir réutilisé: c'est le nombre de facettes réutilisées dans un thème / la durée du thème (en minutes)

Cette notion de densité nous permet d'établir des liens entre le niveau microscopique (celui des facettes) et les niveaux mésoscopique (celui des thèmes) et macroscopique (celui de la séquence) ; ces liens seront élaborés dans le chapitre suivant. Les deux types de densité nous permettent de voir comment le savoir est introduit, de manière régulière ou par à-coups. Elles nous informent également sur la variété des facettes mises en jeu pendant une durée déterminée et pose la question des liens faits entre ces facettes que nous analysons au sein des thèmes au niveau mésoscopique ; si la densité est élevée et que les liens ne sont pas explicites, ceci peut constituer une surcharge pour les élèves.

Après avoir présenté les facettes, leur codage et le traitement que nous faisons avec, nous donnons un exemple pour montrer comment certaines productions verbales peuvent référer à des facettes. Dans l'extrait présenté ci-dessous, le professeur commence une correction après un travail en petit groupe sur la tâche suivante : "lancer le médecine-ball verticalement vers le haut et le rattraper. Trouvez et notez les moments où vous exercez une action sur le médecine-ball, indiquez à chaque fois dans quelle direction vous exercez cette action sur le médecine-ball."

Cette question porte sur la description du mouvement du médecine-ball. A ce stade de l'enseignement, l'action ayant été introduite préalablement, on peut dire que le professeur n'introduit pas de concept de physique et reste au niveau des objets et événements.

1-P	Bon nous corrigeons (?) alors première question repérer et noter les moments où vous exercez / les médecine-balls sont posés là vous exercez une action sur le médecine-ball El A quand est-ce que vous exercez une action sur le médecine-ball
2-ElA	lorsqu'on le lance et lorsqu'on le rattrape
3-P	lorsqu'on le lance et lorsqu'on le rattrape lorsque vous lancez le médecine-ball l'action de vos mains ou votre action sur le médecine-ball elle est orientée comment (?)
4-ElX	vers le haut
5-P	[ElA] répond
6-ElA	Vers le haut
7-P	Vers le haut tout le monde est d'accord pour ça bon […]
8-P	Et maintenant El A lorsque vous rattrapez le médecine-ball (?)
9-ElA	Vers le haut
10-P	c'est vers le haut aussi est-ce que tout le monde a bien vu cela (?) pour éviter que le médecine-ball ne descende vers le sol qu'est ce que vous faites avec vos mains vous le poussez vers le haut donc dans les deux cas l'action que vous exercez au lancer et à la réception est une action vers le haut. vous avez vérifié vous avez corrigé. qui est-ce qui avait dit vers le bas pour la deuxième
11-Els	*murmure*

12-P	Alors repérer et décrire les différentes phases dans le mouvement du médecine-ball alors ça peut être c'est un peu compliqué ça peut être objet de débat ce que ce que nous voulons nous c'est que bon nous raisonnons en physicien hein donc il faut qu'on essaye de cerner les phases qui diffèrent pour le mouvement les phases pour lesquelles le mouvement du médecine-ball semble différent alors [El B] qu'est ce que vous avez choisi comme phase
13-ElB	Le lancer
14-P	Le lancer
15-ElB	l'arrêt
16-P	où
17-ElB	Inaud.
18-P	l'arrêt tout en haut (*met sa main en haut*)
19-ElB	La descente
20-P	La descente *(descend sa main)*
21-ElB	Et le rattrapage
22-P	Et le rattrapage alors votre camarade a choisi le lancer l'arrêt tout en haut la descente et le rattrapage (*fait les gestes associés avec sa main*) .Est ce que c'est cohérent son histoire là
23-Els	La montée
24-P	Eh oui hein il manque un petit morceau donc (*P va au tableau et écrit*) donc première phase lancer deuxième phase montée troisième phase arrêt ensuite descente et ensuite rattrapage réception comme vous voulez [ElC] vous avez fait tout ça si c'était pas parfait vous corrigez Pour chacune des phases précisez comment varie la vitesse du médecine-ball [El C] au cours du lancer que fait la vitesse
25-ElC	Elle augmente
26-P	Elle augmente (*P écrit*) bien sur vous partez d'une vitesse nulle donc vous allez faire augmenter la vitesse [El D] au cours de la montée que fait la vitesse ?
27-ElD	Elle diminue
28-P	Elle diminue (*P écrit*) [EL E] que peut-on dire de la vitesse à l'arrêt ?
29-El E	Elle est nulle

Tableau 4. Extrait de la transcription de la 2ème séance de la classe Séquence-SESAMES. Début de l'extrait : 56 :40 par rapport au début de la séance. Le professeur est debout juste devant la table du professeur et les élèves sont assis et répondent de leur place (El A, ElB, ElC, ElD remplacent les noms effectifs des élèves)

Voici les facettes qui, de notre point de vue, ont une signification semblable aux énoncés de l'extrait présenté dans le tableau 4 ; pour chaque facette nous donnons les numéros de tours de paroles ayant une signification semblable, nous précisons si elle est nouvelle ou réutilisée :

- Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B) [2,3, voir ci-dessous] (réutilisée)
- L'action a un sens [3 à 10] (nouvelle)
- Pour empêcher un objet de s'enfoncer (ou tomber) on exerce sur lui une action vers le haut (pour trouver le sens de l'action) [10 P] (nouvelle)
- La valeur de la vitesse peut augmenter [25, 26] (réutilisée)
- La valeur de la vitesse peut diminuer [27-28] (réutilisée)

La première facette est plus distante des énoncés effectifs que les suivantes, c'est pourquoi nous l'explicitons. Les énoncés effectifs (n° 2 et 3) comportent des verbes d'action, lancer et rattraper. Nous considérons que ces verbes sont des instanciations de la situation de deux objets en contact et en même temps ils renforcent l'idée d'action.

Cette analyse au niveau microscopique en facettes s'insère dans l'analyse mésoscopique et macroscopique puisque les facettes sont situées au sein de chaque thème étudié, qui lui même est situé au sein de la séquence observée.

3.3.2. Tâches épistémiques

Nous avons déjà évoqué dans le cadre théorique notre prise en compte des tâches épistémiques qui servent à analyser les processus de pensée mis en jeu dans la compréhension du monde matériel. Dans cette partie nous définissons ces tâches ainsi que leurs sous-catégories et nous donnons des exemples de chacune d'elles afin de rendre les définitions plus claires et précisons la façon de les coder à l'aide de Videograph.

Définitions des tâches et exemples

Afin de définir nos tâches nous avons eu recours aux définitions données par Ohlsson (1996) et celles données par le TLFI (*Trésor de la Langue Française Informatisé*) et le Petit Robert. Nous avons proposé nos propres définitions et créé ainsi des catégories de tâches. Comme nous l'avons présenté dans le cadre théorique, nous avons défini les tâches définir, décrire, sélectionner, effectuer des opérations formelles, interpréter, prédire, comparer et généraliser du point de vue de la modélisation et du fonctionnement de la physique tout en partant des définitions des dictionnaires. Les autres tâches ne sont pas liées à la modélisation mais mettent plutôt en jeu les interactions verbales avec autrui.

Nous avons testé ces catégories sur des enregistrements vidéo qui ne font pas partie de nos données et les avons codées à l'aide du logiciel d'annotation, Videograph. Cet essai de codage, ainsi que celui effectué dans le mémoire de Souaissy (2005), nous ont permis de raffiner nos définitions et de repérer différentes modalités à l'intérieur de chaque catégorie, que nous avons appelées sous-catégories. Ces sous-catégories sont exclusives dans le sens où une sous-catégorie ne peut pas inclure une autre ; une seule sous-catégorie peut donc être codée quand la tâche correspondante est codée. En fait nous définissons ci-dessous les différentes sous-catégories de certaines tâches mais il est à noter qu'à chaque catégorie affectée de sous-catégories nous avons ajouté une sous-catégorie "autre" ; nous classons une tâche comme "autre" quand elle n'appartient à aucune des sous-catégories proposées ou quand nous n'arrivons pas à cerner à quelle sous-catégorie elle appartient.

Dans notre codage des tâches, nous distinguons le fait de susciter une tâche du fait de la réaliser selon que l'acteur suscite ou réalise. Cette distinction n'est pas due au hasard mais à l'hypothèse que nous faisons en lien avec la topogénèse : les responsabilités de chacun envers le savoir peuvent jouer un rôle dans l'apprentissage. Notre distinction nous permet de repérer s'il y a une cohérence entre ce qui est suscité et ce qui est réalisé et précisément si les élèves répondent à l'attente du professeur et prennent la responsabilité du savoir ; elle nous permet également de voir si les processus de pensée sont du côté du professeur ou des élèves et quels types de processus sont plutôt du côté du professeur ou des élèves.

Un énoncé peut correspondre parfois à plusieurs tâches mais dans les extraits de transcription que nous donnons, nous soulignons seulement la tâche que nous voulons montrer, même si l'énoncé correspond à d'autres tâches aussi.

Définir

Définition proposée:
" *Formuler de manière brève et précise le contenu d'un concept, le sens d'un mot. Construire le sens d'un mot, d'un énoncé* ".
Dans nos codages nous avons affecté 3 sous-catégories à cette tâche :
- énoncer : lorsque le professeur ou l'élève énonce la définition d'une notion, d'un nouveau mot ou d'un concept. Cette énonciation peut être la 1ère dans la vie de la classe ou une répétition.

- utiliser : lorsque le professeur ou l'élève utilise ou applique une définition déjà apprise pour répondre à une question ou prouver une proposition par exemple.
- Construire : lorsque le professeur (ou éventuellement l'élève) est en train de construire une définition, une règle, une théorie, un concept … qui n'a pas été énoncé explicitement dans la classe et qui n'a pas été appris antérieurement.

Dans ces codages nous entendons que l'objet de la définition peut être tout concept, principe, loi, élément théorique concernant le savoir de la mécanique ou toute règle concernant le monde des objets/évènements ou la relation entre le monde des théories/modèle et le monde des objets/évènements, plus généralement toute règle mise en jeu pendant l'enseignement de la physique. Cependant, nous distinguons entre définir un concept et définir une règle puisque ces deux définitions ne sont pas du même ordre du point de vue du savoir mis en jeu ; nous les codons donc en deux catégories différentes. Dans les sous-catégories de définir une règle nous mettons seulement "énoncer" et "construire" puisque le fait d'utiliser une règle relève de l'ordre des opérations formelles.

Exemple (Enoncer / Concept)
P : quand un système A agit sur un système B, simultanément B agit sur A ; on dit que A et B sont en interaction.

Le professeur énonce, pour la 1ère fois (ici c'est le cas mais ce n'est pas nécessaire que ce soit la 1ère énonciation pour qu'on le code comme énoncer une définition), le principe des actions réciproques et la définition d'une interaction. Nous avons aussi codé comme "énoncer une définition" chaque fois que le professeur dicte un énoncé de la physique. Ceci est une situation typique de l'enseignement, fréquente dans les classes.

Exemple (Enoncer / Règle):
P : Pour représenter une force on représente souvent le système sur lequel elle s'exerce par son centre de gravité auquel on attribue la masse du système.

Dans cet exemple le professeur énonce, pour la 1ère fois, une règle de la modélisation en mécanique : la représentation du système par son centre.

Exemple (Utiliser):
P : si j'exerce une action sur une personne par exemple je pousse M, si je la pousse en même temps ma main elle va fléchir à la fois M va peut être se déplacer et peut être que les muscles vont être un petit peu écrasés et en même temps ma main va fléchir en même temps que j'exerce une action sur elle, elle exerce une action sur moi, il n'y a pas de retard, c'est simultané.

Dans cet exemple le professeur utilise la définition de l'interaction « quand un système A agit sur un système B, simultanément B agit sur A ; on dit que A et B sont en interaction » qu'il a déjà énoncée aux élèves. Il leur donne un exemple pour mieux comprendre ce principe et voir comment il s'applique à toutes les situations de la vie quotidienne.

Exemple (Construire):
P : Ah El A. est-ce que c'est la direction la trajectoire
El A : Non
P : C'est quoi alors
El A: C'est
P: E, ton idée c'est quoi?
El A : C'est un chemin emprunté par l'objet

Dans cet exemple l'élève A construit la définition de la trajectoire. Ce mot n'a pas déjà été défini par le professeur, l'élève essaie de mettre en mots le sens qu'il donne à ce terme.

Décrire

Définition proposée:
" Représenter en détail, par écrit ou oralement, quelque chose. La description doit rendre compte de certains des traits de cette chose à décrire. On peut donc décrire un objet matériel, un événement, une représentation effective (tableau, dessin, figure, etc.), une démarche ou une représentation de ce que l'on peut avoir en tête."

Nous avons distingué dans nos codages la description d'un objet/évènement, d'un graphe/schéma, d'une image, d'un protocole qui correspond à une démarche.
Il y a description d'un protocole lorsque le professeur, un élève ou un texte utilisé (ex. feuille de TP) décrit comment procéder pour faire une expérience par exemple.

Exemple (Objets/évènements):
P : et là qu'est ce qui se passe qu'est ce qu'il fait le ballon vous n'agissez plus dessus et qu'est ce qu'il fait le ballon ?
E : il tombe

Dans cet exemple le professeur suscite la description du mouvement du médecine-ball et l'élève dans sa réponse "il tombe" est bien dans la description du comportement d'un objet : le ballon.
Professeur et élève traitent du savoir du monde des objets et des évènements.

Exemple (Protocole):
P : je ne suis pas en train de vous demander le mouvement du médecine-ball je suis en train de vous demander le sens de l'action de vos mains lancez-le rattrapez-le et mettez mettez-vous bien dans vos mains hein

Dans les paroles soulignées du professeur il y a une description du protocole. Le professeur décrit aux élèves comment faire pour pouvoir sentir l'action de leurs mains sur le médecine-ball, il leur demande de le lancer de le rattraper et de se mettre à la place de leurs mains pour pouvoir plus facilement imaginer le sens de l'action.

Sélectionner

Définition proposée:
" Choisir, retenir au sein d'un ensemble, ceux de ses éléments possédant des caractéristiques déterminées qui conviennent du point de vue du locuteur.

Il y a sélection quand il est possible de faire plusieurs choix qui sont compatibles du point de vue de celui qui choisit."

La sélection peut être incluse dans d'autres tâches ; la description peut inclure une sélection dans la mesure où on fait un choix de ce qu'on décrit, c'est-à-dire qu'on sélectionne certains aspects à décrire et pas d'autres, dans ce cas on ne codera que la description. La catégorie " sélection " est choisie lorsque le processus se limite à la sélection.
Nous avons affecté deux catégories à cette tâche: objets /événements et modèle.

Exemple (Objets/évènements):
P : dans chaque cas suivant proposer un point d'un vélo de façon à ce que l'étude du mouvement de ce point puisse permette de connaître le mouvement du vélo, quel point auriez-vous choisi Sylvain?
Sy : le guidon
P : on te demande un point donc [c'est] un point du guidon
Sy : oui
P : une autre idée
O : le cadre
P : ouais
O : du vélo ou la selle aussi

L'élève doit choisir un point parmi tous les points qui se trouvent sur le vélo, cependant plusieurs points peuvent répondre au besoin, plusieurs points seraient convenables pour décrire le mouvement du vélo. Il y a une sélection d'un point d'un objet, on la met dans la catégorie "objet/événement".

Exemple (modèle):
P : Ce qu'on va faire d'abord on va considérer le palet tellement petit qu'on va même pas considérer le fait qu'il tourne sur lui-même ou qu'il puisse tourner, on va simplifier on va faire comme si c'était un point donc on va pas voir le problème de tourner ou non sur lui-même

Le professeur fait dans ce passage un choix de modélisation, celui de représenter le palet par un point et de négliger le fait qu'il tourne. Il sélectionne donc un modèle qui lui permet de simplifier le problème et de ne pas prendre en compte la rotation de l'objet.

Faire des opérations formelles

Définition proposée:
" Il s'agit d'un processus déterminé obéissant à des règles qui met en jeu des symboles ou des représentations symboliques (opérations vectorielle, algébrique, etc.). On inclut des règles qui font passer d'un événement bien spécifié (par exemple contact ou pas contact entre objets) à une grandeur physique (ici la force). "

Nous affectons cette catégorie de 3 sous-catégories:
1- opération algébrique ou vectorielle
2- utilisation d'une règle de construction d'une représentation symbolique
3- exploitation formelle d'une formule

La réalisation même d'une représentation et les opérations sur les représentations symboliques comme l'addition et la soustraction des vecteurs sont des opérations formelles appartenant à la sous-catégorie 1.
Nous considérons que les procédures en jeu quand on fait l'inventaire des forces sont des opérations formelles, par exemple chercher les forces à distance puis les forces de contact …etc. ou quand on construit une représentation symbolique comme représenter les forces par exemple, par des flèches qui ont pour origine le centre de gravité du système auquel on s'intéresse…etc. ; elles appartiennent à la sous-catégorie 2.
La 3ème sous-catégorie regroupe les opérations qui traitent des différentes variables d'une formule, leur relation et leur variation les unes par rapport aux autres. Nous nous sommes rendus compte de la possibilité d'avoir cette sous-catégorie en codant une des vidéos de nos données, après avoir défini les catégories et sous-catégories de tâches. Une fois définies sur videograph, le nombre de sous-catégories d'une catégorie donnée ne peut être modifié, nous avons codé donc cette catégorie comme "autre" après avoir vérifié que "autre" n'a presque pas été utilisé dans nos codages précédents.

Exemple (Utilisation d'une règle de construction d'une représentation symbolique):
L'élève a écrit « la main » en réponse à la question du bilan des forces et le professeur a répondu ainsi :
P: la main n'est pas une force
E: ah non c'est la force exercée par la main sur la balle
E: ouais

Cette opération formelle concernant la notation d'une force appartient à la sous-catégorie 2. Elle consiste en l'application d'une règle de notation qui consiste à ne pas noter une force par l'objet qui l'exerce mais par "force exercée par X sur Y".

Exemple (Exploitation formelle d'une formule):
P: g maintenant dépend de quoi? regardez bien, dépend de la masse de la Terre c.à.d de la masse de la planète, si la masse de la planète augmente alors g sur la planète augmente, si la distance augmente alors comment varie?
E: Diminue
P: Diminue, inversement?
E: Proportionnelle
P: Au carré de la distance

Dans cet exemple, la formule en jeu est $g=GxM/d^2$. la classe discute de la relation entre g et les deux variables, la masse et la distance.
Comme nous l'avons déjà dit, un exemple de la sous-catégorie 1 serait la réalisation de la représentation d'une force.

Interpréter

On interprète quelque chose à partir d'un point de vue. Nous avons choisi de prendre deux références pour caractériser ce point de vue : la modélisation et les représentations.

Définitions proposées:
Dans le cas de la modélisation, il s'agit de donner un sens à quelque chose (situation matérielle, partie de texte, etc.), tirer une signification de " quelque chose du monde matériel " ou de " quelque chose de la théorie " ou de " quelque chose de la relation

théorie/modèle avec le monde matériel " en mettant en jeu un point de vue, un élément de théorie ou de modèle (scientifique ou quotidien) qui va être mis en œuvre pour rendre compréhensible ou clarifier cette chose. Ainsi l'interprétation met nécessairement en jeu une relation entre niveaux (ou sous niveaux) de savoir du point de vue de la modélisation.
Dans le cas des représentations (ou registres sémiotiques), il s'agit de donner un sens à quelque chose (situation matérielle, partie de texte, etc.), tirer une signification de " quelque chose d'un texte, d'une représentation (image, schéma, graphe, vecteurs, etc.) " avec un point de vue mettant en jeu une autre représentation (ou d'autres règles de la même représentation). Ainsi l'interprétation met nécessairement en jeu une relation entre représentations ".

On dit qu'il y a interprétation quand la formulation du savoir met en jeu différents niveaux de la modélisation ou différents registres sémiotiques.
L'interprétation de l'immobilité du livre posé sur la table (monde des objets et des évènements) par la compensation des forces agissant sur lui (monde des théories et des modèles) est une mise en relation des deux mondes ; et l'interprétation de cette immobilité par la représentation des forces agissant sur le livre par deux flèches de même longueur et de sens opposées est un passage entre différents registres sémiotiques : registre de la langue naturelle et registre du graphe.
Ces deux situations sont des situations favorables pour l'apprentissage.
Nous avons distingué dans nos codages quatre sous-catégories de l'interprétation selon que le professeur ou l'élève se situent dans le monde des objets/évènements, des théories/modèles, qu'ils établissent une relation entre objets/évènements et théories/modèles ou une fusion entre ces deux mondes.
Cette distinction permet de façon directe de repérer les moments où les productions verbales ou gestuelles du professeur ou des élèves sont dans l'un des deux mondes ou sont dans la relation.

Exemple (Objets/évènements):
P: Bon nous corrigeons (?) alors première question repérer et noter les moments où vous exercez / les médecine-balls sont posés là vous exercez une action sur le médecine-ball [A] quand est-ce que vous exercez une action sur le médecine-ball
E: lorsqu'on le lance et lorsqu'on le rattrape
P: lorsqu'on le lance et lorsqu'on le rattrape lorsque vous lancez le médecine-ball l'action de vos mains ou votre action sur le médecine-ball elle est orientée comment?
E: vers le haut

Dans cet exemple, la classe interprète la situation en termes d'action en se plaçant au niveau des objets/évènements. Après avoir fait l'expérience de jeter le médecine-ball et de le rattraper, les élèves font leur interprétation sans avoir aucun modèle qui leur d'outil dans cette interprétation (le modèle des interactions n'a pas encore été introduit).

Exemple (Théorie/modèle):
E: Calculez son poids à l'altitude z=300 km
P: z=300 km, avant tout est-ce que le poids augmente ou diminue?
E: Augmente
P: Oui à l'altitude z, lorsqu'on s'éloigne de la Terre le poids
E: Diminue

Dans cet exemple, la classe interprète la situation en termes de théorie/modèle puisqu'elle n'utilise dans l'interprétation que des éléments théoriques et plus précisément la relation entre poids et altitude.

Exemple (relation OE/TM):
P : *pendant le lancer que fait la vitesse que dites –vous ?*
E : *eh ben elle augmente*

Dans cet exemple le professeur suscite une interprétation de la part des élèves en termes de la relation entre les deux mondes en demandant une description de la vitesse du médecine-ball. Et l'élève dans sa réponse interprète la variation de la vitesse par son augmentation. Il fait un passage entre le comportement du médecine-ball en le lançant (objet/évènement) et la variation de sa vitesse (théorie/modèle).

Exemple (Fusion OE/TM):
P: donc on voit déjà l'effet d'une force, l'effet d'une force ça peut être qu'est ce que ça peut être (?) modifier le mouvement au sens large de l'objet mais aussi modifier la
El: forme

Dans cet exemple, la fusion concerne l'idée de « force ». Le professeur utilise le mot force avec deux significations: celle de la physique comme un concept et celle de la vie de tous les jours comme une action d'un objet sur un autre objet puisqu'on peut en voir (percevoir) son effet.

Prédire

Définition proposée:
"Annoncer une chose comme devant se produire, par connaissance inductive, rationnelle des causes et des effets".
Ici "quelque chose " peut être matériel (événement) ou un élément théorique par exemple : une valeur d'une variable ou une relation entre variables ou entre grandeurs physiques.
De plus, cette annonce peut être faite à partir d'une intuition, ou de connaissances théoriques ou expérimentales".

L'expérience de pensée est pour nous un cas de prédiction: c'est quand on imagine une situation qui ne se réalise pas.
Nous ferons la distinction entre prédire dans le cas d'une nouvelle situation et prédire dans le cas d'une situation déjà vue puisque ces deux opérations ne sont pas les mêmes du point de vue du fonctionnement du savoir.
Comme pour "interpréter", nous avons affecté à la tâche "prédire" 4 sous-catégories : objets/évènements, théorie/modèle, relation entre objets/évènements et théories/modèle et fusion entre objets/évènements.

Exemple:
P : si la terre n'était pas là hein je la lance la terre n'est pas là près de nous près de cette éponge Marlène ? Regarde je la lance comme ça qu'est ce qu'il ferait Marlène ?
E1 : elle flotterait
E2 : elle continuerait
P : elle flotterait elle continuerait et ben elle continuerait comment ?
E2: tout droit

P : c'est-à-dire ?
E2 : dans la direction où on la lance

Dans cet exemple le professeur demande aux élèves ce qui peut se passer quand on lance l'éponge dans le cas où la terre n'existe pas. Dans cette demande, le professeur suscite une prédiction du mouvement de l'éponge, une prédiction dans le cas d'une nouvelle situation puisque l'élève n'a jamais vu ce qui se passerait si on lançait l'éponge en l'absence de la Terre. Les élèves dans leur réponse prédisent la situation qui pourra avoir lieu en imaginant qu'elle flotterait ou qu'elle continuerait tout droit dans l'espace sans pouvoir en dire plus ou donner des arguments de leur prédictions. Professeur et élèves traitent du savoir du monde des objets et des évènements.

Comparer

Définition proposée:
"Rapprocher, mettre en parallèle, pour que soit mis en lumière un trait de ressemblance ou de différence ou d'analogie ".
Cette tâche n'est pas affectée de sous-catégories.

Exemple 1:
P : regarder bien vos quatre diagrammes comme tout à l'heure on constate qu'on a des situations le lancer et la réception qui sont des situations différentes et en plus la vitesse au cours du lancer elle augmente, au cours de la réception elle diminue, voilà deux situations qui, du point de vue de la physique, sont différentes puisque la vitesse n'évolue pas de la même façon et ont le même diagramme, même chose pour la montée et la descente regarder les diagrammes ils sont absolument identiques et pourtant au cours de la montée la vitesse diminue au cours de la descente la vitesse augmente donc voilà des situations différentes dont le diagramme interaction système interaction ne rend pas compte de la différence alors on se dit là et bien le modèle des diagrammes des interactions et ben il est très intéressant mais on ne peut pas s'arrêter là puisqu'il y a des choses dont il ne rend pas compte…

Dans cet exemple le professeur compare des diagrammes d'interaction de différentes situations pour montrer aux élèves l'insuffisance de ce modèle pour caractériser les différentes situations qu'on peut rencontrer dans la physique. Le professeur utilise cette comparaison pour pouvoir introduire la notion de force, plus générale.

Exemple 2:
P : nous avons ici deux balles de ping-pong qui ont le même aspect le même volume et qu'est ce qu'elles ont aussi qu'est ce qu'elles ont de différent par contre?
E : la masse
P : la masse est différente

Le professeur dans cet exemple compare deux balles de ping-pong, l'une remplie d'air et l'autre d'eau, en soulignant leurs points de ressemblance. Il suscite ensuite une comparaison des deux balles en demandant aux élèves la différence. L'élève dans sa réponse met en jeu une comparaison puisqu'il dit que la masse des deux balles est différente. Le professeur utilise cette comparaison pour introduire les effets de la masse sur le mouvement.

Généraliser

Définition proposée:
"Passer du particulier au général, étendre, appliquer quelque chose à un ensemble".
Cette tâche n'est pas affectée de sous-catégories.

Exemple:
P: à chaque fois que vous faites bouger une boîte de craies, à chaque fois que vous soulevez les clés, à chaque fois que vous déformez un ballon et à chaque fois disons que vous cassez une craie comme celle-là, vous êtes en train d'exercer ce qu'on appelle des actions mécaniques (…) à chaque fois que vous déformez un objet, à chaque fois que vous faites bouger un objet c.à.d mettre un objet en mouvement vous êtes en train de créer des actions mécaniques.

Le professeur introduit la notion d'actions mécaniques en donnant des cas particuliers où des actions mécaniques s'exercent. Il utilise donc des objets particuliers, une boîte de craies, des clés, un ballon et une craie qui sont en mouvement ou qui subissent une déformation pour passer ensuite à appliquer ce qu'il dit à n'importe quel objet. Il passe ainsi du particulier au général.

Expliquer

Définition proposée:
"Chercher à rendre compréhensible à quelqu'un d'autre ou à soi-même, un point de vue en donnant un argument".

Comme pour "interpréter", nous avons affecté à la tâche "prédire" 4 sous-catégories : objets/évènements, théorie/modèle, relation entre objets/évènements et théories/modèle et fusion entre objets/évènements.

Exemple:
P : on va bientôt corriger il vous reste encore le d hein réfléchissez bien aux questions relatives au petit d
O : et ben la pierre elle remonte et elle redescend
M : ben d'abord euh
O : tu la lâches
M : tu lâches ça veut dire qu'il y a plus d'attraction elle remonte et l- l'élastique il se il se détend
O : et alors
M : et elle redescend à cause de l'attraction de la
O : à cause de son poids
M : non mais oui mais c'est l'attraction terrestre
O : ouais

L'élève M cherche à rendre compréhensible son point de vue à l'élève O en lui donnant un argument : la pierre redescend à cause de l'attraction terrestre.

Critiquer / Evaluer

Définition proposée:
"Faire un examen d'une proposition, examiner pour juger, ou faire ressortir les qualités ou les défauts, ou la cohérence interne ou la conformité à une chose".

Comme pour "interpréter", nous avons affecté à la tâche "prédire" 4 sous-catégories : objets/évènements, théorie/modèle, relation entre objets/évènements et théories/modèle et fusion entre objets/évènements.

Exemple:
Dans cet exemple, les élèves résolvent à deux l'exercice suivant :
A l'aide du modèle des interactions, construire le diagramme système - interactions décrivant les situations suivantes. Le mot souligné désigne l'objet correspondant au système considéré.
1a Un objet posé sur une table. 1b Une table sur laquelle est posé un objet
C: (C arrête d'écrire.) hein (?) ben y a juste à faire le s- le diagramme là mais il est tout bête en fait
(C regarde sa feuille.)
J: système objet + il agit directement sur la table
C: (C recommence à écrire.)
(A voix basse) alors ça fait euh::: / a sur b b sur a + objet table / table objet
t'as fini (?) (C regarde la feuille de J.) mais qu'est-ce tu fais (?)
J: quoi (?) / c'est ça
C: (C arrête d'écrire.) oh la la / j'ai pas du tout fait ça moi
(A voix basse. C relit l'énoncé.) sur laquelle est posé un objet
J: (J se tourne vers C et commente son diagramme.) et ben / si / c'est bon / t'as oublié la terre / il agit indirectement sur la pierre / parce que la table
C: ben la table elle est posée sur quoi (?)
J: ben oui mais d'toute façon tous tous les objets ici ils sont attirés par la terre
C: ah ouais (!)
J: indirectement mais: / sur la terre quand même
C: donc euh faut marquer indirectement l'objet il est attiré par la terre aussi
J: voilà
C: t'es sûr d'ça (?)
J: ouais ouais

Dans cet exemple l'élève J critique/évalue le diagramme système-interactions donné par l'élève J. Il juge qu'il y a un défaut dans ce diagramme, la Terre manque alors qu'elle doit être présente parce que selon lui tous les objets sont attirés par la Terre.

Argumenter

Définition proposée:
"Il y a argumentation quand un locuteur adresse un argument à un autre locuteur , c'est-à-dire une bonne raison, pour faire admettre au deuxième locuteur une conclusion et l'inciter à adopter les comportements adéquats. […] et qu'un autre interlocuteur adresse un argument différent".
Cette tâche n'est pas affectée de sous-catégories.

Exemple:
O : madame là la mouche
P : oui
O : elle sa vitesse c'est dix kilomètres heure dix kilomètres par heure vu que euh elle touche plus le euh le TGV (argument 1)
P : hm
O : elle est plus portée par lui (répétition de l'argument 1)
M : non mais elle est quand même dans le TGV donc (contre-argument 1)
P : non elle est dans le TGV quand même (répétition du contre-argument 1)
M : tu sais
O : ben ouais mais elle avance pas avec lui elle avance (argument 2)
P : ah bon
O : je sais pas à sa propre vitesse (argument 2)
P : elle recule alors (contre- argument 2)
O : non non elle avance mais pas à la même vitesse (répétition de l'argument 2)

Il s'agit d'une question où les élèves doivent déterminer la vitesse d'une mouche par rapport au sol ; cette mouche se déplace à 10 km/h à l'intérieur d'un TGV qui lui se déplace à 300 km/h par rapport au sol. L'élève O donne un argument pour prouver que la vitesse de la mouche par rapport au sol est de 10 km/h, c'est qu'elle ne touche plus le TGV. Cet argument est contredit par l'élève M et le professeur. O donne un autre argument en réponse au professeur et à M qui est à nouveau contredit par le professeur. Nous avons donc une argumentation entre O d'une part et M et le professeur d'autre part.

Codage sur Videograph

Pour coder les tâches épistémiques avec Videograph, pendant que la vidéo défile, nous avons la possibilité d'associer une ou plusieurs catégories à un événement précis de la vidéo, ayant un début et une fin, ce qui permet d'avoir une référence dans le temps de chaque catégorie. Alors que les catégories ne sont pas exclusives, c'est à dire que nous pouvons coder plusieurs catégories à la fois, les sous-catégories le sont, nous ne pouvons donc coder plusieurs sous-catégories à la fois. Le nombre de sous-catégories doit être fixé à l'avance et ne peut être changé une fois tout est fixé et que le codage commence alors que des catégories peuvent être rajoutées ou supprimées.

Le codage peut être fait soit en temps réel, c'est à dire que nous pouvons coder le début et la fin exacts de chaque catégorie, soit par intervalle fixe (la durée est fixée par le codeur), c'est à dire qu'un intervalle de temps est fixé et à cet intervalle sont associées des catégories dont l'occurrence réelle ne s'étale pas nécessairement sur tout l'intervalle.

Une fois le codage fait, il peut être exporté vers un logiciel de traitement statistique SPSS où les différentes catégories apparaissent avec leur codage et leur temps de début et de fin.

Nous avons fait le choix de coder nos tâches à l'aide de Videograph afin d'avoir une référence précise dans le temps de l'occurrence d'une tâche et de pouvoir effectuer des comptages et des croisements. Nos catégories et sous-catégories ont été définies *a priori* avant le codage de nos vidéos. Nous avons choisi de coder par intervalle fixe et non en temps réel pour des économies de temps ; il est plus simple d'affecter à un intervalle plusieurs catégories, même si leur début et fin ne sont pas exactement ceux de l'intervalle, que de coder le début et la fin de chaque catégorie. L'intervalle que nous avons choisi est de 10 secondes, ce qui correspond à peu près au temps moyen d'une tâche (d'après notre expérience avec les essais) ; une tâche peut cependant durer plus ou moins 10 secondes ; si elle dure moins de 10 secondes nous

n'avons le choix que de coder un intervalle et si elle dure plus de 10 secondes nous ajoutons autant d'intervalles de temps que de dizaine de secondes.

Une tâche épistémique peut être réalisée ou suscitée, la personne la réalisant ou la suscitant pouvant être le professeur ou un élève. Nous obtenons donc pour chaque tâche 4 catégories: le professeur réalise la tâche, le professeur suscite la tâche, un élève réalise la tâche, un élève suscite la tâche.

Les résultats obtenus sont sous deux formes ; ces formes nous permettent de faire des liens entre les différentes échelles temporelles. Le 1er résultat est visuel, il est donné par la fenêtre qui montre le codage pour toute la séance. La figure 3 montre un extrait de cette fenêtre:

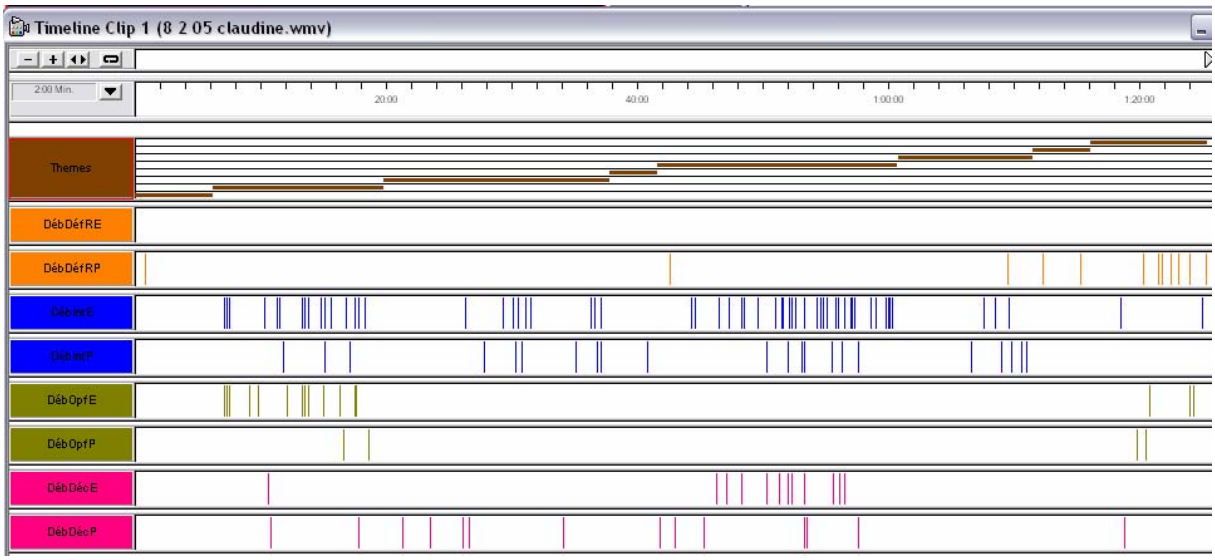


Figure 3. Fenêtre de codage du logiciel Videograph. En marron, la catégorie "thèmes" ; en orange "définir" ; en bleu "interpréter" ; en vert "faire des opérations formelles" et en rose "décrire". Pour les catégories des tâches la 1ère ligne correspond aux tâches réalisées par un élève et la 2eme à celles réalisées par le professeur.

Ce résultat nous permet déjà d'établir des liens généraux entre le niveau micro (celui des tâches) et le niveau méso (celui des thèmes ou de toute la séance) ; nous observons la façon dont les tâches sont réparties sur la séance et entre les thèmes.

Un 2ème résultat est celui obtenu après l'exportation des codages vers le logiciel de traitement statistique SPSS (nous montrons ces résultats dans la partie résultats et analyse). Nous obtenons alors des liens plus précis entre les différentes échelles puisque nous pouvons avoir la fréquence des tâches par thème, par séance et sur toute la séquence, ainsi que les durées de ces tâches.

3.4. Caractérisation des pratiques de classes à partir des liens entre les échelles

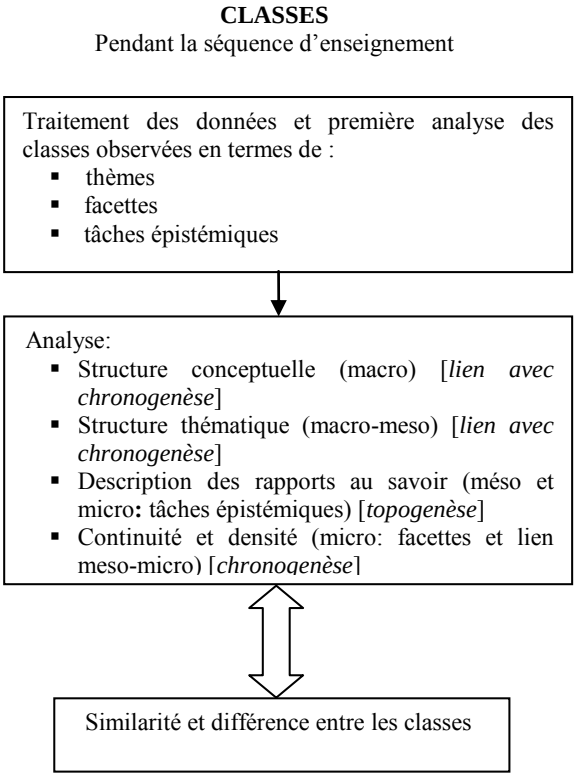


Figure 4.Méthodologie d'analyse des pratiques de classes

La figure 4 montre la méthodologie que nous adoptons pour caractériser les pratiques de classes. Un premier traitement des données prises en classe consiste à découper les séances en thèmes, à coder les facettes par thèmes dans le tableau Excel et les tâches épistémiques à l'aide de Videograph. Des analyses sont ensuite faites afin de caractériser le savoir enseigné au niveau des trois échelles temporelles, macroscopique, mésoscopique et microscopique, ainsi qu'au niveau des liens entre les différentes échelles. Au niveau macroscopique, une analyse conceptuelle des trois séquences d'enseignement est faite et nous permet de dégager leur structure conceptuelle et de comparer ainsi les classes. L'analyse au niveau mésoscopique conduit à une structure thématique ; cette analyse nous permet d'établir des différences entre les trois classes, en particulier sur la chronologie, le contenu et la durée des thèmes.
Des liens peuvent être établis entre les différentes échelles. Des liens entre l'échelle macroscopique et l'échelle mésoscopique peuvent être établis en reliant la structure thématique à la structure conceptuelle, ce qui nous permet de caractériser des classes et de les différencier. Ainsi, pour un même concept traité dans différentes classes (qui apparaît dans la structure conceptuelle), des thèmes différents par leur chronologie, leur contenu et leurs durées, peuvent être mis en jeu suivant les classes.
De même, l'échelle microscopique peut être reliée à l'échelle de toute la séquence au moyen des notions de continuité et de densité. Elles nous permettent de caractériser la chronogénèse du savoir sur l'ensemble de la séquence.

Des liens peuvent également être établis entre le niveau microscopique (facettes et tâches épistémiques) et le niveau mésoscopique, en regardant la façon dont les facettes vivent à

l'intérieur des thèmes, les liens qu'elles ont avec d'autres, les tâches épistémiques mises en œuvre, la topogénèse (responsabilité des différents acteurs vis-à-vis du savoir). Un lien peut être établi entre les tâches épistémiques et topogénèse au niveau des thèmes. En effet, la différentiation que nous faisons entre les tâches suscitées et réalisées et les différents acteurs nous permet d'étudier le rapport des acteurs au savoir et non pas les tâches en soi.

Ces analyses au niveau des différentes échelles ainsi qu'au niveau des liens entre elles nous permettent caractériser les classes et de les différencier.

4. Lien entre analyses de classes et performances des élèves d'un point de vue méthodologique

Notre méthodologie comporte un premier temps d'analyses indépendantes, d'une part de l'enseignement dans la classe pendant une séquence et d'autre part de l'évolution des performances des élèves entre le début et la fin de cet enseignement. La caractérisation des pratiques de classe ayant été discutée dans le paragraphe précédent, nous discutons ci-dessous de la façon de traiter les performances des élèves et d'établir des liens entre pratiques de classes et performances.

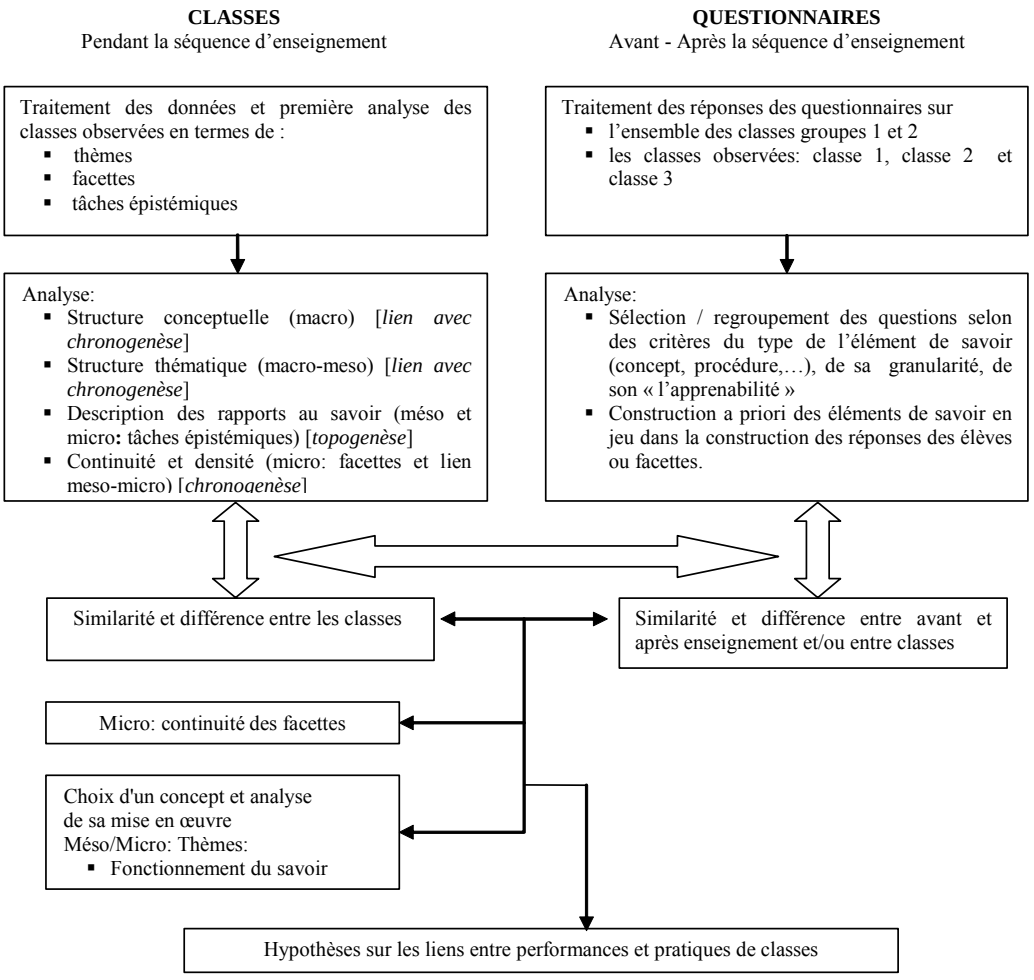


Figure 5. Vue d'ensemble de la méthodologie pour étudier les relations entre pratique de classes et performances des élèves (flèche simple trait : démarche choisie, et flèche pleine : aller-retour dans le travail d'investigation)

4.1. Les performances des élèves

Les réponses aux questionnaires étant rentrées sur SPSS, nous traitons dans un premier temps ces données en calculant les effectifs et les pourcentages ; des tableaux des résultats des trois classes et des deux groupes sont alors générés et permettent de voir des différences de performances entre avant et après enseignement pour les classes et groupes. Une fois ce traitement brut des réponses aux questionnaires est fait, nous essayons d'analyser les questions en vue de les relier aux pratiques de classes ; des groupements de questions sont alors faits. Un 1er groupement est fait sur une base conceptuelle ; les questions qui mettent en jeu les mêmes concepts sont groupées afin d'avoir une idée de l'acquisition (inférée par les performances) des différents concepts par les élèves. Des croisements entre questions ou groupements de questions sont faits afin de dégager des liens entre les questions. Cette base conceptuelle se trouve aussi dans nos analyses des pratiques de classes aux deux échelles, macroscopique et mésoscopique, ce qui nous donne un moyen de relier les questionnaires et les pratiques de classes par la façon dont les concepts en jeu dans les questionnaires sont mis en jeu dans les classes. Un 2ème groupement est basé sur l'hypothèse que nous faisons qu'un élément de savoir ou un concept ne s'apprend pas de la même façon qu'un autre, c'est la différence d'apprenabilité. Les questions sont alors classées selon que les concepts qu'elles mettent en jeu sont reconnus par la littérature comme difficiles à acquérir ou ne présentant pas une difficulté particulière (cf. voir hypothèses dans cadre théorique). Cette différence d'apprenabilité nous laisse supposer que les liens qui peuvent être établis entre les performances et les pratiques de classes ne sont pas du même ordre selon que les concepts mis en jeu sont difficiles ou non.

Nous analysons ensuite chaque question ou groupement de questions en termes de facettes qui peuvent *a priori* être mises en jeu par les élèves pour la construction des réponses. Cette analyse nous permet par la suite de relier les performances avec les pratiques de classes du point de vue de la continuité des facettes.

4.2. Le lien entre pratiques de classes et performances

Pour établir des relations entre les pratiques de classes et les performances des élèves en lien avec un concept, nous regardons la façon dont le concept est élaboré en classe, la façon dont il vit différemment d'une classe à l'autre et qui peut faire qu'il soit appris différemment d'une classe à l'autre. Notre découpage thématique étant centré sur les concepts en jeu, nous menons une analyse au niveau des thèmes: nous regardons comment le savoir fonctionne dans ces thèmes, la façon dont les facettes sont introduites, le lien entre elles, les tâches en jeu, les différents registres sémiotiques et les champs d'application ; nous regardons aussi comment la responsabilité du savoir est partagée entre le professeur et les élèves. Cette analyse nous permet de voir certaines différences entre les classes. Cependant, cette analyse étant très couteuse en temps, nous la menons seulement pour un concept. Nous avons choisi le concept de forces de contact et sa relation avec l'action puisqu'il est en lien avec une conception reconnue des élèves, celle d'une force dans le sens du mouvement et qui est testée dans le questionnaire ; il est considéré comme un concept difficile à apprendre. Nous avons analysé les thèmes principaux qui mettaient en jeu ce concept dans les trois classes afin de voir comment ce concept vit dans ces classes et de relever des différences.

Au niveau micro, un lien est fait entre les différences de performances des trois classes et les différences de continuité du savoir ; la continuité prise en compte dans ce cas est celle d'un groupe conceptuel formé de facettes en jeu dans les questions et formant un groupe de part leur appartenance conceptuelle. Nous regardons en fait les facettes en jeu dans les questions: si la continuité du groupe de ces facettes est plus élevée dans une classe que dans une autre,

elle peut dans certains cas expliquer la meilleure performance de cette classe sur cette question. Cette analyse prend appui sur l'analyse thématique qui la précède pour donner sens à la continuité qui seule, se réduit à des chiffres.

Ces analyses nous permettent de faire des hypothèses sur les liens entre pratiques de classes et performances des élèves.

CHAPITRE IV
ANALYSE DES PRATIQUES DE CLASSE

Nous rappelons que notre problématique est de caractériser les pratiques de classes afin de les relier aux performances des élèves. Cette problématique pose donc trois questions de base, celles de la caractérisation des pratiques de classes, celle de l'évaluation des performances des élèves et celle du lien entre pratiques de classes et performances des élèves.

Dans cette partie, nous traitons le premier volet de notre problématique en menant une analyse des pratiques des trois classes que nous observons. Cette analyse est menée aux trois échelles temporelles, macroscopique, mésoscopique et microscopique.

Il est important de noter que ces trois classes appartiennent à des établissements situés dans la très proche périphérie de grandes villes (une au Liban et une en France) et que leur public majoritaire, âgé de 15 à 17 ans, est issu de milieux socio-économiques moyens sans difficulté particulière. Les trois classes ont également un niveau scolaire moyen selon leur professeur ; en revanche les deux professeurs français sont très expérimentés (plus que dix ans d'expérience) et le professeur libanais un peu moins (moins de cinq ans d'expérience). Nous pouvons rajouter que l'observation "superficielle" de ces classes conduit à les considérer comme ayant une "bonne" ambiance avec une participation des élèves, même si les personnalités du professeur et des élèves conduisent à des organisations de la classe différentes, par exemple sur les rythmes de travail en classe entière et en petits groupes et des interactions différentes.

1. Analyse à l'échelle macroscopique

Nous nous plaçons à l'échelle macroscopique afin d'effectuer une analyse conceptuelle des différentes séquences enseignées. Le professeur de la classe 1 nous a dit qu'il a suivi le programme officiel français ; le professeur de la classe 2 a suivi la séquence SESAMES ; et celui de la classe 3 a suivi le programme officiel libanais mais a effectué une modification en commençant par le chapitre concernant la loi d'interaction gravitationnelle avant les chapitres forces et interactions et les lois de Newton, alors qu'il était en dernier selon le programme officiel libanais. Nous présentons donc l'analyse conceptuelle des séquences suivies dans les trois classes, séparément pour les forces et interactions et pour les lois de Newton, précisément le principe de l'inertie. En effet, nous avons voulu étudié la même partie des programmes officiels en France et au Liban ; celle-ci correspond aux parties forces et interaction et principe de l'inertie. Toutefois, le professeur libanais a commencé par la loi d'interaction gravitationnelle et nous étions contraintes de la prendre en compte puisqu'elle met en jeu les forces et les interactions ; de même la 2ème loi de Newton ne constitue pas une partie commune des deux programmes mais elle se trouve imbriquée avec le principe de l'inertie dans la classe 3. Nous présentons la structure conceptuelle des trois séquences dans la figure 6.

La séquence suivie par la classe 1 introduit la force par ses effets, l'action et l'interaction pour ensuite présenter le vecteur force comme modélisation de celles-ci. La séquence SESAMES introduit d'abord un enseignement spécifique des notions d'action et d'interaction et leur associe même une représentation symbolique, celle du diagramme système-interactions (voir le modèle des interactions dans l'annexe 2). La séquence introduit ensuite le vecteur force comme modélisation de l'action et assure le passage du diagramme système-interactions à la représentation vectorielle de la force. Par contre, la séquence suivie par la classe 3 introduit la force gravitationnelle, puis introduit l'action par ses effets pour ensuite lui donner des caractéristiques et présenter la force comme modélisation de celle-ci.

Concernant le principe de l'inertie, la séquence suivie par la classe 1 donne un énoncé de ce principe qui met en jeu une implication entre compensation des forces et immobilité ou mouvement rectiligne uniforme. La séquence SESAMES présente ce principe sous forme de quatre implications logiques, deux reliant compensation des forces et nature du mouvement et les deux autres reliant compensation des forces à la variation de vitesse. La séquence suivie par la classe 3 présente ce principe sous forme d'un énoncé similaire à celui de la classe 1, accompagné d'une formule présentant une équivalence entre « somme des forces nulle » et « vecteur vitesse constant ».

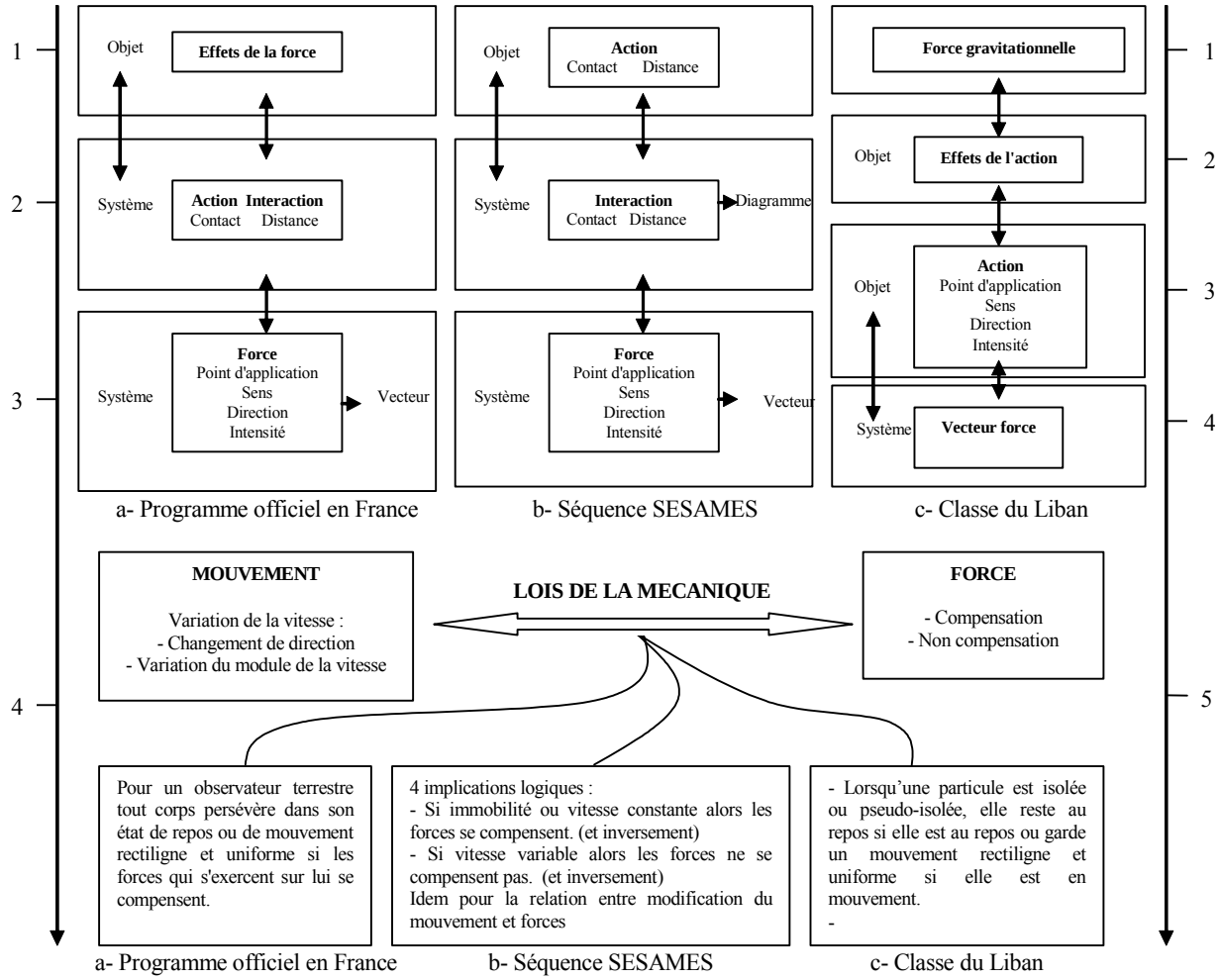


Figure 6. Analyse conceptuelle pour les parties forces et interaction et principe de l'inertie (d'après Coulaud, 2005 sauf pour le cas du Liban). Les deux échelles de chaque côté sont utilisées pour référer au numéro des blocs par la suite.

Cette analyse conceptuelle à l'échelle macroscopique donne la structure de la vie du savoir à un niveau de granularité relativement élevé, à travers les pratiques des différentes classes. Des analyses aux deux échelles, mésoscopique et microscopique permettent de mieux caractériser le savoir enseigné.

2. Analyse à l'échelle mésoscopique

Comme nous l'avons précisé dans la partie méthodologie, nous découpons les productions discursives d'une classe en unités de temps de l'ordre de quelque(s) dizaine(s) de minutes. Ces unités ont une structure, avec des frontières et une cohérence thématique. Nous menons donc à l'échelle mésoscopique une analyse thématique du savoir enseigné qui nous permet de comparer les trois classes observées.

Le tableau 5 présente l'ensemble des thèmes des trois classes observées dans l'ordre chronologique. Il permet d'établir des différences entre les trois classes, en particulier sur la chronologie, le contenu et la durée des thèmes.

Classe 2		
Séance	Durée (min)	Thème
I 4/2/05	19:00	1. Introduction de la notion d'action
	6:45	2. Introduction du modèle des interactions
	12:00	3. Première mise en œuvre du modèle des interactions
	10:10	4. Etude des interactions pour des situations variées
II 8/2/05	6:13	1. Représentation d'un graphe
	13:35	2. Etude des interactions pour des situations variées.
	18:00	3. Différentes situations d'interaction pour un système choisi
	1:30	4. Introduction du thème général de la notion de force
	18:58	5. Détermination des phases du mouvement d'un objet, du sens de l'action sur cet objet, de la variation de la vitesse
	10:42	6. Analyse des interactions pour différentes phases du mouvement d'un objet (cas du médecine-ball)
	4:40	7. Introduction de la force et sa représentation vectorielle et du principe des actions réciproques
	9:24	8. Mise en œuvre de la force avec sa représentation vectorielle à partir des interactions (utilisation du modèle des interactions)
III 10/2/05	5:14	1. Interactions : relations entre une représentation symbolique et une ou plusieurs situations matérielles
	10:10	2. Représentation de la force (avec direction et sens) modélisant une interaction (mais pas longueur des vecteurs)
	30:31	3. Représentation de la force modélisant un objet en mouvement
IV 11/2/05	23:40	1. Interactions, listes et représentations des forces pour des 3 situations (exercices et correction)
V 22/3/05	5:21	1. Introduction du principe d'inertie
	22:31	2. Compensation des forces s'exerçant sur un système immobile
	7:55	3. Non compensation des forces s'exerçant sur un système dont la vitesse varie
	32:27	4. Principe d'inertie appliqué selon les directions horizontale et verticale du mouvement
	9:06	5. Influence de la masse sur le mouvement
VI 24/3/05	4:27	1. Application du principe d'inertie dans différentes situations
	38:02	2. Représentation du diagramme système-interactions et des forces et application du principe d'inertie
	5:40	3. Nature du mvt et application du principe d'inertie
VII 25/3/05	14:50	1. Nature du mvt, application du principe d'inertie et représentation des forces (correction exo)
	11:50	2. Différentes notion de cinématique et de dynamique (Référentiel, nature du mvt, compensation des forces, calcul d'une vitesse, influence de la masse) (correction exo)
	22:55	3. Caractérisation du mvt et application du principe d'inertie (exo)

Classe 1		
Séance	Durée (min)	Thème
I 3/3/05	18	1. Effets d'une force sur le mouvement et la forme des objets
	7:40	2. Interactions
II 4/3/05	1:34	1. Rappel des interactions
	10 :36	2. Forces: modélisation des actions et représentation
	10:26	3. Forces et masses
	44:48	4. Inventaire des forces avec compensation ou non des forces suivant le mouvement
III 7/3/05	2:57	1. Compensation ou non des forces
	2:20	2. Utilisation de la relation somme des forces et variation de la vitesse dans le cas d'un objet en mvt
	34:35	3. Liste et représentation des forces et relation somme des forces et variation de la vitesse
	9:25	4. Nature du mvt et liste et compensation des forces
IV 10/3/05	3:55	1. Description du mécanisme de la table à coussin d'air
	10:35	2. Relation somme des forces et nature du mvt (P.I)
	29:23	3. Principe d'inertie
V 11/3/05	55:15	1. Caractéristiques du mvt d'une goutte d'eau colorée dans l'huile (prévisions, observations et mesures)
	17:08	2. Bilan des forces et application du principe d'inertie sur le mvt d'une goutte d'eau colorée dans l'huile
VI 14/3/05	5:28	1. Influence de la masse sur le mouvement à force constante: Cas de véhicule et moto poussés avec la même force (exo) et de deux balles de ping-pong (l'une plein d'eau)
	7:09	2. Introduction de la notion d'inertie (exo)
	36:33	3. Différentes notions de cinématique et de dynamique (exos)

Classe 3		
Séance	Durée (min)	Thème
I 16/5/06	8:39	1. Introduction de la loi d'interaction gravitationnelle
	11:50	2. Reformulation de la loi d'interaction gravitationnelle (à partir du livre)
	12:22	3. Bilan des forces exercées sur un corps
II 16/5/05	2:04	1. Action mécanique
	26:32	2. Réflexion sur la validité la loi de l'attraction gravitationnelle entre les corps.
	9:40	3. Caractéristiques de la force gravitationnelle
	5:16	4. Application de la loi d'interaction gravitationnelle (exo.)
III 19/5/06	4:00	1. Rappel de la loi d'interaction gravitationnelle dans le cas d'un objet à la surface de la Terre.
	10:03	2. Application de la loi d'interaction gravitationnelle: Cas de l'interaction Terre-Lune (exo)
	22:09	3. Variation de g et du poids avec l'altitude (exo)
	4:16	4. Action mécanique
	3:30	5. Modélisation de l'action mécanique par le vecteur force (carac. de ce vecteur)
	3:34	6. Forces de contact: tension d'un fil et réaction du support.
IV 23/5/06	22:48	1. Variation de g et du poids avec l'altitude (exo)
	14:58	2. Bilan et représentation des forces et relation entre sens du mvt et sens des forces (exo)
V 23/5/06	2:12	1. Bilan et représentation des forces et relation entre sens du mvt et sens des forces (exo)
	13:35	2. Force de frottement
	14:44	3. Composantes normale et parallèle de la force de frottement
	19:17	4. Relation force-mvt et force-vitesse-accélération.
VI 26/5/06	3:57	1. Principe de l'inertie avec des formules
	4:22	2. 2ème loi de Newton avec des formules
	12:10	3. Reformulation des lois de Newton en langue naturelle
	4:52	4. Inertie et relation force – masse.
	19:38	5. Nature du mvt, bilan et représentation des forces et application du PI (exo.)
	5:58	6. Trajectoire d'un objet lancé et forces exercées sur lui (exo.)
VII 2/6/06	14:49	1. Trajectoire d'un objet lancé et forces exercées sur lui (exo.)
	20:22	2. Application de la 2ème loi de Newton (exo.)
	13:05	3. Relation nature du mvt et 2ème loi de Newton

Tableau 5. Ensemble des thèmes, par classe, pour l'ensemble de la séquence d'enseignement. Les lignes déterminent les différentes séances.

2.1. Chronologie

En ce qui concerne l'introduction de la force, la classe 1 respecte le programme, il y a introduction des effets d'une force (séance I, thème 1) puis le lien force - interaction avec ensuite la représentation vectorielle des forces (séance II thème 2) puis la compensation qui donne la possibilité de reprendre les représentations des forces (séance III, thème 2). Enfin le principe de l'inertie est introduit dans la séance IV. La classe 2 suit l'organisation conceptuelle de la séquence SESAMES avec l'introduction de la notion d'action, et l'introduction du diagramme, et c'est seulement à la fin de la séance II (thème 7) que la force est introduite en tant que modélisation de l'action avant d'introduire le principe de l'inertie au début de la séance V (thème 1). La classe 3 ne suit pas exactement le programme libanais dans l'ordre des concepts. Alors que celui-ci place la loi d'interaction gravitationnelle et la force gravitationnelle en dernier, après les forces et interaction et les lois de Newton, cette loi d'interaction est placée en premier dans la classe 3. Ainsi, la première fois que la notion de force est introduite, elle l'est à travers la loi d'interaction gravitationnelle qui met en jeu des forces et non pas à travers la modélisation de l'action. A part cette différence majeure, la classe 3 suit pour le reste le programme officiel. Après la loi d'interaction gravitationnelle, il y a introduction de l'action, la modélisation de l'action par la force, la décomposition des forces et l'étude de plusieurs genres de forces et enfin l'introduction de la 1ère et la 2ème loi de Newton. Le découpage thématique nous permet donc de voir dans l'ordre, la chronologie dans la mise en œuvre des différents concepts dans les classes.

2.2. Contenu et durée

Le tableau 5 met en évidence que certains thèmes sont spécifiques d'une classe, comme « les effets d'une force » pour la classe 1, « l'analyse du mouvement » pour la classe 2, et « la loi d'interaction gravitationnelle », « les effets d'une action », « la décomposition des forces » et « la 2ème loi de Newton » pour la classe 3. Cette différence entre les classes 1 et 2 vient de la différence entre le programme officiel et la séquence SESAMES et la différence avec la classe 3 vient de la différence entre le programme officiel français et le programme libanais.

Dans la classe 2, la notion d'interaction est très explicite, elle est traitée de façon isolée le long de plusieurs thèmes avec une représentation qui lui est propre, celle du diagramme système-interactions avant de figurer ensuite dans le titre de plusieurs thèmes en lien avec la force ; alors que dans la classe 1, la notion d'interaction intervient explicitement comme thème juste après l'introduction de la force par ses effets et dans la classe 3, elle est introduite en lien avec la loi d'interaction gravitationnelle. Ainsi, dans la classe 2, la force est exclusivement présentée comme un concept y compris lors de son introduction comme un modèle de l'action, alors que dans la classe 1 elle est introduite par ses effets et donc peu différenciée de l'action, pour ensuite être présentée comme modèle de celle-ci. Dans la classe 3, la force est introduite en lien avec la loi d'interaction gravitationnelle sous forme de formule mathématique sans être explicitée en tant que modèle de l'action ; c'est seulement à la fin de la séance III (thème 5) qu'elle est présentée comme une modélisation de l'action. Dans les classes 1 et 2, le principe des actions réciproques est introduit de suite après la force alors que dans la classe 3, il est introduit en lien avec la loi d'interaction gravitationnelle au début la séance II (thème 2). Le principe de l'inertie est introduit dans les trois classes après un travail sur la liste et la représentation des forces en relation avec la variation de la vitesse ; dans la classe 3 il est présenté en langue naturelle et sous forme de formule mathématique reliant force et variation de vitesse.

Cette analyse thématique met aussi en évidence des différences de durée pour des thèmes similaires traitant des mêmes notions. Une première différence concerne les concepts d'action et d'interaction qui sont traités de manière isolée dans la classe 2 pendant dix thèmes consécutifs, quatre de la séance I et six de la séance II. Alors que dans les classes 1 et 3, elles ne sont explicitement traitées que pendant deux thèmes. Une deuxième différence concerne la représentation vectorielle des forces (tableau 5) traitée plus longuement dans la classe 2 que dans les classes 1 et 3. De plus, dans la classe 2, deux représentations symboliques sont introduites et mises en relation, le diagramme système-interaction et la représentation vectorielle des forces et chacune de ces représentations est associée à un lexique précis : X agit sur Y (diagramme) et force exercée par X sur Y (vecteur). Ainsi non seulement les représentations symboliques en jeu sont différentes (diagramme et vecteur) mais pour la seule représentation vectorielle, il y a une durée d'enseignement plus longue qui, de plus, s'étale sur plusieurs séances : thème 7 et 8 de la séance II, thèmes 2 et 3 de la séance III, thème 1 de la séance IV, thème 2 de la séance VI. Les enregistrements vidéo montrent l'insistance du professeur dans les corrections sur les règles d'un schéma de forces qui doivent partir d'un même point et être notées $F_{X/Y}$. Dans les autres classes, les professeurs introduisent les représentations de la force et les reprennent, mais moins souvent et avec moins d'insistance sur l'importance du respect de règles dans un schéma de forces.

Cette analyse en thèmes peut être reliée à l'analyse conceptuelle macroscopique. Plusieurs thèmes du tableau 5 peuvent être reliés aux blocs de la figure 6 correspondant aux concepts mis en jeu dans les classes.

Ainsi, dans la classe 1, le bloc 1 (effets de la force) correspond au thème 1 de la séance I (18min); le bloc 2 (action – interaction) au thème 2 de la séance I et au thème 1 de la séance II (9min); le bloc 3 (force) aux thèmes 2 et 3 de la séance II (21min); enfin le bloc 4 (lois de la mécanique : principe de l'inertie) aux thèmes allant du thème 4 de la séance II au thème 3 de la séance VI (5h 40min).

Dans la classe 2, le bloc 1 (action) correspond au thème 1 de la séance I (19min) ; le bloc 2 (interaction) aux thèmes allant du thème 2 de la séance I au thème 6 de la séance II (1h 50min)(avec un thème intercalé entre eux correspondant à un introduction générale de la notion de force) ; le bloc 3 (force) au thème 4 de la séance II en plus des thèmes allant du thème 7 de la séance II au thème 1 de la séance IV (1h 25min) ; enfin le bloc 4 (lois de la mécanique : principe de l'inertie) aux thèmes allant du thème 1 de la séance V au thème 3 de la séance VII (3h).

Dans la classe 3, le bloc 1 (force gravitationnelle) correspond aux thèmes allant du thème 1 de la séance 1 au thème 3 de la séance 3 (1h 35min) (avec deux thèmes intercalés, le thème 3 de la séance I et le thème 1 de la séance II) ; le bloc 2 (effets de l'action) correspond au thème 4 de la séance III (4min) ; le bloc 3 (caractéristiques d'une action) au thème 5 de la séance III (3min) ; le bloc 4 (vecteur force) aux thèmes allant du thème 5 de la séance III au thème 3 de la séance V (1h 10min) ; enfin le bloc 5 (lois de la mécanique : principe de l'inertie) aux thèmes allant du thème 4 de la séance V au thème 5 de la séance VI (1h).

Il faut noter cependant, que les concepts correspondant aux blocs ne sont pas mis en jeu uniquement dans les thèmes que nous venons de citer ; ils peuvent être mis en jeu en relation avec les concepts (blocs) qui les suivent dans différents thèmes.

Cette analyse nous permet donc de comparer pour les mêmes blocs conceptuels, les durées d'enseignement approximatives dans les différentes classes.

Cette analyse à l'échelle mésoscopique en termes de thèmes nous a permis de faire un lien entre cette échelle et l'échelle macroscopique, celle de la séquence d'enseignement et des

concepts. Une analyse plus fine peut être menée à l'échelle mésoscopique, en lien cette fois avec l'échelle microscopique. Cette analyse sera développée dans les trois chapitres suivants.

3. Analyse à l'échelle microscopique

Comme nous l'avons précisé dans la méthodologie, nous menons à l'échelle microscopique deux types d'analyses, l'une en termes de facettes et l'autre en termes de tâches épistémiques. Rappelons que nous distinguons les résultats suivant l'organisation de la classe : travail en classe entière (CE) où les productions verbales, écrites et gestuelles du professeur et des élèves sont rendues publiques à toute la classe ; travail en petits groupes (Gr) où les élèves travaillent en groupes de deux ou quatre, ou individuellement (In) et où les productions sont privées même si le professeur intervient. Nous ne prenons en compte dans nos analyses que les facettes et tâches mises en jeu en classe entière. Ce choix est justifié par le fait que, seulement en classe entière, le discours et plus largement les productions écrites (au tableau) orales et gestuelles sont publiques ; tous les élèves disposent de l'information qui peut contribuer à leur apprentissage, ce qui n'est pas le cas lors du travail en petits groupes ou individuellement où les productions du professeur et des élèves ne peuvent contribuer qu'à l'apprentissage d'un groupe ou d'un individu.

3.1. Analyse en termes de facettes

L'analyse en termes de facettes a été faite pour l'ensemble des trois séquences. Cette analyse conduit à introduire deux notions caractérisant le savoir enseigné et dont nous avons discuté dans la méthodologie : la continuité et la densité.

3.1.1. Continuité du savoir

Rappelons l'hypothèse que si des éléments de savoir sont repris souvent dans l'enseignement ils ont plus de chance d'être acquis ; ils peuvent être soit repris en lien avec un nouveau champ d'application, de nouveaux concepts ou soit rappelés directement. Ainsi l'analyse en termes de facettes qui identifie l'utilisation d'une facette par thème, permet de rendre compte de la réutilisation de chaque facette. Nous pouvons calculer trois types de continuité qui constituent des caractéristiques de la chronogénèse : celle d'une facette, celle d'un groupe de facettes et celle de l'ensemble des facettes de la séquence.

Continuité de l'ensemble des facettes

La continuité de l'ensemble des facettes du catalogue (voir annexe 1) est le rapport entre la somme des réutilisations de toutes les facettes du catalogue et le nombre de facettes introduites appartenant à ce catalogue.

Ensembles des facettes pour toute la séquence d'enseignement	**Classe 1 (CE)**	**Classe 2 (CE)**	**Classe 3 (CE)**
Nouvelles (ou introduites)	54	71	138
Réutilisées	**203**	**236**	**313**
Continuité : Taux Réutilisées / Nouvelles	*3,7*	*3,3*	*2,3*

Tableau 6. Ensemble des facettes pour les trois classes et continuité pendant le travail en classe entière (CE)

Le tableau 6 montre un nombre largement supérieur de facettes introduites dans la classe 3 par rapport aux deux autres classes mais qui sont reprises avec une continuité plus faible que celle des autres classes. Toutefois, les chiffres de ce tableau et surtout les différences entre les trois

classes ne peuvent être expliqués que si nous nous plaçons au niveau des groupes et des facettes prises individuellement.

Le nombre élevé de facettes introduisant un nouveau savoir dans la classe 3 est dû principalement à l'introduction, dans cette classe, de la loi d'interaction gravitationnelle, ce qui mène à l'introduction de 28 nouvelles facettes concernant cette loi ; ces facettes, bien qu'elles soient nouvelles, n'introduisent pas un nouveau groupe mais étendent des sous-groupes déjà présents : 23 facettes appartiennent au sous-groupe conceptuel « force-interaction » et 5 au sous-groupe « représentations et unités » . Il est dû aussi à des facettes conceptuelles du sous-groupe « action » relatives aux effets d'une action et à ses caractéristiques, du sous-groupe « force-interaction » relatives à l'introduction des deux forces de contact, tension d'un fil et réaction du support et du sous-groupe « accélération » en lien avec la 2ème loi de Newton. La nouveauté de ces facettes par rapport aux deux autres classes est en grande partie due au fait que les notions ou les concepts qu'elles traduisent sont spécifiques au programme libanais. Cependant, d'autres groupes de facettes font cette différence ; ils sont liés non pas à des contraintes du programme mais à un certain fonctionnement spécifique de cette classe qui réfléchit au fonctionnement général de la physique en tant que science, qui se réfère à des phénomènes régis par certaines lois et qui définit des procédures pour faire des représentations et effectuer des calculs. Nous retrouvons donc un groupe complètement spécifique de cette classe qui est le groupe « phénomènes » et qui n'existait pas lors de l'analyse des classe 1 et 2 mais qui a été ajouté (voir annexe 1) ; il regroupe 7 facettes dont « on dit que le corps est en chute libre lorsque seul le poids s'exerce sur ce corps », « quand la Lune s'approche de la Terre on la marée haute, et quand elle s'éloigne on a la marée basse », « les corps tournant autour ou sur la Terre ne tombent pas s'ils ont une vitesse suffisante », « sans frottement on ne peut pas marcher, rouler… », etc. Le groupe « fonctionnement du savoir » contient 10 facettes spécifiques de la classe 3 dont : « une théorie (ou une hypothèse) est valable si les expériences sont en accord avec elle », « en physique une théorie ou une loi est susceptible d'évoluer dans le temps », « en science on fait des hypothèses et on teste leur validité », etc.

Le tableau 6 montre également que le nombre total de facettes introduisant un nouveau savoir est légèrement supérieur pour la classe 2 par rapport à la classe 1. Cela est dû principalement à deux groupes de facettes relatives à l'action et la modélisation. Comme nous l'avons noté dans l'analyse thématique, la séquence SESAMES introduit cette notion d'action de façon explicite avec le diagramme système interaction ; l'introduction de ces éléments correspond à 12 facettes spécifiques de cette classe 2. Par rapport à la modélisation, le professeur introduit 7 facettes sur le fonctionnement du savoir dont : « un principe est une règle qu'on ne démontre pas mais qui n'a jamais été mise en défaut », « on peut avoir une même représentation symbolique (diagramme système-interactions) pour des situations différentes », « le modèle choisi pour rendre compte des interactions n'est pas suffisant », « un phénomène ou un concept n'est pas un objet et un objet n'est pas un phénomène ou un concept », etc. Ces dernières facettes sont introduites mais peu réutilisées.

La classe 1 introduit aussi des facettes spécifiques. Quatre d'entre elles sont significatives de l'introduction de la force par ses effets : « la force qui s'exerce sur un objet peut modifier le mouvement », « la force qui s'exerce sur un objet peut modifier la trajectoire », « la force qui s'exerce sur un objet peut modifier sa forme » et « la force qui s'exerce sur un objet peut le mettre en mouvement ».

Le taux du nombre de facettes réutilisées par rapport aux facettes nouvelles est le plus élevé pour la classe 1, suivie de la classe 2 avec un écart léger et de la classe 3 avec un écart plus grand (tableau 6). Ceci s'explique par le fait que plusieurs facettes sont introduites dans la

classe 3 et très peu réutilisées et parfois même jamais. Nous notons par exemple une continuité très faible (inférieure à 1) pour les groupes « phénomènes » et « force – mouvement » et « force – variation de vitesse » dans la classe 3 ; alors que les groupes ayant une faible continuité dans la classe 2 sont « fonctionnement du savoir » et « frottements ». Ceci nous conduit à la question de la pertinence pour la compréhension conceptuelle de ce savoir « supplémentaire » dans les classes 2 et 3 et surtout dans la classe 3 : est-il une aide à la compréhension du concept de force ou simplement une surcharge de savoir conceptuel ? Nous revenons sur ce point à partir des résultats des questionnaires.

Notons que la continuité sur l'ensemble de la séquence ne prend pas en compte la temporalité des réutilisations (qui peuvent se produire dans les thèmes juste après la première introduction ou lors de séances ultérieures).

Continuité d'un groupe de facettes

La continuité d'un groupe de facettes est le rapport entre la somme des réutilisations de toutes les facettes du groupe et le nombre de facettes introduites appartenant à ce groupe.

Groupes des facettes conceptuelles et représentation	**Classe 1 (CE)**				**Classe 2 (CE)**				**Classe 3 (CE)**			
	Nv	**Réut**	*Cont*	***σ***	Nv	**Réut**	*Cont*	***σ***	Nv	**Réut**	*Cont*	***σ***
Action - Interaction	8	**11**	*1,4*	***1***	9	**54**	*6*	***6,3***	19	**34**	*1,8*	***1,9***
Force - Interaction	7	**40**	*5,7*	***5,3***	9	**15**	*1,6*	***1,3***	40	**105**	*2,6*	***3***
Interaction gravitationnelle	3	**28**	*9,3*	***2,6***	3	**6**	*2*	***0,8***	26	**67**	*2,6*	***3,1***
Vecteur Force	8	**20**	*2,5*	***2,5***	7	**22**	*3,1*	***3,3***	10	**35**	*3,5*	***4,7***
Force - Mouvement - Forme	10	**14**	*1,4*	***2***	5	**12**	*2,4*	***2,5***	9	**4**	*0,4*	***1***
Force - Variation de vitesse	3	**9**	*3*	***2,9***	4	**13**	*3,2*	***2,2***	2	**0**	*0*	***0***
Représentations et unités	5	**7**	*1,4*	***1,7***	17	**34**	*2*	***2,1***	9	**29**	*3,2*	***1,5***
Interaction gravitationnelle	0	**0**			0	**0**			5	**18**	*3,6*	***1,6***
Mouvement	0	**30**		***6***	0	**20**		***3***	3	**16**		***1,7***
Réalisation d'une représentation	1	**6**	*6*		2	**24**	*12*	***1***	1	**5**	*5*	

Tableau 7. Groupes de facettes les plus réutilisés en classe entière (CE) pour les trois classes et leur continuité. Nv correspond au nombre facettes introduites pour un groupe donné, Réut au total de réutilisations de toutes les facettes du groupe, Cont à la continuité du groupe et σ à l'écart type entre les valeurs de réutilisations des différentes facettes introduites dans un groupe pour chaque classe

Le tableau 7 montre les groupes de facettes les plus utilisés dans les trois classes. Nous avons choisi, pour chaque classe, indépendamment des autres, les 4 ou 5 groupes les plus réutilisés et les avons présentés dans ce tableau. Les blocs conceptuels présents dans l'analyse macroscopique (figure 6) sont tous représentés. Ce tableau 7 montre une similarité au sens où des mêmes groupes sont les plus utilisés dans deux ou trois des classes mais avec des continuités différentes. Une première similarité entre les classes 1 et 3 concerne les groupes « force – interaction » et « vecteur force » mais avec des nombres de facettes et de leur réutilisations plus élevés pour la classe 3 surtout pour le groupe « force – interaction ». Il apparaît que la majorité des facettes de ce groupe « force – interaction » mises en jeu par la classe 3, concerne l'interaction gravitationnelle, ce qui est cohérent avec la structure conceptuelle et thématique de la séquence suivie par cette classe. Cependant, la continuité du groupe « force – interaction » est plus faible pour la classe 3 que pour la classe 1, ce qui traduit une certaine mise à l'écart de certaines facettes de ce groupe dans la classe 3, qui sont très rarement utilisées ou jamais après leur introduction dans cette classe ; alors que pour la classe 1, ces facettes sont utilisées avec une continuité élevée. Un deuxième recouvrement

peut être observé entre les classes 2 et 3 pour les groupes « action – interaction » et « représentations et unités » qui sont les plus réutilisés dans la classe 2 et parmi les plus réutilisés dans la classe 3. Toutefois, la classe 2 reprend ces facettes avec une continuité plus élevée pour le groupe « action – interaction » et un peu moins élevée pour le groupe « représentations et unités ». Ceci s'explique pour la classe 2 par l'insistance de la séquence SESAMES sur les actions et les représentations symboliques. Un troisième recouvrement concerne les groupes « force – mouvement » et « force – variation de vitesse » qui sont réutilisés de manière quasi similaire par les classes 1 et 2, avec une continuité légèrement plus élevée pour la classe 2 et une exploitation plus importante du groupe « force – variation de vitesse » pour cette classe. Par contre pour la classe 3, la continuité du groupe « force – mouvement » est très faible (0,4) et celle du groupe « force – variation de vitesse » nulle (2 facettes seulement sont introduites et jamais réutilisées). Ces deux groupes sont en fait à la base du principe de l'inertie ; l'observation de leur utilisation dans les trois classes montre donc que ce principe est peu traité dans la classe 3 et beaucoup plus dans les classes 1 et 2, avec un surplus pour la classe 2 qui garde une continuité plus élevée et une exploitation des deux faces de ce principe, la relation force – mouvement et la relation force – variation de vitesse.

En revanche, deux différences sont observées entre les trois classes concernant le groupe « mouvement » qui est plus repris par la classe 1 (on ne parle pas de continuité pour ce groupe puisque ses facettes ont été introduites avant la séquence filmées et on ne connaît pas donc sa vraie continuité durent l'enseignement) et le groupe « réalisation d'une représentation symbolique », que ce soit la représentation du diagramme système – interactions ou celle de la force, qui est largement plus repris par la classe 2 et avec une continuité élevée.

La continuité observée au niveau des groupes nous permet donc de tirer des conclusions sur la mise en œuvre des différents concepts dans les classes. Il apparaît par exemple, que la classe 1 mise sur la force en tant que vecteur et modélisation de l'interaction entre deux objets, sur le mouvement et sur la relation force – mouvement, avec une continuité uniquement élevée pour le groupe force – interaction (5,7) et moyenne à faible pour les autres (1,4 à 3). La classe 2 mise surtout sur les actions/interactions et les représentations symboliques avec des continuités élevées (2 à 12) pour passer ensuite à la force comme vecteur et modélisation de l'action et au principe de l'inertie dans ces deux faces reliant la force à la vitesse et au mouvement, avec une continuité moyenne à élevée (1,6 à 3,4). En fait ce résultat reflète l'objectif de la séquence SESAMES qui est de développer la notion de force à partir de celle d'action et des représentations symboliques. La classe 3 mise surtout sur la relation force – interaction, action – interaction et représentations et unités, en lien avec l'interaction gravitationnelle, ainsi que sur la force en tant que vecteur. Cependant la continuité est plutôt moyenne (1,4 à 3,5). Le principe de l'inertie est faiblement repris dans cette classe. Enfin, Il est intéressant de voir qu'il y a un rapprochement plus grand concernant l'utilisation des groupes de facettes entre la classe libanaise et chacune des classes françaises qu'entre les classes françaises mais cette similarité dans l'utilisation des groupes ne correspond pas nécessairement à la même utilisation des concepts : l'utilisation par exemple du groupe « force – interaction » dans la classe 1 correspond au bloc conceptuel « force » alors qu'elle correspond dans la classe 3 aux deux blocs « forces gravitationnelle » et «vecteur force » (voir figure 6) ; de même l'utilisation du groupe « action – interaction » dans la classe 2 correspond aux blocs conceptuel «action » et « interaction » alors qu'elle correspond aux blocs « effets de l'action » et « action : caractéristiques » dans la classe 3 (voir figure 6).

La continuité observée à ce niveau permet aussi de repérer certains groupes de facettes qui sont spécifiques de certaines classes, comme par exemple le groupe « phénomènes » et « force – accélération » pour la classe 3 et le groupe « fonctionnement du savoir » pour les

classe 2 et 3, ce qui permet de montrer soit une différence dans la structure conceptuelle des séquences des différentes classes (relevée par le groupe « force – accélération ») soit une différence dans le fonctionnement du savoir (relevée par le groupe « fonctionnement du savoir ») ; la classe 3 par exemple réfléchit à la physique en tant que science qui peut expliquer certains phénomènes.

Une dernière conclusion concerne l'utilité de cette continuité au niveau des groupes pour l'explication de la continuité au niveau supérieur, celui de l'ensemble des facettes. L'étude de l'ensemble des facettes nous informe sur la quantité d'introductions, de répétitions et la continuité générale et nous donne donc la dynamique générale du savoir en classe mais ne peut prendre sens sans regarder les groupes et leur mise en œuvre qui permettent de mieux comparer les classes.

Cette notion de continuité d'un groupe a cependant un inconvénient ; elle ne prend pas en compte les différences de réutilisations entre chacune des différentes facettes introduites dans une classe et appartenant à ce groupe. En fait la continuité d'un groupe est une moyenne de la réutilisation des facettes du groupe ; cette moyenne peut être élevée soit parce que les nombres de réutilisations de toutes les facettes sont élevés et dans ce cas nous avons une homogénéité dans les réutilisations des facettes, soit parce que quelques facettes sont très réutilisées et compensent le fait que d'autres ne le sont pas et dans ce cas nous avons une hétérogénéité dans les réutilisations des facettes. Ces deux cas sont très différents et nous poussent à nous poser la question : une continuité élevée d'un groupe est-elle représentative de la continuité de l'ensemble des facettes de ce groupe ou est-elle due à une continuité très élevée de quelques facettes ? Pour répondre à cette question nous calculons l'écart type pour un groupe de facettes ; cet écart traduit l'écartement moyen de la moyenne de l'ensemble des facettes du groupe ; plus l'écart type est élevé, plus il y a une hétérogénéité entre les continuités des différentes facettes. Les groupes ayant les écarts type les plus élevés pour la classe 1 sont : mouvement (6), force-interaction (5,7), force-variation de vitesse (2,9) et vecteur force (2,5). Pour la classe 2, ces groupes sont : action-interaction (6,3), vecteur force (3,3) et mouvement (3). Pour la classe 3, ces groupes sont : vecteur force (4,7) et force-interaction (3). Ces écarts type élevés sont dus essentiellement à des facettes appartenant à ces groupes et qui sont parmi les plus réutilisées dans les trois classes (voir le tableau 8 qui suit). Ces facettes créent donc une certaine hétérogénéité dans la continuité de leur groupe d'appartenance : elles sont très réutilisées alors que d'autres le sont très peu ou pas du tout. Donc nous pouvons dire que la continuité de ces groupes ne reflète pas celle de certaines facettes de ces groupes.

Continuité d'une facette

La continuité d'une facette est le nombre de réutilisations d'une facette pendant la séquence d'enseignement observée (la facette ne pouvant être introduite qu'une fois, le nombre d'introductions d'une facette est égal à 1).

Groupes des facettes conceptuelles et représentation	Facettes	Classe 1 (CE)	Classe 2 (CE)	Classe 3 (CE)
Action - Interaction	Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)	2	20	2
	La Terre agit toujours sur (attire) les objets	1	15	2
Force - Interaction	Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets	12	1	11
Interaction grav.	La Terre exerce toujours une force sur les autres objets	13	2	10
Vecteur Force	La force a un sens	7	9	14
	La force a une direction	6	7	9
Mouvement	Le mouvement d'un point est rectiligne quand sa trajectoire est une ligne droite.	14	8	2
	Lorsque la valeur de la vitesse du point ne varie pas on dit que le mouvement est uniforme.	13	7	5
Réalisation d'une représentation	Diagramme système interaction	0	13	0
	Force	6	11	5

Tableau 8. Facettes les plus utilisées en classe entière (CE) pour les trois classes

Le tableau 8 montre les facettes les plus utilisées dans les trois classes. Nous avons choisi, pour chaque classe, indépendamment des autres, les 4 ou 5 facettes les plus réutilisées et les avons présentées dans ce tableau. Il est frappant de voir une similitude entre les classes. La facette la plus utilisée dans la classe 2 porte sur l'action entre objets en contact (20 fois) et a son équivalent en termes de force dans la classe 1 (12 fois) et la classe 3 (11 fois). De même les facettes relatives à l'action ou à la force exercée par la Terre font partie des plus utilisées dans les trois classes. En revanche, une différence apparaît concernant le rappel beaucoup plus fréquent dans la classe 1 du mouvement rectiligne et/ou uniforme. Une autre différence très nette est l'importance des facettes sur les représentations symboliques dans la classe 2, relatives au diagramme système-interaction mais aussi à la force. Une autre différence concerne les deux facettes en relation avec le sens et la direction de la force qui sont légèrement plus utilisées dans les classes 1 et 2. Il est intéressant de voir que les facettes les plus réutilisées correspondent aux groupes les plus réutilisés ; ce sont elles qui font qu'en partie le groupe auquel elles appartiennent soit parmi les plus réutilisés. L'étude de la continuité au niveau d'une facette permet d'éclairer celle au niveau du groupe. Elle explique les écarts type par les différences de continuité des différentes facettes du groupe et montre si certaines facettes sont souvent reprises et d'autres pas. Elle montre aussi que certaines facettes sont spécifiques d'une classe et pas d'autres, comme les facettes concernant les effets d'une action (dans le groupe action – interaction) dans la classe 3.

La notion de continuité paraît être une notion très utile pour la caractérisation de la chronogénèse ; elle permet de relier des éléments microscopiques à l'ensemble de la séquence selon trois niveaux différents, celui d'une facette, d'un groupe de facettes et de l'ensemble de toutes les facettes. Le niveau le plus pertinent pour relier ces deux échelles s'avère être celui d'un groupe de facettes qui nous informe sur la continuité des concepts dans les classes. Ce niveau s'enrichit du niveau inférieur, celui d'une facette, et enrichit le niveau supérieur, celui

de l'ensemble des facettes. D'ailleurs c'est cette continuité au niveau d'un groupe de facettes qui nous permettra de faire le lien entre les performances des élèves et les pratiques de classes ; nous en parlerons dans les chapitres suivants.

3.1.2. Densité du savoir

Rappelons l'hypothèse que la variété des éléments de savoir mis en jeu peut jouer un rôle dans leur apprentissage. Cette hypothèse nous a conduits à introduire la notion de densité qui traduit la variété des facettes en jeu pendant un thème. Nous avons défini deux types de densité, la densité du nouveau savoir et celle du savoir réutilisé.

L'introduction d'éléments nouveaux de savoir peut se faire régulièrement ou de manière discontinue. Il ne s'agit pas d'établir un lien direct avec les acquisitions des élèves ; nous supposons, en revanche, que ce rythme d'introduction de nouveaux éléments de savoir va jouer un rôle dans la vie de la classe et dans le rapport des élèves au savoir. La figure 7 donne la densité du nouveau savoir qui est le nombre de nouvelles facettes introduites dans un thème / la durée du thème (en minutes). Cette densité se situe sur l'ensemble de la partie dynamique de la séquence ; nous avons donc un lien entre les analyses aux trois échelles, microscopique (les facettes), mésoscopique (les thèmes) et macroscopique (séquence), grâce à des éléments microscopiques observés sur l'ensemble des thèmes de la séquence.

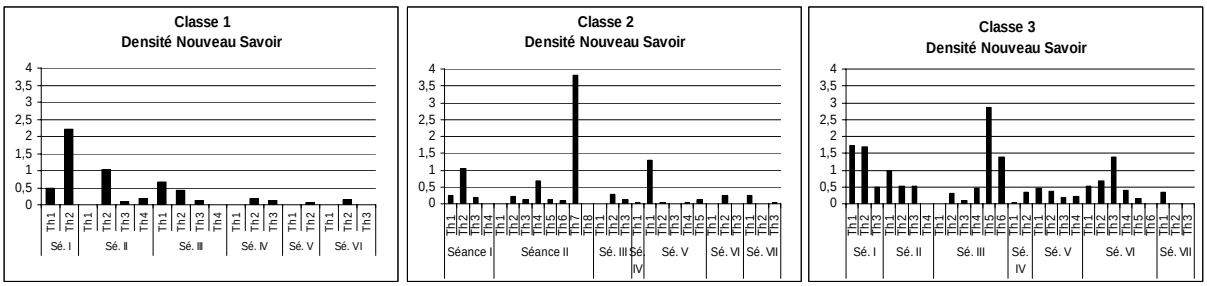


Figure 7. Densité de nouveau savoir en classe entière par thème et séance pour les trois classes respectivement

Dans la classe 1, la densité de nouveau savoir est généralement faible et est décroissante avec le déroulement de la séquence ; nous observons juste deux petits pics qui correspondent à la présentation des interactions (thème 2, séance I) et à la modélisation de l'action par une force et la représentation de la force (thème 2, séance II); la durée des ces thèmes est moyenne (7 à 10 minutes).

Dans la classe 2, la densité est aussi faible ; nous observons 3 pics dont un seul est grand. Les 3 pics correspondent à l'introduction des 3 modèles pendant la séquence, celui des interactions (thème 2, séance I), celui de la force et de sa représentation vectorielle (thème 7, séance II) et celui des lois de Newton (thème 1, séance V). Le nouveau savoir est introduit donc par à coups dans cette classe, sous forme de modèle, à trois moments précis de la séquence et pendant des durées moyennes à faibles (4 à 6 minutes). Donc dans les classes 1 et 2, il existe plusieurs thèmes où l'introduction du nouveau savoir est très faible.

Dans la classe 3, la densité de nouveau savoir est plus élevée que celle des deux autres classes et nous observons presque dans chaque thème une introduction de nouveau savoir (fluctuation autour de la valeur 0,5) avec 5 pics remarquables correspondant à l'introduction de la loi d'interaction gravitationnelle (thèmes 1 et 2, séance I), à la modélisation de l'action par une force (thème 5, séance III), à l'introduction de quelques forces de contact (thème 6, séance III) et finalement à l'introduction des lois de Newton (thème 3, séance VI). La durée de ces thèmes est moyenne (8 à 12 minutes) sauf pour les thèmes 5 et 6 de la séance III (3 minutes à peu près). La continuité dans l'introduction du nouveau savoir dans cette classe peut être expliquée par le fait qu'un grand nombre de nouvelles facettes est introduit dans cette classe.

La densité élevée du nouveau savoir dans certains thèmes de ces classes peut parfois effectuer une surcharge pour les élèves qui auront peut-être du mal à assimiler ce nouveau savoir d'un seul coup.

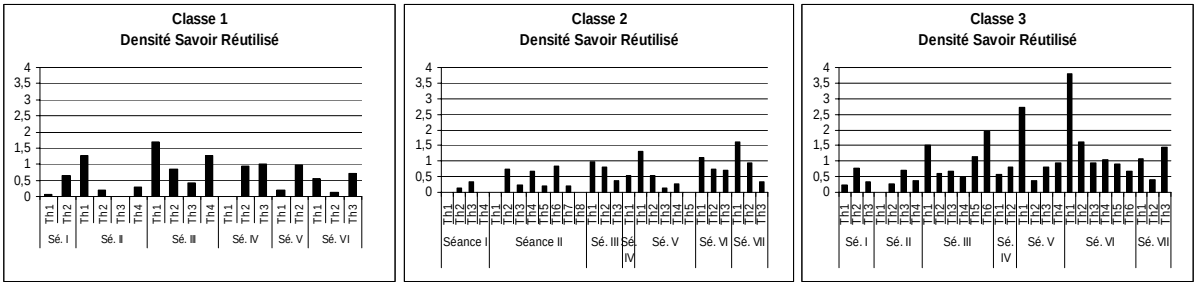


Figure 8. Densité du savoir réutilisé en classe entière pour les trois classes respectivement

La figure 8 montre la densité du savoir réutilisé dans les trois classes. La distribution est plus ou moins homogène pour les classes 1 et 2 avec des valeurs qui fluctuent autour de 0,5. Dans la classe 2 cette densité a une allure légèrement croissante. Par contre dans la classe 3 la distribution n'est pas homogène ; les valeurs fluctuent autour de 1 et nous observons 6 pics supérieurs à 0,5.

En conclusion, ces notions de continuité et de densité sont des caractéristiques de la chronogénèse qui nous permettent de différencier les classes.

3.2. Analyse en termes de tâches épistémiques

L'analyse en termes de tâches épistémiques vise à caractériser le fonctionnement du savoir enseigné en classe. Comme nous l'avons précisé dans le cadre théorique, ces tâches sont des processus de pensée en jeu dans la compréhension du monde matériel. Ces tâches constituent une référence dans l'étude de l'épistémologie du savoir et de ses formes d'introduction. Nous avons analysé l'ensemble des séances en termes de tâches épistémiques et avons codé ces tâches par thèmes. Nous disposons donc des tâches épistémiques pour chaque thème de l'ensemble des trois classes. Nous ne présentons pas ici l'analyse des tâches par thèmes (lien micro/méso), elle sera présentée dans les trois chapitres suivants pour certains thèmes ; nous faisons une analyse des tâches sur l'ensemble de la séquence d'enseignement dans chacune des trois classes, ce qui nous permet de faire un lien entre l'échelle microscopique (celle des tâches) et la séquence. Ces tâches sont présentées sous forme de deux graphes pour chaque classe, l'un correspond aux tâches suscitées et l'autre aux tâches réalisées ; dans chaque graphe les acteurs sont distingués : en rayé nous retrouvons le professeur et en noir les élèves. Nous présentons d'abord l'analyse en termes de tâches épistémiques pour chaque classe et comparons ensuite les résultats des trois classes.

3.2.1. Tâches épistémiques pour la classe 1

La figure 9 montre l'ensemble des tâches suscitées et réalisées dans la classe 1 pour toute la séquence d'enseignement.

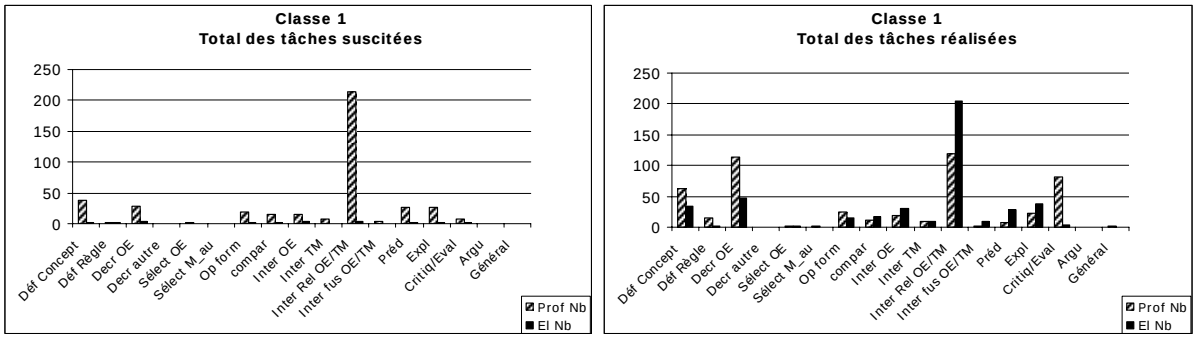


Figure 9.Tâches épistémiques pour toute la séquence d'enseignement dans la classe 1. A gauche : tâches suscitées, à droite : tâches réalisées. Le rayé correspond au professeur et le noir aux élèves.

La tâche la plus suscitée en classe est l'interprétation en termes de relation entre objets/évènements et théorie/modèle (près de 220), suivie de définitions de concepts (près de 40), de descriptions d'objets/évènements (près de 25), de prédictions (près de 25) et d'explications (près de 25). La tâche la plus réalisée est l'interprétation en termes de relation entre objets/évènements et théorie/modèle (près de 320), suivie de descriptions (près de 160), de définitions de concepts (près de 100) et de critiques/évaluations (près de 80). Ceci montre que le savoir est le plus souvent introduit et vit en classe sous forme d'interprétations souvent accompagnées de descriptions et sous forme de définitions et la classe se place le plus souvent, concernant la modélisation, au niveau de la relation entre objets/évènements et théorie/modèle.

Si nous regardons les places qu'occupent le professeur et les élèves par rapport à ces tâches nous pouvons faire quelques hypothèses générales sur la tendance topogénétique de la vie du savoir dans cette classe. Il existe une certaine cohérence (en nombre) entre les tâches suscitées par le professeur et celles réalisées par les élèves, nous pouvons donc faire l'hypothèse qu'en général, les élèves répondent à l'attente du professeur (ceci n'est pas nécessairement le cas toujours mais nous ne pouvons pas le voir sur l'ensemble de la séquence) ; cependant ils ne réalisent pas plus que ce que le professeur suscite (les écarts sont très faibles sauf pour décrire), ceci montre qu'ils ne prennent pas trop l'initiative d'avancer le savoir eux-mêmes. Le professeur suscite beaucoup plus de tâches que les élèves (402 contre 20) et réalise juste un peu plus qu'eux (491 contre 442), ce qui nous mène à faire l'hypothèse que le professeur est plus le maître du jeu, il initie pour avoir des réponses mais il laisse quand même une grande part aux élèves dans ce jeu qui partagent presque à égalité avec lui les tâches réalisées. Toutefois ce partage n'est pas le même pour toutes les tâches ; certaines tâches sont plus du côté du professeur comme définir, décrire, faire des opérations formelles et critiquer/évaluer et les autres du côté des élèves. Donc le professeur intervient plus pour construire le cadre dans lequel fonctionne la modélisation (définir), décrire des situations (afin que les élèves puissent mieux les interpréter), s'occuper des représentations symboliques et trancher avec le point de vue scientifique dont il est le représentant (critiquer/évaluer). Les élèves critiquent/évaluent rarement et ne se positionnent pas donc clairement par rapport à d'autres points de vue.

3.2.2. Tâches épistémiques pour la classe 2

La figure 10 montre l'ensemble des tâches suscitées et réalisées dans la classe 2 pour toute la séquence d'enseignement.

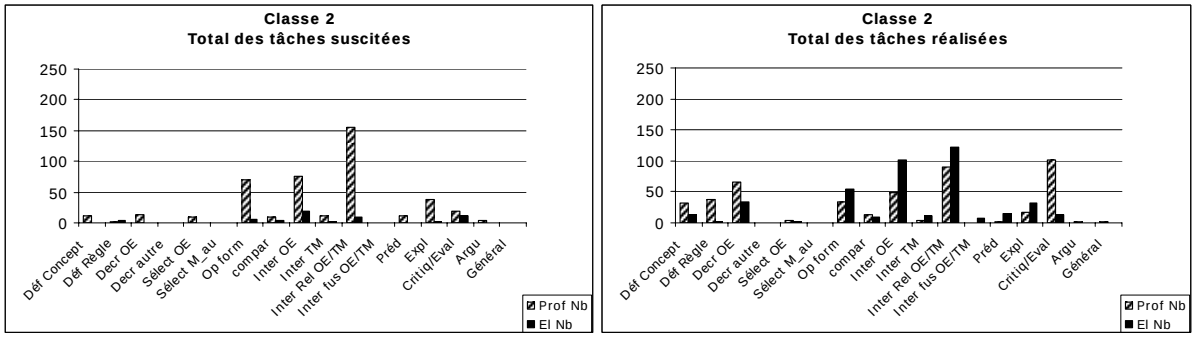


Figure 10. Tâches épistémiques pour toute la séquence d'enseignement dans la classe 2. A gauche : tâches suscitées, à droite : tâches réalisées. Le rayé correspond au professeur et le noir aux élèves.

La tâche la plus suscitée dans cette classe est l'interprétation en termes de relation entre objets/évènements et théorie/modèle (près de 220), suivie de celle en termes d'objets/évènements (près de 75), des opérations formelles (près de 70), et des explications (près de 40). La tâche la plus réalisée est l'interprétation en termes de relation entre objets/évènements et théorie/modèle (près de 215), suivie de celle en termes d'objets/évènements (près de 150), de critiques/évaluations (près de 115), de descriptions (près de 100), de définitions de concepts et de règles (près de 85) et d'opérations formelles (près de 85). Ceci montre que le savoir est le plus souvent introduit et vit dans cette classe sous forme d'interprétations souvent accompagnées de descriptions et sous forme de définitions et d'opérations formelles. Par rapport à la modélisation, la classe se place aux deux niveaux, celui des objets/événements et celui de la relation entre objets/évènements et théorie/modèle ; ceci reflète un aspect de la séquence SESAMES qui place les élèves au niveau des objets/événements avant de les faire passer au niveau relationnel. Les définitions sont partagées entre concepts et règles. La présence d'autant de définitions de règles s'explique par le fait que la séquence SESAMES mise sur les représentations ; ces définitions correspondent bien aux facettes relatives aux représentations symboliques et procédures.

Si nous regardons les places qu'occupent le professeur et les élèves par rapport à ces tâches nous pouvons faire quelques hypothèses générales sur la tendance topogénétique de la vie du savoir dans cette classe. Si nous regardons les tâches suscitées et celles réalisées, nous remarquons qu'il y a une certaine différence entre ce que le professeur suscite et ce que les élèves réalisent. Les élèves réalisent moins que ce que le professeur suscite en termes de relation entre objets/événements et théorie/modèle et plus que ce qu'il suscite en termes d'objets/événements ; certains élèves ont donc peut être tendance à se placer plus au niveau des objets/événements. Par rapport aux opérations formelles, les élèves réalisent aussi moins que ce qui est suscité. Le professeur suscite beaucoup plus de tâches que les élèves (430 contre 54) et réalise juste un peu plus qu'eux (449 contre 417), ce qui nous mène à faire l'hypothèse que c'est le professeur qui est plus le maître du jeu, il initie pour avoir des réponses mais il laisse quand même une grande part aux élèves dans ce jeu qui partagent presque à égalité avec lui les tâches réalisées ; cependant les élèves de cette classe suscitent plus de tâches que ceux de la classe 1. Toutefois ce partage n'est pas le même pour toutes les tâches ; certaines tâches sont plus du côté du professeur comme définir, décrire et critiquer/évaluer et les autres comme faire des opérations formelles, interpréter, prédire, expliquer, du côté des élèves. Donc le professeur intervient plus pour construire le cadre dans

lequel fonctionne la modélisation (définir), décrire des situations afin que les élèves puissent mieux les interpréter, et trancher avec le point de vue scientifique dont il est le représentant (critiquer/évaluer). Les élèves critiquent/évaluent rarement et ne se positionnent pas donc clairement par rapport à d'autres points de vue mais ils le font un peu plus que les élèves de la classe 1.

3.2.3. Tâches épistémiques pour la classe 3

La figure 11 montre l'ensemble des tâches suscitées et réalisées dans la classe 3 pour toute la séquence d'enseignement.

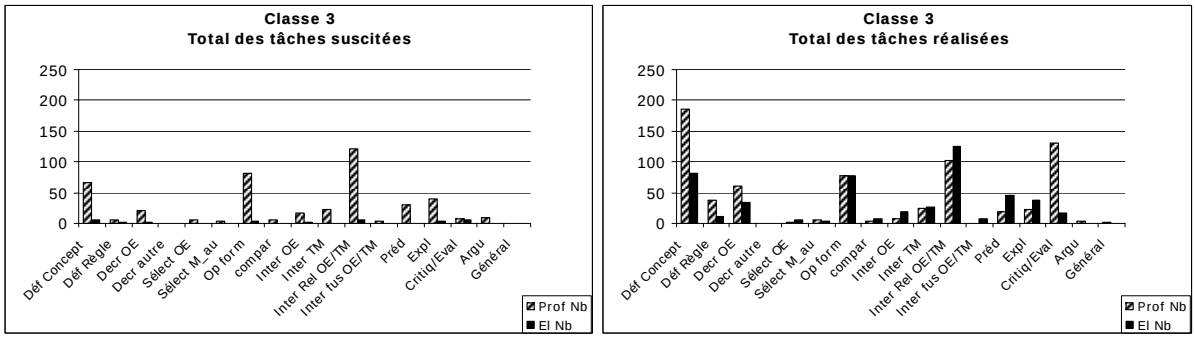


Figure 11.Tâches épistémiques pour toute la séquence d'enseignement dans la classe 3. A gauche : tâches suscitées, à droite : tâches réalisées. Le rayé correspond au professeur et le noir aux élèves.

La tâche la plus suscitée en classe est l'interprétation en termes de relation entre objets/évènements et théorie/modèle (près de 120), suivie d'opérations formelles (près de 80), de définitions de concepts (près de 65), d'explications (près de 40) et prédictions (près de 30). A la différence des autres classes, la tâche la plus réalisée est la définition de règles et de concepts (270 pour les concepts et 50 pour les règles). Ce nombre énorme de définitions est en cohérence avec le grand nombre de facettes introduites dans cette classe. Après les définitions vient l'interprétation en termes de relation entre objets/évènements et théorie/modèle (près de 230), suivie des opérations formelles (près de 155), de critiques/évaluations (près de 150) et de descriptions (près de 100). Le grand nombre des opérations formelles correspond bien avec les facettes représentations ; un nombre d'entre elles correspondant à des représentations vectorielles et les autres à l'utilisation des formules, surtout lors de l'introduction de la loi d'interaction gravitationnelle et les lois de Newton. Ces tâches montrent que le savoir est essentiellement introduit et vit dans cette classe sous forme de définitions, d'interprétations souvent accompagnées de descriptions et d'opérations formelles et la classe se place le plus souvent au niveau de modélisation relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle.

Si nous regardons les places qu'occupent le professeur et les élèves par rapport à ces tâches, nous pouvons faire quelques hypothèses générales sur la tendance topogénétique de la vie du savoir dans cette classe. Il existe une certaine cohérence (en nombre) entre les tâches suscitées par le professeur et celles réalisées par les élèves, nous pouvons donc faire l'hypothèse qu'en général, les élèves répondent à l'attente du professeur (ceci n'est pas nécessairement le cas mais nous ne pouvons pas le voir sur l'ensemble de la séquence) ; cependant ils ne réalisent pas plus que ce que le professeur suscite (les écarts sont très faibles), ceci montre qu'ils prennent peu fréquemment l'initiative d'avancer le savoir eux-mêmes. Le professeur suscite beaucoup plus de tâches que les élèves (441 contre 26) et réalise beaucoup plus qu'eux (681 contre 499), ce qui nous mène à faire l'hypothèse que le professeur est plus le maître du jeu, il initie pour avoir des réponses et laisse peu la responsabilité du savoir aux élèves puisqu'il prend souvent cette responsabilité lui-même. Les tâches les plus réalisées sont pour la plupart

du côté du professeur, comme définir, décrire, faire des opérations formelles et critiquer/évaluer et les autres comme interpréter, prédire, expliquer, du côté des élèves. Donc le professeur intervient plus pour construire le cadre dans lequel fonctionne la modélisation (définir), décrire des situations afin que les élèves puissent mieux les interpréter, s'occuper des représentations symboliques et trancher avec le point de vue scientifique dont il est le représentant (critiquer/évaluer). Les élèves critiquent/évaluent rarement et ne se positionnent pas donc clairement par rapport à d'autres points de vue.

3.2.4. Conclusion

Les tâches épistémiques nous permettent de caractériser le savoir enseigné en classe et de comparer différentes classes. La comparaison des tâches épistémiques entre les trois classes révèle des similitudes et des différences. La tâche la plus réalisée dans la classe 1 est l'interprétation au niveau de la relation entre objets/évènements et théorie/modèle, accompagnée de nombreuses descriptions ; dans la classe 2 cette tâche est la plus présente aussi mais elle l'est aux deux niveaux, objets/évènements et relation entre objets/évènements et théorie/modèle, d'ailleurs c'est la seule classe qui se place autant au niveau des objets/évènements ; alors que dans la classe 3 la tâche la plus présente est la définition, suivie de l'interprétation au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle. Une différence concerne aussi les opérations formelles qui sont le plus présentes dans la classe 3 (représentation vectorielles et formules), suivie de la classe 2 (représentations vectorielles) et enfin de la classe 1 (représentations vectorielles) avec un faible effectif.

Le rôle des différents acteurs pris en compte dans l'analyse en termes de tâches épistémiques permet de tirer certaines conclusions sur la topogénèse. Dans les trois classes, c'est le professeur qui suscite essentiellement les tâches et les élèves rarement ; toutefois les élèves de la classe 2 suscitent plus de tâches que ceux des autres classes. Dans les classes 1 et 2, le professeur réalise des tâches légèrement plus que les élèves alors que dans la classe 3 il réalise beaucoup plus qu'eux. La comparaison entre les tâches suscitées et celles réalisées par les élèves montre que les élèves des classes 1 et 3 répondent en général à l'attente du professeur alors que ceux de la classe 2 se positionnent parfois au niveau des objets/évènements quand le professeur suscite des interprétations au niveau relationnel entre objets/événement et théorie/modèle. Certaines tâches semblent être la plupart du temps du côté du professeur comme définir, décrire et critiquer/évaluer, et les autres comme interpréter, prédire, expliquer plus du côté des élèves. Donc en général, il apparaît que dans les classes 1 et 2 la responsabilité du savoir est plus partagée entre le professeur et les élèves. Cependant cette conclusion reflète une certaine tendance dans les classes mais la signification de ce lien entre le niveau microscopique et l'ensemble de la séquence à l'aide des tâches épistémiques est à prendre avec précaution vu que la topogénèse peut varier énormément d'une situation à l'autre à l'intérieur d'une même séance, selon les situations et le type d'activité ; nous pensons que la topogénèse doit donc être regardée au niveau mésoscopique, celui des thèmes qui correspond aux activités, exercices, expériences, introduction d'un modèle qui impliquent, chacun, des positions topogénétiques différentes selon leur type : le professeur peut par exemple prendre la charge du savoir pendant la réalisation d'un exercice et la laisser plus tard aux élèves pendant la réalisation d'une activité. Cependant, cette analyse déjà menée en lien avec l'ensemble de la séquence, nous en donne quelques indices, quelques tendances générales.

En conclusion, cette analyse à l'échelle microscopique en termes de facettes et de tâches épistémiques nous a permis de faire des liens entre cette échelle et l'ensemble de la séquence. Les notions de continuité et densité des facettes se sont avérées pertinentes pour faire le lien entre l'échelle microscopique et l'ensemble de la séquence. Les tâches épistémiques nous

permettent également de donner des conclusions sur la dynamique du savoir pendant la séquence mais si nous voulons regarder le lien qu'elles ont avec la topogénèse, il est plus pertinent de le faire à l'échelle mésoscopique, celle des thèmes, puisque c'est l'échelle la plus adaptée à l'étude de la topogénèse. Nous nous placerons dans un chapitre suivant à cette échelle mésoscopique afin d'effectuer une analyse en lien avec le niveau microscopique.

4. Conclusion

Nous nous rendons compte, après cette analyse, de la complexité des pratiques de classes même en les analysant uniquement du point de vue du savoir. Les analyses que nous avons menées à différentes échelles nous ont quand même permises de caractériser ces pratiques et de les différencier. L'analyse conceptuelle, l'analyse thématique, l'analyse en termes de facettes et celle en termes de tâches épistémiques ont montré des différences et des similitudes entre les pratiques des différentes classes. Ces différences et similitudes ont surtout été mises en relief grâce aux liens établis entre les différentes échelles. Les liens établis dans ce chapitre ont été surtout entre les niveaux microscopique et mésoscopique d'un côté et le niveau de la séquence de l'autre. Toutefois, des liens peuvent être établis entre le niveau microscopique et le niveau mésoscopique grâce à une analyse plus fine au niveau des thèmes ; cette analyse sera menée dans les trois chapitres suivants pour quelques thèmes de chaque séquence.

CHAPITRE V
ANALYSE DES PRATIQUES DE LA CLASSE 1 A L'ECHELLE MESOSCOPIQUE

Les pratiques de classes ont été analysées dans le chapitre précédent au niveau des trois échelles, macroscopique, mésoscopique et microscopique et des liens ont été établis entre les niveaux microscopique et mésoscopique et le niveau de toute la séquence. Dans ce chapitre, nous menons une analyse plus fine au niveau des thèmes, en mettant en relation les deux échelles, microscopique et mésoscopique, afin de mieux comprendre la dynamique du savoir dans les trois classes. Les analyses microscopiques faites en termes de facettes et de tâches épistémiques sont intégrées dans l'analyse des thèmes ; ainsi, la façon dont les facettes sont introduites, le lien entre elles, les tâches épistémiques mises en jeu avec elles, le genre de situation et le champ d'application dans lesquels elles sont mises en œuvre ainsi que les positions des acteurs vis à vis du savoir, sont analysés.

Il est difficile à ce niveau de finesse d'analyse, de regarder tous les éléments de savoir et les concepts afin de voir la façon dont ils vivent dans la classe ; il est également difficile d'analyser tous les thèmes de la séquence. Nous avons donc été amenés à faire deux choix dans nos analyses. Le premier choix est de nous centrer sur un concept afin d'analyser finement la façon dont il vit dans les thèmes et conclure sur la dynamique de ce concept le long de la séquence d'enseignement (et voir éventuellement si nous pouvons tirer des conclusions sur la dynamique d'autres concepts sans toutefois les analyser très finement). Le concept que nous avons choisi est celui des actions/forces de contact qui est lié à une conception connue chez les élèves, le fait que pour qu'un objet soit en mouvement il faut qu'il y ait nécessairement une force dans le sens du mouvement (voir chapitre 2, paragraphe sur les conceptions). En fait, le questionnaire passé dans les classes renferme certaines questions qui testent cette conception et d'autres qui testent de façon générale les action/forces de contact. Le choix d'analyser ce concept d'actions/forces de contact au niveau des thèmes nous donne

donc des moyens de relier les performances des élèves les concernant avec les pratiques de classe. Le deuxième choix est de sélectionner certains thèmes à analyser. Nous avons choisi les premiers thèmes qui introduisaient ces concepts, ainsi que des thèmes qui les mettaient en relation avec d'autres concepts. Des thèmes qui s'étalent sur toutes les séances de la séquence ont été choisis afin de mieux comprendre l'évolution du concept dans les classes. Nous nous sommes également appuyés sur ce que nous savions sur ces thèmes à partir des enregistrements vidéo que nous avions visionnés souvent lors des différentes analyses ; certains thèmes étaient plus intéressants que d'autres du point de vue des débats menés et des difficultés traitées.

Dans ce chapitre nous donnons les analyses faites au niveau de certains thèmes. Les thèmes choisis pour cette classe sont les suivants (nous les donnons suivant les séances) : séance I : thème 2 ; séance II : thèmes 2 et 4 ; séance III : thème 3 ; séance V : thème 2 (voir tableau 5). Nous présentons très succinctement la séance et donnons pour chaque thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène du thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse. Lorsque le thème est découpé en sous-thèmes, nous menons ces analyses séparément pour chacun des sous-thèmes.

1. Séance I (cours en classe entière)

Cette séance est la première séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 1. Elle est découpée en deux thèmes, le premier introduisant les effets d'une force et le deuxième les interactions ; nous analysons le thème 2. Nous avons commencé à filmer la partie dynamique à partir de la 25ème minute puisque le professeur faisait une autre partie avant.

Thème	**Temps**	**Durée**
1. Effets d'une force	25 :00 – 43 :00	18 :00
2. Interactions	43 :24 – 51 :04	7 :40

Tableau 9. Thèmes de la séance I

1.1. Thème 2: Interactions

Ce thème est le deuxième thème de la première séance. Il est divisé en deux sous-thèmes, le premier étant lié aux actions réciproques et le deuxième aux interactions de contact et à distance.

1.1.1. Sous – thème 2a: Principe des actions réciproques

Nous donnons pour ce sous-thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce sous-thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Tâches épistémiques

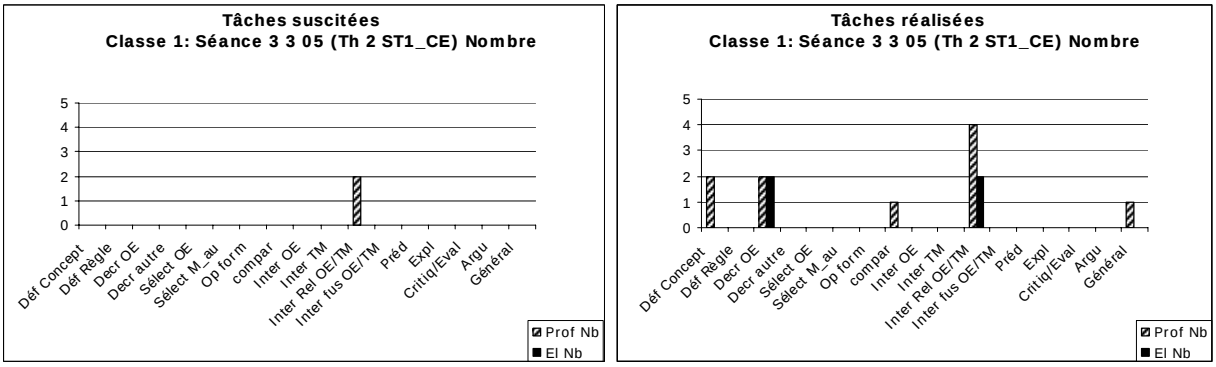


Figure 12.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le sous-thème 2a

Facettes en jeu

Action - Inter	**- Si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction).**
Force - Mvt	- La force qui s'exerce sur un objet peut modifier le mouvement (effet). - La force qui s'exerce sur un objet peut modifier sa forme (effet).
Langage	- Force exercée par X sur Y

Tableau 10. Facettes en jeu dans le sous-thème 2a ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Actions réciproques	Passage d'une situation matérielle aux actions et interactions

Tableau 11. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le sous-thème 2a

Scène

Le professeur se tient debout derrière son bureau avec un ballon de baudruche à la main, il « donne une baffe », selon son expression, dans ce ballon et discute avec les élèves des effets sur la main de cette baffe et de celle donnée dans un ballon de basket. Il ramasse le ballon, le garde entre ses mains et se tient devant les élèves au 1er rang pour continuer la discussion en montrant souvent le ballon. Il revient à la fin de la discussion derrière son bureau pour dicter l'énoncé du principe des actions réciproques.

Fonctionnement du savoir

Le professeur commence par une monstration pour introduire le principe des actions réciproques. Il donne une baffe dans un ballon de baudruche et affirme qu'il ne ressent rien, pousse ensuite les élèves à imaginer que c'est un ballon de basket pour arriver à dire que, dans ce cas, la main ressent le ballon, il compare donc les deux sensations avec les deux ballons ; on observe donc à ce stade des descriptions faites par le professeur et les élèves. Le professeur interprète la situation par le fait que le ballon agit sur la main puisqu'elle le ressent. Il conclut enfin sur le fait que si la main agit sur le ballon, le ballon agit en même temps sur la main. Il passe tout de suite à la généralisation de cette conclusion en définissant (énonçant) le principe des actions réciproques "si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction)" qui est institutionnalisé, dicté par le professeur et écrit par les élèves sur leur cahier. Les réciproques des facettes de la relation force–mouvement sont employées au moyen d'interprétations faites au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle: les élèves tirent la conclusion que le mouvement de la main et la forme de celle-ci sont modifiées et le professeur interprète ceci en employant la réciproque de cette facette pour arriver à la conclusion que le ballon exerce une force ou

agit sur la main et par suite à la 2ème partie de la facette des actions réciproques, B agit sur A simultanément (sachant que le fait que la main agisse sur le ballon a été déduit dans le thème précédent). Cette monstration passe par le contact bien que personne n'en parle et qu'il reste implicite à la situation ; en fait toute l'histoire se base sur le moment de contact entre le ballon et la main. La relation faite par le professeur est entre les effets observables et force ou action plutôt qu'entre contact et force ou action.

Il faut noter que pendant ce thème, les termes action et force sont mélangés, la classe tantôt emploie l'un « agit sur » tantôt emploie l'autre « exerce une force sur » sans différentiation.

Commentaires

Dans ce sous-thème, un nouveau savoir est introduit, le principe des actions réciproques. Il est introduit par une monstration qui met en jeu des interprétations et des descriptions pour être ensuite généralisé et définit. La relation entre contact et action/force n'est pas réalisée bien que le contact observé et senti soit à la base de la monstration. Par contre la relation est faite entre les effets observables et action/force.

Topogénèse

Le professeur détient du savoir, il a organisé la scène et fait participer les élèves dont les interventions sont très courtes, juste pour assurer l'avancée du savoir et arriver à énoncer la définition qu'il veut. Il institutionnalise cette définition en la dictant aux élèves pour qu'ils l'écrivent. Les graphes des tâches montrent que les élèves interprètent quand le professeur le demande et décrivent avec le professeur la sensation donnée par le ballon sur la main mais ne font rien de plus. La plupart des tâches sont dans la main du professeur qui décrit, compare, interprète et définit en généralisant. Les tâches de ce sous-thème ne sont pas représentatives de l'ensemble des tâches observées sur l'ensemble de la séquence où le professeur réalise des tâches juste un petit peu plus que les élèves mais où les élèves interprètent largement plus que lui. Ceci peut être dû au fait que ce sous-thème vise à introduire un principe en physique non pas par une activité mais par une monstration.

1.1.2. Sous – thème 2b: Interactions à distance et interactions de contact

Nous donnons pour ce sous-thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce sous-thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Tâches épistémiques

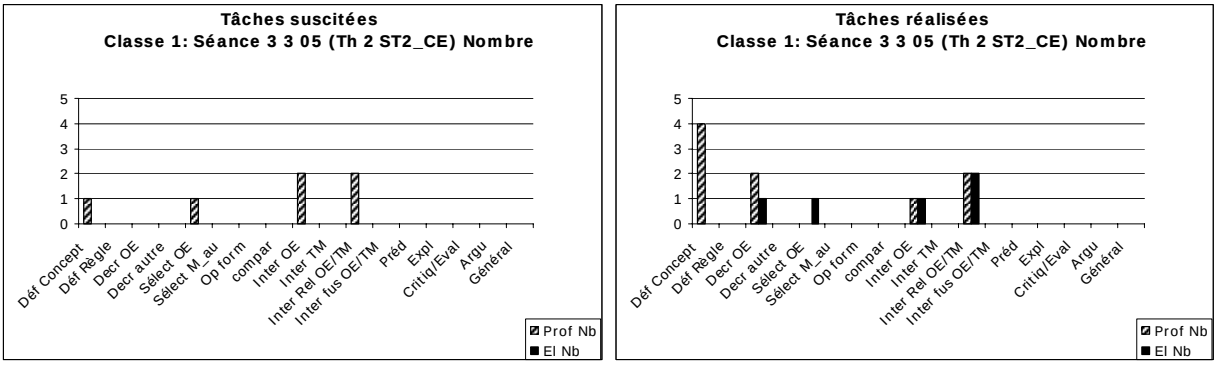


Figure 13. Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le sous-thème 2b

Facettes en jeu

Action - Inter	**- Il y a 2 types d'actions (interactions): à distance et de contact** **- Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)** - Si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction). - La Terre agit toujours sur (attire) les objets. **- L'action de la Terre sur les objets est une action à distance.** **- Il y a trois types d'interactions à distance: gravitationnelle, magnétique, électrique.** **- L'interaction magnétique est une interaction à distance.**

Tableau 12. Facettes en jeu dans le sous-thème 2b ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Interactions à distance Interactions de contact Interaction gravitationnelle (Terre)	Passage d'une situation matérielle aux actions et interactions

Tableau 13. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le sous-thème 2b

Scène

Le professeur, derrière son bureau, effectue une monstration en utilisant une bille en acier et un aimant. Il discute avec les élèves des différents genres d'interactions et note après chaque discussion, le genre d'interaction au tableau et les élèves écrivent. A la fin, sur le tableau sont écrites les trois interactions à distance et un exemple d'une interaction de contact.

Fonctionnement du savoir

Ce thème présente de nouvelles facettes introduites pour la première fois. Le professeur définit deux types d'interactions, à distance et de contact et se lance dans un questionnement des élèves pour qu'ils donnent des exemples de ces interactions. Il effectue une monstration pour montrer que comme l'aimant agit sur la bille, la bille agit aussi sur l'aimant ; il n'utilise donc pas le principe des actions réciproques pour le prouver mais utilise une monstration pour arriver à la conclusion que donne le principe et renforcer son statut. C'est alors qu'il définit l'interaction magnétique comme étant une interaction à distance. Il repart du fait que la Terre agit sur l'éponge ($4^{ème}$ facette) et mène une série d'interprétations avec les élèves pour arriver au fait que l'éponge agit aussi sur la Terre et renforcer encore une fois le statut du principe des actions réciproques ; ni les élèves ni le professeur n'arrivent cependant à justifier le fait que l'éponge agisse sur la Terre, ils disent simplement qu'elle agit mais que l'effet de cette action n'est pas visible, qu'il est infime parce que la Terre est lourde et « qu'elle n'a pas que ça à faire (aller vers l'éponge) » selon le professeur. Il définit l'action de la Terre comme étant une interaction à distance de même que l'interaction électrique, et a ainsi défini les trois types d'interactions à distance. Enfin la facette "quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)" est implicitement utilisée pour la 1ère fois lors de la reconnaissance par les élèves de l'interaction entre le ballon et la main comme interaction de contact, elle n'est donc pas introduite de manière formelle par le professeur mais par un exemple qui la met en jeu.

Topogénèse

Le professeur définit deux types d'interactions, à distance et de contact, et demande aux élèves de trouver des interactions de ce type parmi les interactions qu'ils avaient déjà traitées "P: marquez interaction à distance, dans les cas qu'on a étudié là tout à l'heure" et les élèves répondent à son attente "E: l'aimant qui agit sur la bille", " P: et puis on en a vu une autre avec cette trajectoire d'éponge là Agathe, E: Terre", "P: maintenant dans les exemples qu'on a

montré tout à l'heure laquelle serait une interaction de contact, E: lorsqu'on frappe le ballon". Les réponses des élèves sont plutôt courtes et répondent à l'attente du professeur. Donc le professeur fait participer les élèves mais toujours pour assurer l'avancée qu'il veut du savoir et avoir les réponses qu'il veut. Les graphes des tâches montrent que les élèves réalisent un peu moins que ce que le professeur suscite et que le professeur réalise plus que les élèves. On observe surtout des définitions de sa part qui sont institutionnalisées par le fait que le professeur les écrit au tableau et les élèves les copient (sauf pour la facette contact qui reste implicite ; il écrit juste un exemple de l'interaction de contact).

Commentaires

Dans ce sous-thème, le savoir relatif aux interactions de contact et à distance est introduit. Une facette concernant l'interaction magnétique est introduite par une monstration qui donne lieu à des descriptions et une interprétation. Les autres facettes concernant les interactions à distance sont introduites grâce à des interprétations et descriptions et sont ensuite définies et institutionnalisées par le professeur. Les élèves possèdent à présent un moyen de savoir si une interaction est une interaction à distance : il suffit qu'elle fasse partie de l'une des trois interactions définies ; ces interactions sont définies par des nominations à partir des exemples. Par contre l'interaction de contact n'est pas définie ; la facette lui correspondant est implicitement en jeu dans l'interprétation d'un élève, la classe possède uniquement un exemple de cette interaction. Il est à noter que la classe n'emploie jamais le mot poids dans ce sous-thème bien que la Terre soit évoquée ; ceci peut être dû au fait que les raisonnements se font en termes d'actions et interactions et non en termes de forces.

2. Séance II (TP en demi-classe)

Cette séance est la deuxième séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 1. Elle est découpée en quatre thèmes présentés dans le tableau 14 ci-dessous. Nous donnons un aperçu du thème 1 et analysons les thèmes 2 et 4.

Thème	**Temps**	**Durée**
1. Rappel des interactions	00:50 – 2:24	1:34
2. Forces: Modélisation des actions et représentation	2:24 – 13:00	10:36
3. Force et masse	13:00 – 23:26	10:26
4. Inventaire des forces avec forces qui se compensent ou non	23:26 – 68:14	44:48

Tableau 14. Thèmes de la séance 2

2.1. Thème 1: Rappel des interactions (Aperçu)

Dans le thème 1, le professeur rappelle les interactions. Il prend l'exemple de pousser quelqu'un avec la main : « la main fléchit, les muscles vont s'écraser… En même temps j'exerce une action sur elle, elle exerce une action sur moi ». Donc deux facettes sont mises en jeu: "quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)" et "si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction)". La 1ère étant implicite dans "je la pousse… j'exerce une action sur elle".

Le professeur effectue une monstration et énonce un principe dans le cas particulier où il pousse un élève de la classe. Il met en jeu une description, une interprétation et une définition.

2.2. Thème 2 : Forces : Modélisation des actions et représentation

Nous donnons pour ce thème le texte de l'activité ainsi que les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Tâches épistémiques

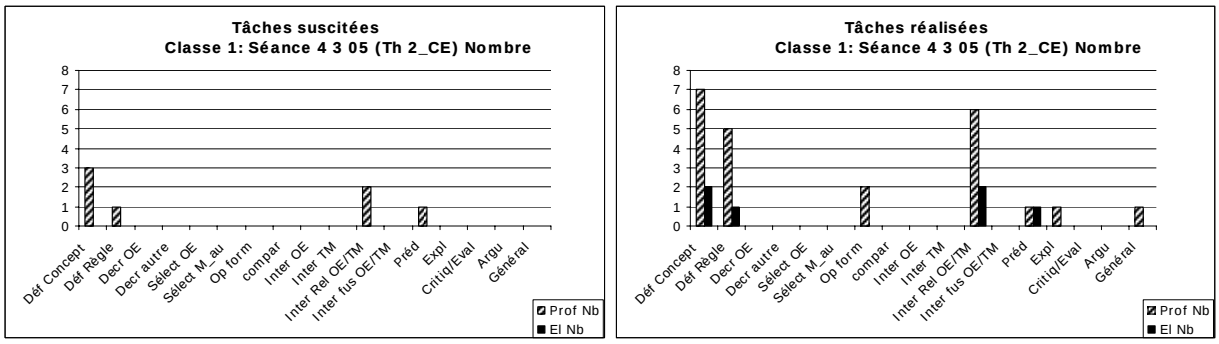


Figure 14.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 2

Facettes en jeu

2. Forces: modélisation des actions et représentation Durée: 10:36	Action - Inter	- Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B) - Si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction) **- Un système reçoit une action ou une force : c'est le receveur**
	Force - Inter	**- La force « modélise » l'action d'un système (objet) sur un autre (L'action est représentée par une force)** **- Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets**
	Vecteur force	**- Le vecteur force a une origine** **- La force a une direction** **- La force a un sens** **- La force a une intensité**
	Réal Repr	**- Réalisation de la représentation d'une force**
	Représentations	**- La force est représentée par un vecteur.** **- L'origine du vecteur force est le point représentant le système (l'objet) sur lequel s'exerce la force** **- La force (vecteur ou intensité) est représentée par $F_{A/B}$**
	Procédures	**- Il faut préciser le système à étudier avant de faire le bilan des forces** **- Pour étudier un système il faut prendre l'ensemble des forces appliquées sur ce système (et non celle que le système exerce)**
2 Inclusion. Mesure d'une force Durée: (1:18)	Représentations	**- L'intensité de la force se mesure avec un dynamomètre** **- L'unité de la force est le Newton (N)**

Tableau 15. Facettes en jeu dans le thème 2 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	Registres sémiotiques
Force – Interaction (Modélisation) Caractéristiques des forces Représentation des forces	Passage d'une situation matérielle aux forces et leur représentation schématique

Tableau 16. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 2

Scène

Le professeur, derrière son bureau, manipule le dispositif constitué par une boule accrochée à un fil qui à son tour est accroché à un support. Il interprète la situation avec les élèves, représente la situation au tableau, construit avec les élèves les caractéristiques de la force exercée par le fil sur la boule, introduit le dynamomètre aux élèves en le montrant (inclusion), écrit les caractéristiques générales d'une force et représente enfin la force exercée par le fil sur la boule au tableau. Les élèves écrivent sur leur cahier au fur et à mesure ce qui est écrit sur le tableau (c'est une pratique courante pour la classe).

Fonctionnement du savoir

Ce sous-thème se décompose en trois parties :

- Dans une première partie, le professeur interprète en termes de force, au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle, la situation matérielle d'une boule suspendue à un fil. Un raisonnement pas l'absurde est mené par le professeur ; il demande aux élèves de prédire que serait le comportement de la boule si le fil n'existait pas et inversement pour finir par interpréter ces comportements par le fait que chacun des deux objets exerce une action ou une force (c'est mêlé) sur l'autre mettant ainsi en jeu le principe des actions réciproques, et c'est là qu'est introduite implicitement pour la 1ère fois la facette "quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets". Le professeur ne part pas donc du fait qu'il y ait contact donc force mais du fait que si l'objet B n'existait pas l'objet A se serait comporté d'une certaine façon donc la présence de B produit un changement (effet) par rapport à son absence et par suite il agit sur A. Le sens d'une force est introduit pour la 1ère fois sous forme de question que le professeur pose aux élèves "P: le fil exerce une force sur la boule vers le, E: haut".

- Dans une deuxième partie, le professeur définit la force comme modèle de l'action et introduit donc la facette correspondante (1ère facette du groupe force-interaction) puis il donne une façon de faire pour représenter les forces exercées sur un objet (ici la boule). Par exemple il dit clairement ce qu'il faut faire (en italique par moi) : « maintenant je parle des forces il faut que je dise par exemple le système que je considère c'est la boule, sur cette boule s'exerce une force de la part de quoi (?) de la part du fil, cette force sera donc la force exercée par le fil sur la boule (P touche la boule). Il faut que je précise sur quel système elle s'exerce d'accord ». Il montre la procédure de représentation des forces exercées sur un système dans un cas (celui de la boule suspendue par un fil) en la réalisant au tableau et en explicitant chaque point. On nomme ce fonctionnement : monstration de procédures. On observe donc une série de définitions de règles de représentations et de procédures (facettes représentation et procédures). Dans ce cas, cette monstration fait intervenir des interprétations. Les procédures sont relatives à des opérations formelles de représentation des forces par des vecteurs. Simultanément, P justifie certains points de sa procédure par des interprétations.

- Dans la troisième partie, le professeur généralise et institutionnalise. Après avoir donné avec les élèves les caractéristiques de la force dans le cas particulier de la boule, le professeur généralise ces caractéristiques à n'importe quelle force et les institutionnalise en les écrivant au tableau. Au cours de cette institutionnalisation, il introduit les facettes du vecteur force et

qui ont déjà été implicitement en jeu dans les interprétations des élèves dans le cas de la force exercée par le fil sur la boule. Le professeur termine par « voilà comment on représente les forces » en représentant le vecteur force pour la 1ère fois en classe : il représente la force exercée par le fil sur la boule sur le schéma déjà dessiné au tableau et institutionnalise ainsi la représentation d'une force.

Commentaires

Ce thème est caractérisé par le grand nombre de nouvelles facettes introduites qui concernent surtout la force et sa représentation ainsi que du nombre de registres utilisés: le professeur passe d'une situation matérielle à une représentation schématique par l'intermédiaire de la langue naturelle. Ces facettes sont essentiellement introduites par des définitions ; certaines sont d'abord introduites par des interprétations au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle avant d'être définies, comme celles du vecteur force. Le contact traduit par deux facettes, l'une en termes d'action et l'autre en termes de force, est très implicite dans les interprétations faites par le professeur et les élèves de la situation matérielle boule + élastique. Le professeur ne part pas du fait qu'il y ait contact donc force mais du fait que si l'objet B n'existait pas l'objet A se serait comporté d'une certaine façon donc la présence de B produit un changement (effet) par rapport à son absence et par suite il agit sur A. Comme dans le thème précédemment analysé, la présence d'une action ou d'une force de contact est prouvée par ses effets et non pas par le fait qu'il y ait contact.

Topogénèse

Dans l'ensemble du thème le professeur pose des questions aux élèves qui répondent de façon très courte ; les interactions entre le professeur et les élèves sont globalement "autoritatives". Le professeur impose son point de vue et fait avancer le savoir. Les élèves contribuent à cette avancée par des réponses courtes. Pour ce thème il y a des questions sans réponse ; par exemple, « P : où s'arrime cette force (?) ». Cette absence de réponses semble être due à l'ignorance des élèves ou à leur incompréhension de la question. Ainsi, un peu avant, le professeur demande à un élève dans quelle direction est la force et l'élève répond : « euh je ne comprends pas …. ».

Dans la deuxième partie, le professeur explicite aux élèves ce qu'ils doivent faire quand ils ont à représenter des forces ; on peut dire que le professeur parle en prenant la position d'un élève idéal ; alors que dans les deux autres parties il garde la position du professeur.

Les graphes des tâches montrent que les élèves jouent le jeu du professeur, ils répondent la plupart du temps à sa demande en réalisant les tâches qu'il suscite, cependant le professeur réalise beaucoup plus que les élèves. C'est lui qui interprète la situation en termes de forces et définit les concepts et les règles de représentation. Le graphe des tâches réalisées n'est pas représentatif de celui de l'ensemble des tâches sur l'ensemble de la séquence puisque dans ce thème le professeur réalise beaucoup plus que les élèves.

Les facettes nouvellement introduites le sont par le professeur sous forme de définitions souvent institutionnalisées par le fait qu'elles sont écrites au tableau et que les élèves les copient. Cependant les seules facettes introduites conjointement par le professeur et les élèves et par l'intermédiaire d'interprétations avant d'être définies par le professeur, sont celles du vecteur force. La responsabilité du savoir et donc la plupart du temps avec le professeur.

2.3. Thème 4: Inventaire des forces avec compensation ou non des forces suivant le mouvement

Ce thème est découpé en deux sous-thèmes mettant en jeu l'inventaire des forces et leur compensation et correspondant à deux situations différentes : la première étant celle de la boule accrochée à un fil et la deuxième celle de la balle dans l'eau.

2.3.1. Sous-Thème 4a: Situation de la boule accrochée à un fil

Nous donnons pour ce sous-thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce sous-thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse en donnant des commentaires là-dessus.

Tâches épistémiques

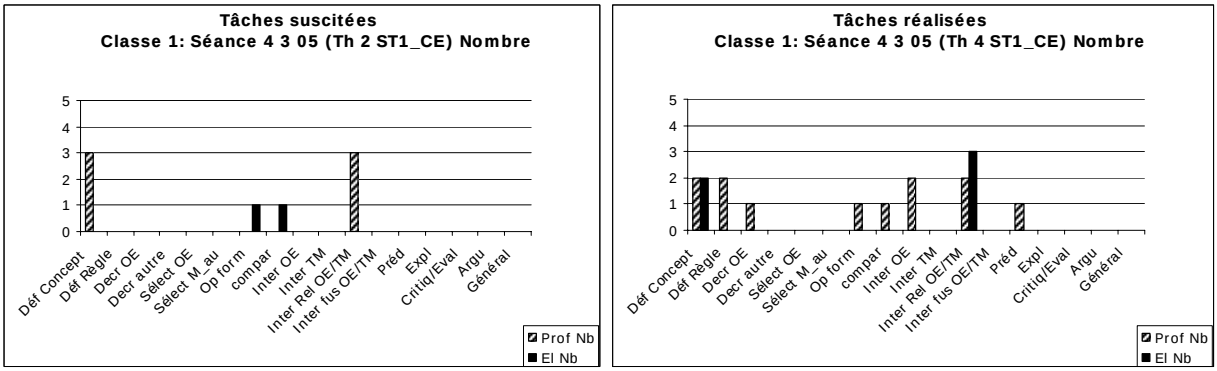


Figure 15.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le sous-thème 4a

Facettes en jeu

Force - Inter	- Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets - La Terre exerce toujours une force sur les autres objets - L'action de la Terre (force) sur les objets est une action à distance **- La force exercée par la Terre sur un objet est un vecteur vertical toujours dirigé vers le bas** **- La force (l'action) exercée par la Terre et la force (l'action) exercée par le sol ne sont pas les mêmes forces**
Action - Inter	- Il y a trois types d'interactions à distance : gravitationnelle, magnétique, électrique.
Repr	- L'objet peut se représenter par un point auquel on attribue la masse de l'objet (centre de gravité) - La force (vecteur ou intensité) est représentée par $F_{A/B}$
Réal Repr	- Réalisation de la représentation d'une force
Procédures	**- Pour faire l'inventaire des forces on commence par les forces à distance ensuite par les forces de contact.**

Tableau 17. Facettes en jeu dans le sous-thème 4a ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Forces à distance Forces de contact Force – Inter Compensation des forces Force-Mvt Force-Variation de vitesse	Passage d'une situation matérielle au bilan des forces et à leur compensation

Tableau 18. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le sous-thème 4a

Scène

Le professeur donne quelques règles et indications pendant ce thème afin que les élèves puissent réaliser le TP. Debout entre les rangs, il donne une règle de modélisation et montre un exemple d'un diagramme système-interactions fait dans le livre. Il passe ensuite au tableau pour écrire les étapes à suivre pour faire l'inventaire des forces et la représentation de celle-ci dans le cas de la boule accrochée à l'élastique.

Fonctionnement du savoir

Le professeur présente aux élèves un TP qui introduit le principe de l'inertie. Ce sous-thème constitue une sorte d'introduction consistant à la présentation par le professeur de quelques règles avant de lancer les élèves dans la réalisation de ce TP.

Il définit une 1ère règle de modélisation qu'il faut appliquer en réalisant le TP: la représentation de l'objet par son centre quand il s'agit de représenter les forces s'exerçant sur lui (1ère facette de représentation).

Il présente aux élèves son choix de ne pas s'occuper du diagramme système-interactions contrairement au livre (le diagramme système-interactions est une représentation des interactions entre un système et des objets ; les objets étant représentés par des bulles et les interactions par des flèches (voir dans annexe 2 le modèle des interactions). Il leur montre un diagramme fait dans le livre pour une voiture qui heurte un arbre, et l'interprète en termes d'interactions au niveau des objets/évènements.

Il commence une monstration de la procédure pour faire l'inventaire des forces à partir du cas d'une boule suspendue à un fil élastique. Il interprète la situation en termes de forces s'exerçant sur la boule: force exercée par la Terre et force exercée par le fil. Les facettes "quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets" et "la Terre exerce toujours une force sur les autres objets" sont alors implicitement mises en jeu. Le professeur catégorise ensuite ces forces en forces de contact ou à distance: la force exercée par la Terre est à distance car les objets tombent même s'il n'y a pas de contact, le contact n'est donc pas nécessaire pour qu'il y ait action, le professeur dit : "elle est à distance ça veut dire [Il prend en main un objet] qu'un objet va tomber il va être attiré par la Terre même s'il n'est pas posé sur la Terre même s'il n'y a pas contact" ; par contre la force exercée par le fil est de contact car s'il n'y a pas de contact il n'y a pas d'action : "P : là le fil s'il ne touche pas la boule il ne la retient pas" et la pour la première fois le lien entre contact et action/force est explicité, la facette contact est alors explicitement mise en jeu. Il définit ensuite une 2ème règle, procédurale cette fois: "pour faire l'inventaire des forces on commence par les forces à distance ensuite par les forces de contact", qu'il institutionnalise en l'écrivant au tableau. Les genres de forces à distance étant trois (facette action-inter), il faut repérer les forces de chaque genre et ensuite repérer les forces de contact. Il applique ensuite la procédure à suivre à l'exemple de la boule accrochée au fil (exemplification) et effectue une opération formelle en représentant la force exercée par la Terre sur le schéma, qui pour la première fois est représentée comme un vecteur vertical dirigé vers le bas ; la facette correspondante est donc incorporée à la représentation, introduite donc par une opération formelle qui suit une interprétation. Enfin, en réponse à la demande d'une élève, le professeur explicite la différence entre la Terre et le sol (dernière facette de force-interaction) par les effets de leurs actions, à partir de monstrations: il exécute lui-même les actions de marcher pour dire que le sol freine et soutient et de sauter pour dire que la Terre attire.

Les groupes de facettes sont reliés par le fait qu'ils constituent des étapes dans la procédure pour faire le bilan des forces et les représenter.

Commentaires

Ce thème constitue essentiellement une monstration de procédure. Des éléments de savoir réutilisés et nouveaux (facette procédurale) sont alors mis en jeu par des définitions. Des interprétations d'une situation matérielle sont ensuite faites afin de mettre en œuvre ces définitions et d'effectuer une représentation vectorielle. Le lien entre contact et force/action de contact est pour la 1ère fois explicité quand le professeur dit que si le fil ne touche pas la boule il ne la retient pas et que par suite la force exercée par le fil est une force de contact ; le lien n'est donc pas fait cette fois avec les effets de la force de contact et cette force ; le contact est présenté par une interprétation. Nous remarquons dans ce thème l'emploi des termes « poids » (4 fois) et attraction terrestre au lieu de « force exercée par la Terre sur … ». Le professeur lui-même utilise le mot poids donc il ne semble pas qu'une notation standard de la force soit employée et qu'un contrat la concernant soit établi.

Topogénèse

Le long de ce sous-thème le professeur définit des règles donc c'est lui qui assure en grande partie l'avancée du savoir. Les questions qu'il pose aux élèves sont des questions fermées auxquelles les élèves répondent par des réponses très courtes, ex: "P: ce qu'on a considéré c'est la force exercée par le fil sur la boule est-ce qu'il y en a une autre?, E: oui l'attraction terrestre" ; "P: ça correspond à une action de contact ou à une action à distance?, E: de contact". Le professeur explicite à un moment la procédure à faire pour réaliser le bilan des forces, il prend donc la position de l'élève idéal. Il institutionnalise cette procédure en l'écrivant au tableau et en l'appliquant ensuite à un cas particulier. Le seul moment où les élèves contribuent à l'avancement du savoir est quand une élève rend public le questionnement qu'elle a: "le sol c'est pareil que la Terre?" et qui peut être celui de plusieurs élèves à ce moment de l'enseignement ou des moments ultérieurs ; elle suscite une comparaison et c'est là que le professeur reprend la responsabilité en effectuant des gestes et en donnant des éléments de réponse pour rendre plus claire la différence entre sol et Terre. L'élève suscite aussi une opération formelle en demandant au professeur comment représenter la force exercée par le sol mais celui-ci ne la représente pas ; il reprend le fait que le sol freine et soutient et dit « on verra selon les cas » pour la représentation.

Les graphes des tâches montrent que les élèves répondent à l'attente du professeur et inversement : les élèves réalisent les tâches que le professeur suscite et inversement (sauf pour l'opération formelle suscitée par l'élève). Le professeur réalise plus que les élèves et on observe surtout des définitions et des interprétations qui ont pour but de mener à une bonne représentation des forces (opération formelle).

2.3.2. Sous-Thème 4b: Situation de la balle dans l'eau

Ce sous-thème est formé de six phases correspondant à des moments d'introduction, de réalisation et de correction de l'activité. Nous donnons pour ce sous-thème le texte de l'activité ainsi que les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite, suivant les phases, la scène et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Phase	Temps	Durée	Org
Introduction de l'activité	32:00 – 34:50	2:50	CE
Réalisation de l'activité	34:50 – 42:00	7:10	GR
Correction	42:00 – 45:20	3:20	CE
Réalisation de l'activité	45:20 – 51:30	6:10	CE
	51:30 – 57:07	5:37	GR
Correction	57:07 – 1:02:50	5:43	CE
Réalisation de l'activité	1:02:50 – 1:06:30	3:40	GR
	1:06:30 – 1:08:20	1:50	CE

Tableau 19. Phases didactiques du sous-thème 4b ; Org : organisation de la classe ; CE : travail en classe entière où les productions sont disponibles à toute a classe ; GR : travail en petits groupes

Texte de l'activité

Remplir un cristallisoir d'eau.
Maintenir sous l'eau la balle de ping-pong comme l'indique le Doc. 1.
L'objet étudié est la balle de ping-pong.
a. Etablir le diagramme balle-interactions.
b. Faire l'inventaire des forces exercées sur la balle en précisant leur direction et leur sens.
Enoncé 1
Si la vitesse et la direction du mouvement d'un objet ne varient pas, alors les forces qui s'exercent sur cet objet se compensent.
c. Les conditions nécessaires pour utiliser l'énoncé 1 sont elles remplies par la balle de ping-pong dans la situation schématisée sur le Doc. 1 ?
d. A l'aide de cet énoncé, interpréter l'immobilité de la balle
e. En utilisant la réponse à la question précédente, schématiser les forces qui s'exercent sur la balle de ping-pong.
f. Une balle de ping-pong roule en ligne droite sur une table à vitesse constante. A l'aide d'une étude analogue à celle qui précède, schématiser les forces qui s'exercent sur la balle.

Tâches épistémiques

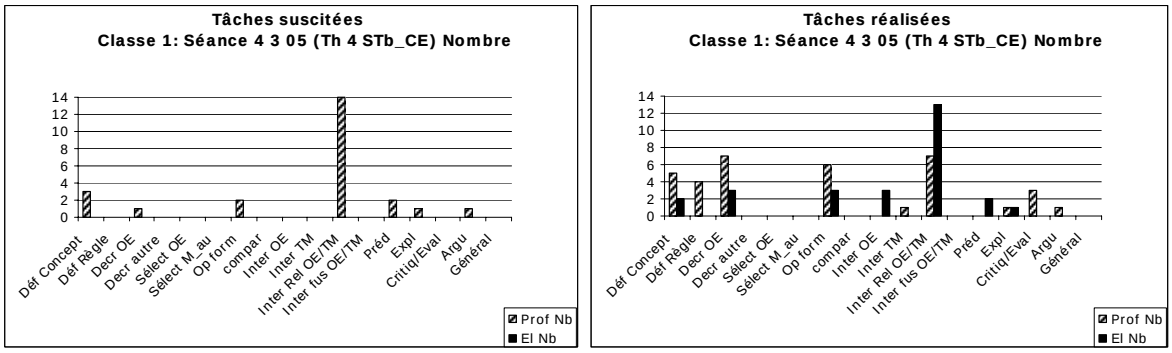


Figure 16.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le sous-thème 4b

Facettes en jeu

Action - Inter	- Il y a trois types d'interactions à distance : gravitationnelle, magnétique, électrique.
Vecteur Force	- La force a une direction - La force a un sens **- Deux forces qui se compensent ont même intensité et sont de sens opposés** **- Si plusieurs forces colinéaires se compensent, la somme des forces dans une direction est égale à la somme des forces dans l'autre direction.** **- Si les forces qui s'exercent sur un objet se compensent alors leur somme est nulle.**
Force - Inter	- Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets **- La force exercée par l'eau sur les objets immergés s'appelle la poussée d'Archimède.** - La Terre exerce toujours une force sur les autres objets - La force exercée par la Terre sur un objet est le poids de l'objet - La force exercée par la Terre sur un objet est un vecteur vertical toujours dirigé vers le bas
Force – Variat de vitesse	**- Lorsque la valeur et la direction de la vitesse d'un système ne varient pas, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent. (somme des forces nulle)** **- Lorsque que la valeur et/ou la direction de sa vitesse varient, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas (somme des forces non nulle)**
Repr	- La force (vecteur ou intensité) est représentée par $F_{A/B}$ - L'origine du vecteur force est le point représentant le système (l'objet) sur lequel s'exerce la force
Réal Repr	- Réalisation de la représentation d'une force
Procédures	- Il faut préciser le système à étudier avant de faire le bilan des forces - Pour étudier un système il faut prendre l'ensemble des forces appliquées sur ce système (et non celle que le système exerce) - Pour faire l'inventaire des forces on commence par les forces à distance ensuite par les forces de contact.
Variat de vitesse	- La valeur de la vitesse peut augmenter
Langage	- Force exercé par X sur Y - Accélération veut dire augmentation de la valeur de la vitesse.

Tableau 20. Facettes en jeu dans le sous-thème 4b ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Forces à distance Forces de contact Force – Inter Compensation des forces Force-Mvt Force-Variation de vitesse	Passage d'une situation matérielle au bilan des forces et à leur compensation

Tableau 21. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le sous-thème 4b

Introduction de l'activité

Scène

Le professeur passe entre les deux rangées, distribue le matériel et donne les consignes aux élèves.

Fonctionnement du savoir

Le professeur commence par décrire la façon de faire l'expérience, il s'agit de maintenir une balle de ping-pong, avec 3 doigts (conseil du professeur), sous l'eau (bocal). Il lance un travail d'interprétation (en groupes) de la situation matérielle en termes de forces, de relation donc entre objets/évènements et théorie/modèle, mais le présente comme s'il s'agissait de le baser sur la perception "alors vous n'avez qu'à ressentir les choses faites-le vous-même".

Topogénèse

Le professeur donne des consignes pour faire le TP, il a la responsabilité du savoir. Il confie cette responsabilité aux élèves en lançant un travail en groupes.

Réalisation de l'activité

Scène

Le professeur circule entre les élèves et discute avec quelques groupes. A deux reprises, il adresse la parole à toute la classe afin de débattre de deux difficultés qu'il a rencontrées en discutant avec les élèves et la 1ère fois il passe même au tableau pour écrire le système étudié et le souligner.

Fonctionnement du savoir

Les élèves interprètent la situation en termes de forces, au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle. Le professeur repère des erreurs ou des difficultés qu'il essaie de corriger ou de discuter. Une première difficulté est la confusion entre objets et forces, "P: la main n'est pas une force, E: c'est la force exercée par la main" et le professeur insiste sur la notation « force exercée par X sur Y ». Le professeur repère aussi que certains élèves considèrent à la fois (une mise en commun) des forces exercées sur le système et par le système quand les élèves font l'inventaire des forces, le professeur passe donc au tableau et définit des règles pour toute la classe: il faut préciser le système à étudier et considérer uniquement les forces qui s'exercent sur lui (les deux 1ères facettes de procédures). Enfin plusieurs élèves s'interrogent sur l'existence de l'attraction terrestre (inclusion: attraction terrestre) quand la balle est dans l'eau, le professeur pose le problème devant toute la classe et questionne les élèves là-dessus: pour certains cette attraction n'existe pas : "non parce qu'il y a l'eau et les poissons dans l'eau ils ne sont pas attirés vers le bas", alors que pour d'autres elle existe : "l'eau elle la remonte, elle sera en l'air s'il n'y avait pas la force exercée par la Terre" et le professeur conclut en disant que "la Terre exerce toujours une force sur les autres objets" ; il donne comme argument le fait que quand la balle est sur l'eau (sans que la main la touche), que la balle est immobile, l'eau agit sur elle : la force d'Archimède (facette introduite par une élève), et donc qu'il faut une force pour la compenser : l'attraction de la Terre, sinon elle monterait. Le professeur pose la question de l'existence de l'attraction quand on lâche la balle, suscitant ainsi une argumentation ; certains élèves disent qu'elle n'existe pas et d'autres qu'elle existe. Il donne ensuite l'argument que dans la piscine notre poids ne disparaît pas et des élèves reviennent en disant que dans la piscine on est léger ; le professeur ne répond pas à cet argument et ne conclut pas de façon ferme. On observe pendant cette partie, surtout lors de l'argumentation menée à propos de l'attraction terrestre, beaucoup d'interprétations reposant souvent sur des prédictions et des descriptions.

La facette "quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets" est utilisée implicitement quand les élèves reconnaissent le fait que l'eau et la main exercent une force sur la balle. Les facettes concernant le sens et la direction d'une force le sont quand le professeur et les élèves évoquent le fait que la force exercée par l'eau soit vers le haut et celle exercée par la Terre vers le bas.

Les groupes de facettes essentiellement mis en jeu pendant ce travail en groupe concernant l'inventaire des forces, sont force-interaction, vecteur force et procédures.

Topogénèse

Le professeur intervient auprès de quelques élèves pour leur donner quelques remarques qui ne portent pas sur le contenu principal de l'activité comme "avec trois doigts on y arrive"

(pour maintenir la balle sous l'eau) ou "la main n'est pas une force", alors qu'auprès d'autres groupes, son intervention porte sur le contenu et mène les élèves à un raisonnement pour arriver à avoir la bonne réponse, comme quand les élèves se questionnent sur l'existence de la force exercée par la Terre ou quand une élève considère les forces que le système exerce aussi en faisant le bilan des forces. Une fois que le professeur a repéré ces difficultés fondamentales il passe au tableau pour donner des éléments de réponses à toute la classe. Donc le professeur interrompt ce moment de responsabilité des élèves qu'est le travail en groupe, non seulement pour donner des réponses à quelques élèves en difficulté mais pour le faire pour toute la classe, c'est comme s'il repère les erreurs pour les dénoncer et alarmer les élèves et les garder ainsi à l'abri de l'erreur. En posant le problème de l'attraction terrestre, il questionne une élève qui donne une mauvaise réponse, ne la corrige pas, mais laisse une 2ème élève donner sa réponse qui se trouve être la bonne (ou partiellement). Il reprend la responsabilité alors pour donner son argument et donner des exemples et quand une élève donne un dernier argument il ne répond pas. En conclusion, le professeur donne un peu de responsabilité aux élèves qu'il reprend tout de suite quand ils l'utilisent mal. Il assure en grande partie l'avancement du savoir.

Correction

Scène

Le professeur se trouve au tableau, discute avec les élèves et écrit l'inventaire des forces. Les élèves copient ce qui est écrit au tableau sur leur cahier.

Fonctionnement du savoir

Le professeur corrige au tableau l'inventaire des forces exercées sur la balle. Il applique la règle donnée précédemment en commençant par les forces à distance: il dit qu'on met la force exercée par la Terre qu'il appelle aussi poids, reconnaît l'absence de forces magnétiques ou électriques, mettant ainsi en jeu la facette « il y a trois types d'interactions à distance : gravitationnelle, magnétique, électrique ». Il note ensuite les forces de contact: forces exercées par l'eau et par la main sur la balle après avoir interrogé les élèves ; la facette contact est alors implicitement mise en jeu. Il indique la direction et le sens de ces forces mettant ainsi en jeu les deux premières facettes du groupe « vecteur force ». Des interprétations au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle sont faites le long de cette correction. Le professeur emploie les notations « force exercée par X sur Y » et $\vec{F}_{X/Y}$ pour les forces mais pour la force exercée par la Terre il la nomme aussi poids et dit qu'elle peut être notée $\vec{P}$; il lui donne donc deux types de notations et ne les oblige pas à adopter une seule.

Topogénèse

Pendant cette phase le professeur détient du savoir pour donner les bonnes réponses. Il pose quelques petites questions fermées aux élèves, suscitant ainsi des tâches que les élèves réalisent au moyen de courtes réponses. La plupart des facettes sont mises en jeu par le professeur.

Réalisation de l'activité

Scène

Le professeur se trouve entre les deux rangées et pose des questions aux élèves. Il a recours au matériel formé par un bécher rempli d'eau dans lequel se trouve une balle de ping-pong et garde la balle sous l'eau avec sa main. Les élèves interprètent la situation et le professeur se

met derrière son bureau et dicte les réponses en demandant aux élèves de les écrire. Il lance ensuite un travail en groupes pour que les élèves répondent à la question suivante.

Fonctionnement du savoir

Deux énoncés sont présentés dans le livre traduisant le principe d'inertie, les élèves doivent reconnaître si le 1er énoncé "si la vitesse et la direction du mouvement d'un objet ne varient pas, alors les forces qui s'exercent sur cet objet se compensent" correspond à la situation présentée (balle immobile dans l'eau), sans présenter cet énoncé en tant que principe d'inertie. Un travail d'interprétation est à mener. Des élèves disent que ça ne correspond pas, d'autres que ça correspond en le justifiant par le fait que "la balle ne bouge pas elle reste immobile". Le professeur revient à la situation matérielle, il maintient la balle immobile et essaie de faire passer les élèves du langage quotidien, de la description du mouvement par des mots comme "bouge" ou "immobile", à un langage scientifique, à sa description en termes de vitesse. Les élèves assurent en disant que la vitesse est nulle et le professeur conclut que les conditions sont satisfaites puisque la vitesse de la balle est nulle et reste nulle donc ne varie pas. Le professeur demande aux élèves de conclure sur les forces et une élève dit que les forces se compensent ; la première facette du groupe force-variation de vitesse qui a été introduite en tant que définition dans l'énoncé du livre, est ainsi mise en œuvre pour la première fois en classe par une interprétation. Le professeur interroge les élèves sur le sens de "se compenser" ; une élève ne sait pas répondre et une autre donne une réponse qui est complétée par le professeur et qui introduit un nouveau savoir : "deux forces qui se compensent ont même intensité et sont de sens opposés". Le professeur lance ensuite un travail en petits groupes en demandant aux élèves de représenter les trois forces s'exerçant sur la balle dans ce cas, d'interpréter donc la situation et d'effectuer des opérations formelles.

Topogénèse

Le professeur questionne les élèves à l'aide de questions plutôt ouvertes. Les élèves assurent et donnent des réponses et le professeur continue la chaîne de questions pour arriver à donner les éléments de réponse qu'il veut. C'est lui qui maintient la direction à suivre pour arriver à la conclusion finale mais fait participer les élèves sérieusement à l'élaboration des réponses. La responsabilité du savoir est donc partagée entre le professeur et les élèves.

Réalisation de l'activité

Scène

Le professeur circule entre les élèves pendant qu'ils répondent à la question en groupes. Il regarde ce que font certains groupes et intervient auprès de certains. Il va au tableau pour donner une remarque à toute la classe après avoir noté un problème chez quelques élèves.

Fonctionnement du savoir

Les élèves se lancent dans un travail d'interprétation et effectuent des opérations formelles en représentant les forces s'exerçant sur la balle. Le professeur critique/évalue les interprétations ou les représentations de quelques-uns et donne des remarques (définit des règles) pour toute la classe, par exemple sur la notation des forces "je ne veux pas qu'on écrive comme forces par exemple la main, l'eau, la Terre… en plus étant des lettres assez simples, bon P pour le poids c'est évident mais sinon force de E sur B…", ou sur le fait de représenter les forces (leur origine) à partir du point représentant l'objet (ou centre de gravité) mais ne corrige pas toutes les erreurs des élèves. Il définit ainsi à nouveau, pour toute la classe, les facettes représentationnelles et langagières.

Topogénèse

Après avoir repéré des erreurs de notation des forces ou de représentation des forces à partir du point représentant la balle, le professeur intervient au niveau de la classe pour donner des remarques "je ne veux pas qu'on écrive comme forces par exemple la main, l'eau, la Terre… en plus étant des lettres assez simples, bon P pour le poids c'est évident mais sinon force de E sur B…", "ces forces on va les dessinez avec un point d'application qui sera le point représentant la balle donc les forces c'est des vecteurs avec un début des vecteurs qui est au niveau de G". Dans d'autres cas, il donne des indices sans donner de réponse "là tu vas l'effacer ça, tu vas garder ça c'est bien mais par contre il faut que les forces que vous dessinez satisfassent à ce qu'on avait dit dans la question d". Donc comme pendant le travail en groupe précédent celui-ci, les élèves ont la responsabilité du savoir mais le professeur interrompt souvent ce moment de responsabilité des élèves pour donner des remarques à toute la classe.

Correction

Scène

Le professeur, au tableau fait la correction de la représentation des forces. Les élèves corrigent sur leur cahier pendant ce temps et répondent à quelques questions que le professeur pose.

Fonctionnement du savoir

Le professeur représente les trois forces au tableau (sens, direction, point d'application qui part du point représentant la balle) en donnant, pour la première fois en classe, la règle clé pour que ces forces se compensent : "si plusieurs forces colinéaires se compensent, la somme des forces dans une direction est égale à la somme des forces dans l'autre direction". Il interprète donc un énoncé théorique à l'aide d'un schéma de forces (opération formelle). Le professeur reprend l'énoncé 1 reliant force et variation de vitesse et remplace "les forces se compensent" par "la somme des forces est nulle" et écrit l'équation donnant la somme de ces forces au tableau. Il en tire que si les forces se compensent, elles n'ont plus aucun effet, elles n'engendrent plus aucun mouvement, réponse ratée par les élèves au cours de cette correction.

Topogénèse

Pendant cette phase, le professeur ne laisse pas les élèves faire mais corrige lui-même la représentation des forces, il leur pose à peine 2 questions à réponses très courtes (un mot). Il institutionnalise le fait que des forces qui se compensent ont une somme nulle, en écrivant l'énoncé 1 au tableau avec "somme nulle" au lieu de "se compensent" et en écrivant l'équation traduisant cette somme nulle. Finalement il questionne les élèves "si les forces se compensent c'est qu'elles n'ont plus aucun ?" qui n'arrivent pas à donner le mot qu'il attend "effet". Cette phase est donc complètement sous le contrôle du professeur.

Réalisation de l'activité

Scène

Les élèves répondent à la question en groupes. Le professeur circule entre eux et discute brièvement avec quelques-uns. Le professeur continue la réalisation de cette question en classe entière en posant des questions aux élèves qui répondent.

Fonctionnement du savoir

Le professeur demande aux élèves d'interpréter une nouvelle situation, celle de la balle qui monte dans l'eau (prévision du mouvement par les élèves) une fois que la main est retirée et

de voir si l'énoncé 2 ("si la vitesse et la direction du mouvement d'un objet varie, alors les forces qui s'exercent sur cet objet ne se compensent pas") s'applique à la situation.

Tout d'abord, il insiste sur le fait que la main n'est plus en contact avec la balle (travail en groupe pendant 3:40). Puis en classe entière, il laisse une élève faire l'inventaire des forces en guise de correction et précise que la force exercée par la main sur la balle n'existe plus sans dire que c'est parce qu'il n'y a plus de contact. Le professeur lit ensuite le 2ème énoncé donné dans le livre et demande aux élèves si la 2ème partie de l'énoncé est valable ; la deuxième facette force-variation de vitesse est donc introduite explicitement comme définition donnée par le livre. Une élève répond par oui en décrivant le mouvement de la balle "parce que la balle elle monte", et le professeur remonte à l'état initial et l'état final pour interpréter la situation en termes de changement et pousse l'élève à traduire le changement de mouvement en changement de vitesse pour que ce soit compatible avec l'énoncé. Le professeur pousse les élèves à conclure quant aux forces qui s'exercent sur la balle: elles ne se compensent pas, mettant ainsi en œuvre pour la première fois après son introduction à l'aide du livre, la deuxième facette du groupe force-variation de vitesse par le moyen d'une interprétation au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle.

Topogénèse

Les élèves travaillent en groupes pendant 3:40 et le professeur n'intervient que pour évaluer en un mot certaines réponses sans donner les bonnes ou pour insister sur le fait que la phase considérée est la montée. Les élèves sont donc responsabilisés pendant ce moment. Le professeur passe ensuite à donner les réponses aux questions avant que les élèves aient terminé de répondre seuls, par manque de temps peut-être (c'est la fin de la séance). Il pose des questions aux élèves qui répondent par des réponses courtes, et quand il demande à une élève d'argumenter "pourquoi les conditions sont remplies" il ne cesse d'intervenir pour modifier petit à petit la réponse de l'élève et arriver à la réponse qu'il veut. C'est lui qui gère donc l'avancement du savoir.

Commentaire:

Ce qui caractérise ce thème est la variété des savoirs "nouveaux" ou très récemment enseignés en jeu: inventaire des forces, action de la terre sur les objets (y compris ceux immergés dans l'eau), compensation des forces, vitesse nulle, mise en œuvre du principe d'inertie et de la relation variation de vitesse – force. Non seulement le nombre de nouveaux savoirs est important mais ils sont présentés de manière très imbriquée : le professeur utilise la relation équilibre = somme des forces nulles pour justifier l'attraction de la Terre.

Le graphe des tâches montre une certaine cohérence entre les tâches suscitées et par le professeur et celle réalisées par les élèves. Les élèves répondent donc en général à l'attente du professeur, cependant une analyse plus fine nous conduit à remarquer que leurs réponses sont souvent courtes. Le professeur réalise en général plus de tâches que les élèves, sauf pour l'interprétation où les élèves interprètent plus. Les définitions, les descriptions et les opérations formelles sont plus de son côté.

Il y a une démarche de partir de l'expérience, de la description pour produire un modèle (inventaire des forces). Au cours de ce travail d'inventaire, le professeur montre comment faire et explicite une procédure (d'abord les interactions à distance puis de contact).

Le concept d'action/force de contact est implicite à l'inventaire des forces. Du moment où les objets en contact avec celui étudié sont considérés comme exerçant une force sur lui, nous considérons que la facette contact est mise en jeu implicitement, à l'aide d'interprétations au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle. Cela nous conduit à considérer

que le nombre de réutilisation de cette facette est de fait surestimé par rapport à son utilisation explicite.

En ce qui concerne la force exercée par la Terre (le poids), le professeur ne répond pas aux arguments des élèves allant dans le sens de considérer que la Terre n'agit pas quand on est dans l'eau. Ce type de situation est pour nous un cas d'arbitraire (cf. Gaidioz et al. 2004).

Pour le principe d'inertie : dans le cas de la vitesse nulle il est mis en œuvre par le professeur sans explicitation qu'il s'agit d'un principe. Le statut des "énoncés" du texte de l'exercice (livre Hatier p.253) n'est jamais explicité par l'enseignant. Dans le cas où la vitesse est modifiée alors le professeur conduit un raisonnement en termes de conditions nécessaires, un peu comme une démonstration.

3. Séance III (cours en classe entière)

Cette séance est la première séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 1. Elle est découpée en quatre thèmes. Nous analysons le thème 3.

Thème	Temps	Durée
1. Compensation ou non des forces	3:03 – 6:00	2:57
2. Utilisation de la relation somme des forces et variation de la vitesse dans le cas d'un objet en mouvement	6:00 – 8:20	2:20
3. Liste et représentation des forces et relation somme des forces et variation de la vitesse	8:20 – 42:55	34:35
4. Nature du mouvement et liste et compensation des forces	42:55 – 51:20	9:25

Tableau 22. Thèmes de la séance 3

3.1. Thème 3: Liste et représentation des forces et relation somme des forces et variation de la vitesse

Ce thème est le troisième thème de la troisième séance. Il est divisé en deux sous-thèmes, présentant chacun une situation différente : la première étant celle d'une balle de ping-pong dans l'eau en mouvement non uniforme et la deuxième étant celle d'une pierre suspendue à un élastique.

3.1.1. Sous-Thème 3a: Cas de la situation balle de ping-pong dans l'eau

Nous donnons pour ce sous-thème le texte de l'activité ainsi que les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce sous-thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Texte de l'activité

Maintenir sous l'eau une balle de ping-pong puis retirer la main.
a. Qu'observe-t-on ?
b. Etablir le diagramme balle-interaction au moment où l'on retire la main.
c. Faire l'inventaire des forces exercées sur la balle.
Enoncé 2
Si la vitesse ou la direction du mouvement d'un objet varie, alors les forces qui s'exercent sur cet objet ne se compensent pas.
d. Montrer que les conditions nécessaires pour utiliser l'énoncé 2 sont remplies par la balle au moment où l'on retire la main qui la maintenait sous l'eau.
e. Interpréter la mise en mouvement de la balle à l'aide de l'énoncé 2.

f. Faire un schéma des forces qui s'exercent sur la balle en mouvement. En quoi ce schéma montre-t-il que les forces ne se compensent pas ?

Tâches épistémiques

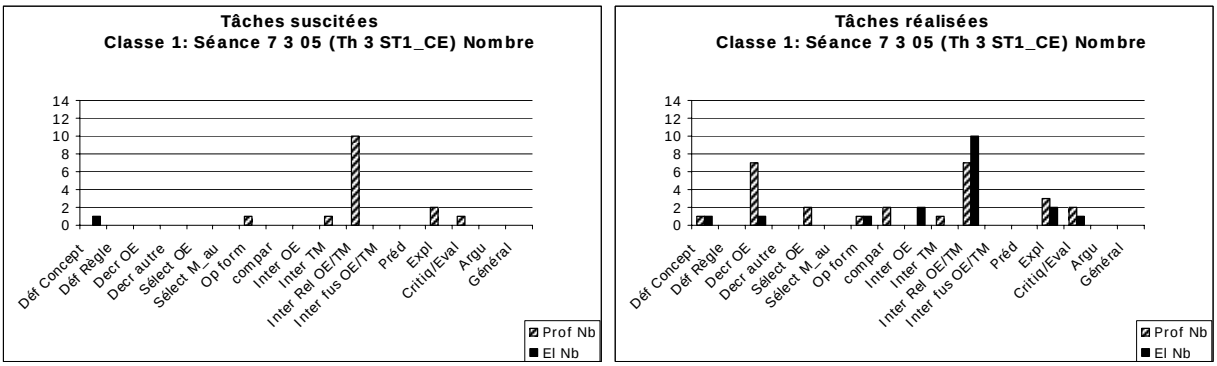


Figure 17.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le sous-thème 3a

Facettes en jeu

Force - Inter	- Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets - La Terre exerce toujours une force sur les autres objets - La force exercée par la Terre sur un objet est le poids de l'objet - La force exercée par la Terre sur un objet est un vecteur vertical toujours dirigé vers le bas
Vecteur Force	- La force a un sens - La force a une intensité
Force – Variat de vitesse	- Lorsque que la valeur *et/ou* la direction de sa vitesse varient, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas
Force - Mvt	**- La résultante des forces n'a pas nécessairement le sens du mvt.** **- S'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens.**
Force - Acc	**- L'accélération et la somme des forces ont le même sens.**
Procédures	- Pour étudier un système il faut prendre l'ensemble des forces appliquées sur ce système (et non celles que le système exerce)
Repr	- La force (vecteur ou intensité) est représentée par $F_{A/B}$ - La longueur du vecteur (de la flèche) représente l'intensité de la force
Réal Repr	- Réalisation de la représentation d'une force
Langage	- Décélération ou ralentissement veulent dire diminution de la valeur de la vitesse

Tableau 23. Facettes en jeu dans le sous-thème 3a ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Forces de contact Forces à distance Force-Inter Caractéristiques des forces Représentation des forces Force-Variation de vitesse	Passage d'une situation matérielle au bilan des forces, à une représentation schématique (représentation des forces) et à la compensation des forces

Tableau 24. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le sous-thème 3a

Scène

Le professeur au tableau, questionne un élève au sujet des forces s'exerçant sur la balle lâchée dans l'eau et représente lui-même ces forces. Il discute avec cet élève et le reste de la classe de la longueur des vecteurs en lien avec la compensation des forces. Il lance ensuite un crayon

et interprète son mouvement et rediscute avec la classe de la longueur des vecteurs. Enfin il dicte la réponse aux élèves qui l'écrivent.

Fonctionnement du savoir:

La situation est celle d'une balle de ping-pong plongée dans l'eau puis lâchée (étudiée la séance précédente) ; la phase étudiée étant la montée après que la main ait lâché la balle. Il s'agit de faire le bilan des forces et de les représenter. On observe donc des interprétations de niveau relationnel ainsi que des opérations formelles mettant en jeu les facettes procédurales, représentationnelles ainsi que des facettes appartenant au groupe vecteur force et au groupe force-interaction; ces dernières étant utilisées implicitement, sauf la 3ème, celle du poids, que le professeur énonce comme définition. Cette fois, contrairement à la séance précédente (thème 4) pour faire le bilan des forces le fait de commencer par les forces à distance et ensuite les forces de contact n'est pas évoqué ni même mis en œuvre par l'élève qui fait le bilan des forces. La facette relative au contact est donc implicite à la réponse de l'élève qui nomme la force exercée par l'eau comme force s'exerçant sur la balle ; elle est mise en jeu par une interprétation faite par l'élève. Le contact n'est donc pas évoqué. Un problème se pose par rapport aux intensités des deux forces représentées, celle exercée par l'eau et celle exercée par la Terre: pour les représenter, il s'agit de savoir laquelle a l'intensité la plus grande et de le justifier. Ce problème posé par le professeur, va déclencher une série d'interprétations et d'explications, surtout au niveau relationnel, mettant en jeu des descriptions. Une hypothèse faite par un élève suppose que la somme des forces doit avoir le sens du mouvement: la balle monte donc la force exercée vers le haut est plus grande que celle exercée vers le bas. Une deuxième, faite par un autre élève, met en jeu la densité de la balle et le fait qu'elle joue un rôle là-dedans ; le professeur la contredit en donnant un contre exemple : "oui mais ça, ça peut ne pas être valable parce que tu prends la balle tu la lâches de très haut elle tombe dans l'eau elle peut très bien avec l'élan devenir comme une main immergée puis ensuite remonter, est-ce qu'on est d'accord? Et là la densité de la balle ne joue par sur le fait que ça monte ou que ça descende". Le professeur revient à la 1ère hypothèse et pointe le problème : "est-ce que c'est parce que la balle monte ou qu'elle s'est mise en mouvement vers le haut? C'est pas la même chose". Il donne encore une fois un contre exemple pour contredire cette hypothèse: il lance un objet vers le haut et dit que la seule force s'exerçant sur lui pendant qu'il monte est le poids qui est dirigé vers le bas alors que le mouvement est vers le haut. Un élève considère que la main agit pendant la montée et le professeur n'explicite pas le fait que s'il n'y a plus contact il n'y a plus la force de la main mais repose la question à un autre élève qui omet cette force dans sa réponse ; le fait que quand le contact n'existe plus la force de contact ne s'exerce plus n'est pas explicité. Le professeur institutionnalise enfin la conclusion qui consiste en trois nouvelles facettes qui sont le fruit d'interprétations: "la résultante des forces n'a pas nécessairement le sens du mouvement", "s'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens" et "l'accélération et la somme des forces ont le même sens".

Ce sous-thème est caractérisé par la mise en jeu de nombreuses interprétations au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle, ainsi que des explications et des descriptions. Les groupes de facettes sont reliés par le fait qu'ils constituent des étapes du bilan des forces et de leur représentation. Les groupes force-mouvement et force-accélération sont plutôt mis en jeu à part, du fait qu'ils ont fait l'objet d'un débat postérieur à la représentation des forces.

Commentaires

Ce sous-thème met en jeu presque les même concepts et groupes de facettes que le thème déjà analysé avant lui. Il s'agit aussi de faire l'inventaire des forces et de les représenter, mais la représentation requiert une détermination de l'intensité de la force la plus grande. Cette

question n'avait pas posé problème dans le thème précédent puisque les forces se compensaient alors que dans ce sous-thème les forces ne se compensent pas et les élèves doivent décider laquelle est la plus grande. Trois nouvelles facettes sont introduites après la discussion concernant ce problème et beaucoup d'interprétations et de descriptions sont faites ainsi que des explications. Une différentiation explicite entre somme des forces et sens du mouvement est faite grâce à l'introduction de ces facettes ; cette différentiation est importante du fait qu'elle peut aider les élèves à ne pas mettre en jeu leur conception : certains élèves ajoutent souvent une force dans la direction du mouvement parce qu'ils croient que la résultante des forces doit avoir le sens du mouvement.

Le contact reste encore une fois implicite à l'inventaire des forces bien que le professeur ait eu une chance de l'expliciter quand un élève a fait une erreur en considérant que la main exerce une force sur le crayon pendant la phase de montée, une fois qu'il est lâché.

La force exercée par la Terre dont la prise en compte a posé problème pendant le thème précédent a été prise en compte sans problème. Le professeur nomme toujours cette force de deux façons, force exercée par la Terre sur l'objet et poids, avec deux notations symboliques, $\vec{F}_{X/Y}$ et $\vec{P}$.

Topogénèse

Le professeur demande à un élève de faire le bilan des forces ; cet élève a donc la responsabilité de mettre en jeu les deux premières facettes du groupe force-interaction ainsi que la facette « la force a un sens » quand le professeur lui demande le sens des forces. Le professeur effectue lui-même la représentation des forces. Il met les élèves dans une position de questionnement et suscite ainsi chez eux des interprétations afin de savoir quelle force a l'intensité la plus grande et de le justifier. Les élèves répondent à sa demande en interprétant et expliquant. Le professeur laisse aux élèves le soin de juger la 1ère interprétation donnée par un élève : "alors est-ce que c'est la réponse qui satisfait tout le monde? Adrien est-ce que c'est pour ça?" et Adrien donne une autre réponse sans nier ou confirmer la première. Le professeur évalue lui même la deuxième réponse, celle d'Adrien : "oui mais ça, ça peut ne pas être valable". Il donne ensuite des contre exemples pour contredire les deux réponses et finit par institutionnaliser la bonne interprétation de la situation. Le professeur détient donc du savoir. Même s'il laisse par moments les élèves répondre et évaluer, leurs interventions se limitent cependant à de très courtes réponses qu'ils ne donnent que suite à la demande du professeur. D'ailleurs le graphe des tâches montre les réponses des élèves à la demande du professeur du fait qu'il existe une cohérence entre les tâches suscitées et réalisées. Le professeur réalise aussi plus que les élèves pour la plupart des tâches sauf pour l'interprétation ; ceci peut être dû au fait qu'il demande à plusieurs élèves d'interpréter la situation, surtout pour relier la longueur des vecteurs à la compensation des forces mais c'est lui qui donne les bonnes interprétations et institutionnalise quelques unes.

3.1.2. Sous-Thème 3b: Cas de la situation pierre-élastique

Ce sous-thème est formé de trois phases correspondant à des moments d'introduction, de réalisation et de correction de l'activité. Nous donnons pour ce sous-thème le texte de l'activité ainsi que les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite, suivant les phases, la scène et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Phase	Temps	Durée	Org
Introduction de l'activité	17:40 – 19:40	2:00	CE
Réalisation de l'activité	19:40 – 23:35	3:55	GR
Correction	23:35 – 42:55	19:20	CE

Tableau 25. Phases didactiques du sous-thème 3b ; Org : organisation de la classe ; CE : travail en classe entière où les productions sont disponibles à toute a classe ; GR : travail en petits groupes

Texte de l'activité

Suspendre une pierre à l'extrémité d'un élastique.
Déplacer la pierre de sa position d'équilibre vers le bas puis la lâcher.
a. Qu'observe-t-on ? Dans quel sens la pierre se met-elle en mouvement au moment où on la lâche ? On se limite à l'étude de la montée.
b. Etablir le diagramme pierre-interactions.
c. Faire l'inventaire des forces exercées sur la pierre.
d. En utilisant les énoncés donnés précédemment, justifier que les forces qui s'exercent sur la pierre, lorsqu'on la lâche, ne se compensent pas.
e. Faire un schéma des forces qui s'exercent sur la pierre.

Tâches épistémiques

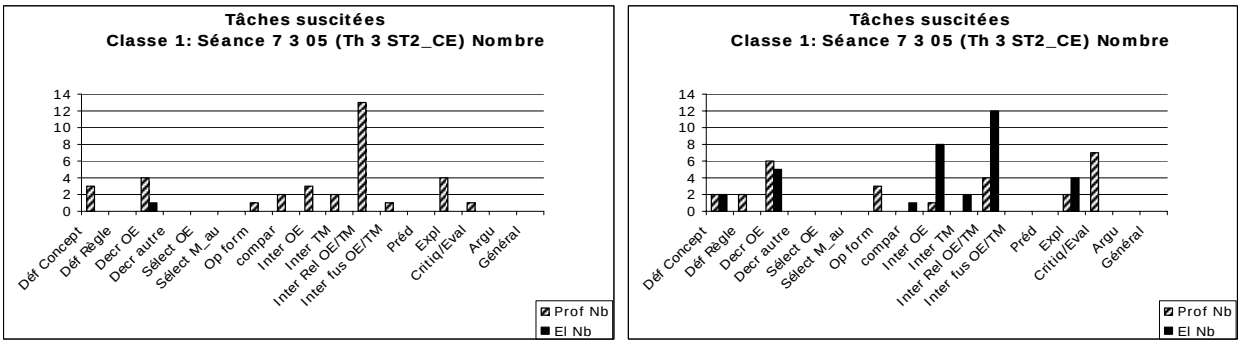


Figure 18.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le sous-thème 3b

Facettes en jeu

Vecteur Force	- La force a une direction - La force a un sens - La force a une intensité
Force - Interaction	- Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets - La Terre exerce toujours une force sur les autres objets - La force exercée par la Terre sur un objet est le poids de l'objet - La force exercée par la Terre sur un objet est un vecteur vertical toujours dirigé vers le bas
Force – variation de vitesse	- Lorsque que la valeur et/ou la direction de sa vitesse varient, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas
Force - Mouvement	- S'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens.
Repr	- La longueur du vecteur (de la flèche) représente l'intensité de la force
Réal Repr	- Réalisation de la représentation d'une force
Procédures	- Il faut préciser le système à étudier avant de faire le bilan des forces **- Pour savoir si l'élastique agit on regarde s'il est tendu**
Réf	- Un référentiel est un objet qui permet de repérer les positions successives d'un point d'un solide dont on étudie le mouvement
Acc	- L'accélération a un sens (vers le haut ou vers le bas).
Langage	- Force exercée par X sur Y - Accélération veut dire augmentation de la valeur de la vitesse. - Décélération ou ralentissement veulent dire diminution de la valeur de la vitesse

Tableau 26. Facettes en jeu dans le sous-thème 3b ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	Registres sémiotiques
Forces de contact Forces à distance Force-Inter Caractéristiques des forces Représentation des forces Force-Variation de vitesse	Passage d'une situation matérielle au bilan des forces, à une représentation schématique (représentation des forces) et à la compensation des forces

Tableau 27. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le sous-thème 3b

Introduction de l'activité et travail en groupes

Scène

Le professeur distribue aux élèves le matériel formé d'une pierre accrochée à un fil qui lui même est accroché à un support (un pour 3 ou 4 élèves). Il demande aux élèves de faire l'activité et n'intervient pas pendant qu'ils la font.

Fonctionnement du savoir

Une nouvelle activité est proposée aux élèves. Elle met en jeu une nouvelle situation matérielle: une pierre accrochée à un fil qui lui même est accroché à un support. Il s'agit de tirer la pierre vers le bas, en dessous de sa position d'équilibre, et de la lâcher ensuite. La phase considérée est celle de la mise en mouvement de la balle. Les élèves doivent ensuite faire le bilan des forces et dire si elles se compensent. Cette activité suscite donc des interprétations au niveau relationnel.

Topogénèse

Le professeur demande aux élèves de faire l'activité 3 du livre. Il ne lit pas la consigne et ne donne aucune remarque la concernant mais ne fait que distribuer le matériel et essayer de calmer les élèves.

Les élèves commencent à travailler en groupes (pendant presque 4 minutes) et le professeur n'intervient qu'auprès d'une élève pour lui expliquer la différence entre direction et sens. Les élèves ont donc la responsabilité du savoir pendant ce travail en groupes.

Réalisation de l'activité

Scène

Le professeur questionne les élèves et discute avec eux afin d'obtenir les réponses aux questions de l'activité. Il note les réponses au tableau et les élèves corrigent sur leur cahier. Il reprend ensuite le matériel « pierre et élastique » et montre les différentes phases du mouvement de la pierre depuis que l'élastique est étiré jusqu'à ce qu'il n'est plus tendu et la pierre monte.

Fonctionnement du savoir

La notion d'équilibre est clarifiée: la pierre est en équilibre si elle ne bouge pas par rapport à la Terre ; la notion de référentiel est ainsi mise en jeu. La consigne est rendue plus claire par le professeur en insistant sur le fait que, pendant la phase étudiée, on ne tient plus la pierre, elle est lâchée, donc le fait qu'il n'y ait plus de contact est mis en avant.

Des interprétations sont faites au niveau relationnel pour effectuer le bilan des forces et déterminer les caractéristiques de chaque force. Les deux premières facettes du groupe force-interaction sont alors implicitement mises en jeu et les autres, ainsi que celles du groupe vecteur force, le sont explicitement. Donc encore une fois le contact est implicite au choix de

la force. Le sens de la force exercée par le fil est déterminé par l'effet de l'élastique sur la pierre : "l'élastique étant tendu, on l'a rallongé vers le bas, ça va rappeler la pierre vers le haut, donc c'est une force qui est suivant la verticale et vers le haut".

Dans un deuxième temps, le lien entre variation de la vitesse et compensation des forces est traité: la situation est interprétée par le fait que les forces ne se compensent pas car la vitesse varie. Deux réponses d'élèves mettent en jeu un raisonnement erroné, le fait que les forces ne se compensent pas s'il y a mouvement. Le professeur ne corrige pas clairement mouvement par mise en mouvement mais l'évoque d'une certaine façon: "bien de quelle manière voit-on donc que la vitesse ou le mouvement varient (?) c'est parce qu'il y a une mise en mouvement vers le haut il y a une accélération vers le haut" ; il répond donc plutôt en termes de variation de la vitesse ou du mouvement. Ici la facette force-variation de la vitesse est explicitement énoncée par le professeur dans un nouveau champ d'application, celui de la pierre accrochée au fil.

Le professeur lance ensuite un travail en groupes pour représenter les forces déjà citées lors du bilan des forces. Le professeur considère la représentation du poids comme un savoir-faire simple et qui devient une routine : "y en a une qui est facile à représenter quand même, c'est toujours pareil" mais une difficulté à reconnaître l'existence de ce poids apparaît chez une élève: "P: est-ce que du moment où elle monte la pierre tu crois que le poids n'existe plus?". Après le travail en groupes les forces sont représentées par le professeur au tableau avec la force exercée par le fil qui a une intensité plus grande que le poids car "s'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens". Des opérations formelles et des interprétations sont donc effectuées. Le professeur fait allusion au raisonnement erroné effectué précédemment par un élève et qui suppose que le vecteur somme des forces a le sens du mouvement: "ça me rappelle peut-être Maxime qui a dit parce qu'elle monte, maintenant si Maxime a compris ce que je lui ai dit tout à l'heure il va répondre". Une comparaison est ensuite effectuée entre cette situation de la pierre accrochée au fil et celle de la balle plongée dans l'eau et lâchée.

Le professeur effectue ensuite une monstration pour évoquer les différents rôles du fil selon qu'il soit tendu ou non. Des descriptions, des interprétations et une comparaison avec un crayon lancé en l'air sont effectuées pour arriver à la conclusion que pendant la montée, le fil n'a pas de rôle puisqu'il n'est pas tendu alors que pendant la descente, son rôle consiste à retenir la pierre. La facette "pour savoir si l'élastique agit on regarde s'il est tendu" est donc mise en jeu de façon indirecte. Donc bien qu'il y ait contact entre le fil et la pierre, le fil peut ne pas agir sur elle dans certaines conditions. Le contact n'est donc pas suffisant pour qu'il y ait action dans ce cas. Ces situations de contact ne sont pas explicitées par le professeur, comme dans la majorité des séance(s) précédente(s), il prouve la présence d'une action par ses effets observables.

Les groupes de facettes sont reliés par le fait qu'ils constituent des étapes dans le bilan des forces et de leur représentation: les relations force-mouvement et force-variation de la vitesse constituent une étape essentielle à la représentation puisqu'elles permettent de déterminer la façon de représenter les intensités.

Finalement ce thème est caractérisé par la variété des tâches et le grand nombre d'interprétations aux deux niveaux, celui des objets/évènements et celui de la relation entre objets/évènements et théorie/modèle, ainsi que des descriptions.

Commentaires

Cette fois aussi on n'évoque pas le fait de commencer par les forces à distance et ensuite de contact: cette facette est peut-être supposée acquise ou n'est plus vraiment nécessaire si on considère que les élèves arrivent à se souvenir des forces à distance, ou plutôt celle exercée par la Terre, même si elle n'est pas observable, et n'ont donc plus besoin de règle pour déclencher ce souvenir, le fait de la mettre devient automatique.

Nous supposons que pour les élèves, ce n'est pas clair si on considère qu'il y a action dès qu'il y a contact ou s'il faut observer des effets sur le système pour considérer qu'il y a action. Le contact reste implicite et n'est pas suffisant dans le cas du fil non tendu pour qu'il y ait action mais tout ceci n'est pas explicité aux élèves.

La différentiation entre sens du mouvement et somme des forces est encore une fois faite pendant ce thème ; le professeur semble insister en rappelant cette différence et fait même un lien avec l'erreur faite lors du sous-thème précédent.

Le savoir est essentiellement mis en jeu par des interprétations aux deux niveaux, celui des objets/évènements et celui de la relation entre objets/évènements et théorie/modèle qui renferment des descriptions.

Topogénèse

On observe pendant la réalisation de l'activité en classe entière, un processus de questions réponses, avec le professeur qui dirige le cours des choses ; d'ailleurs il commence lui-même à donner quelques règles à suivre, comme préciser le système à étudier et utiliser la notation force exercée par X sur Y. Les élèves répondent en général à l'attente du professeur, une tâche suscitée de sa part est généralement suivie d'une tâche réalisée par les élèves. Le professeur évalue certaines réponses et à d'autres il réagit en posant la question à un autre élève comme si c'était une façon de dire que la réponse n'est pas bonne. Une seule fois un élève prend une initiative : "E: on peut dire qu'il y a accélération mais y a aussi une décélération, P: ça c'est intéressant on va essayer d'en discuter" ; le professeur promet d'en discuter et semble le faire à la fin du thème mais on ne sait pas s'il répond à l'attente de l'élève: en fait l'élève parlait de décélération dans le contexte d'une question posée par le professeur : "de quelle manière voit-on donc que la vitesse ou le mouvement varient?" et le professeur parle à la fin surtout de la tension du fil. A ce moment, les réponses des élèves deviennent un peu plus longues mais restent des réactions aux initiatives du professeur. Donc globalement pendant le travail en classe entière le professeur prend la responsabilité de faire avancer le savoir tout en laissant un rôle aux élèves qui interprètent beaucoup plus que lui pendant ce sous-thème

Pendant le travail en groupe le professeur laisse en quelque sorte la responsabilité du savoir aux élèves. Il intervient soit pour évaluer positivement quelques réponses "P: quelle est la force la plus grande? E: celle-là. P: absolument", soit pour rendre plus claire la situation "P: que quand ça remonte…On tire la pierre et la lâche", soit pour inciter les élèves à travailler "vous attendez quoi? Ça ne prend pas 3 heures". La seule intervention pendant laquelle il prend la responsabilité du savoir est pour rappeler l'existence du poids: "P: est-ce que du moment où elle monte la pierre tu crois que le poids n'existe plus?".

4. Séance V (TP en demi-classe)

Cette séance est la cinquième séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 1. Elle est découpée en deux thèmes se rapportant au TP de la goutte d'eau colorée dans l'huile; nous analysons le thème 2.

Thème	Temps	Durée
1. Caractéristiques du mvt d'une goutte d'eau colorée dans l'huile (prévisions, observations et mesures)	1:53 - 57:08	55:15
2. Bilan des forces et application du principe d'inertie sur le mvt d'une goutte d'eau colorée dans l'huile	57:08 – 1:14:16	17:08

Tableau 28. Thèmes de la séance V

4.1. Thème 2: Bilan des forces et application du principe d'inertie sur le mouvement d'une goutte d'eau colorée dans l'huile

Ce thème est formé de cinq phases correspondant à des moments d'introduction, de réalisation et de correction de l'activité. Nous donnons pour ce sous-thème le texte de l'activité ainsi que les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite, suivant les phases, la scène et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Phase	Temps	Durée	Org
Introduction de l'activité	57:08 – 57:23	00:15	CE
Réalisation de l'activité	57:23 – 59:40	2:17	GR
Correction	59:40 – 1:2:30	2:50	CE
Réalisation de l'activité	1:2:30 - 1:5:54	3:24	GR
Correction	1:5:54 – 1:14:16	8:22	CE

Tableau 29. Phases didactiques du sous-thème 4b ; Org : organisation de la classe ; CE : travail en classe entière où les productions sont disponibles à toute a classe ; GR : travail en petits groupes

Tâches épistémiques

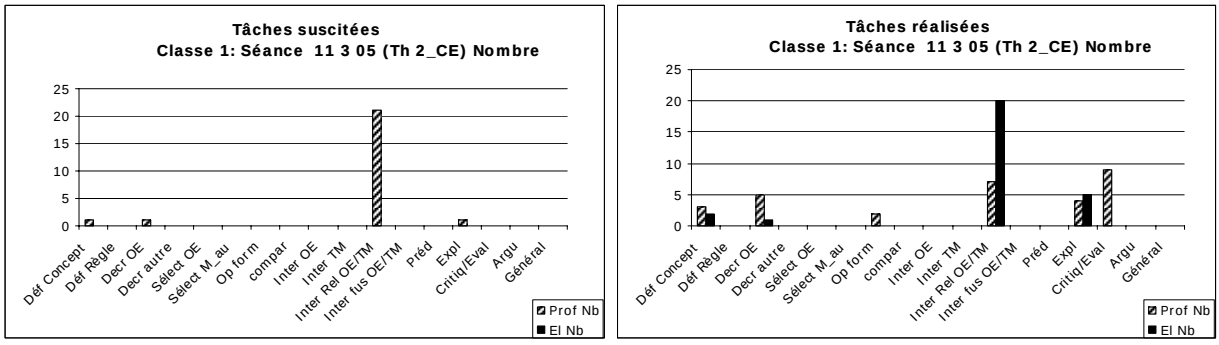


Figure 19.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le sous-thème 2a

Facettes en jeu

Force - Inter	- Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets - Quand un objet A n'est plus en contact avec l'objet B il n'exerce plus une force (action) sur lui - La Terre exerce toujours une force sur les autres objets - La force exercée par la Terre sur un objet est le poids de l'objet
Force - Mvt	- Lorsqu'un système (objet) est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent.
Vecteur Force	- La force a un sens - La force a une intensité - Deux forces qui se compensent ont même intensité et sont de sens opposés (Deux forces de même direction, de même intensité et de sens opposés se compensent)
Frottement	- Pour modéliser les frottements d'un solide sur un système, le physicien utilise une force toujours de même direction que le mouvement et de sens opposé au mouvement.
Repr	- La longueur du vecteur (de la flèche) représente l'intensité de la force
Réal Repr	- Réalisation de la représentation d'une force
Procédures	- Pour faire l'inventaire des forces on commence par les forces à distance ensuite par les forces de contact.
Mvt	- Le mouvement d'un point est rectiligne quand sa trajectoire est une ligne droite - Lorsque la valeur de la vitesse du point ne varie pas on dit que le mouvement est uniforme
Réf	- Un référentiel est un objet qui permet de repérer les positions successives d'un point d'un solide dont on étudie le mouvement
Variat de vitesse	- Aller à la vitesse constante est avoir toujours la même valeur au cours de la trajectoire

Tableau 30. Facettes en jeu dans le sous-thème 2a ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Force-Interaction Forces à distance Forces de contact Force-Mvt Force-Variation de vitesse Mvt-Vitesse	Passage d'une situation matérielle au langage scientifique (bilan des forces et leur compensation) et à la représentation schématique des forces

Tableau 31. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le sous-thème 2a

Scène du thème

Ce thème constitue la 2ème partie du TP, la 1ère constituait une étude cinématique de la situation (thème précédent) et celle-ci une étude dynamique. Le professeur demande à ses élèves de répondre aux questions en groupes mais interrompt à plusieurs reprises leur travail pour intervenir au niveau de toute la classe et corriger les différentes questions de l'activité. Les élèves disposent du matériel formé d'une éprouvette remplie d'huile et d'un compte goutte contenant un liquide coloré. Ils disposent aussi de ce qui est écrit au tableau : l'énoncé du principe de l'inertie et la schématisation de la situation (éprouvette remplie d'huile) marquée des différentes phases du mouvement déjà déterminées dans la première partie du TP.

Fonctionnement du savoir

Cette 2ème partie du TP met essentiellement en jeu des interprétations de niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle puisqu'il s'agit d'interpréter la situation matérielle en termes de forces (bilan, compensation et représentation) ; ces interprétations mettent souvent en jeu des descriptions de la situation. L'activité met aussi en jeu des opérations formelles reliées à la représentation des forces. Les élèves disposent du matériel formé d'une éprouvette remplie d'huile et d'un compte-goutte rempli d'un liquide bleu. Cette activité

constitue donc un passage d'une situation matérielle à un langage scientifique en termes de forces et schématique en termes de représentation des forces.

Après 2 minutes de réflexion par groupes de deux, le professeur intervient au niveau de toute la classe pour déterminer le référentiel d'étude, mettant ainsi en jeu la facette référentiel. Il donne aux élèves un exemple de leur vie quotidienne, celui d'une voiture qui roule à une certaine vitesse pour ensuite passer à l'exemple de la goutte qui tombe dans l'huile. Pour le cas de la voiture qui roule, les élèves donnent de mauvaises interprétations ("la voiture", "la vitesse de la voiture") et une non précise ("dehors") ; le professeur ne critique pas les réponses mais pousse l'élève qui a donné une réponse non précise à être plus précis et donner une bonne interprétation ("les arbres") qu'il développe lui-même : "un arbre, la route, ça c'est le référentiel d'étude qu'on appelle un référentiel terrestre lié au sol". La classe passe ensuite au cas de la goutte et là les mauvaises interprétations (« nous » comme référentiel ou « l'huile ») sont critiquées par le professeur : "ah nous, vous êtes tellement agités que je ne sais pas si c'est le meilleur référentiel… j'ai entendu l'huile, j'aime pas beaucoup parce que l'huile descend euh la goutte descend comme on a dit avec C y a un instant, quand la goutte descend l'huile qu'est-ce qu'elle fait?, E : elle bouge aussi", pour donner ensuite la bonne réponse : "la table, le laboratoire, l'éprouvette, on est d'accord? Par rapport à un référentiel terrestre lié au sol". Le professeur semble donc rejeter les référentiels qui sont en mouvement pas rapport au sol et garder ceux qui sont immobiles par rapport à celui-ci mais ne généralise pas ce choix à tout objet immobile pour en faire une règle.

La situation est ensuite interprétée par l'ensemble de la classe en termes de forces, le système est précisé, les forces à distance ensuite de contact sont citées, on observe donc l'application explicite de la procédure relative au bilan des forces. Les deux premières facettes de "force-interaction" relatives l'une au contact et l'autre à la Terre sont utilisées implicitement lorsque la force exercée par l'air et le poids sont cités. Cependant, quand une élève évoque l'existence de la force exercée par l'huile, le professeur critique sa réponse en évoquant la notion de contact : "non c'est dans l'air, dans l'air, dans l'air seulement. Dans l'air, l'huile ne touche pas à la goutte" ; cela sous entend que si l'huile ne touche pas la goutte elle n'exerce pas une force sur elle (deuxième facette force-interaction). Au moment où la vitesse est constante à une certaine position de la goutte et au moment où la goutte est immobile à la surface de l'huile, la situation est interprétée par les élèves à l'aide du principe de l'inertie dont la facette correspondante est explicitement mise en jeu par les élèves: dans le premier cas le mouvement est rectiligne uniforme (facettes mouvement implicitement en jeu) donc les forces se compensent et dans le deuxième cas il y a immobilité donc les forces se compensent aussi. La déduction faite à partir de ce principe d'inertie est ensuite utilisée pour juger de la longueur des vecteurs forces à représenter (interprétation) après avoir effectué le bilan des forces: puisque les forces se compensent leurs intensités et par suite les longueurs des vecteurs sont égales (facettes relatives à l'intensité). Le professeur représente ces forces au tableau (opération formelle).

Les différents groupes de facettes sont reliés par le fait qu'ils constituent différentes étapes dans la réalisation de l'activité. Les facettes « force-interaction » et « procédures » sont mises en jeu pour faire les bilans des forces ; celles des groupes « vecteur force », « frottement » et « représentation » pour la représentation des forces qui dépend de la compensation ou non de celle-ci, en lien donc avec les groupes « mouvement », « variation de vitesse » et « force-mouvement » qui permettent de déterminer si les forces se compensent ou non. La notion de référentiel est mise en œuvre séparément des autres groupes.

Ce thème est caractérisé par le grand nombre d'interprétations observées, cependant ces interprétations sont très courtes (se limitent souvent à un mot) et ne rendent pas toujours

explicite le raisonnement des élèves (sauf quand des explications sont données). On peut se demander aussi si ce grand nombre d'interprétations n'est pas une surcharge pour les élèves et s'ils arrivent à assimiler tout ce qui est dit par les autres et à pouvoir le juger par eux-mêmes pour enfin retenir l'essentiel.

Commentaires

Ce thème met encore une fois en jeu l'inventaire des forces, leur représentation et la compensation des forces ; il renferme presque les mêmes groupes conceptuels que les deux thèmes précédemment analysés avant lui mais mis en jeu dans un nouveau champ d'application. Cependant, cette situation est étudiée après que le principe de l'inertie soit introduit, alors que les deux autres l'étaient avant son introduction et la classe disposait juste de deux énoncés reliant force et variation de vitesse ; donc dans ce thème la facette force-mouvement est employée plutôt que les facettes force-variation de vitesse. Les facettes sont surtout mises en jeu par des interprétations au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle.

La différentiation entre sens du mouvement et somme des forces n'est pas reprise dans ce thème car dans les deux phases du mouvement étudiées, les forces se compensent.

La notion de contact reste toujours implicite en ce qui concerne l'énumération des forces de contact dans l'inventaire des forces mais est plus ou moins explicitée par le professeur en répondant à l'élève qui met la force exercée par l'huile pendant que la goutte est toujours dans l'air ; le professeur met donc en jeu la facette «quand un objet A n'est plus en contact avec l'objet B il n'exerce plus une force (action) sur lui».

Par rapport à la force exercée par la Terre, la notation la plus employée dans ce thème est « poids » et non pas « force exercée par la Terre ».

Par rapport à l'air, le professeur laisse le choix à un élève de le mettre ou de le négliger dans sa discussion avec lui pendant le travail en groupes et lors de la correction, quand les élèves nomment la force exercée par l'air le professeur l'ajoute dans le bilan des forces sans dire qu'il y a la possibilité de la négliger.

Topogénèse

Ce thème est constitué d'alternances entre travail en groupes pour répondre aux questions de l'activité et travail en classe entière pour corriger ces questions, cependant le travail en groupes constitue à peine le tiers de la durée totale du thème.

Pendant le premier temps de travail en groupes, le professeur n'intervient pas auprès des élèves mais leur laisse la responsabilité de réaliser l'activité. Pendant le deuxième temps de ce travail, il intervient auprès de quatre élèves, mais sans prendre la responsabilité de l'avancement du savoir ; il le fait soit pour éclairer quelques points, sur l'existence de l'air par exemple "donc vous pouvez le dire même si des fois il est plus ou moins négligeable", soit pour évaluer "absolument". Il ne fait avancer le savoir qu'auprès d'un groupe qui met la force exercée par l'huile lors de la chute de la goutte dans l'air et la force du jet. Donc pendant le travail en groupes les élèves ont la responsabilité de faire avancer le savoir en interagissant avec leurs camarades et la situation afin de l'interpréter.

La correction en classe entière consiste en des questions posées par le professeur et des réponses courtes données par les élèves et qui mettent en jeu des facettes, mais pour la plupart de manière implicite. Le professeur suscite surtout des interprétations et les élèves interprètent répondant ainsi à sa demande ; d'ailleurs il existe une cohérence entre le graphe des tâches suscitées par le professeur (presque que des interprétations) et celui des tâches

réalisées par les élèves. Le professeur critique/évalue souvent les réponses des élèves, surtout quand elles sont fausses. Il prend souvent des initiatives, comme quand il donne l'exemple de la voiture qui roule pour aborder la question du référentiel ou qu'il indique la démarche à suivre pour faire le bilan des forces (forces à distances et forces de contact) ou qu'il représente les forces au tableau. Pendant ces phases de correction le professeur partage la responsabilité du savoir avec les élèves mais reste celui qui dirige le jeu.

5. Conclusion

L'analyse au niveau mésoscopique s'est avérée riche en informations concernant la dynamique du savoir enseigné. Nous donnons ci-dessous nos conclusions concernant certains concepts et notions du savoir enseigné qui sont essentiellement mis en jeu dans le questionnaire à la suite de notre analyse afin de pouvoir établir des liens entre la dynamique du savoir concernant ces concepts dans les différentes classes et les performances des élèves sur les questions mettant en jeu ces concepts.

L'analyse du savoir dans ces thèmes a été faite sur l'ensemble du thème, sans décomposition du thème (ou du sous-thème dans certains cas). Il s'agit là d'une tentative d'analyser l'ensemble du thème sans découpage a priori en rendant compte de la dynamique du savoir par une narration. Nous avons mis en évidence dans cette analyse d'ensemble, les facettes et les tâches épistémiques établies lors d'une autre analyse réalisée au niveau microscopique faite à partir de catégories. C'est la raison pour laquelle nous rappelons ces résultats en début de chaque thème.

Nous avons également décrit la dynamique des positions du professeur et des élèves par rapport au savoir que nous avons appelée topogénèse ; nous avons plus particulièrement intégré notre analyse au niveau microscopique des tâches épistémiques. En effet cette analyse a été faite en distinguant qui les suscite et qui les réalise, ce qui informe la topogénèse.

L'observation d'un concept au niveau mésoscopique nous permet de dégager la chronogénèse du savoir relatif à ce concept. A chaque moment de l'enseignement, correspondant dans notre cas à un thème, les éléments de savoir relatifs à un concept vivent d'une certaine façon qui évolue avec le temps et est différente à des moments ultérieurs. La vie des éléments de savoir (leur relation, leur groupement, leur introduction, etc.) reflète la vie du concept qu'ils représentent et qui est évolutive avec le temps, ce qui nous permet de reconstruire l'histoire de ce concept dans une classe déterminée.

5.1. Actions/Forces de contact

La première introduction des forces/actions dans cette classe et surtout les forces de contact, n'est pas faite à travers le contact entre les objets mais à travers les effets des forces. Afin d'affirmer si un objet exerce une force sur un autre, on regarde s'il le met en mouvement ou s'il modifie son mouvement ou sa forme et non pas s'il est en contact avec lui. C'est ainsi que la force est introduite, par ses effets, à travers une monstration que le professeur fait en classe, et bien que le contact observé et senti soit à la base de cette monstration et que le moment de contact soit celui à partir duquel les effets sont produits, il n'est pas du tout évoqué par le professeur. Le principe des actions réciproques est de même introduit par une monstration. Ainsi les effets d'une force et le principe des actions réciproques sont introduits par des monstrations à partir de situations matérielles mettant en jeu des descriptions et des interprétations pour être ensuite définis et généralisés par le professeur.

Deux genres d'interaction sont ensuite définis par le professeur, les interactions de contact et à distance. L'interaction à distance est définie par trois genres, électrique, magnétique et gravitationnelle ; des exemples d'interactions à distance sont donnés par les élèves et des nominations sont données à ces exemples. Un exemple est de même donné pour l'interaction de contact mettant ainsi en jeu de façon implicite la facette action concernant le contact ; le lien entre contact et action n'est donc pas explicité et l'interaction de contact n'est pas définie. Les forces restent repérables par leurs effets, même lors de la modélisation de l'action par une force et la monstration de la procédure de représentation d'une force. Ce n'est que quand le professeur fait la monstration de la procédure pour faire l'inventaire des forces que le lien entre contact et force de contact est explicité pour la première fois par le professeur et que la facette force concernant le contact est introduite explicitement par une interprétation au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle d'une situation matérielle (boule accroché à un fil) sans toutefois être institutionnalisée. Le professeur justifie également dans cette monstration le fait que la force exercée par la Terre soit une force à distance : le contact n'est pas nécessaire pour que cette force s'exerce. Cette monstration de procédure constitue comme un algorithme que les élèves peuvent appliquer à chaque fois pour repérer les forces qui s'exercent sur un objet : repérer les forces à distance d'abord et pour cela regarder si une ou plus des trois forces à distance s'exercent sur l'objet et ensuite repérer les forces de contact et la façon de le faire n'est pas institutionnalisée par le professeur, parfois il le faisait en regardant les effets de la force et pendant cette procédure en regardant s'il y a contact. Le lien entre contact et force devient après cette monstration, implicite au bilan des forces ; à chaque fois qu'une force de contact est listée dans le bilan des forces, la facette contact est implicitement mise en jeu. Le professeur a eu plusieurs opportunités de l'expliciter face à des erreurs faites par les élèves mais ne l'a pas fait. Cependant, lors de l'interprétation de la situation pierre-élastique, bien que le fil soit toujours en contact avec la pierre, le professeur considère qu'il n'exerce pas une force sur celle-ci quand il n'est plus tendu ; à ce stade il n'est pas clair s'il faut regarder s'il y a contact pour qu'il y ait force ou s'il faut voir s'il y a un effet pour considérer qu'il y a une force : le professeur n'explicite pas la démarche à suivre aux élèves.

Il existe une certaine continuité dans l'utilisation des facettes relatives à ce concept de contact, elles se trouvent étalées sur une bonne partie des thèmes de la séquence.

5.2. Force – mouvement

La première approche du principe de l'inertie est assurée par deux énoncés donnés par le livre et imbriqués à l'activité de la balle de ping-pong dans l'eau. Le professeur lit ces énoncés devant la classe sans expliciter leur statut ou faire un lien avec le principe de l'inertie. La classe effectue ensuite un raisonnement en termes de conditions nécessaires pour pouvoir appliquer ces énoncés à différentes situations ; des interprétations au niveau relationnel sont alors faites. La compensation ou non des forces est ensuite traduite dans un autre registre sémiotique, celui de la représentation des forces ; il s'agit d'interpréter les situations en termes de longueur des vecteurs et d'effectuer des opérations formelles pour les représenter. Les facettes correspondant donc à ces énoncés sont mises en relation avec des facettes des groupes « vecteur force » et « force – mouvement » introduites par le professeur par des définitions et des interprétations afin de pouvoir juger sur la longueur des vecteurs à représenter. Une différentiation explicite entre somme des forces et sens du mouvement est faite grâce à l'introduction des facettes « force – mouvement ». Le professeur institutionnalise le fait que « la somme des forces n'a pas nécessairement le sens du mouvement » et que « s'il y a mise en mouvement dans un sens, s'il y a accélération dans un sens, la somme des forces est dans ce sens ». Cette différentiation est importante du fait qu'elle peut aider les élèves à ne

pas mettre en jeu leur conception sur la relation sens du mouvement et sens de la force : certains élèves ajoutent souvent une force dans la direction du mouvement parce qu'ils croient que la résultante des forces doit avoir le sens du mouvement. Après la mise en œuvre de ces énoncés, le principe de l'inertie est introduit par une monstration faite à l'aide de la table à coussin d'air : après les descriptions et interprétations faites, le principe est énoncé et institutionnalisé.

Comme pour les forces de contact, il existe une continuité dans l'utilisation des facettes « force – mouvement » ou « force – variation de vitesse » après leur introduction ; elles se trouvent étalées sur la majorité des thèmes qui suivent la première introduction.

5.3. Force exercée par la Terre

La classe prend le plus souvent en considération la force exercée par la Terre sur les objets. Dans un cas (thème 4, séance 2), celui d'une balle dans l'eau, les élèves ne semblent pas convaincus de l'existence de cette force. Le professeur pose le problème devant toute la classe et questionne les élèves là-dessus: pour certains cette attraction n'existe pas : "non parce qu'il y a l'eau et les poissons dans l'eau ils ne sont pas attirés vers le bas", alors que pour d'autres elle existe : "l'eau elle la remonte, elle sera en l'air s'il n'y avait pas la force exercée par la Terre" et le professeur conclut en disant que "la Terre exerce toujours une force sur les autres objets" ; il donne comme argument le fait que quand la balle est sur l'eau (sans que la main la touche), que la balle est immobile, l'eau agit sur elle : la force d'Archimède (facette introduite par une élève), et donc qu'il faut une force pour la compenser : l'attraction de la Terre, sinon elle monterait. Le professeur pose la question de l'existence de l'attraction quand on lâche la balle, suscitant ainsi une argumentation ; certains élèves disent qu'elle n'existe pas et d'autres qu'elle existe. Il donne ensuite l'argument que dans la piscine notre poids ne disparaît pas et des élèves reviennent en disant que dans la piscine on est léger ; le professeur ne répond pas à cet argument et ne conclut pas de façon ferme. Nous ne savons pas si les élèves sont convaincus après la discussion que la Terre exerce une force sur les objets qui sont dans l'eau puisque l'argumentation est restée suspendue. Dans tous les thèmes qui suivent, la force exercée par la Terre est prise en considération.

5.4. Force exercée par l'air

Il n'y a pas de contrat bien défini dans cette classe concernant la prise en compte de la force exercée par l'air. Le professeur ne dit jamais clairement s'il faut la mettre ou la négliger ou si les élèves ont le choix de la laisser ou la négliger.

5.5. Représentations

Nous retrouvons dans cette classe un seul genre de représentation, la représentation vectorielle ; la représentation du diagramme système-interaction n'est pas traitée par le professeur bien qu'elle soit présente dans le livre qu'il suit (il dit clairement à la classe qu'il ne va pas en s'occuper). La représentation vectorielle est introduite pour la première fois par une monstration de procédure que le professeur fait devant la classe à partir d'une situation matérielle et par laquelle il définit les règles de représentation et les caractéristiques des vecteurs. Cette représentation est mise en œuvre dans différentes activités et se trouve très vite liée à la compensation ou non des forces ; les longueurs des vecteurs sont ainsi liées dans les questions des activités de la compensation ou non des forces et de la mise en mouvement ou non de l'objet étudié (il faut noter que dans le cas de non compensation des forces et où il faut représenter ces forces, seul le cas de la mise en mouvement est pris).

Les concepts de force de contact et à distance se trouvent le plus souvent implicites au bilan des forces et rarement à la représentation des forces puisque la classe a l'habitude de faire toujours explicitement l'inventaire des forces avant de les représenter. En plus dans la représentation des forces, il n'existe pas de symbole indiquant un contact ou non entre les objets ; cette représentation n'explicite pas la notion de contact. Donc les représentations dans cette classe portent surtout du sens dans la mesure où elles expriment les caractéristiques des forces et leur compensation ou non.

Un contrat est établi dans cette classe concernant la notation des forces : elles sont toujours notées « force exercée par X sur Y » ou « $\vec{F}_{X/Y}$ », à l'exception de la force exercée par la Terre et que le professeur note toujours de deux façon différentes (il utilise les deux pour chaque cas) à chaque fois qu'elle est présente : « force exercée par la Terre sur l'objet » et « poids » ou, en notation symbolique, $\vec{F}_{T/Y}$ et $\vec{P}$.

Par rapport à la direction des forces, la plupart des situations présentées mettent en jeu des forces verticales et la détermination de la direction ne pose pas problème en général.

Par rapport au sens des actions/forces, il est souvent déterminé par l'effet de l'action/force sur le système étudié (la Terre attire, le sol retient, etc.).

Par rapport à l'origine des vecteurs force, elle est toujours le point représentant le système étudié.

5.6. Tâches épistémiques et groupes de facettes

Les tâches les plus présentes pour cette classe sont l'interprétation, la définition et la description. Pendant les premiers thèmes, ces trois tâches sont mises en jeu ensemble et reliées et réalisées plus par le professeur que par les élèves ; ces thèmes constituent la base de l'introduction du nouveau savoir, l'un étant consacré à l'introduction des effets d'une force, un autre aux interactions, et deux autres à la représentation des forces et leur inventaire. Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que ce nouveau savoir présent dans ces thèmes est essentiellement introduit par des monstrations : des descriptions et des interprétations des situations sont faites essentiellement par le professeur afin de pouvoir donner des définitions de concepts et de règles. Après ces thèmes, les élèves commencent à réaliser des activités et des exercices ; il y a ainsi plus de place aux interprétations et descriptions au détriment des définitions ; des opérations formelles s'ajoutent à ces tâches mais restent relativement faibles en nombre. Les élèves interprètent plus que le professeur pendant ces thèmes mais le reste des tâches reste du côté du professeur, même les descriptions et les opérations formelles.

Le nombre de groupes de facettes est plus réduit pendant les premiers thèmes où le nouveau savoir est essentiellement introduit et devient plus grand dans les thèmes qui suivent et qui constituent des activités et des exercices ; pendant la réalisation des activités, presque les même groupes de facettes sont mis en jeu concernant la force, sa représentation et le principe de l'inertie qui sont mis en jeu ensemble pendant ces thèmes et reliés par le fait qu'ils constituent chacun une étape dans la réalisation des activités.

5.7. Topogénèse

Le professeur prend souvent la responsabilité du savoir dans cette classe par rapport aux élèves. C'est lui qui introduit souvent le savoir et de plus le fait fréquemment par des monstrations, il fait participer les élèves en leur posant des questions et les élèves répondent le plus souvent par des réponses courtes qui se réduisent parfois à un seul mot, à un rythme soutenu. Le travail en groupes est relativement court (moins de 10 minutes) pendant les

séances, à l'exception des deux séances de TP où il dure 17 minutes dans l'une (séance du 4/3/05) et près de 50 minutes dans l'autre (séance du 11/3/05). Les élèves ont généralement la responsabilité du savoir pendant le travail en groupe puisque le professeur n'intervient pas beaucoup et quand il le fait c'est auprès de quelques groupes. Toutefois, pendant les corrections des activités faites en groupes, le professeur prend souvent la responsabilité du savoir en menant le processus de questions/réponses courtes et fait lui même la représentation des forces au tableau au cas où il y en a. Cependant, il y a beaucoup d'activités et d'exercices qui sont réalisés directement en classe entière sans laisser aux élèves le temps de réfléchir seuls ou en petits groupes aux questions. En général, comme pour l'ensemble des tâches épistémiques observées sur l'ensemble de la séquence, il existe une cohérence entre les tâches suscitées par le professeur et réalisées par les élèves, ce qui montre que les élèves répondent à l'attente du professeur et parfois réalisent plus mais toujours avec des interventions très courtes ; de même nous remarquons que seules l'interprétation, la prédiction et l'explication sont un peu plus du côté des élèves mais ce n'est pas toujours le cas, surtout pour les interprétations : dans les premiers thèmes, c'est le professeur qui interprète plus que les élèves et au fur et à mesure que la séquence évolue ce sont les élèves qui interprètent plus, ceci peut être dû au fait que dans les premiers thèmes l'introduction de nouveaux éléments de savoir est plus importante et que le professeur interprète les situations avant d'introduire ces éléments. L'introduction de nouveaux éléments de savoir (nouvelles facettes) se fait en général par le professeur et très rarement par les élèves.

CHAPITRE VI
ANALYSE DES PRATIQUES DE LA CLASSE 2 A L'ECHELLE MESOSCOPIQUE

Comme nous l'avons précisé dans le chapitre précédent (chapitre 5), nous menons une analyse fine au niveau des thèmes, en mettant en relation les deux échelles, microscopique et mésoscopique, afin de mieux comprendre la dynamique du savoir dans la classe. Les deux choix faits de sélectionner un concept à analyser finement et certains thèmes qui le mettent en jeu ont été discutés dans le chapitre précédent (chapitre 5).

Dans ce chapitre nous donnons les analyses faites au niveau de certains thèmes. Les thèmes choisis pour cette classe sont les suivants (nous les donnons suivant les séances) : séance I : thèmes 1, 2 et 3 ; séance II : thèmes 2 et 5 ; séance III : thème 3 ; séance V : thème 3 ; séance VI : thème 2 (voir tableau 5). Nous présentons très succinctement la séance et donnons pour chaque thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène du thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse. Lorsque le thème est découpé en sous-thèmes, nous menons ces analyses séparément pour chacun des sous-thèmes.

1. Séance I (Cours en classe entière)

Cette séance est la première séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 2. Elle est découpée en quatre thèmes liés tous à l'action et l'interaction. Nous analysons les thèmes 1, 2 et 3 de cette séance.

Thème	Temps	Durée
Thème 1: Introduction de la notion d'action	00:00 – 19:30	19:30
Thème 2: Introduction du modèle des interactions	19:30 – 26:15	6:45
Thème 3: Première mise en œuvre du modèle des interactions	26:15 - 38:15	12:00
Thème 4: Etude des interactions pour des situations variées	38:15 – 48:25	10:10

Tableau 32. Thèmes de la séance I

1.1. Thème 1: Introduction de la notion d'action

Ce thème est le premier thème de la séance. Il est formé de quatre phases correspondant à des moments d'introduction, de réalisation et de correction de l'activité. Nous donnons pour ce thème le texte de l'activité ainsi que les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite, suivant les phases, la scène et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Phase	Temps	Durée	Org
Introduction générale	00:00 – 00:30	00:30	CE
Introduction de l'activité	00:30 – 5:10	4:40	CE
Réalisation de l'activité	5:10 – 13:40	8:30	GR
Correction de l'activité	13:40 – 19:00	5:20	CE

Tableau 33. Phases didactiques du thème 1 ; Org : organisation de la classe ; CE : travail en classe entière où les productions sont disponibles à toute a classe ; GR : travail en petits groupes

Texte de l'activité

Vous disposez du matériel : support, élastique, pierre. Une pierre est suspendue à un fil élastique. Elle est immobile.
a) Quels sont les objets qui agissent sur la pierre ?
b) Sur quels objets agit la pierre ?

Tâches épistémiques

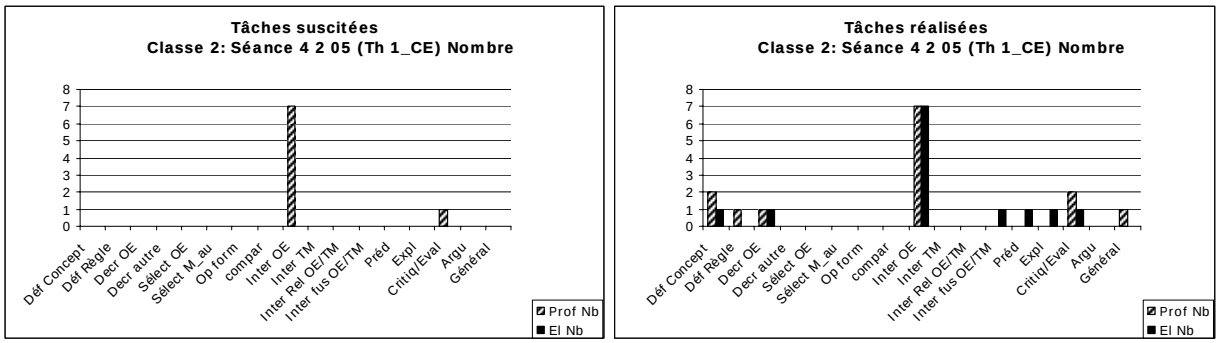


Figure 20.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 1

Facettes en jeu

Action - Interaction	**- Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)** **- Si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction)** **- Les objets tombent à cause de l'action de la Terre**
Fonctionnement du savoir	**- Un phénomène ou un concept n'est pas un objet et un objet n'est pas un phénomène ou un concept** **- Quand on étudie les interactions avec un objet il est nécessaire de faire un choix des objets qu'on prend en compte (on se limite aux objets qui agissent directement sur lui)**

Tableau 34. Facettes en jeu dans le thème 1 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	Registres sémiotiques
Action à distance Action de contact Actions réciproques	Passage d'une situation matérielle à la notion d'action (langue naturelle)

Tableau 35. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 1

Introduction générale

Scène

Le professeur est debout devant la classe et les élèves l'écoutent de leur place. Certains élèves sont attentifs et d'autres sont toujours en train de sortir leurs cahiers.

Fonctionnement du savoir

Le professeur effectue le passage entre la cinématique et la dynamique en insistant sur l'importance d'utiliser le vocabulaire scientifique déjà introduit en cinématique dans la partie à venir et de remplacer le vocabulaire quotidien par ce dernier dans le traitement des problèmes de physique.

La continuité du savoir explicitée par le professeur se fait par le vocabulaire. Il met en avant le vocabulaire et non pas les concepts pour faire le passage de la cinématique à la dynamique. Il différencie le vocabulaire scientifique du vocabulaire quotidien.

Topogénèse

Le professeur assure le rappel du savoir enseigné.

Introduction de l'activité

Scène

Le professeur propose à la classe une activité qui introduit la notion d'action. Cette activité utilise un support matériel (pierre accrochée à un élastique qui, à son tour, est accroché à un support). Il distribue le matériel aux élèves. Il commence par décrire la procédure à suivre dans la manipulation du matériel et questionne ensuite les élèves sur le verbe qui est à l'origine du mot "action". Il lit ensuite l'activité (les élèves suivent sur leur feuille pendant qu'il lit), et demande aux élèves de réfléchir sur le sens du verbe agir et d'interpréter la situation par eux-mêmes en lançant un travail en petits groupes de deux ou de quatre.

Fonctionnement du savoir

Le professeur insiste sur le concept clé: action, et dans une moindre mesure sur la notion d'immobilité. L'activité qu'il donne aux élèves demande surtout une interprétation en termes d'objets/évènements qui nécessite d'utiliser le verbe agir avec un sens différent du sens quotidien: les élèves doivent trouver les objets qui agissent sur la pierre et les objets sur lesquels la pierre agit.

Topogénèse

Le professeur gère le travail de la classe. D'une part, il redonne les règles de gestion des ressources : feuille à coller sur le cahier et rappelle l'importance d'écouter les consignes : inutile d'amener le livre pour la séance alors que certains élèves l'ont apporté. D'autre part il gère l'organisation de la classe en distribuant le matériel expérimental manquant, en demandant aux élèves de travailler par quatre, et en leur précisant comment monter le matériel (pierre suspendue à un fil élastique). Il marque une coupure "maintenant je vais vous demander de vous taire, ça y est tout est en place". Le professeur assure la responsabilité du savoir en présentant l'activité ; il sollicite la contribution des élèves sur la signification du mot clé de l'activité du point de vue conceptuel : "action". Il questionne les élèves sur le verbe qui est à l'origine de ce mot. Les élèves font alors appel à leurs connaissances langagières de la vie quotidienne pour donner des réponses comme "actionner" ou "activer" et le professeur laisse l'affaire suspendue en disant "bon, on y reviendra", sans donner la bonne réponse, c'est à dire qu'il ne fait pas avancer le savoir "de force". Le professeur assure donc l'avancée du savoir puisque c'est lui qui dirige la conversation et l'oriente dans le sens qu'il veut.

Réalisation de l'activité

Scène

Les élèves travaillent par groupes de 2 ou de 4 et disposent du matériel suivant : une pierre accrochée à un élastique qui, à son tour est accroché à un support. Ils manipulent le matériel, discutent entre eux et répondent aux questions de l'activité dont la feuille est collée sur leur cahier. Le professeur circule entre les groupes et discute avec quelques uns.

Fonctionnement du savoir

Les élèves interprètent une situation en termes d'objets/évènements et en utilisant une notion nouvelle qui leur est introduite dans cette activité, la notion d'action. Il ne savent pas ce qu'est une action en physique, ils ne savent pas non plus qu'il existe deux genres d'actions, à distance et de contact, les seuls outils qu'ils ont sont le sens qu'ils connaissent du mot action dans leur vie quotidienne et un matériel formé d'une pierre accrochée à un élastique qui lui même est accroché à un support. Les élèves mettent dans leurs réponses les objets auxquels la pierre est accrochée directement (fil) et/ou indirectement (support) et la Terre ou gravité, pesanteur ou poids. Nous pensons donc que pour eux, l'action est reliée au contact et à la Terre ou au phénomène qu'elle produit. Les deux facettes: "quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)" et "si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction)", concernant le contact et les actions réciproques, sont implicitement mises en jeu par les élèves pour la première fois en classe quand ils disent que l'élastique agit sur la pierre ou que "la Terre agit sur la pierre la pierre agit sur la Terre aussi", sans qu'elles soient introduites par le professeur. Ce nouveau savoir qui est au cœur de cette activité, est donc introduit à travers des interprétations d'une situation matérielle faites essentiellement par les élèves et subordonnées par les interventions du professeur, et non pas par des définitions. De même, la facette "la

Terre agit toujours sur (attire) les objets" est mise en jeu, explicitement cette fois, sans être formellement introduite.

Plusieurs difficultés apparaissent chez les élèves en interprétant la situation: la confusion entre objets et phénomènes qui mène à des fusions entre objets/évènements et théorie/modèle, ex: "il y a le poids et la gravité de la Terre qui agissent sur la pierre" ; la non prise en considération de la Terre, le professeur demande donc aux élèves de prédire ce qui se passerait si le fil est coupé et quel objet serait à l'origine de cet événement (la chute de la pierre) ; enfin la transmission de l'action d'un objet à un autre ex: "mais on peut pas dire que si la pierre agit sur l'élastique et l'élastique agit sur le support le support agit sur la pierre?".

En réponse à ces difficultés, de nouvelles facettes apparaissent énoncées à moitié par le professeur et à moitié par les élèves: la pesanteur (ou le poids) est le résultat de l'action de la Terre ; les objets tombent à cause de l'action de la Terre. Le professeur donne aussi des règles de modélisation en réponse aux difficultés des élèves, elles sont traduites par les facettes suivantes: en physique ce qui agit ce sont les objets ; un phénomène ou un concept n'est pas un objet et un objet n'est pas un phénomène ou un concept ; quand on étudie les interactions avec un objet il est nécessaire de faire un choix des objets qu'on prend en compte (on se limite aux objets qui agissent directement sur lui) ; cette dernière facette renforce l'idée du contact: le support, la table, etc. qui ne sont pas en contact (ne touchent pas) avec la pierre sont mis de côté, seuls sont considérés les objets qui sont en contact avec elle, l'élastique dans ce cas. Ces nouvelles facettes sont donc introduites par le professeur par nécessité de donner des éléments de réponses aux élèves face à une nouvelle situation et surtout à un nouveau savoir qu'ils doivent produire par eux-mêmes.

La tâche principale dans ce thème est l'interprétation en termes d'objets/évènements accompagnée parfois de descriptions et de prédictions. Ces tâches conviennent bien avec la nature de l'activité qui est faite avant qu'aucun modèle concernant cette notion d'action ne soit introduit et qui met en jeu un matériel qui favorise donc les descriptions et les prédictions. Des interprétations constituant des fusions entre objets/évènements et théorie/modèle sont aussi présentes et sont dues essentiellement au fait que l'action est due à des objets et que les élèves ne le sachant pas ou n'étant pas très conscients, utilisent des mots du modèle comme gravité, pesanteur ou poids leur faisant jouer le rôle d'objets.

Topogénèse

Pendant le travail en groupes, le professeur circule entre les élèves. Ses interventions dans les groupes sont très variées.

Il essaie de les pousser à travailler en leur disant par exemple "allez" ou "on avance?". Il fait une remarque à un groupe : "il faut que vous lisiez mieux la question, quels sont les objets", du fait qu'il a peut-être remarqué une mauvaise compréhension de la question de la part de ce groupe. Il suit ce qui se passe dans les groupes et essaie d'orienter un peu la réflexion des élèves.

Il ne laisse pas complètement la responsabilité du savoir aux élèves mais intervient auprès de plusieurs d'entre eux pour les aider dans leurs difficultés, soit par une initiative de sa part soit suite à leur demande. Chez un groupe par exemple, il entend les élèves discuter et intervient pour corriger une erreur en posant des questions comme "la gravité est-ce que c'est un objet?", pour pousser les élèves à trouver la bonne réponse "non c'est un phénomène", et quand les élèves ne donnent pas la réponse attendue, comme pour la question de l'action du support, il la donne lui-même : "c'est vrai, mais si on se limite pas on va jamais s'arrêter, donc là on va se limiter disons au stricte direct", sans vraiment la justifier mais en utilisant son autorité. Donc

dans ces cas, la responsabilité est à moitié prise par le professeur qui repère les erreurs et intervient.

Alors que chez un autre groupe, l'intervention se fait sous la demande des élèves qui suscitent des interprétations de la part du professeur et demandent la validation de leurs réponses par celui-ci. Il repère un élément manquant dans leur réponse : "il n'y a que l'élastique?" qui s'avère être dû à une mauvaise compréhension de leur part de ce qu'est un objet, "E : bah comme un objet proprement parlé enfin… il y a le poids et la gravité de la Terre qui agissent sur la pierre". Le professeur aide alors les élèves à trouver l'objet qui est derrière le phénomène. La responsabilité est donc plutôt prise par les élèves qui repèrent des difficultés et demandent l'aide du professeur.

Les tâches épistémiques sont principalement réalisées par les élèves pendant ce travail en groupe ; ils interprètent surtout mettant en jeu pour la première fois les facettes action-interaction sans que celles-ci ne soient définies par le professeur ; c'est une grande responsabilité donnée aux élèves qui produisent du savoir. Le professeur surtout critique/évalue leurs réponses et effectue quelques interprétations et définitions en lien avec les facettes « fonctionnement du savoir » qu'il introduit lui-même en discutant avec quelques groupes.

Correction de l'activité

Scène

Le professeur se tient debout devant la classe et questionne les élèves afin qu'ils donnent des réponses aux questions de l'activité. Il institutionnalise les réponses et demande aux élèves de corriger ce qu'ils ont fait sur la feuille de l'activité.

Fonctionnement du savoir

Le professeur demande à un élève de dire quel est l'objet qui agit sur la pierre et quand l'élève dit l'élastique, le professeur accepte la réponse sans dire que ce dernier est en contact avec elle et donc agit sur elle ; la facette "quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)" est aussi introduite implicitement pour la première fois en classe entière par l'intermédiaire d'une interprétation en termes d'objets/évènements.

Pour résoudre la difficulté du support, le professeur donne une règle qu'il ne justifie pas: le fait de se cantonner à l'environnement immédiat de l'objet, ce qui n'est pas très précis. Dans son discours, la notion de contact est implicitement mise en jeu quand il parle des différentes actions que le physicien choisit de ne pas prendre en compte : « alors voyez là on va faire un choix parce que l'élastique enfin la potence agit sur l'élastique, la table agit sur la potence, le sol agit sur la table etc. donc là le physicien il faut bien qu'il s'arrête à un moment ou un autre hein » ; tous ces objets qui agissent sont en contact avec les autres mais le professeur ne l'explicite pas. Il donne une sorte de définition d'agir, d'action en physique: "voyez ce terme agir qui est lié au terme d'action c'est pas forcément un terme qui est lié au mouvement hein, un film d'action c'est un film où il y a beaucoup d'actions beaucoup où ça bouge beaucoup, bon là c'est pas forcément le cas hein" ; dans cette définition il distingue action et mouvement. Le professeur suscite encore une interprétation afin que les élèves continuent à énumérer les objets qui agissent sur la pierre et un élève dit la Terre et le justifie en prédisant que la pierre tomberait sous l'action de la Terre s'il n'y avait pas l'élastique ; il met ainsi en jeu, pour la première fois en classe entière, la facette « les objets tombent à cause de l'action de la Terre ». Le professeur reprend les règles données en groupes pour toute la classe.

Dans la deuxième question, la facette "si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction)" est aussi implicitement introduite pour la première fois en classe entière quand le professeur dit: " Après vous avez dit la pierre agit sur l'élastique, ça vous semble toujours cohérent, ensuite vous avez dit la Terre agit sur la pierre, logiquement on complète avec la pierre agit sur la Terre, d'accord?" ; le principe des actions réciproques n'est pas énoncé, le professeur se contente de donner l'argument de la logique, généralisant par ce fait l'action réciproque entre deux objets. Finalement toutes les facettes du groupe action ne sont pas introduites de façon forte par le professeur, seules les facettes relatives à la modélisation sont institutionnalisées. Les facettes de ce thème se cantonnent donc à l'action, avec quelques règles de modélisation qui viennent soutenir la notion d'action. Les difficultés rencontrées par les élèves lors du travail en groupes sont reprises par le professeur pendant cette phase de correction.

Cette correction prend une tendance interprétative en termes d'objets/évènements assurée à égalité par le professeur et les élèves, avec quelques définitions correspondant surtout aux règles données par le professeur.

Topogénèse

Après la réalisation de l'activité par les élèves, le professeur passe ensuite à la correction. Après être passé parmi les élèves, vu leurs réponses et discuté avec eux, le professeur choisit les élèves qui vont répondre aux questions, on peut supposer que c'est dans le but de faire ressortir dans l'ordre, les bonnes réponses et ensuite les difficultés. Il passe plus de temps sur une des difficultés, celle de ne pas prendre en compte le support. Il interroge un élève avec qui il a déjà discuté de la question du support dans le travail en groupe. Il institutionnalise enfin explicitement quelques règles de modélisation: en physique ce qui agit ce sont les objets ; un phénomène ou un concept n'est pas un objet et un objet n'est pas un phénomène ou un concept ; quand on étudie les interactions avec un objet il est nécessaire de faire un choix des objets qu'on prend en compte (on se limite aux objets qui agissent directement sur lui) et donne en quelque sorte une définition de l'action ; le professeur a sélectionné les élèves pour qu'ils disent ce qu'il veut et réaliser l'avancée qu'il a prévue. Donc même si les élèves prennent la responsabilité de donner quelques réponses, le professeur semble être le concepteur et le réalisateur de la scène et l'oriente dans le sens qu'il veut pour devenir à la fin l'acteur principal qui détient le savoir. En revanche, pour la question 2, le professeur laisse argumenter, il ne fait qu'orienter l'interaction entre les élèves en leur posant des questions. Par exemple, un élève donne une mauvaise réponse : "la pierre agit sur le support et l'élastique" qui est corrigée par un autre : "si on n'a pas mis le support dans la première question c'est pas très logique de le mettre dans la deuxième question". Les élèves prennent un peu plus la responsabilité du savoir.

Les élèves répondent à l'attente du professeur pendant cette phase en réalisant les tâches qu'il suscite (voir graphe tâches ci-dessus). La réalisation des tâches est répartie presque à égalité entre le professeur et les élèves avec une centration dans ce thème sur l'interprétation en termes d'objets/évènements. Les facettes action-interaction sont introduites par les élèves dans leurs réponses aux questions qui mettent en jeu des interprétations alors que celles relatives au fonctionnement du savoir le sont par le professeur qui les institutionnalise. Le professeur donne un peu la responsabilité du savoir aux élèves mais il en reste le détenteur principal.

Commentaires

On peut dire que ce thème « ancre » la notion d'action : elle est définie (une action peut en physique ne pas être associée à un changement observable) ; elle est distinguée du

mouvement, et elle « vit » en interprétant des objets et événements. Elle est présentée par l'intermédiaire d'une activité qui met en jeu des objets matériels tangibles que les élèves manipulent afin de produire un savoir relatif à cette notion d'action. Les facettes correspondant au groupe action-interaction sont introduites de manière implicite dans les réponses des élèves. Le travail en groupes occupe la majorité du temps de cette activité.

1.2. Thème 2: Introduction du modèle des interactions

Ce thème est le deuxième thème de la séance ; il introduit le modèle des interactions. Nous donnons pour ce thème le texte de l'activité ainsi que les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

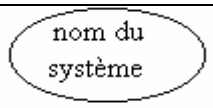
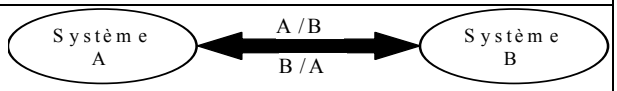
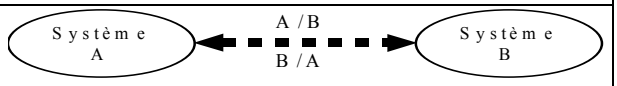
Texte du modèle

On appelle système un objet (matériel), une partie d'objet ou un ensemble d'objets (ce découpage de la réalité en systèmes est un choix fait par celui qui étudie la situation).

Interactions : quand un système A agit sur un système B, simultanément B agit sur A ; on dit que A et B sont en interaction. L'action de A sur B est notée A/B et l'action de B sur A est notée B/A.

Cet énoncé est applicable dans toutes les situations, c'est-à-dire quand les systèmes sont au repos et aussi quand ils sont en mouvement.

Représentation:

Représentation d'un système	
Représentation d'une interaction "de contact"	
Représentation d'une interaction "à distance"	

Une fois un système choisi, on ne s'intéresse qu'à ses interactions avec les autres systèmes (systèmes extérieurs).

On représente ces interactions avec les autres systèmes sur le même schéma. Ce schéma s'appelle le diagramme système-interaction. Pour bien distinguer le système choisi des autres systèmes, on souligne son nom dans le diagramme.

Tâches épistémiques

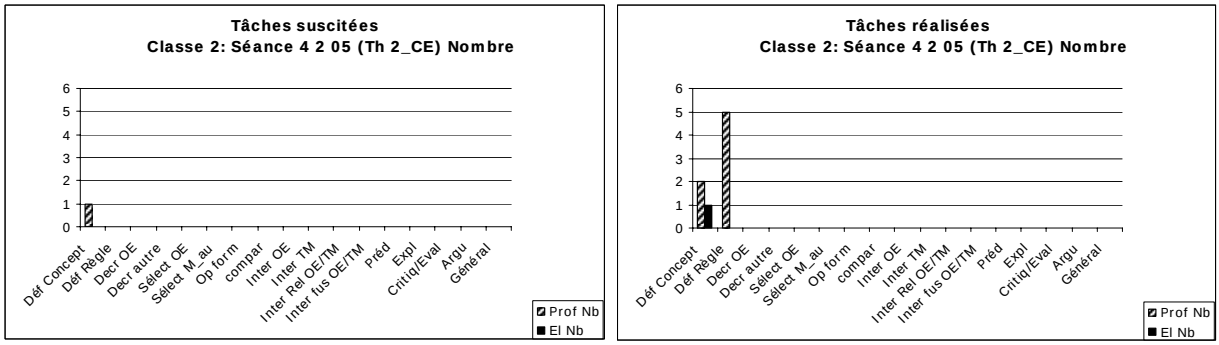


Figure 21.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 2

Facettes en jeu

Action - Interaction	- Si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction) **- Il y a 2 types d'actions (interactions, forces): à distance et de contact**
Représentations et unités	**- L'action de A sur B est notée A/B** **- Un objet est représenté par une bulle.** **- L'interaction de contact est représentée par une double flèche en traits pleins** **- L'interaction à distance est représentée par une double flèche en pointillés** **- Pour bien distinguer dans le diagramme le système choisi des autres systèmes on souligne son nom dans le diagramme**
Système	**- On appelle système un objet matériel, une partie d'objet ou un ensemble d'objets**

Tableau 36. Facettes en jeu dans le thème 2 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Actions réciproques Interaction de contact Interaction à distance Diagramme syst-inter	Langage scientifique Représentations symboliques (diagramme syst-inter)

Tableau 37. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 2

Scène du thème

Le professeur distribue aux élèves la feuille du modèle et ensuite la feuille de l'activité 2 et leur demande de les coller sur leur cahier. Il leur demande d'entourer le modèle d'une couleur qui serait la même pour tous les modèles afin de les distinguer des feuilles d'activités. Il lit ensuite la 1ère partie du modèle, celle des interactions.

Fonctionnement du savoir

La tâche la plus présente dans ce thème est la définition de concepts et de règles, ce qui est cohérent avec l'objet de ce thème qui est l'introduction d'un modèle. Le statut des définitions de concepts et de règles est renforcé par le fait qu'elles soient institutionnalisées. Ces définitions se rapportent à toutes les facettes de ce thème qui appartiennent aux groupes "action" et "représentation". Les représentations constituent un nouveau registre sémiotique qui peut être un atout à la compréhension des actions et interactions. Les notions de contact et de distance apparaissent dans les règles de représentation du diagramme système-interactions: une interaction de contact est représentée par une flèche pleine alors qu'une interaction à distance est représentée par une flèche en pointillé. Cependant, le professeur ne définit pas ce

qu'est une interaction de contact et une interaction à distance et ne donne pas les genres d'interactions à distance.

Les groupes action et représentation sont reliés par les facettes représentation qui sont l'expression des facettes action dans un autre registre sémiotique, celui des représentations symboliques.

Commentaires

Dans le thème précédent, la notion de contact et ses facettes étaient introduites de façon implicite par des interprétations d'une situation matérielle ; le contact pouvait être observé et senti. Dans ce thème, les facettes contact sont aussi implicites bien que ce thème introduise le modèle qui doit servir d'appui pour la suite: elles se trouvent incorporées aux représentations des flèches.

Topogénèse

Le professeur introduit d'un seul coup plusieurs savoirs nouveaux ayant le statut de savoirs institutionnalisés puisqu'ils constituent des savoirs que l'institution veut faire acquérir aux élèves et qu'ils sont présentés de manière formelle à la classe, sous forme de texte distribué. Le professeur utilisera ces savoirs, présentés en un seul paquet, au fur et à mesure dans les activités à venir. Il reconnaît la présence de beaucoup de règles "c'est beaucoup de règles ça hein mais vous allez voir que c'est très facile, on va l'appliquer tout de suite dans l'activité 2", reste à voir si elles ne constituent pas une surcharge pour les élèves. Le professeur détient du savoir et le présente aux élèves, cependant il les fait intervenir de façon brève en leur demandant de faire un lien entre la définition qu'il a présentée de l'interaction et l'activité qu'ils venaient de faire. Les élèves assurent le lien, cependant c'est la seule participation timide de leur part.

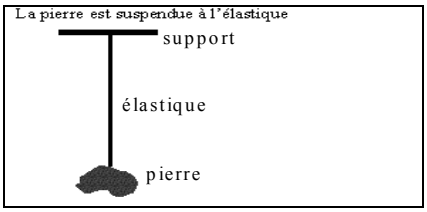
1.3. Thème 3: Première mise en œuvre du modèle des interactions

Ce thème est le troisième thème de la séance. Il est formé de trois phases correspondant à des moments d'introduction, de réalisation et de correction de l'activité. Nous donnons pour ce thème le texte de l'activité ainsi que les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite, suivant les phases, la scène et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Phase	Temps	Durée	Org
Introduction de l'activité	26:15 – 27:15	1:00	CE
Réalisation de l'activité	27:15 - 33:40	6:25	GR
Correction de l'activité	33:40 – 38:15	4:35	CE

Tableau 38. Phases didactiques du thème 4b ; Org : organisation de la classe ; CE : travail en classe entière où les productions sont disponibles à toute a classe ; GR : travail en petits groupes

Texte de l'activité



Dans cette situation, chacun des objets de la situation étudiée peut-être pris comme système : la pierre, l'élastique, le support, la Terre. On choisit d'étudier le système pierre. Quels sont les systèmes qui sont en interaction avec ce système ?

Représenter le diagramme pierre-interactions.

Tâches épistémiques

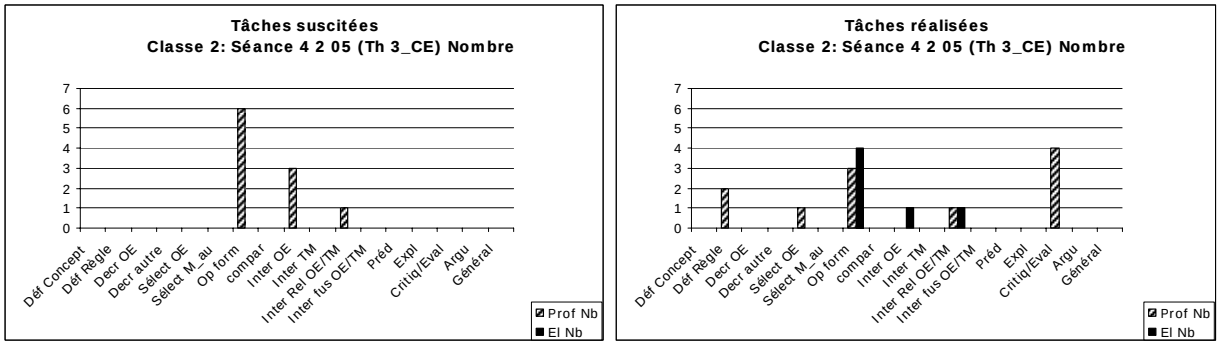


Figure 22.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 3

Facettes en jeu

Action - Interaction	- Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B) - La Terre agit toujours sur (attire) les objets **- L'action de la Terre sur les objets est une action à distance**
Réalisation Représentation	**- Réalisation de la représentation du diagramme système interaction**
Représentations et unités	- Pour bien distinguer dans le diagramme le système choisi des autres systèmes on souligne son nom dans le diagramme - L'action de A sur B est notée A/B
Fonctionnement du savoir	- Quand on étudie les interactions avec un objet il est nécessaire de faire un choix des objets qu'on prend en compte (on se limite aux objets qui agissent directement sur lui)

Tableau 39. Facettes en jeu dans le thème 3 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Actions réciproques Interaction de contact Interaction à distance Inter grav (Terre) Diagramme syst-inter	Passage d'un dessin d'une situation matérielle à une représentation schématique (diagramme syst-inter)

Tableau 40. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 3

Introduction de l'activité

Scène

Après l'introduction du modèle des interactions, le professeur passe tout de suite à la mise en œuvre de ce modèle à travers une activité directement liée à la 1ère activité déjà faite. Après avoir trouvé les objets agissant sur la pierre, les élèves doivent à présent interpréter les

interactions de ces objets avec la pierre en utilisant le modèle introduit. Le professeur lit l'activité et les élèves suivent dans leurs feuilles.

Fonctionnement du savoir

Le fonctionnement du savoir se limite à une **demande d'interpréter la situation en faisant un lien entre objets/évènements et théorie/modèle et de faire des opérations formelles du niveau des représentations** basées sur le modèle ; Le professeur demande aux élèves de s'appuyer sur le texte du modèle pendant qu'ils réalisent l'activité. Les élèves doivent effectuer le **passage d'un dessin d'une situation matérielle à une représentation schématique de cette situation.**

Topogénèse

Le professeur lance un travail de groupe en laissant la responsabilité aux élèves.

Réalisation de l'activité

Scène

Les élèves réalisent l'activité en groupes de deux. Ils disposent du texte de l'activité et de celui du modèle qui renferme les règles des représentations qu'ils doivent faire et le concept d'interaction et d'actions réciproques. Le professeur circule entre les élèves, il ramasse le matériel (pierre et élastique), demande aux élèves de rendre les autorisations pour être filmés et discute avec quelques élèves.

Fonctionnement du savoir

C'est le premier passage observé du niveau des objets/évènements au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle, de même c'est la première utilisation de ce nouveau registre sémiotique qu'est la schématisation d'une situation, donc la première réalisation de la représentation du diagramme système-interactions. Plusieurs erreurs et difficultés surgissent au niveau de la représentation du diagramme système-interactions donc au niveau du modèle ou de sa relation avec la situation, ex: "P (à un groupe): alors, vous avez mal interprété euh quelque chose dans le modèle, quand on a un , représenter sur le même, ces interactions avec le système sur le même schéma, vous vous avez fait au fait trois schémas donc vous avez un système central qui est la pierre hein puisque nous on a dit qu'on s'intéresse au système pierre, donc déjà celle-ci elle ne nous intéresse pas et là vous allez écrire simplement une fois le système pierre et puis marquer les interactions ensuite, et puis là il y a une autre erreur, il y a cette interaction, vous croyez qu'il faut la représenter comme ça?" et d'autres au niveau des objets/évènements, ex: "E: madame, on représente toutes les interactions? Aussi avec le support? P: ah non on a fait le choix, voilà avec le choix qu'on a fait tout à l'heure". Donc le problème de la transmission des actions apparaît de nouveau ; un élève aussi dit " la Terre elle n'est pas en contact avec la pierre?", il a peut-être confondu entre Terre et sol et utilisé l'idée qu'il a de la transmission des actions. Une question d'un élève montre qu'il n'est pas évident pour lui que la Terre agisse toujours sur les objets : "madame, faut mettre à chaque fois la Terre ou pas dans l'exercice?".

Des facettes relatives à la représentation du diagramme et à la modélisation sont utilisées par le professeur pour répondre aux erreurs et difficultés des élèves ; elles sont présentées sous forme de définitions. Par contre, nous n'avons pas repéré dans les interactions verbales relevées lors de ce travail en groupes les facettes interaction "quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)" et "la Terre agit toujours sur (attire) les objets" mais on peut supposer que les élèves les ont mises en œuvre lors de la représentation du diagramme puisqu'ils doivent représenter les objets qui sont en

interaction de contact avec la pierre et ceux qui le sont à distance. Donc ces facettes sont incorporées aux représentations.

L'activité met en jeu surtout des opérations formelles de l'ordre de la représentation. Le professeur intervient surtout pour critiquer/évaluer, définir quelques règles ou concepts et susciter les élèves à effectuer des opérations formelles.

Topogénèse

Le professeur intervient auprès d'un élève pour assurer la continuité du savoir dans le temps : "alors, c'est complètement lié à l'activité 1".

Pendant le travail en groupes, plusieurs élèves (une dizaine) semblent susciter l'intervention du professeur pour franchir les difficultés qu'ils rencontrent. Le professeur ne semble pas intervenir directement par lui-même sans demande de ses élèves. Donc la balle est a priori dans le camp des élèves sauf quand le professeur, en réponse à la demande des élèves, donne des éléments de réponse et corrige des erreurs, surtout au niveau de la représentation du diagramme, ce qui est normal puisque c'est la première mise en œuvre du modèle ; cependant ses interventions sont plutôt courtes et portent sur les règles de représentation plutôt que sur les interactions. La mise en œuvre des facettes est assurée par les élèves dans cette phase qui interprètent la situation en termes d'interactions et effectuent des opérations formelles en représentant le diagramme système-interaction dont les facettes correspondantes ont été introduites dans le thème précédent durant la présentation du modèle et sont présentes devant eux sur la feuille du modèle. Il faut rappeler que la situation pierre-élastique a déjà été traitée dans un thème précédent en termes d'action, donc la première question de l'activité est plutôt une répétition des interprétations déjà faites.

Correction de l'activité

Scène

Le professeur demande à un élève de passer au tableau pour représenter le diagramme système-interactions en guise de correction. Pendant que l'élève effectue la représentation, le professeur lui corrige les erreurs, les autres élèves n'interviennent pas mais corrigent, sous la demande du professeur, leur représentation faite sur leur cahier.

Fonctionnement du savoir

Au début de la correction, le professeur demande à un élève d'effectuer une interprétation en termes d'objets/évènements des objets qui agissent sur la pierre ; la classe avait déjà repéré dans le thème 1 ces objets. Ensuite la classe entière effectue, par le biais d'une représentation au tableau, le passage du niveau des objets/évènements au niveau relationnel objets/évènements et théorie/modèle. Le professeur ne cite pas le mot "modèle" mais a recours à lui implicitement en utilisant plusieurs règles de représentation. L'utilisation du nouveau registre de la représentation schématique se fait pour la première fois devant toute la classe. Les tâches principales présentes sont critiquer/évaluer, ce qui montre bien l'intervention du professeur pour corriger les erreurs ou confirmer les réponses et des opérations formelles qui correspondent à l'utilisation des règles de représentation du diagramme. Les facettes sont donc celles de la représentation. Il y a aussi des facettes « actions » qui ne sont pas verbalisées mais qui sont incorporées à la représentation des bulles et des flèches: la présence de deux bulles avec une flèche entre elles, implique une interaction entre les deux objets ; la flèche pleine traduit l'interaction de contact et celle en pointillé l'interaction à distance. On pourrait même aller à considérer que dès que le diagramme système-interaction est en jeu et en relation avec une situation matérielle, alors les facettes

"quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)", "la Terre agit toujours sur (attire) les objets" et "l'action de la Terre sur les objets est une action à distance" sont quasi systématiquement en jeu (si l'objet est au voisinage de la Terre et s'il touche un autre objet). Ainsi, la facette "l'action de la Terre sur les objets est une action à distance" est introduite pour la 1ère fois d'une façon implicite dans la représentation de la flèche en pointillés entre la bulle représentant la Terre et celle représentant la pierre. De même, la première facette du groupe action qui joue un rôle essentiel dans toutes les analyses des situations en termes d'action et plus tard dans l'enseignement des forces, n'est pas introduite par une définition mais « en acte », elle est associée à la représentation symbolique d'une flèche entre deux bulles ; par exemple, lors de la correction avec un élève au tableau qui fait le diagramme système-interactions, le professeur dit "bon alors allez-y montrez-nous l'interaction avec le système élastique" puis redemande "montrez-nous l'interaction entre le système pierre et le système élastique" et dit : "on écrit les interactions sur la flèche". Cependant le professeur n'explicite pas la signification des flèches, il ne parle pas de contact. On voit ici que la représentation oblige aussi de choisir un système. Ce travail met en jeu un « réseau de facettes » qui sont reliées par le fait que chacune d'elles constitue une étape dans la construction du diagramme. Les facettes action sont incorporées aux représentations.

On observe surtout dans cette activité une mise en jeu de règles. Les tâches relatives aux règles sont exclusives dans cette activité: la classe définit des règles et en utilise dans des opérations formelles. La présence d'autres tâches est très faible, sauf la tâche critiquer qui est réalisée par le professeur et qui est plutôt du niveau des interactions.

Commentaires

L'utilisation du nouveau registre de la représentation schématique qui se fait pour la 1ère fois devant toute la classe offre l'opportunité aux élèves de se familiariser plus avec ce registre qui leur a posé problème quand ils y étaient affrontés tous seuls lors du travail en groupes.

A la différence du thème précédent où le savoir était mis en jeu par des définitions, ce thème met en jeu le savoir par des opérations formelles, des représentations symboliques. Le concept de contact est incorporé aux représentations et n'est donc pas explicite.

Topogénèse

Le professeur fait passer un élève au tableau pour faire la représentation du diagramme mais ne lui laisse pas la responsabilité de le faire. Il pose souvent de courtes questions sur les différentes étapes de la représentation et évalue chaque étape que l'élève fait en corrigeant souvent ses erreurs, ex: "P: Non système pierre ça y est il est marqué donc maintenant vous allez faire une 2ème bulle, n'effacez pas tout effacez dans le 2ème vous effacez pierre" ou " à la limite je veux bien que vous mettiez P et E mais A et B non puisqu'on ne sait pas là qui sont A et B". Il se cantonne à la stricte réponse sans trop donner d'arguments et faire des justifications. On n'observe pas d'après les verbalisations un accord visible entre le professeur et les élèves sur la signification des flèches, il ne leur demande pas s'ils sont d'accord mais en même temps les élèves ne manifestent pas un désaccord, donc on peut supposer qu'un accord est établi. Il existe une cohérence entre ce que le professeur suscite et ce que les élèves réalisent (voir graphe tâches). Professeur et élèves réalisent les opérations formelles (plutôt l'élève qui est au tableau) et les interprétations presque à égalité alors que les définitions et les critiques sont uniquement du côté du professeur. Le professeur assure en grande partie l'avancement du savoir puisqu'il oriente trop le cours des choses.

2. Séance II (TP en demi-classe)

Cette séance est la deuxième séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 2. Elle est découpée en huit thèmes dont cinq sont liés aux interactions et trois aux forces. Nous analysons les thèmes 2 et 5 de cette séance.

Thème	Temps	Durée
1. Représentation d'un graphe	00:00 - 6:13	6:13
2. Etude des interactions pour des situations variées.	6:13 - 19:48	13:35
3. Différentes situations d'interaction pour un système choisi	19:48 - 37:48	18:00
4. Introduction du thème général de la notion de force	40:20 - 41:50	1:30
5. Détermination des phases du mouvement d'un objet, du sens de l'action sur cet objet de la variation de la vitesse	41:50 - 1:00:48	18:58
6. Analyse des interactions pour différentes phases du mouvement d'un objet (cas du médecine-ball)	1:00:48 - 1:11:30	10:42
7. Introduction de la force et sa représentation vectorielle et du principe des actions réciproques	1:11:30 - 1:16:10	4:40
8. Mise en œuvre de la force avec sa représentation vectorielle à partir des interactions (utilisation du modèle des interactions)	1:16:10 - 1:25:34	9:24

Tableau 41. Thèmes de la séance II

2.1. Thème 2: Etude des interactions pour des situations variées

Ce thème est le deuxième thème de la séance. Il est formé d'une seule phase correspondant à la correction de l'activité. Nous donnons pour ce thème le texte de l'activité ainsi que les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Phase	Temps	Durée	Org
Correction de l'activité	6:13 - 19:48	13:35	CE

Tableau 42. Phases didactiques du thème 2 ; Org : organisation de la classe ; CE : travail en classe entière où les productions sont disponibles à toute a classe ; GR : travail en petits groupes

Scène du thème

Ce thème constitue la correction d'une activité que les élèves avaient déjà commencé à faire en groupes pendant la séance précédente et qu'ils avaient continuée à la maison. Cette activité a nécessité, pour sa réalisation, l'utilisation du modèle des interactions dont les élèves disposent sous forme de feuille collée sur leur cahier ; ce modèle contient à la fois les règles de représentation du diagramme système-interactions et des concepts physiques, notamment la définition d'une interaction et le principe des actions réciproques (voir annexe 2).

La correction se fait par les élèves au tableau. Sous la demande du professeur, six élèves passent au tableau en deux fois, trois élèves à chaque fois. Chacun de ces élèves représente le diagramme d'une situation différente. Pendant que ces élèves sont au tableau, le professeur demande aux autres qui sont assis d'évaluer les représentations faites au tableau et de les comparer avec celles qu'ils ont faites sur leur cahier. Une fois les représentations terminées, le professeur et les élèves discutent des propositions et corrigent les erreurs. Les échanges se font sous forme de questions plutôt ouvertes initiées souvent par le professeur et de réponses des élèves plus ou moins développées. A la fin de la correction de chaque représentation, les élèves corrigent ensuite sur leurs cahiers les représentations en s'appuyant sur celles présentes au tableau.

Texte de l'activité

A l'aide du modèle des interactions, construire le diagramme système-interactions décrivant les situations suivantes. Le mot souligné désigne l'objet correspondant au système considéré.
1. a) Un objet posé sur une table. b) Une table sur laquelle est posé un objet.
2. La Terre, planète du Soleil et qui a elle-même un satellite naturel, la Lune (on néglige les interactions mettant en jeu les autres corps).
3. Un cerf-volant tenu par un fil.
4. a) Un motard circulant à vive allure sur sa moto.
4. b) Une moto conduite à vive allure par un motard.

Tâches épistémiques

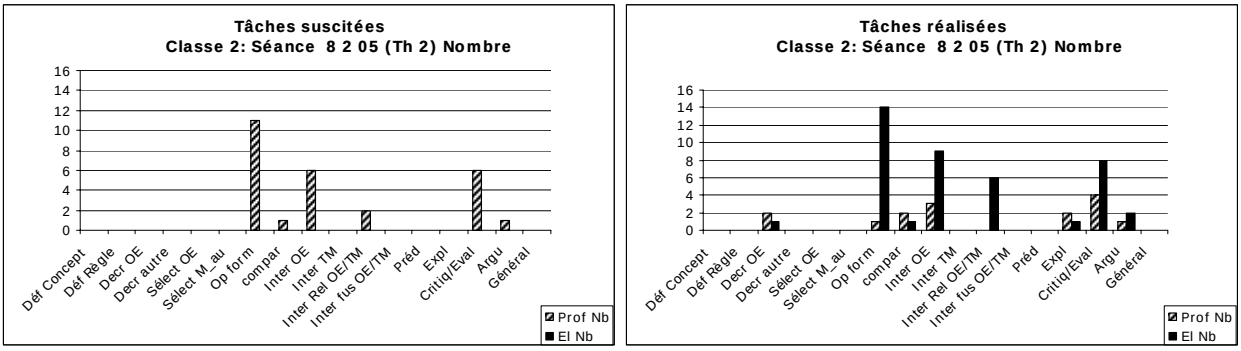


Figure 23.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 2

Facettes en jeu

Action – Inter	- Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B). - Il y a 2 types d'actions (interactions): à distance et de contact - L'action de la Terre sur les objets est une action à distance - La Terre agit toujours sur (attire) les objets **- L'action de la Terre est toujours vers le bas**
Force – Inter	**- La force (l'action) exercée par la Terre et la force (l'action) exercée par le sol ne sont pas les mêmes forces**
Réal Repr	- Réalisation de la représentation du diagramme système interaction
Représentation	- Pour bien distinguer dans le diagramme le système choisi des autres systèmes on souligne son nom dans le diagramme - L'interaction de contact est représentée par une double flèche en traits pleins - L'interaction à distance est représentée par une double flèche en pointillés - L'action de A sur B est notée A/B
Frottement	**- Plus la valeur de la vitesse est importante plus l'action de l'air est importante**

Tableau 43. Facettes en jeu dans le thème 2 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Actions réciproques Interaction de contact Interaction à distance Inter grav (Terre) Diagramme syst-inter	Passage d'une description en langage courant d'une situation matérielle à une représentation schématique (diagramme syst-inter)

Tableau 44. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 2

Fonctionnement du savoir

Il s'agit dans cette activité de représenter le diagramme système-interactions pour plusieurs situations dont certaines mettent en jeu des objets inanimés, d'autres un être humain (le

motard). L'activité met donc en jeu des interprétations des situations à partir du modèle des interactions ainsi que des opérations formelles pour permettre le passage d'une situation décrite en langue naturelle à sa représentation schématique. Les élèves au tableau interprètent et effectuent des représentations formelles et sont ensuite évalués par la classe. Les facettes action-interaction sont incorporées dans les représentations et non explicitées en langue naturelle ; nous supposons que du fait que les élèves représentent les objets qui sont en contact avec l'objet étudié, qu'ils représentent la Terre et qu'ils utilisent des flèches pleines ou en pointillé, ils mettent en jeu ces facettes qui se rapportent au contact et à l'action de la Terre qui est à distance. Les facettes représentation sont explicitement utilisées lors de l'évaluation par le professeur et les élèves des propositions de certains élèves, surtout des représentations faites au tableau. Le savoir vit donc essentiellement dans ce thème par les représentations. Ces représentations ne renferment pas juste des règles mais véhiculent beaucoup de savoir, essentiellement en lien avec le concept de contact et l'action de la Terre. Deux groupes de facettes se trouvent donc simultanément en jeu par le biais des représentations, l'un étant explicitement mis en jeu, celui des règles de représentations et l'autre implicitement, celui des actions-interactions.

La mise en œuvre de ces représentations fait émerger plusieurs difficultés conceptuelles. Nous observons une confusion chez une élève entre Terre et sol: elle confond la terre du jardin ou le sol et la planète Terre, donc propose une interaction de contact avec la Terre. Une argumentation est menée entre cette élève et un autre mettant en jeu des interprétations au niveau des objets/évènements ainsi que des descriptions d'objets/évènements. Le professeur, pour relever cette confusion, fait ensuite la différence entre la planète Terre et le sol par les effets de l'action de chacun: "l'action du sol empêche la table de s'enfoncer alors que la Terre, au contraire, attire vers son centre". Il introduit donc explicitement pour la 1ère fois, deux facettes, le fait que l'action de la Terre soit vers le bas et qu'elle soit différente de celle du sol. Le système sol est ainsi ajouté au diagramme ; l'élève qui l'avait représenté n'avait pas pris en compte tous les objets qui étaient en contact avec le système.

Nous supposons donc qu'au moins chez les deux élèves cités ci-dessus (celle qui confond Terre et sol et celui qui oublie de représenter le sol) la relation entre contact et action pose encore problème. Pour les autres élèves nous ne pouvons le dire.

Lors du deuxième passage de trois élèves au tableau, les trois oublient de mettre l'air. D'autres élèves repèrent cet oubli et le professeur dit qu'il faut le mettre puisque la vitesse est grande, introduisant ainsi pour la première fois la facette frottement. Il félicite un élève de ne pas avoir oublié le sol bien qu'il ait oublié la Terre et rappelle encore une fois la différence entre Terre et sol. Le professeur souligne enfin l'importance du diagramme système-interactions : "l'intérêt de ce diagramme c'est de s'imaginer de représenter toutes les actions", il constitue donc un moyen de mieux se représenter les situations matérielles.

Trois nouvelles facettes sont introduites dans cette phase de correction. Bien que le modèle ait déjà été présenté ; ceci montre le rôle que jouent les activités dans l'introduction d'un nouveau savoir, surtout quand elles présentent, comme celle-ci, plusieurs nouveaux champs d'application. Le savoir n'est pas introduit par des définitions mais par des interprétations faites par la classe en réponse à des questions ou des difficultés d'élèves.

Commentaires

Par rapport aux thèmes précédents déjà analysés et qui mettaient en jeu une tâche isolée comme l'interprétation en termes d'objets/évènements pour le 1er, les définitions pour le 2ème et les opérations formelles pour le 3ème, ce thème est le 1er qui met en jeu des tâches variées, et surtout des interprétations aux deux niveaux, objets/évènements et relationnel entre

objets/évènements et théorie/modèle ainsi que des opérations formelles avec des descriptions et des argumentations. C'est comme si la classe est passée du traitement de notions spécifiques (action et représentation) à leur mise en relation. Cependant, la notion de contact reste implicite et se trouve incorporée aux représentations. Son champ d'application s'étend avec six nouvelles situations.

Topogénèse

Les élèves au tableau ont la responsabilité de représenter les diagrammes système-interactions. Le professeur n'intervient pas pendant qu'ils font ces représentations au tableau. Ces élèves font des représentations qui mettent en jeu plusieurs facettes ; la mise en jeu de ces facettes est donc leur responsabilité à ce moment. Une fois qu'ils ont fini, le professeur laisse souvent la responsabilité aux autres élèves de juger ces représentations. Souvent il laisse les élèves évaluer par eux-mêmes les propositions de leurs camarades et juger s'il y a ou non une erreur, en leur demandant tout simplement "est-ce que vous êtes d'accord ?" et les élèves affirment par un "oui" ou corrigent ce qui est faux de leur point de vue, ex: "entre la table et la Terre on met une flèche de contact". Parfois, le professeur commence lui-même par évaluer les propositions en affirmant l'existence d'une erreur "qu'est-ce qui manque dans le diagramme de Clément?" et pousse les élèves à continuer l'évaluation "il a oublié de souligner". Donc les élèves assurent cette responsabilité donnée par le professeur ; ils critiquent/évaluent le travail de leurs camarades et pointent souvent les erreurs.

Comme nous l'avons vu ci-dessus, une élève interprète une situation en confondant Terre et sol et défend son point de vue auprès d'un autre élève en menant une argumentation. Cette confusion conduit le professeur à se déplacer vers le tableau afin de s'appuyer sur la représentation qui est là-dessus pour faire la différence entre sol et Terre qui peut poser problème à plusieurs élèves et met en jeu la facette différenciant Terre et sol. Cette facette et les deux autres nouvelles facettes sont introduites par le professeur mais l'ont été suite à des interventions d'élèves qui soit ont repéré des erreurs dans les réponses de leurs camarades, soit font eux-mêmes la confusion, ce qui a poussé le professeur à introduire un nouveau savoir. Si ces élèves n'avaient pas critiqué/évalué pendant cette correction il n'y aurait peut être pas eu un nouveau savoir introduit.

On observe, d'après les graphes des tâches, une cohérence entre les tâches suscitées par le professeur et réalisées par les élèves ; cette cohérence existe pour les différentes instances de tâches dans le thème. Les élèves réalisent même un peu plus que ce que le professeur les suscite à réaliser, ceci prouve un certain engagement de leur part vis à vis du savoir. D'ailleurs la réalisation des tâches est plutôt dans la main des élèves, le professeur en réalise très peu lui-même et en suscite beaucoup, ceci prouve sa volonté à laisser les élèves faire. Les élèves critiquent beaucoup pendant ce thème, une tâche qu'on n'observe pas nécessairement souvent de leur part. Les tâches de ce thème sont plutôt représentatives des tâches de cette classe sur l'ensemble de la séquence (cf. chapitre 4) dans le sens où les élèves réalisent des tâches plus que le professeur et surtout des opérations formelles et des interprétations aux deux niveaux, celui des objets/évènements et celui relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle ainsi que les critiques/évaluations.

En résumé, le professeur laisse en grande partie la responsabilité aux élèves pendant ce thème, il intervient pour susciter des tâches auprès des élèves et résoudre le problème du sol et de la Terre.

2.2. Thème 5: Détermination des phases du mouvement d'un objet, du sens de l'action, variation de sa vitesse (cas d'un médecine-ball qu'on lance et qu'on rattrape)

Ce thème est le cinquième thème de la séance. Il est formé de trois phases correspondant à des moments d'introduction, de réalisation et de correction de l'activité. Nous donnons pour ce thème le texte de l'activité ainsi que les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite, suivant les phases, la scène et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Phase	**Temps**	**Durée**	**Org**
Introduction de l'activité	41:50 - 43:00	1:10	CE
Réalisation de l'activité	43:00 - 56:40	13 :40	GR
Correction de l'activité	56:40 – 1:00:48	4 :08	CE

Tableau 45. Phases didactiques du thème 5 ; Org : organisation de la classe ; CE : travail en classe entière où les productions sont disponibles à toute a classe ; GR : travail en petits groupes

Texte de l'activité

Lancer le médecine-ball à la verticale et le rattraper.
Repérer et noter le (ou les) moment(s) où vous exercez une action sur le médecine-ball, préciser chaque fois dans quel sens s'exerce cette action sur le médecine-ball.
Repérer et décrire les différentes phases dans le mouvement du médecine-ball (on se contente d'étudier le mouvement de son centre). Pour chacune des phases, préciser comment varie la vitesse du médecine-ball.

Tâches épistémiques

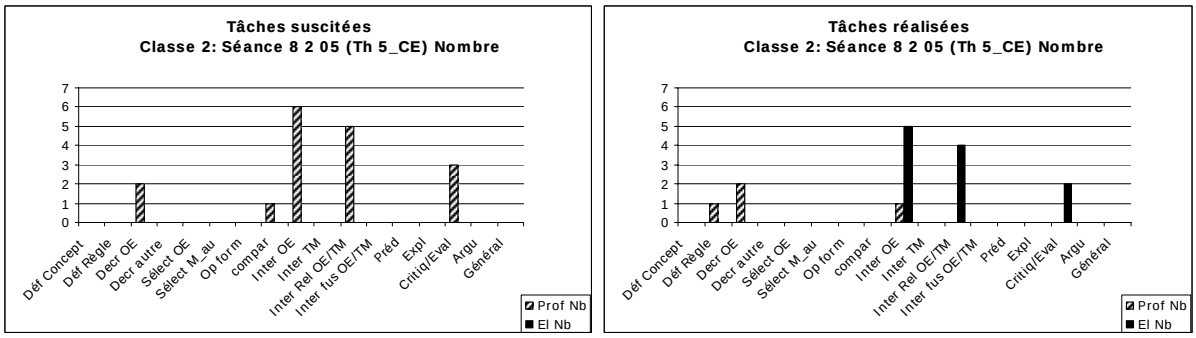


Figure 24.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 5

Facettes en jeu

Action – Inter	- Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B) **- L'action a un sens**
Frottement	- *Les frottements de l'air ralentissent le mvt.*
Procédures	**- Pour empêcher un objet de s'enfoncer on exerce sur lui une action vers le haut (pour trouver le sens de l'action).**
Mvt	- Le mouvement du point représentant un objet est caractérisé par : sa direction, son sens (à une direction correspond deux sens), la vitesse du point.
Variat vitesse	- la valeur de la vitesse peut augmenter. - la valeur de la vitesse peut diminuer.

Tableau 46. Facettes en jeu dans le thème 5 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	Registres sémiotiques
Mvt-Vitesse (phases) Action à distance Action de contact Sens/direction d'une action Mvt-Variation de vitesse	Passage d'une situation matérielle et de sa description en langage courant au sens de l'action, aux phases du mvt et à la variation de la vitesse

Tableau 47. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 5

Introduction de l'activité

Scène

Le professeur demande aux élèves de réaliser une activité qui porte sur l'action et son sens et sur les phases d'un mouvement. Il décrit d'abord la procédure pour faire l'activité: "d'abord vous allez vous mettre debout… ensuite lancer le médecine-ball à la verticale et le rattraper" et lit ensuite les questions.

Fonctionnement du savoir

Cette activité suscite des interprétations au niveau des objets/évènements quand il s'agit des actions et leur sens ainsi que des descriptions et des interprétations au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle quand il s'agit de l'étude des phases du mouvement en lien avec la variation de la vitesse. La facette "l'action a un sens" est introduite pour la 1ère fois dans l'énoncé de l'activité "préciser chaque fois dans quel sens s'exerce cette action sur le médecine-ball" et non pas de manière formelle par le professeur. Le professeur ne fait que lire l'énoncé qui sous-entend cette facette.

Topogénèse

Avant de lire le texte de l'activité le professeur donne aux élèves une consigne supplémentaire qui ne se trouve pas dans le texte: "d'abord vous allez vous mettre debout". Le professeur lit ensuite le texte de l'activité. Il demande aux élèves de relire chaque question et leur dit à nouveau qu'il vaut mieux qu'ils se mettent debout. C'est lui qui dirige le jeu pendant cette phase, les élèves ne font qu'écouter ce qu'il dit.

Réalisation de l'activité

Scène

Le professeur donne une remarque à toute la classe qui décrit la procédure pour lancer le médecine-ball : "verticalement hein". Les élèves disposent d'un médecine-ball par groupe et chaque élève lance le médecine-ball, ils sont en plein dans l'exploration de la situation matérielle et doivent répondre aux questions de l'activité. Le professeur circule entre les groupes et discute avec plusieurs d'entre eux.

Fonctionnement du savoir

La facette "l'action a un sens" est présente explicitement dans l'énoncé de l'activité que les élèves ont sous les yeux et dans des interventions du professeur auprès de plusieurs groupes (presque les deux tiers de la classe), ex: " je suis en train de vous demander le sens de l'action de vos mains". Elle l'est aussi explicitement dans les verbalisations des élèves quand ils répondent aux questions, ex: " au début c'est vers le haut après c'est vers le bas l'action".

La plupart des élèves avec lesquels le professeur discute semblent arriver à repérer les moments où ils exercent une action sur le médecine-ball: "P: mais d'abord quand est-ce que

vous exercez une action? E: au moment où je la lance, P: on la lance et y a aussi, E: le rattrapage, P: oui". Ils interprètent la situation en termes d'objets/évènements et mettent en jeu implicitement les facettes action, "quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui" et "quand un objet A n'est plus en contact avec l'objet B il n'exerce plus une action sur lui". La 1ère est mise en jeu quand ils repèrent les 2 moments où l'action s'exerce: lancer et rattrapage, et la 2ème quand ils reconnaissent qu'il n'y a pas d'action des mains à part les moments où elles touchent la balle. Par rapport à cette 1ère question, les élèves que nous entendons discuter avec le professeur semblent donc réussir à associer le contact à l'action.

Nous observons chez les élèves avec lesquels le professeur discute une difficulté à distinguer le mouvement du médecine-ball et le mouvement des mains du sens de l'action exercée par les mains, ex: "P: je ne suis pas en train de vous demandez le mouvement du médecine-ball, je suis en train de vous demander le sens de l'action de vos mains, lancez-le et rattraper-le, mettez vous bien dans vos mains" ou "E: au début c'est vers le haut après c'est vers le bas l'action". Nous interprétons ceci soit par le fait qu'ils considèrent que si le mouvement du médecine-ball est vers le haut il y a une action vers le haut et s'il est vers le bas il y a une action vers le bas, soit par le fait qu'ils regardent le mouvement des mains qui descendent un peu quand elles rattrapent le ballon et associent leur mouvement à l'action qu'elles exercent (nous considérons que cette interprétation est plus probable d'après leurs réponses).

Une autre difficulté observée chez ces élèves est celle de repérer les différentes phases du mouvement. Quelques-uns ont du mal à décrire en différenciant mouvement et variation de vitesse "la vitesse augmente diminue s'arrête". Le professeur essaie d'attirer leur attention plus sur le mouvement que sur la vitesse "ça c'est une autre partie de la question la vitesse" et d'autres fois il suit leur raisonnement en termes de vitesse "P: et bah si elle augmente et ensuite elle diminue (la vitesse) vous croyez qu'on peut mettre ça dans une même phase?". D'autres confondent lancer avec montée pour en faire une seule phase et descente avec rattrapage, ex: "E: les différentes phases c.à.d il monte il s'arrête après il descend, c'est ça?", "P: on lance ou la montée? Ça fait qu'une phase ça?". Ils ne pensent donc pas en termes d'action ou de contact puisque pour eux, le moment où les mains sont en contact avec le médecine-ball et exercent donc une action sur lui n'est pas différent du moment où le médecine-ball est en mouvement sans qu'elles le touchent. Le professeur essaie d'orienter leur réflexion vers les actions "regardez dans ce que vous venez de faire dans la 1ère partie".

Les tâches principales présentes dans ce thème sont l'interprétation et la description.

Le groupe de facettes action est essentiellement mis en jeu dans la 1ère question alors que les autres groupes (mouvement, variation de vitesse, langage) le sont dans la 2ème question et sont liés par le fait que les élèves décrivent souvent le mouvement par sa vitesse. Le groupe action est séparé des autres groupes pour les élèves alors que le professeur essaie de faire comprendre aux élèves qu'ils sont reliés dans la 2ème question par le fait que le lancer et la montée ne peuvent pas être différenciés sans penser à l'action des mains.

Topogénèse

Les élèves sont confrontés, par groupes de 2, à une situation matérielle et doivent répondre aux questions. Ils ont donc a priori la responsabilité du savoir. Plusieurs élèves assument cette responsabilité alors que d'autres demandent l'aide du professeur ou c'est lui qui prend l'initiative de les aider.

Vers le début du travail en groupes, pendant les trois premières minutes, le professeur intervient au niveau de toute la classe pour donner des remarques concernant les procédures ou la gestion de la classe, ex: "à la verticale (pour le lancer)", "P: vous répondez aux questions, c'est pas activité médecine-ball c'est on répond aux questions de physique".

Les interventions du professeur auprès des groupes sont variées. Auprès de quelques-uns (le tiers à peu près) il n'intervient jamais. Auprès d'un groupe qui sollicite son évaluation il ne fait que suivre le raisonnement adopté par une élève (qui se trouve être bon et évaluer "oui oui, vous êtes persuadée?". En fait dans ce groupe, les élèves prennent vraiment la responsabilité: une des élèves corrige l'erreur de l'autre, lui donne des arguments et sollicite l'aide du professeur juste pour évaluer son raisonnement. Cependant, auprès d'autres groupes, le professeur essaie d'orienter les élèves: il évalue très rarement leurs réponses mais leur pose plutôt des questions pour les susciter à décrire et interpréter et les élèves répondent à sa demande et mettent en jeu les facettes données dans le tableau ci-dessus. Le professeur essaie donc d'aider les élèves à trouver la bonne réponse mais la donne rarement lui-même, ex: "P: je ne suis pas en train de vous demandez le mouvement du médecine-ball, je suis en train de vous demander le sens de l'action de vos mains, lancez-le et rattraper-le, mettez vous bien dans vos mains", "regardez dans ce que vous venez de faire dans la 1ère partie". La responsabilité du savoir est donc principalement du côté des élèves. Le professeur guide quelques- uns mais ne prend pas vraiment la responsabilité du savoir à sa charge.

Correction de l'activité

Scène

Le professeur repose à des élèves qu'il choisit les questions du texte de l'activité et ceux-ci répondent. Leurs réponses sont considérées comme la correction de l'activité. Il écrit ensuite lui-même les réponses au tableau et demande aux élèves de corriger leurs réponses sur leur cahier. Les médecine-balls sont toujours présents dans cette phase de correction mais ne sont pas utilisés.

Fonctionnement du savoir

Le professeur suscite de nouveau, en posant les questions du texte, des interprétations au niveau des objets/évènements et au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle quand il s'agit des questions en lien avec la vitesse. Pour les moments où on exerce une action sur le médecine-ball la réponse donnée est "lancer et rattrapage" sans évoquer le contact entre les mains et le médecine-ball ni de la part du professeur ne de la part des élèves. La facette "quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui" est donc implicitement mise en jeu dans ces réponses (lancer et rattrapage). Le professeur passe ensuite au sens de l'action. Pour l'action des mains lors du rattrapage qui a posé problème à plusieurs élèves lors du travail en groupes, le professeur insiste sur le fait que l'action est vers le haut "lorsque vous rattraper le médecine-ball c'est vers le haut aussi". Pour renforcer son interprétation en termes d'action il décrit ce que font les mains, par rapport au ballon, quand elles rattrapent le ballon en faisant des gestes "pour éviter que le ballon descende vers le sol qu'est-ce que vous faites avec vos mains? Vous le poussez vers le haut" introduisant ainsi une nouvelle facette procédurale. Le professeur ne reprend pas dans son discours les difficultés que les élèves ont eu à séparer sens de l'action et sens du mouvement du médecine-ball ou des mains. Cette différence délicate entre le mouvement observable des mains vers le bas qui traduit l'action du médecine-ball sur elles et ce que font les mains pour arrêter le médecine-ball qui n'est pas très observable et qui traduit leur action sur lui n'est mise en évidence par le professeur que par le geste, elle n'est pas explicitée verbalement. Le professeur effectue un raisonnement un peu par l'absurde, c'est comme s'il disait que si les mains n'exercent pas une action vers le haut le médecine-ball continue de descendre.

Pour les phases du mouvement, le professeur explique que c'est en repérant des différences dans le mouvement qu'on repère les phases: "il faut qu'on essaie de cerner les phases qui diffèrent pour le mouvement". Il précise aux élèves qu'il faut raisonner en tant que physicien

dans le sens où il faut adopter le point de vue de la physique pour repérer les phases, ce qui serait en termes de différence dans le mouvement.

Les élèves donnent la réponse qui sous-entend une interprétation en termes d'objets/évènements mais on n'observe ni de descriptions ni un niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle. Aucune justification n'est donnée pour ces phases bien qu'elles aient été objet de débat entre le professeur et plusieurs groupes pendant la réalisation de l'activité. Le seul commentaire du professeur quand un élève donne une réponse manquante est en termes de cohérence "est-ce que c'est cohérent son histoire là?", c'est comme s'il manquait quelque chose à la réponse mais peu importe dans le fond pourquoi ça manque ou pourquoi ça doit exister, aucune justification n'est faite. Les actions des mains et la variation de la vitesse ne sont pas évoquées alors qu'elles l'étaient pendant le travail en groupes.

Par rapport à la variation de la vitesse, la tâche observée est l'interprétation au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle, sans description. L'interprétation se fait en termes d'état initial et final de la vitesse et par suite en termes de variation, ex:"P: bien sûr vous partez d'une vitesse nulle donc vous allez faire augmenter la vitesse".

On remarque pendant cette phase de correction que chacun des groupes de facettes est mis en jeu indépendamment des autres dans le discours alors que pendant le travail en groupes ce n'était pas le cas: les groupes mouvement et variation de vitesse étaient reliés dans le discours des élèves pour la détermination des phases du mouvement alors que maintenant ils ne le sont pas ; le professeur pendant le travail en groupes reliait dans son discours les groupes mouvement et action alors que pendant cette phase il ne le fait pas.

Topogénèse

Le professeur lit les questions et demande aux élèves de répondre. Les élèves répondent à l'attente du professeur, ceci se voit dans les tâches suscitées par le professeur et réalisées par les élèves et qui sont cohérentes d'après les diagrammes des tâches suscitées et réalisées. Le professeur s'assure souvent que les élèves ont compris en les poussant à critiquer/évaluer les réponses données "vous êtes tous d'accord?" "vous avez corrigé vous avez vérifié?" et les élèves répondent souvent par un "oui" ou ne disent rien. A un moment le professeur essaie de prendre et de donner aussi aux élèves le rôle de physicien "nous raisonnons en physiciens" dans le sens où il veut adopter avec les élèves le point de vue de la physique pour repérer les phases, ce qui serait en termes de différence dans le mouvement.

Les réponses des élèves sont souvent données en un mot sans creuser le raisonnement qu'il y a derrière. Le professeur ne suscite pas plus que ces réponses courtes et les élèves n'en font pas plus, ni lui d'ailleurs. Les seuls moments où on observe un peu un raisonnement de physicien sont quand le professeur donne la procédure pour trouver l'action des mains et quand il parle de la variation de la vitesse. La responsabilité du savoir est la plupart du temps du côté du professeur qui choisit les élèves qui doivent répondre sans laisser le choix ouvert à tout le monde et qui fait seul des commentaires. Bien que les élèves dans leurs réponses réalisent la plupart des tâches et mettent en jeu des facettes, ils se contentent de donner les réponses que le professeur attend et d'une façon très brève. Par moments, on sent que le savoir "flotte" tout seul dans la classe, ni le professeur ni les élèves ne l'explicitent: on n'observe pas de justifications des réponses, les difficultés des élèves rencontrées donc pendant le travail en groupes ne sont pas prises en considération. Les productions verbales sont réduites à des mots qui restent des indices porteurs de savoir ou non pour les élèves ; personne ne prend la charge de produire ce qui peut être vraiment informatif sur le savoir.

Commentaires

L'activité mise en jeu dans ce thème porte surtout sur la différentiation entre sens de l'action et sens du mouvement. Cette différentiation peut aider les élèves à ne pas mobiliser la conception qu'un objet en mouvement doit avoir une force dans la direction du mouvement, surtout dans le cas d'un lancer ou d'une réception. La notion de contact se trouve au cœur de cette différentiation. L'action n'est donc pas étudiée pour elle-même dans ce thème mais surtout pour sa relation avec le mouvement. Nous trouvons donc surtout des facettes action, mouvement et variation de la vitesse.

Alors que le savoir était mis en jeu dans les représentations symboliques dans le thème précédent, il l'est surtout par une situation matérielle dans ce thème où les élèves expérimentent matériellement le contact, leur perception est en jeu et observent le mouvement avant d'interpréter la situation. Le savoir relatif au contact est donc surtout mis en jeu dans des interprétations au niveau des objets/évènements.

Il faut noter pendant ce thème l'importance du travail en groupes qui dure presque 13 min alors que le travail en classe entière dure uniquement 5 min presque. Tout se joue pendant ce travail en groupes où les élèves manipulent, répondent aux questions et sont aidés par le professeur.

3. Séance III (cours en classe entière)

Cette séance est la troisième séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 2. Elle est découpée en trois thèmes liés aux interactions et aux forces. Nous analysons le thème 3 de cette séance.

Thème	Temps	Durée
1. Interactions : relations entre une représentation symbolique et une ou plusieurs situations matérielles	3:44 – 8:58	5:14
2. Représentation de la force (avec direction et sens) modélisant une interaction (mais pas longueur des vecteurs)	9:34 - 19:44	10:10
3. Représentation de la force modélisant un objet en mouvement	19:44 - 50:15	30:31

Tableau 48. Thèmes de la séance III

3.1. Thème 3: Représentation de la force modélisant un objet en mouvement

Ce thème est formé de trois phases correspondant à des moments d'introduction, de réalisation et de correction de l'activité. Nous donnons pour ce thème le texte de l'activité ainsi que les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite, suivant les phases, la scène et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Phase	Temps	Durée	Org
Introduction	19:17 – 21:20	2:03	CE
Réalisation de l'activité	21:20 – 30:48	9:28	GR
Correction de l'activité	30:48 – 48:40	17:52	CE

Tableau 49. Phases didactiques du thème 3 ; Org : organisation de la classe ; CE : travail en classe entière où les productions sont disponibles à toute a classe ; GR : travail en petits groupes

Texte de l'activité

A partir de la correction des diagrammes médecine-ball - interactions, et de l'ensemble du modèle des interactions (1ère et 2e partie), compléter le tableau pour les quatre phases dans le cas du lancer vertical (le modèle vous permet de répondre à toutes les questions sauf la dernière colonne).

	Faire la liste des forces qui s'exercent sur le médecine-ball	Représenter les forces qui s'exercent sur le médecine-ball (représenté par un point et noté M-B)	Représenter le sens du mouvement et rappeler la façon dont varie la vitesse du médecine-ball (activité 1 ci-dessus)	A votre avis, les forces qui s'exercent sur le médecine-ball se compensent-elles ?
Lancer		• M-B		
Montée		• M-B		
Descente		• M-B		
Réception		• M-B		

Tâches épistémiques

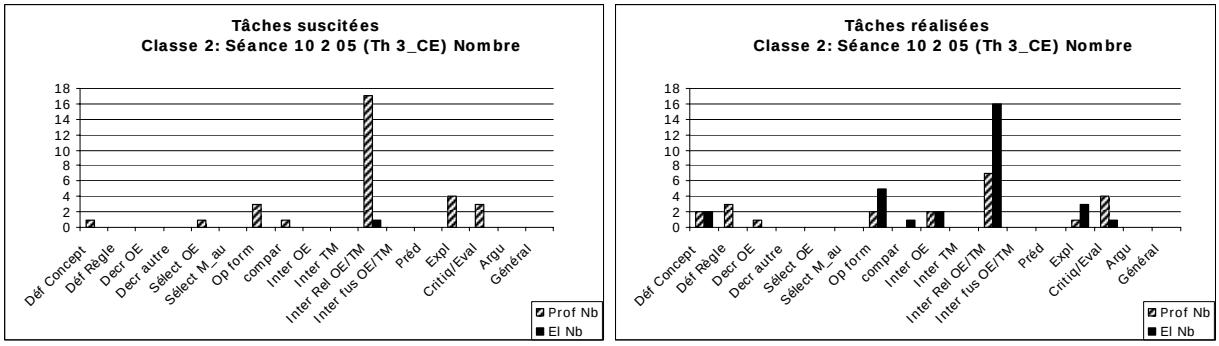


Figure 25.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 3

Facettes en jeu

Force - Inter	- La force « modélise » l'action d'un système (objet) sur un autre (L'action est représentée par une force). **- Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets.** - La Terre exerce toujours une force sur les autres objets. **- La force exercée par la Terre sur un objet est un vecteur vertical toujours dirigé vers le bas.**
Vecteur Force	- La force a un sens. - Si plusieurs forces colinéaires se compensent, la somme des forces dans une direction est égale à la somme des forces dans l'autre direction.
Réal Repr	- Réalisation de la représentation d'une force.
Représentation	- L'objet est représenté par un point. - L'origine du vecteur force est le point représentant le système (l'objet) sur lequel s'exerce la force. - La longueur du vecteur (de la flèche) représente l'intensité de la force. **- Lorsque 2 forces exercées sur un objet ont le même sens on les représente l'une à côté de l'autre.**
Langage	- Force exercée par X sur Y.
Frottement	**- Pour modéliser les frottements d'un fluide (gaz ou liquide) sur un système, le physicien utilise une force toujours de même direction que le mouvement et de sens opposé au mouvement.**
Fct	- Pour empêcher un objet de s'enfoncer on exerce sur lui une action vers le haut (pour trouver le sens de l'action).

Variation de la vitesse	- La valeur de la vitesse peut augmenter - La valeur de la vitesse peut diminuer
Mvt	- L'objet en mouvement a un sens.

Tableau 50. Facettes en jeu dans le thème 3 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Forces à distance Forces de contact Carac. d'une force Représentation d'une force Sens du Mvt Variation de vitesse Compensation des forces	Passage d'une situation matérielle antérieure et de sa représentation schématique (diagramme système-interactions) à une autre représentation (Représentation des forces)

Tableau 51. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 3

Introduction

Scène

Le professeur est au premier rang en face des élèves et lit l'activité. Il demande ensuite aux élèves de répondre aux questions, lançant ainsi un travail en groupes de deux.

Fonctionnement du savoir

Cette activité met en jeu des interprétations de niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle ainsi que des opérations formelles puisqu'il s'agit de passer d'une situation matérielle antérieure et de sa représentation schématique (diagramme système-interactions) à une autre représentation schématique vectorielle (forces). Le professeur insiste sur l'importance de s'appuyer sur le modèle pour répondre aux questions "on vous demande grâce aux diagrammes et grâce au modèle de répondre aux questions dans les trois premières colonnes". Pour la compensation des forces le professeur explique aux élèves qu'ils n'ont pas encore le modèle qui puisse les aider à répondre à cette question et leur demande de s'appuyer sur leur intuition pour le faire "vous allez répondre mais non pas en vous appuyant sur le modèle mais là en cherchant un petit peu dans votre tête avec votre intuition hein mais vous ne pouvez pas vous appuyer sur un modèle pour le moment".

Topogénèse

Le professeur détient du savoir, il présente l'activité aux élèves et les orientent en leur donnant des consignes, notamment le fait de s'appuyer sur le modèle ; pour cette activité, le professeur donne une place essentielle dans le rapport au savoir, c'est lui qui sert de référence et non le professeur.

Réalisation de l'activité

Scène

Les élèves réalisent l'activité par groupes de deux. Ils possèdent la feuille du modèle et l'activité précédente où les diagrammes système-interactions des situations en jeu dans cette activité sont représentés, pour s'en servir dans leurs réponses aux questions. Le professeur circule parmi les élèves et tantôt prend l'initiative de discuter avec eux ou leur faire des remarques et tantôt le fait suite à leur demande.

Fonctionnement du savoir

Les élèves sont en pleine interprétation de la situation au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle puisqu'ils doivent interpréter les différentes phases du mouvement du médecine-ball en termes de force, de sa représentation et de la variation de la vitesse. Ils effectuent de même des opérations formelles en représentant les forces qui s'exercent sur le médecine-ball ; d'ailleurs c'est la deuxième fois que les élèves représentent les forces s'exerçant sur un objet, la première fois était dans le cas de la situation pierre-élastique. On observe chez quelques élèves des difficultés à interpréter la situation et à effectuer les représentations. Au niveau des représentations, on observe chez 2 élèves une difficulté à représenter deux forces de même sens, ils ont tendance à les représenter détachées ; le professeur introduit alors pour la 1ère fois la dernière facette représentation. Deux autres élèves se posent la question de la notation des forces et de la possibilité de représenter deux forces en un seul vecteur avec une notation traduisant la somme des deux " on ne peut pas mettre F A+T *(notation signifiant force de l'air + Terre)* sur MB?" ; le professeur utilise alors la facette langage reliée à la notation standard d'une force F exercée par X sur Y. Deux élèves se posent aussi la question de la longueur des vecteurs et le professeur ne donne pas de réponse mais dit qu'ils en discuteront plus tard. Nous observons une difficulté vraiment conceptuelle qui se manifeste chez une élève, celle de différencier le sens de l'action exercée par les mains du sens du mouvement des mains lors de la réception du médecine-ball bien que cette question ait été traitée dans la séance précédente: "E: je voulais juste savoir si c'est au moment où on a bloqué la balle à la réception ou alors le moment où on la rattrape c'est-à.-dire on touche le médecine-ball puisqu'on a quand même ce geste (vers le bas) pour atténuer, P: bon et ça change quelque chose?, E: oui dans le sens où vont les mains… si on s'arrête ça bouge alors que si on l'atténue ça continue d'aller vers le bas". L'élève donne enfin la bonne réponse mais nous ne savons pas si elle la donne pour répondre à l'attente du professeur et de sa copine ou parce qu'elle est vraiment arrivée à faire la différence entre sens de l'action et sens du mouvement des mains.

Topogénèse

Le professeur intervient auprès de 8 élèves à peu près, cependant ses interventions se font la plupart du temps suite à la demande des élèves qui suscitent une interprétation, une mise en œuvre d'une règle (opération formelle) ou une critique de sa part. Le professeur répond à la demande de quelques uns, avec des interventions brèves, et réalise les tâches épistémiques qu'ils suscitent. Auprès d'autres (la plupart) il « renvoie la balle » dans leur camp en leur laissant la responsabilité de prendre des décisions, comme quand il s'agit de prendre ou non en compte l'air "comme vous voulez le débat reste le même", ou de décider de la longueur des vecteurs force "et bah à vous de voir, vous réfléchissez à la question vous décidez on en discutera ensuite". Le professeur présente une fois le modèle et une fois les éléments de correction comme garanties du savoir en demandant à deux élèves d'avoir recours à eux "regardez le modèle, regarde comment on applique quand vous tracez une force", "regardez votre diagramme". Une seule discussion est menée mettant en jeu une difficulté conceptuelle, celle de la différenciation entre sens de l'action des mains et sens de leur mouvement ; le professeur essaie de guider l'élève en lui posant des questions mais ne donne pas la réponse, c'est l'élève qui interprète et explicite ses idées.

Ce travail en groupe est caractérisé par une vraie prise en charge du savoir par les élèves qui ne suscitent pas trop l'intervention du professeur (5 élèves seulement le font) et une volonté du professeur de leur laisser cette responsabilité: cette volonté se manifeste dans les choix qu'il leur laisse et le crédit qu'il donne au modèle et aux éléments de savoir dont ils disposent déjà. La seule règle qu'il donne est celle qui concerne la façon de dessiner deux forces de

même sens, ceci est justifié par le fait que les élèves affrontent pour la 1ère fois ce cas de représentation où, parmi les forces qui s'exercent sur le système, deux ont le même sens. Les élèves ont la responsabilité donc de mettre en jeu les facettes en lien avec la force, sa représentation et variation de la vitesse, nécessaires a priori pour répondre aux questions.

Correction de l'activité

Scène

Quatre élèves volontaires passent au tableau pour interpréter, chacun, une phase du mouvement en termes de forces et les représenter ; les autres comparent leur réponses à celles présentent au tableau suite à la demande du professeur. Après avoir fini, la classe discute séparément de chacune des quatre propositions et corrige les erreurs et les élèves corrigent sur leur cahier.

Fonctionnement du savoir

Avant que les élèves ne commencent à travailler au tableau, le professeur fait une remarque à toute la classe concernant la notation des forces, il insiste sur le fait de noter la force "force exercée par X sur Y" et non pas par le nom du système qui exerce la force : "quand on vous demande la liste des forces et que vous écrivez la Terre c'est faux même si votre idée est bonne hein " et demande aux élèves de corriger sur leurs cahiers.

Les élèves au tableau interprètent les situations au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle, en termes de forces (bilan des forces) et effectuent ensuite des opérations formelles en les représentant. Les facettes du groupe force-interaction sont alors implicitement mises en jeu lorsque les élèves mettent la force exercée par la Terre et celles exercées par les objets qui sont en contact avec le médecine-ball. La facette concernant la force de contact est introduite implicitement pour la première fois, incorporée au bilan des forces et celle concernant le vecteur force exercée par la Terre l'est aussi mais incorporée aux représentations (les élèves représentent ce vecteur vers le bas mais la facette n'est pas verbalisée). L'introduction de ces deux facettes se fait donc par le biais des interprétations et des opérations formelles et non pas par des définitions. Il est à noter que la classe n'utilise presque pas dans ce thème le mot poids mais la formulation force exercée par la Terre sur un objet.

Après que les élèves aient fini d'écrire au tableau, le professeur fait une remarque par rapport à la force exercée par l'air, il laisse aux élèves le choix de la mettre ou non mais leur demande d'être cohérents, s'ils la mettent dans un cas il faut la mettre dans tous les autres. Il rappelle cette remarque pendant la correction de chaque phase du mouvement. Il énonce explicitement la facette qui donne le sens de la force exercée par l'air après que celle-ci ait été implicitement mise en œuvre quand les élèves ont représenté cette force.

Le professeur corrige le sens de la force exercée par la main lors du lancer, elle doit être vers le haut ; la facette « la force a un sens » qui était implicitement mise en œuvre dans les représentations des vecteurs forces par les élèves, l'est à ce moment d'une façon explicite par le professeur. Le professeur ne justifie pas le fait que l'action soit vers le haut mais dit que la réflexion a déjà été faite dans la séance précédente "on l'a écrit mardi et on s'est posé la question et on l'a écrit et je crois même qu'au lancer ça ne vous a pas posé de problème dans l'ensemble". Une autre erreur est corrigée par le professeur concernant la représentation de deux forces de même sens. Alors que l'élève a représenté l'une verticale et l'autre formant un angle avec elle, le professeur définit une nouvelle règle introduisant ainsi une nouvelle facette en classe entière "lorsque deux forces exercées sur un objet ont le même sens on les représente l'une à côté de l'autre". Une 3ème remarque est donnée par le professeur concernant

la longueur des vecteurs de même sens qui représentent la force exercée par la Terre et celle exercée par l'air. Le professeur propose de ne pas les dessiner de même longueur puisqu'il n'y a pas de raison qu'il en soit ainsi sans expliquer plus; l'explication vient d'une élève "on a dit qu'elle était très petite elle n'avait pas d'importance (la force exercée par l'air)" pour justifier le fait que la force exercée par l'air soit plus petite que celle exercée par la Terre et le professeur ajoute "l'action de l'air on a hésité à la dessiner donc on peut pas la faire plus grande que les autres".

Pour la compensation ou non des forces, un élève énonce la facette "si plusieurs forces colinéaires se compensent, la somme des forces dans une direction est égale à la somme des forces dans l'autre direction". Pour la phase de montée, trois élèves donnent une réponse considérant que les forces ne se compensent pas sinon le médecine-ball ne monterait pas mais resterait au repos. Le professeur juge cette interprétation comme reposant sur l'intuition et remet à plus tard l'explication physique "c'est une intuition on n'est pas sûr qu'on a raison il faudra en reparler" ; il reprend ensuite: "a priori on peut se dire puisqu'il y a un mouvement vers le haut c'est sûrement que la force qui la force exercée vers le haut est plus importante que les autres bon c'est un a priori", utilisant deux mots qui relèvent une contradiction, "a priori" et "sûrement". Pour la phase de montée un élève interprète la situation par le fait que les forces ne se compensent pas puisqu'elles sont toutes les deux vers le bas. Plus tard pour la phase de descente, plusieurs élèves considèrent que la somme des forces est dans le sens du mouvement, donc vers le bas. Le professeur essaie de faire un lien avec la variation de la vitesse "je dirais le mouvement est vers le bas et la vitesse augmente parce que quand même pour que la vitesse augmente eh ben peut-être qu'effectivement il faut que la force exercée vers le bas soit plus grande on reparlera de ça dans un chapitre bientôt parce que c'est pas si simple". Le débat reprend pour la phase de rattrapage et le professeur laisse le débat ouvert puisque la classe n'a pas d'outil théorique pour répondre à cette question: "ce qu'on peut dire c'est que c'est pas simple et qu'on n'a pas pour le moment d'outils pour répondre à ça sinon votre intuition".

Cette correction est caractérisée par la présence de nombreuses règles (définition et opérations formelle) et surtout de nombreuses interprétations. Cet excès d'interprétations vient du débat mené à plusieurs reprises concernant la compensation ou non des forces, auquel plusieurs élèves ont participé.

Commentaires

Pendant ce thème, les élèves représentent pour la 2ème fois des forces. La première fois ils l'avaient fait pour la situation pierre-élastique, dans ce thème ils le font pour les phases du mouvement d'un médecine-ball. Ces deux situations ont déjà été analysées en termes d'interactions et représentées par des diagrammes système-interaction. Nous observons donc un passage des interactions aux forces, de la représentation du diagramme système-interactions à la représentation vectorielle des forces, de l'interprétation au niveau des objets/évènements à celle reliant objets/évènements et théorie/modèle, précisément le modèle de la force. Ce passage ne se fait pas de façon brutale mais progressive ; on n'observe pas une coupure entre interactions et forces mais un lien : les élèves ont devant leurs yeux l'activité analysée en termes d'interactions et doivent effectuer le passage des objets qui agissent sur le médecine-ball aux forces exercées sur lui et du diagramme système-interactions au schéma des forces. La facette contact est introduite implicitement lorsque les élèves interprètent la situation en termes de forces s'exerçant sur le médecine-ball. Elle précède dans ce thème les représentations.

Un contrat semble s'être installé dans la classe concernant la notation des forces, les élèves utilisent la notation standard donnée précédemment par le professeur « force exercée par X sur Y » et la notation « poids » n'est presque pas employée.

Le professeur essaie d'installer un deuxième contrat concernant la force exercée par l'air : il laisse aux élèves le choix de mettre cette force ou de la négliger mais leur demande d'être cohérent dans leur choix pour une situation donnée ; soit ils mettent cette force partout, dans toutes les phases du mouvement, soit ils la négligent partout.

Ce thème constitue une première approche du principe d'inertie. La dernière question de l'activité suscite chez les élèves des interprétations de la situation en termes de compensation ou non des forces. Cette interprétation semble facile quand les forces en jeu ont le même sens ; dans le cas contraire la classe fait des liens entre compensation et sens du mouvement et le professeur essaie quelquefois de la pousser à ajouter le critère de la variation de la vitesse. Cependant, le point de vue de la physique n'est pas donné par le professeur qui laisse les élèves s'appuyer sur leur intuition sans trancher et remets à plus tard le point de vue de la physique. C'est pourquoi nous n'avons pas codé des facettes même si certains liens ont été faits parce que nous supposons que du point de vue de la classe le sens conventionnel de la physique reliant force au mouvement et à la variation de la vitesse, n'a pas émergé.

Par rapport aux thèmes analysés précédemment, ce thème est le premier à mettre en jeu autant d'interprétations au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle, du fait de la mise en œuvre du modèle des forces et de la question de compensation des forces en lien avec le mouvement (ses du mouvement et variation de la vitesse).

Topogénèse

Le professeur, après avoir détecté chez quelques élèves pendant le travail en groupes des erreurs de notation des forces, prend la responsabilité de cet élément de savoir en donnant une remarque à toute la classe pour éviter que les élèves ne se trompent. Pendant que les élèves travaillent au tableau, il n'intervient pas, leur laissant ainsi la responsabilité du savoir ; la mise en œuvre de facettes relatives à la force et à sa représentation est ainsi dans la main des élèves qui introduisent implicitement deux nouvelles facettes. Le professeur demande au reste des élèves de comparer leurs propositions avec celles qui sont au tableau "allez chacun compare avec ce qu'il a écrit".

Pendant la correction, le professeur demande aux élèves de critiquer les propositions de leurs camarades "vous êtes tous d'accord vous l'avez bien tous représentée comme ça", "est ce que vous êtes d'accord avec ce qu'il a représenté là" et quand les élèves ne corrigent pas l'erreur il critique lui-même. Le professeur, par moments, corrige lui-même les erreurs sans demander aux élèves de le faire et d'autres fois il enchaîne avec des questions suscitant les élèves surtout à interpréter et les élèves répondent par des réponses plutôt courtes. On observe en général une certaine cohérence entre les tâches suscitées par le professeur et réalisées par les élèves, ce qui montre que les élèves répondent à son attente. Pendant cette correction le professeur prend plutôt la responsabilité de faire avancer le savoir. Il laisse cette responsabilité plus aux élèves quand il s'agit de débattre sur la compensation ou non des forces. A ce moment les réponses des élèves deviennent plus longues et on observe beaucoup d'interprétations de leur part. Le professeur ne conclut pas mais laisse le débat ouvert.

Donc dans cette phase de correction le professeur et les élèves se partagent la responsabilité du savoir mais c'est le professeur qui dirige plutôt le cours des choses.

4. Séance V (TP en demi-classe)

Cette séance est la cinquième séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 2. Elle est découpée en cinq thèmes liés tous au principe de l'inertie. Nous analysons le thème 3 de cette séance.

Thème	Temps	Durée
1. Introduction du principe d'inertie	5:17 - 10:38	5:21
2. Compensation des forces s'exerçant sur un système immobile	10:38 - 33:09	22:31
3. Non compensation des forces s'exerçant sur un système dont la vitesse varie	33:10 - 41:05	7:55
4. Principe d'inertie appliqué selon les directions horizontale et verticale du mvt	41:05 - 1:13:33	32:27
5. Influence de la masse sur le mouvement	1:13:33 - 1:22:39	9:06

Tableau 52. Thèmes de la séance V

4.1. Thème 3: Non compensation des forces s'exerçant sur un système dont la vitesse varie

Ce thème est le troisième thème de la séance. Il est formé de trois phases correspondant à des moments d'introduction, de réalisation et de correction de l'activité. Nous donnons pour ce thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Phase	Temps	Durée	Org
Introduction de l'activité	33:10 - 34:30	1:20	CE
Réalisation de l'activité	34:30 - 36:20	1:50	GR
Correction de l'activité	36:20 - 41:05	4:45	CE

Tableau 53. Phases didactiques du thème 3 ; Org : organisation de la classe ; CE : travail en classe entière où les productions sont disponibles à toute a classe ; GR : travail en petits groupes

Texte de l'activité

Maintenir la balle sous l'eau, puis retirer la main.
4) Utiliser le modèle des lois de la mécanique pour interpréter le fait que la balle de ping-pong se mette en mouvement vers le haut quand on retire la main.
5) Représenter les forces qui s'exercent sur la balle en train de monter.

Tâches épistémiques

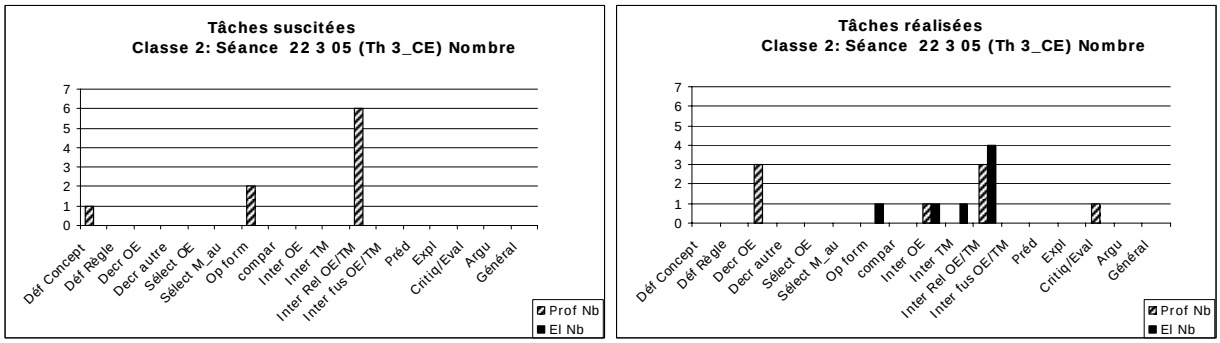


Figure 26.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 3

Facettes en jeu

Force - Variat de vitesse	- Lorsque la valeur et/ou la direction de sa vitesse varient, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas (somme des forces non nulle).
Force - Inter	- Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets - La Terre exerce toujours une force sur les autres objets - La force exercée par la Terre sur un objet est un vecteur vertical toujours dirigé vers le bas - Quand un objet A n'est plus en contact avec l'objet B il n'exerce plus une force (action) sur lui
Réal Repr	- Réalisation de la représentation d'une force
Variation de vitesse	- La valeur de la vitesse peut augmenter

Tableau 54. Facettes en jeu dans le thème 3; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Forces de contact Forces à distance Compensation des forces Force - Variat de vitesse Représentation des forces	Passage d'une situation matérielle à la compensation des forces et à la représentation schématique des forces

Tableau 55. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le sous-thème 2a

Scène du thème

Le professeur lit les questions de l'activité et demande aux élèves d'y répondre en groupes. Il insiste sur le fait que la phase du mouvement étudiée est celle où la balle est lâchée. Dans l'activité, on demande aux élèves de s'appuyer sur le modèle des lois de la mécanique pour répondre à la première question, les élèves ont donc à leur disposition ce modèle et la feuille de l'activité ainsi que le dispositif expérimental formé d'un bécher contenant de l'eau et d'une balle de ping-pong. Pendant le travail en groupes le professeur circule entre les élèves pour voir ce qu'ils font mais n'intervient pas. Le professeur demande à un élève de passer au tableau pour donner ses réponses. L'élève donne une mauvaise réponse à la première question et le professeur lance une discussion avec la classe afin de corriger sa réponse ; il lui dicte ensuite la réponse à écrire au tableau et demande aux autres élèves de l'écrire sur leur cahier. L'élève représente ensuite les forces et le professeur donne son accord sur sa représentation et demande aux autres élèves de corriger.

Fonctionnement du savoir

Il s'agit dans cette activité d'interpréter une situation matérielle à l'aide des lois de la mécanique, au niveau relationnel donc entre objets/évènements et théorie/modèle. Il s'agit donc de pouvoir dire quelque chose sur les forces s'exerçant sur le système et ensuite de les représenter, de passer ainsi au registre des représentations. Les élèves possèdent le matériel expérimental et peuvent donc observer et sentir ce qui se passe quand la balle est lâchée afin de pouvoir interpréter la situation. L'élève au tableau interprète la situation par le fait que la force vers le haut est plus grande que la force qui est vers le bas. Le professeur critique son interprétation en s'appuyant sur la limite de prédiction des lois de Newton: "non les lois de la mécanique ne nous disent pas ça… ça le modèle il ne vous dit pas quelle est la plus grande hein". Le professeur suscite ensuite les autres élèves à interpréter la situation à l'aide du modèle. Certains font la même interprétation que l'élève qui est au tableau et un élève évoque un changement dans le mouvement ; le professeur s'appuie sur sa réponse et l'élabore pour préciser que ce changement se fait au niveau de la vitesse et non au niveau de la direction. Le professeur donne ensuite la réponse que l'élève écrit au tableau : les forces ne se compensent pas car la vitesse varie, elle passe de zéro à une certaine valeur ; la facette force-variation de

la vitesse est alors explicitement mise en jeu. Le professeur insiste de nouveau sur la limite des lois de Newton: "les forces exercées sur la balle ne se compensent pas, les lois de la mécanique ne nous disent que ça", qui ne peuvent permettre de prédire que sur la compensation ou non des forces et que pour interpréter quelle force est la plus grande les élèves ne possèdent pour l'instant que leur intuition : "et après c'est avec votre intuition qui n'est pas toujours exacte qui va nous dire d'après moi c'est celle-ci qui est la plus grande". L'élève représente les forces au tableau (opération formelle). Il met en jeu implicitement dans la représentation, les facettes du groupe force-interaction ; ces facettes, entre autres celle du contact, sont donc incorporées aux représentations. L'élève ne représente pas une force exercée par la main donc il a l'air conscient que quand il n'y a plus contact entre la main et la balle la main n'exerce plus une force sur la balle ; d'ailleurs aucun élève ne parle de cette force, la relation entre contact et action/force semble donc mieux comprise que dans les thèmes précédents par les élèves et cette expérimentation faite peut avoir contribué à cette prise de conscience de l'absence de la force exercée par la main. L'élève au tableau représente intuitivement (puisqu'il ne possède pas un modèle sur lequel s'appuyer) la force exercée par l'eau plus grande que celle exercée par la Terre et le justifie par le fait que la balle monte et donc la force vers le haut doit être plus grande que celle vers le bas. Le professeur essaie de rendre le raisonnement de l'élève plus proche du raisonnement physique, même s'il ne reconnaît pas devant la classe qu'il en soit ainsi, en ajoutant le critère de la vitesse: "juste avant que je lâche la balle, la balle n'a pas de vitesse, si après sa valeur augmente c'est sans doute que la force exercée par l'eau a une plus grande valeur que la force exercée par la Terre". Il emploie un "sans doute" qui donne une certaine crédibilité à l'intuition qui était, juste il y a quelques minutes pour lui, "pas toujours exacte". Enfin, même si aucun élève ne mentionne la force exercée par la main, le professeur en parle pour être plus sûr peut être que les élèves ne mobilisent pas la conception qu'ils ont: "dès que la main ne touche plus la balle c'est fini il n'y a plus l'action de la main, là vous ne vous êtes pas trompé c'est bien mais vous ne vous trompez pas une autre fois". Il met explicitement en jeu donc la facette "quand un objet A n'est plus en contact avec l'objet B il n'exerce plus une force (action) sur lui" pour rendre plus clair aux élèves que quand il n'y a plus de contact il n'y a plus d'action.

La tâche épistémique principale présente dans ce thème est l'interprétation au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle, accompagnée de descriptions.

Commentaires

Ce thème ne met pas en jeu un nouveau savoir ; la classe réutilise des éléments de savoir déjà introduits dans un nouveau champ d'application et la densité de ce savoir n'est pas élevée, ce qui permet aux élèves de se centrer sur quelques éléments et avoir une chance de mieux les acquérir. L'activité présentée dans ce thème constitue une application directe au principe de l'inertie ; il s'agit de relier une variation dans le mouvement, précisément dans la vitesse, à la non compensation des forces et de représenter ensuite ces forces qui ne se compensent pas. Nous trouvons donc des groupes de facettes concernant la variation de la vitesse et sa relation avec la force dans un premier temps, et dans un deuxième temps le groupe de facettes force-interaction qui se trouve incorporé aux représentations. Nous retrouvons dans ce thème, comme pour plusieurs des thèmes déjà analysés, une centration sur une tâche, qui est dans ce cas l'interprétation au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle et qui accompagnée de descriptions de la part du professeur. Le contact se trouve incorporé dans la représentation et plus particulièrement dans la mise en jeu d'une opération formelle accompagnée d'une interprétation au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle explicitée par le professeur qui insiste sur le fait que quand la main n'est plus en contact avec la balle elle n'exerce plus une force sur elle. Nous remarquons dans ce thème aussi, que le contrat concernant la notation des forces semble établi, surtout en ce qui

concerne la force exercée par la Terre que les élèves auraient tendance à appeler poids mais ne le font pas.

Topogénèse

Le professeur n'intervient pas lors du travail des élèves en groupes (2 minutes presque), il leur laisse donc la responsabilité du savoir. Lors de la correction, il donne une responsabilité à un élève qui passe au tableau pour donner et écrire les réponses. Le professeur évalue la réponse donnée par l'élève et essaie de susciter les élèves à interpréter. Ceux-ci répondent à sa demande par de courtes interprétations pour enfin arriver à la bonne réponse donnée par le professeur qui met explicitement en jeu la facette force-variation de vitesse ; les graphes des tâches suscitées et réalisées montrent bien cette réponse à la demande du professeur. L'élève au tableau reprend la responsabilité en représentant les forces, il met donc en jeu implicitement les facettes force-interaction et c'est le professeur qui justifie sa représentation. Enfin le professeur donne une remarque sur la force exercée par la main pour que les élèves ne tombent pas dans cette conception et explicite donc la facette de l'absence de contact. La responsabilité est beaucoup plus avec le professeur pendant la phase de correction, la majorité du temps donc.

5. Séance VI (cours en classe entière)

Cette séance est la sixième séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 2. Elle est découpée en trois thèmes liés tous au principe de l'inertie. Nous analysons le thème 2 de cette séance.

Thème	Temps	Durée
1. Application du principe d'inertie dans différentes situations	6:20 – 10:47	4:27
2. Représentation du diagramme système-interactions et des forces et application du principe d'inertie	10:47 - 48:50	38:02
3. Nature du mouvement et application du principe d'inertie	48:50 - 54:30	5:40

Tableau 56. Thèmes de la séance VI

5.1. Thème 2: Représentation du diagramme système-interactions et des forces et application du principe d'inertie

Ce thème est le deuxième thème de la séance. Il est formé de trois phases correspondant à des moments d'introduction, de réalisation et de correction de l'activité. Nous donnons pour ce thème le texte de l'activité ainsi que les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite, suivant les phases, la scène et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Phase	Temps	Durée	Org
Introduction de l'exercice	10:47 – 12:10	1:23	CE
Réalisation de l'exercice	12:10 – 30:05	17:55	GR
Correction de l'exercice	30:05 – 48:50	18:45	CE

Tableau 57. Phases didactiques du thème 2 ; Org : organisation de la classe ; CE : travail en classe entière où les productions sont disponibles à toute a classe ; GR : travail en petits groupes

Texte de l'exercice

Un parachutiste s'apprête à prendre l'avion pour effectuer un saut en parachute.
Situation 1: le parachutiste est debout immobile sur la piste d'envol et attend son avion. Faire un diagramme des interactions en prenant comme système d'étude l'ensemble parachutiste + parachute.
On représente le système par un point. Faire la liste des forces s'exerçant sur le système. Proposez un schéma des forces s'exerçant sur le système.
A votre avis ces forces se compensent-elles? Justifiez votre réponse en vous appuyant sur le modèle des lois de la mécanique.
Situation 2: le parachutiste est dans l'avion en plein vol. Dans quel système le parachutiste est-il immobile? Citez un référentiel dans lequel le parachutiste est en mouvement.
Situation 3: le parachutiste saute de l'avion sans ouvrir son parachute. Faire un diagramme des interactions en prenant comme système d'étude l'ensemble parachutiste + parachute.
Situation 4: le parachutiste ouvre son parachute. Faire un diagramme des interactions prenant comme système le parachutiste. Proposez un schéma des forces s'exerçant sur le parachutiste. Ces forces se compensent-elles?

Tâches épistémiques

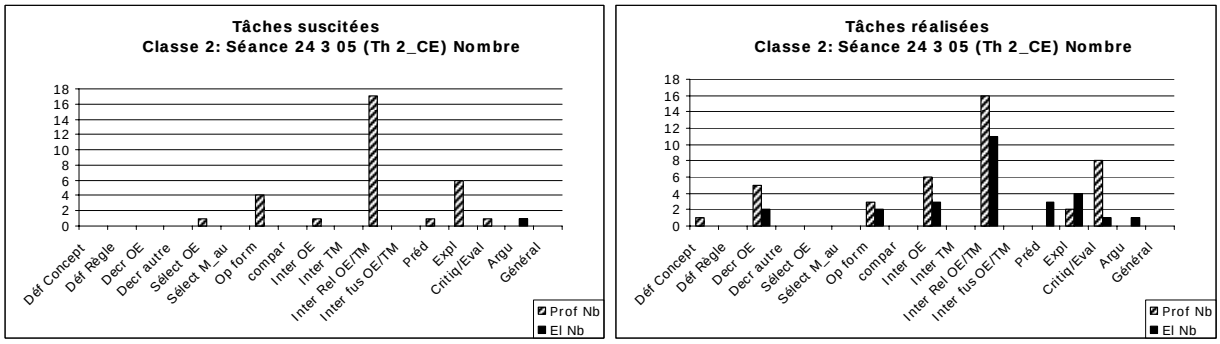


Figure 27.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 2

Facettes en jeu

Action - Inter	- Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B) - L'action a une direction - L'action a un sens - La Terre agit toujours sur (attire) les objets - L'action de la Terre est toujours vers le bas - L'action de la Terre sur les objets est une action à distance
Force - Inter	- La force (l'action) exercée par la Terre et la force (l'action) exercée par le sol ne sont pas les mêmes forces
Vecteur Force	- La force a un sens - La force a une direction - Deux forces qui se compensent ont même intensité et sont de sens opposés (Deux forces de même direction, de même intensité et de sens opposés se compensent) - Si plusieurs forces colinéaires se compensent, la somme des forces dans une direction est égale à la somme des forces dans l'autre direction
Force - Mvt	- Lorsqu'un système (objet) est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent. - Lorsqu'un système (objet) n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas. - Si les forces qui s'exercent sur le système (objet) se compensent on peut affirmer que le système (l'objet) est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme
Force – Variat de vitesse	- Lorsque la valeur et/ou la direction de sa vitesse varient, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas (somme des forces non nulle).

Frottement	- Plus la valeur de la vitesse est importante plus l'action de l'air est importante
Réal Repr	- Réalisation de la représentation du diagramme système interactions. - Réalisation de la représentation d'une force.
Repr	- L'objet est représenté par un point - L'interaction à distance est représentée par une double flèche en pointillés - La force est représentée par un vecteur - La force (vecteur ou intensité) est représentée par $F_{A/B}$
Fct	- Quand on étudie les interactions avec un objet il est nécessaire de faire un choix des objets qu'on prend en compte (on se limite aux objets qui agissent directement sur lui)
Mvt	- L'objet en mouvement a un sens - Le mouvement d'un point est rectiligne quand sa trajectoire est une ligne droite. - Lorsque la valeur de la vitesse du point ne varie pas on dit que le mouvement est uniforme.
Variat de vitesse	- la valeur de la vitesse peut augmenter

Tableau 58. Facettes en jeu dans le thème 2 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Interaction de contact Interaction à distance Inter grav (Terre) Action réciproques Diagramme syst-inter Forces à distance	Passage de la description d'une situation en langage naturel à l'utilisation d'un langage scientifique et deux genres de représentations, diagramme système-interaction et forces.

Tableau 59. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 2

Introduction de l'exercice

Scène

Le professeur se tenant debout au 1er rang devant la classe, lit l'énoncé de la situation 1 de l'exercice (qui renferme 4 situations) et demande aux élèves de faire l'exercice. Il fait une remarque concernant le schéma des forces à faire et demande ensuite aux élèves de réaliser l'exercice, lançant ainsi un travail en petits groupes de deux. Pendant ce travail les élèves disposent de la feuille de l'activité et du modèle des lois de la mécanique.

Fonctionnement du savoir

Le professeur présente aux élèves un exercice qui décrit des situations en langage naturel. Il s'agit de passer à l'utilisation du langage scientifique relatif aux actions et aux forces et d'utiliser le registre des représentations symboliques, celui du diagramme système-interaction et des forces. Cette activité suscite donc principalement des interprétations de niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle ainsi que des opérations formelles relatives aux représentations schématiques.

Le professeur demande aux élèves de faire un schéma de forces "le plus juste possible" et leur indique que pour le faire il faut prendre en compte la compensation ou non des forces "il faut avoir en tête la question qui est après: à votre avis ces forces se compensent-elles?", il fait donc un lien entre la compensation des forces et leur représentation.

Topogénèse

Le professeur prend la responsabilité de présenter l'exercice à faire aux élèves et fait une remarque qui pourrait aider les élèves à bien répondre à l'une des questions.

Réalisation de l'exercice

Scène

Les élèves travaillent en groupes de deux pour répondre aux questions de l'exercice. Le professeur circule entre les élèves et discute avec quelques groupes (6 à peu près). Pendant ce travail les élèves disposent de la feuille de l'activité et du modèle des lois de la mécanique.

Fonctionnement du savoir

La tâche épistémique principalement en jeu, lors de la discussion du professeur avec certains élèves, est l'interprétation au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle. Les élèves ont la responsabilité pendant cette phase, de mettre en jeu le savoir nécessaire pour répondre aux questions.

On observe quelques difficultés et hésitations chez les élèves qui demandent alors l'intervention du professeur. Un élève se pose la question de la prise en compte de l'air et le professeur évoque l'immobilité : "quand il est immobile qu'est-ce que vous en pensez?" ; il associe donc en quelque sorte l'immobilité à la non prise en compte de l'air. L'élève évoque ensuite le vent et le professeur affirme l'absence de vent et donne la remarque à toute la classe "y a pas de vent sur l'aéroport" pour éviter que d'autres élèves ne tombent dans la même confusion. Auprès de trois autres élèves, le professeur donne le choix de la prise en compte ou non de l'air et dit qu'ils en rediscuteront.

Le professeur remarque une confusion chez un élève entre la Terre et le sol (ou la piste): en fait l'élève avait écrit la piste et l'avait ensuite gommée. Le professeur suscite l'élève à interpréter la situation en termes du sens des forces, pour le pousser ainsi à différencier les deux forces par leur sens et leur effet. Le professeur donne ensuite à l'élève l'exemple où le parachutiste n'est pas en contact avec la piste pour conclure que la Terre exerce toujours une force mais la piste non. Un autre élève différencie lui-même le sol et la Terre par l'effet des forces qu'elles exercent : "elle l'attire mais en même temps elle retient… il y a la gravité et le sol". La facette qui différencie Terre et sol est donc explicitement mise en jeu, dans le 1er cas par le professeur et dans le 2ème cas par l'élève.

Le problème de la détermination de la vitesse se pose pour un élève pendant la phase de chute du parachutiste avant d'ouvrir son parachute : "on peut pas le savoir s'il descend droit ou si la vitesse est constante". Le professeur affirme que la vitesse ne peut pas être constante mais sans vraiment donner d'arguments, le seul argument qu'il donne est que le parachutiste est en chute libre pendant cette phase. Le professeur interprète ensuite le mouvement du parachutiste quand il ouvre son parachute pour expliquer aux deux élèves du groupe comment à un moment donné, les forces exercées sur le parachutiste se compensent et il atteint une vitesse limite. Le professeur explicite auprès d'un autre groupe aussi le lien entre vitesse et compensation des forces.

Une autre difficulté est observée chez un groupe concernant la détermination du sens de la force exercée par le parachute sur le parachutiste. Le professeur mène un raisonnement par l'absurde en suscitant les élèves à prédire ce que serait le mouvement du parachutiste si les fils du parachute sont coupés, afin de se rendre compte du sens de la force exercée par le parachute.

Topogénèse

Les interventions du professeur auprès des différents groupes (6 groupes à peu près) sont variées. Auprès de quelques-uns il intervient en réponse à leur demande, surtout en ce qui concerne la prise en compte de l'air, et le professeur leur laisse souvent le choix "E: est-ce

qu'il faut prendre en compte l'air dans la situation? , P: vous pouvez si vous voulez", sauf pour la situation où le parachutiste se trouve sur la piste d'envol le professeur semble ne pas le prendre en compte et intervient auprès de toute la classe pour éclairer le fait qu'il n'y a même pas de vent sur la piste. Auprès d'autres élèves il prend l'initiative d'intervenir après avoir noté une erreur sur leur feuille ou remarqué une confusion dans leur discussion à deux. Dans ces interventions il prend lui même la responsabilité du savoir en posant aux élèves des questions qui suscitent chez eux des interprétations et des prédictions qui les mènent à trouver la bonne réponse et interprète lui-même la situation pour compléter la réponse des élèves. Par exemple, pour l'élève qui confond piste et Terre, le professeur le pousse à penser en termes de sens et d'effet des forces pour pouvoir les distinguer et lui donne même un exemple où la force de la piste n'existe pas. Pour l'élève qui n'arrive pas à déterminer si la vitesse est constante ou varie le professeur donne lui-même la réponse à un moment en disant que sans parachute la vitesse ne peut pas être constante et interprète lui-même le mouvement du parachutiste quand il ouvre son parachute. Il prend aussi la responsabilité auprès du groupe qui n'arrive pas à déterminer le sens de la force exercée par le parachute en les poussant à mener un raisonnement par l'absurde et interprète lui-même la phase où le parachute est ouvert en termes de vitesse et de compensation ou non des forces.

Donc pendant ce travail en groupes les élèves ont la responsabilité du savoir sauf pour quelques groupes (3 ou 4) où le professeur intervient non seulement pour guider mais aussi pour prendre à sa charge l'interprétation de situations.

Correction de l'exercice

Scène

Le professeur choisit quatre élèves pour passer ensemble au tableau et traiter chacun une situation, pendant ce temps, il demande aux autres élèves de comparer leurs propositions écrites sur leur cahier. Après que les élèves au tableau aient terminé de répondre aux questions à l'écrit, le professeur et les élèves discutent de leurs propositions et corrigent les erreurs.

Fonctionnement du savoir

Les élèves au tableau interprètent chacun une situation et effectuent des opérations formelles en représentant le diagramme système-interactions et le schéma de forces correspondants à chaque situation.

Lors de la représentation du diagramme système-interactions et des forces, les facettes des groupes "action", "vecteur force" et "représentation" sont mises en jeu. Les facettes du groupe "action" relatives au contact et à l'action de la Terre le sont implicitement lors de la prise en compte des objets qui sont en contact avec le système et de la Terre. Lorsqu'un élève ne comprend pas pourquoi la flèche est en pointillés entre le parachutiste et la Terre, les notions de contact et de distance ne sont pas explicitement employées: un élève et le professeur emploient respectivement les termes "n'agit pas directement" pour la Terre et "agit directement" pour le sol; le professeur évoque le fait que l'action de la Terre ne résulte pas d'un contact avec elle mais s'exerce par son centre " est-ce que c'est le fait d'avoir les pieds sur Terre qui crée cette action? Non, on peut dire que c'est le centre de la Terre qui agit".

Les facettes "force-mouvement", "force-variation de vitesse" et "vecteur force" (les 2 dernières) sont explicitement mises en jeu lors de la discussion sur la compensation des forces. La longueur des vecteurs est par suite déterminée en tenant compte de la compensation. Lors de ces discussions, le professeur suscite surtout des explications et en réalise ainsi que les élèves.

Le professeur, à l'occasion de la discussion d'une représentation d'un diagramme, reprend une difficulté rencontrée pendant le travail en petits groupes, la confusion entre action du sol et action de la Terre. Il les différentie par leur sens et leur effet "l'action de la Terre et l'action du sol ce n'est pas la même chose puisque ce sont deux actions qui ne s'exercent pas dans le même sens, y en a une celle de la Terre qui est orientée vers le centre de la Terre".

La question de la prise en compte ou non de l'air surgit de nouveau suite à la proposition d'une élève de le rajouter dans la 3ème situation. Le professeur donne aux élèves le choix de le mettre ou non mais à condition de justifier sa non prise en compte au cas où ils ne le mettent pas. Il donne son point de vue concernant ce cas, considérant que sa valeur n'est pas négligeable puisque la vitesse est grande et met ainsi explicitement en jeu la facette frottement. La force exercée par l'air serait inclinée plutôt que verticale selon le professeur dans le cas où il y a du vent.

Pour la 4ème situation où le parachutiste ouvre son parachute, le professeur évoque deux phases selon la variation de la vitesse: la 1ère phase où la vitesse augmente, correspondant à ce qui est représenté au tableau, et la 2ème phase où le parachutiste atteint une vitesse limite et dont le schéma des forces est représenté par le professeur.

Nous observons vers la fin de la correction une argumentation entre le professeur et un élève suscitée par ce dernier qui pense que le parachute doit entraîner le parachutiste vers le bas à cause de son poids et que c'est la force exercée par l'air qui est vers le haut. Le professeur argumente par le fait que le poids du parachute n'est pas pris en compte puisque le système étudié est le parachute et utilise le raisonnement par l'absurde pour montrer que ce qui pousse le parachutiste vers le haut est en grande partie le parachute et non seulement l'air: "E: c'est pas le parachute qui le pousse vers le haut, P: si si parce que tout à l'heure par rapport à la situation précédente où il n'y avait pas de parachute, si vous coupez les cordes entre parachutiste et parachute l'action ne sera pas la même, donc c'est quand même le parachute c'est pas uniquement l'air hein".

Cette phase prend une tendance interprétative de niveau relationnel entre objets/évènements et théories/modèle ou au niveau des objets/évènements, avec des opérations formelles concernant deux représentations, celle du diagramme système-interactions et celle des forces, des descriptions et des évaluations surtout faites par le professeur, ainsi que des explications et des prédictions.

Commentaires

Ce thème met en jeu plusieurs notions et concepts déjà traités dans la classe. Il rassemble les interactions, le diagramme système-interaction, les forces et leur représentation, le principe de l'inertie, la notion de référentiel, et le mouvement. Pendant ce thème aucune nouvelle facette n'est introduite, on ne trouve que des facettes réutilisées et mises en relation. La diversité de concepts en jeu mène à une diversité des groupes de facettes ; nous retrouvons ainsi 14 groupes de facettes. Certains sont en lien avec la représentation du diagramme système-interaction comme action-interaction, force-interaction frottements et représentation ; d'autres sont en lien avec la représentation des forces comme vecteur force et représentations ; et d'autres en lien avec le principe de l'inertie comme force-mouvement, force-variation de vitesse, mouvement, vitesse. La classe présente d'abord le diagramme système-interactions, passe ensuite à la représentation des forces qui modélisent les interactions déjà présentées et relie ensuite la représentation des forces, plus précisément la longueur des vecteurs au principe de l'inertie.

Plusieurs facettes se trouvent incorporées aux représentations, en particulier celles en lien avec le contact et la Terre qui sont mises en œuvre quand les élèves représentent les systèmes

dans le diagramme ; les flèches pleine ou en pointillé renferment aussi ce concept d'action de contact ou à distance. La classe respecte encore une fois le contrat concernant la notation des forces et n'emploie pas le mot « poids ». Le professeur renforce encore une fois le statut du contrat concernant l'air et rappelle aux élèves qu'ils ont le choix de le mettre ou non à condition de le justifier. Cependant, il penche lui-même à le mettre dans certains cas et dans d'autres non, selon que la vitesse de l'objet en mouvement est importante ou non. Nous retrouvons dans ce thème, à la différence de tous les autres déjà analysés, une variété de tâches épistémiques en jeu. La tâche principale reste l'interprétation aux deux niveaux, celui des objets/événement et celui de la relation entre objets/événements et théorie/modèle, avec plus d'interprétation au niveau relationnel. On retrouve aussi des opérations formelles, des descriptions, des prédictions, des explications, des évaluations et une argumentation, ce qui donne une grande richesse à ce thème ; mais à la différence de la tendance générale des tâches sur l'ensemble de la séquence, dans ce thème c'est le professeur qui réalise plus que les élèves, ceci peut être dû au fait que certaines situations de cette activité offrent plusieurs possibilités d'interprétations.

A la différence des autres thèmes déjà analysés, ce thème met en jeu de nombreux concepts, facettes, tâches, champs d'application, ce qui montre une tendance dans cette classe à traiter chaque concept de façon indépendante au début et lui consacrer des activités qui introduiraient les facettes reliées à lui par le moyen des différentes tâches, non seulement des définitions, et à mettre ensuite en relation de façon progressive les différents concepts (d'abord interactions-forces, ensuite forces-principe de l'inertie et dans ce thème interactions-forces-principe de l'inertie avec des notions de cinématique comme le référentiel).

Topogénèse

Pendant que les élèves travaillent au tableau le professeur n'intervient pas mais leur laisse la responsabilité ; ils interprètent et font des opérations formelles mettant ainsi en jeu implicitement des facettes nécessaires à leurs réponses. Lors de la correction des propositions faites par les élèves au tableau, le professeur reprend la responsabilité du savoir, en différenciant sol et Terre, une confusion qu'il avait déjà rencontrée chez un élève pendant le travail en groupe. Il suscite ensuite un élève à justifier auprès d'un autre l'utilisation d'une flèche en pointillé pour traduire l'interaction entre le parachute et la Terre et développe lui-même l'interprétation. Il demande à l'élève au tableau d'ajouter les notations sur le diagramme. Il demande à l'élève d'interpréter la situation en termes de compensation des forces qui le fait et le professeur développe lui-même l'interprétation. Quand une élève propose de mettre l'air dans la 3ème situation en réponse à la question du professeur "êtes-vous d'accord, est-ce que quelqu'un a une autre idée?", le professeur donne aux élèves le choix de mettre l'air ou non "si vous décidez que vous la trouvez négligeable à ce moment-là il faut le dire" mais impose enfin son point de vue "alors, je pense qu'effectivement elle n'est pas négligeable". Quand un élève évoque la présence du vent, c'est le professeur qui interprète la situation en fonction de la présence du vent. Le professeur pose une série de questions vers la fin à un élève afin de préciser l'existence de deux phases du mouvement pour la 4ème situation et l'élève répond, cependant le professeur se charge lui-même de représenter au tableau la phase où la vitesse devient constante. Enfin, un élève suscite une argumentation avec le professeur qui conclut la discussion sans un accord visible de la part de l'élève. En fait, on n'observe pas pendant cette phase un accord visible entre le professeur et les élèves sur les réponses ; le professeur ne demande pas très souvent l'accord des élèves et quand il le fait on n'observe pas de réponse de leur part.

La responsabilité du savoir pendant cette phase de correction est donc partagée entre le professeur et les élèves. Les élèves au tableau assurent bien leur responsabilité et ne font

presque pas d'erreurs ; ils répondent bien à la demande du professeur pendant la correction quand il suscite surtout des interprétations ou des explications de leur part. Cependant, la responsabilité reste plutôt du côté du professeur pendant la correction des propositions qui sont au tableau qui ne demande souvent pas l'accord des élèves aux propositions. On observe beaucoup d'interprétations de sa part et c'est lui qui donne les réponses finales. D'ailleurs les graphes des tâches montrent que les élèves réalisent un peu moins que ce que le professeur suscite et que le professeur réalise plus que les élèves, ce qui prouve sa prise en charge du savoir pendant la correction qui suit les représentations des élèves au tableau.

6. Conclusion

Comme nous l'avons fait pour la classe 1 (chapitre 5), nous donnons également pour cette classe nos conclusions concernant certains concepts et notions du savoir enseigné qui sont essentiellement mis en jeu dans le questionnaire afin de pouvoir établir des liens entre la dynamique du savoir concernant ces concepts dans les différentes classes et les performances des élèves sur les questions relatives à ces concepts. Nous regardons également l'emploi des tâches épistémiques et la mise en jeu des groupes de facettes ainsi que la topogénèse sur l'ensemble des thèmes afin de repérer des invariants.

6.1. Actions/Forces de contact

La notion de contact a été introduite dans cette classe pour la première fois en lien avec la notion d'action par l'intermédiaire d'une activité incluant un matériel expérimental (pierre + élastique) dès le thème 1 de la séance 1. Les élèves sont confrontés à la situation en groupes d'abord et ensuite avec toute la classe et disposent de leur perception et leur observation ainsi que de la signification qu'ils connaissent du mot « action » dans leur vie quotidienne (cette notion n'ayant pas été introduite par le professeur) afin de trouver les objets qui agissent sur la pierre et construire ainsi un sens au concept d'« action ». Une première tendance observée chez les élèves est d'associer « action » à contact sans expliciter ce lien ; ils citent parmi les objets qui agissent, ceux qui sont en contact avec la pierre et vont même jusqu'à citer les objets qui sont en contact indirect avec elle, ceux qui constituent une chaîne d'objets qui fait que la pierre se maintienne à sa position. Une deuxième tendance est d'associer « action » à l'attraction terrestre, la pesanteur, la gravité ou la Terre. Une troisième tendance est de considérer que si A agit sur B alors B agit sur A ; cette tendance paraît plus présente pour les actions de contact que pour l'action de la Terre qui est à distance. Les facettes relatives au contact, aux actions réciproques et à la Terre sont ainsi introduites pour la première fois de façon implicite à travers des interprétations d'une situation matérielle au niveau des objets/évènements.
Le principe des actions réciproques est ensuite introduit de façon explicite et institutionnalisé dans le modèle des interactions présenté aux élèves. Les interactions de contact et à distance sont différenciées mais ne sont pas définies de façons claires dans le registre de la langue naturelle ; l'interaction de contact est représentée par une flèche pleine alors que celle à distance l'est par une flèche en pointillés dans la représentation du diagramme système-interactions ; ainsi, les facettes relatives au contact, mises en jeu par des définitions de règles de représentation restent donc implicites en langue naturelle mais sont incorporées aux représentations, un nouveau registre sémiotique et ne sont donc pas verbalisées. La représentation du diagramme système-interactions est ensuite mise en œuvre dans différents champs d'application et le contact s'y trouve toujours incorporé ; il est mis en œuvre à travers

des interprétations aux deux niveaux, celui des objets/évènements et relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle et à travers des opérations formelles. Le contact est donc mis en jeu implicitement par rapport au registre de la langue naturelle et explicitement dans le registre de la représentation du diagramme système-interactions quand une flèche pleine est dessinée entre deux objets. Il faut noter qu'en résolvant une difficulté concernant la confusion entre Terre et sol, le professeur utilise les effets de l'action de chacun pour les différencier et ne mise pas sur la nécessité ou non du contact dans chacun des deux cas pour qu'il y ait action.
Le contact est ensuite utilisé pour la différentiation entre sens de l'action et sens du mouvement. Dans une activité mettant un jeu un matériel expérimental (médecine-ball), l'observation et surtout la perception de l'action des mains sur le médecine-ball aux moments du contact (lancer et réception), permet de se placer au niveau des objets/évènements pour interpréter la situation et différencier le sens de l'action des mains du sens du mouvement du médecine-ball. De même les phases du mouvement sont déterminées en fonction du contact : lancer et montée sont différenciés ainsi que descente et réception ; les facettes relatives au contact sont ainsi implicitement mises en jeu.
Avec l'introduction des forces et leur représentation, le contact devient implicite soit au bilan des forces soit à leur représentation, mis en jeu donc par des interprétations au niveau relationnel entre objets/évènements ou théorie/modèle ou par des opérations formelles. Il devient encore une fois incorporé aux représentations mais à un deuxième genre cette fois, celui des représentations vectorielles ; cependant, contrairement au cas du diagramme système-interactions, il est implicite dans ce registre vectoriel puisque quand une force est représentée, aucun symbole n'exprime le fait qu'elle soit de contact ou à distance alors que dans le cas du diagramme système-interactions cette distinction était symbolisée. Le contact devient par la suite tantôt incorporé à la représentation du diagramme système-interactions (mis en jeu presque quatre fois après l'introduction des forces), tantôt à celle des forces. Le professeur verbalise explicitement dans un cas (thème 3, séance 5), la facette qui traduit l'absence de force du fait de l'absence de contact.
Il faut noter qu'il existe une continuité dans l'enseignement de ce concept d'actions/forces de contact ; l'utilisation des trois facettes traduisant ce contact s'étale le long de la séquence d'enseignement, ce qui peut favoriser l'acquisition de ces concepts par les élèves.

6.2. Force – mouvement

Une première différentiation est faite entre sens de l'action et sens du mouvement dans le thème 5 de la 2ème séance, à l'aide de l'activité du médecine-ball. Cette activité met l'accent sur le fait que l'action des mains n'a pas nécessairement le sens du mouvement du médecine-ball ainsi que sur le fait que la phase du lancer est différente de la phase de montée du fait que la main n'est plus en contact avec le médecine-ball. Les interprétations faites lors de cette activité au niveau des objets/évènements et la possibilité d'observer et de sentir les objets et les évènements constituent une première aide aux élèves afin de différencier action et mouvement et ne pas mobiliser la conception qu'un objet en mouvement doit avoir une force dans la direction du mouvement.
Une première approche du principe de l'inertie est assurée au moyen d'une activité où les élèves doivent représenter les forces s'exerçant sur le médecine-ball et interpréter la situation en termes de compensation ou non des forces avant même que le principe de l'inertie ne soit introduit. Les élèves, intuitivement, relient mouvement à non compensation et immobilité à compensation, ce qui prouve leur conception que le mouvement est relié à une force ou une somme des forces non nulle. Le professeur essaie de rajouter le critère de la variation de la vitesse sans trancher et sans donner une loi ou une règle.

C'est ensuite que le principe de l'inertie est introduit à l'aide d'un modèle où les différentes implications de ce principe, reliant compensation des forces au mouvement et à la variation de la vitesse, sont définies. Des définitions correspondant à ces facettes sont alors explicitement introduites et institutionnalisées. Ces facettes sont ensuite explicitement mises en jeu par des applications directes au principe de l'inertie où des situations matérielles sont interprétées. Après l'introduction de ce principe, les représentations des forces sont faites en prenant compte de la compensation ou non des forces. Le problème de la longueur des vecteurs force se pose et le principe de l'inertie ne donne pas de solution là-dessus, ni le professeur. Les élèves ont tendance à mettre la force la plus grande dans le sens du mouvement de façon à avoir une force dans le sens du mouvement et le professeur essaie d'ajouter le critère de l'augmentation de la vitesse sans toutefois donner le raisonnement physique à suivre mais en disant aux élèves qu'ils ne possèdent pas de loi physique qui leur permet d'interpréter la situation mais n'ont que leur intuition. Nous considérons qu'il n'est pas clair dans le savoir enseigné et donc pour les élèves que la somme des forces n'a pas toujours le sens du mouvement.

6.3. Force exercée par la Terre

Nous observons pendant le travail en groupes de la première séance (thèmes 1 et 3) une difficulté chez quelques élèves à considérer la Terre comme agissant sur les objets. Certains élèves ne la prennent pas en compte et le professeur justifie sa présence par les effets qu'elle a sur les objets ; un élève demande au professeur s'il faut la mettre toujours dans les exercices comme s'il s'attendait à ce que le professeur établisse un contrat concernant la prise en compte de cette action. Après la première séance nous n'observons pas de difficulté particulière à prendre toujours en compte l'interaction/force de la Terre, les élèves la mettent toujours (dans les verbalisations ou les écrits des élèves au tableau). Il se peut qu'un contrat soit établi dans cette classe concernant le fait que cette interaction/force exercée par la Terre est toujours présente.

6.4. Force exercée par l'air

Un contrat semble établi par rapport à la prise en compte de la force exercée par l'air. Le professeur laisse aux élèves le choix de la prendre en compte ou non à condition de rendre explicite leur choix au cas où ils ne la prennent pas en compte et d'être cohérent dans leur choix pour différentes phases du mouvement dans une même situation (par exemple s'ils prennent en compte l'air dans la phase de montée du médecine-ball il faut qu'ils le prennent aussi en compte pendant la phase de descente). Cependant, le professeur penche lui-même à le mettre dans certains cas et dans d'autres non selon que la vitesse de l'objet en mouvement est importante ou non.

6.5. Représentations

Deux genres de représentations sont mises en œuvre dans cette classe : celles du diagramme système-interactions et celle d'une force. Les règles de ces représentations sont définies explicitement et clairement lors de l'introduction du modèle. Plusieurs activités et exercices nécessitent d'utiliser ces deux représentations et de les relier. Les premières représentations des forces se font en s'appuyant sur les diagrammes système-interactions déjà introduits pour les situations données ; les vecteurs représentent ainsi les flèches entre les objets dans le diagramme système-interaction et la modélisation des actions par des forces est ainsi rendue plus concrète. Il faut noter qu'après la présentation de ces représentations par le modèle, leur première mise en œuvre est faite par les élèves au moyen d'activités mettant en jeu des

situations matérielles. Ces représentations ne renferment pas juste des règles mais véhiculent beaucoup de savoir, essentiellement en lien avec le concept d'actions/forces de contact ou à distance et l'action/force exercée de la Terre, ainsi les facettes correspondantes s'y trouvent le plus souvent incorporées.
Un contrat est établi dans cette classe concernant la notation des forces : elles sont toujours notées « force exercée par X sur Y ». Ce contrat semble respecté par la classe qui emploie le plus souvent cette notation même pour la force exercée par la Terre qui est rarement nommée « poids ».
Par rapport à la direction des forces, la plupart des situations présentées mettent en jeu des forces verticales et la détermination de la direction ne pose pas problème en général.
Par rapport au sens des actions/forces, il est souvent déterminé par l'effet de l'action/force sur le système étudié (la Terre attire, le sol retient, etc.).
Par rapport à l'origine des vecteurs force, elle est toujours le point représentant le système étudié.

6.6. Tâches épistémiques et groupes de facettes

Il est remarquable dans cette classe de retrouver souvent des tâches épistémiques isolées dans certains thèmes, dans le sens où elles sont beaucoup plus mises en œuvre que d'autres. Les tâches sont plutôt isolées dans les premiers thèmes des séances et lors de l'introduction des trois concepts principaux, action/interaction, force et principe de l'inertie (ex : interprétations au niveau des objets/évènements pour le thème de la séance 1 ; opérations formelles pour le thème 3 de la séance 1). Au fur et à mesure que l'enseignement des concepts évolue, plusieurs tâches sont mises en jeu ensemble (ex : interprétations au niveau des objets/évènements pour le thème 1 de la séance 1 et interprétations au niveau des objets/évènements et au niveau relationnel ainsi que des descriptions, opérations formelles, prédictions, explications, etc. pour le thème 2 de la séance 5). Ceci est remarquable aussi pour les groupes de facettes qui sont peu nombreux lors de l'introduction des concepts et leur première mise en œuvre et deviennent de plus en plus nombreux par la suite. Nous remarquons donc une tendance dans cette classe à traiter chaque concept de façon indépendante et lui consacrer des activités qui introduiraient des éléments de savoir reliés à un concept par le moyen de tâches épistémiques les isolant. Ensuite, différents concepts sont mis en relation de façon progressive au moyen de différentes tâches épistémiques ; une plus grande variété de concepts (correspondant aux groupes de facettes) est mise en jeu ainsi que leurs relations. Il existe donc toujours une certaine continuité dans la mise en jeu des concepts ; les actions/interactions et le diagramme système-interactions qui sont traités au début de la séquence, sont ensuite reliés aux forces et leurs représentations qui à leur tour sont reliées au principe de l'inertie et à la fin le tout est mis en jeu en même temps dans certains thèmes, en particulier le thème 2 de la séance 6. Le savoir dans cette classe n'est pas introduit uniquement par des définitions mais souvent par des interprétations que la classe fait pendant les activités. Les savoirs essentiels reliés aux concepts principaux sont souvent introduits par les modèles qui sont sur des feuilles avec du texte et des représentations données aux élèves ; ce modèle renferme les savoirs que l'institution école veut transmettre aux élèves. La première mise en œuvre est faite souvent par les élèves pendant un travail en groupes pour réaliser l'activité.

6.7. Topogénèse

Dans cette classe, la responsabilité du savoir est très souvent donnée aux élèves. Une grande importance est donnée au travail en groupe qui, pour la plupart des thèmes mettant en jeu des activités et des exercices, occupe presque la moitié de la durée du thème (certaines fois un peu

moins et d'autres un peu plus). Les élèves ont la plupart du temps la responsabilité du savoir pendant ce travail en groupe ; le professeur intervient parfois auprès de quelques groupes mais le fait pour certaines notions et non pas pour toutes les questions de l'activité. Les élèves pendant ce temps mettent en jeu des éléments de savoir (correspondant aux facettes) pour la première fois surtout par des interprétations, donc ils construisent eux-mêmes le savoir, ou réutilisent des facettes déjà introduites et réalisent eux-mêmes des tâches. Pendant les phases de correction en classe entière, le professeur laisse aussi souvent la responsabilité aux élèves de faire la correction ; il demande souvent à un ou plusieurs élèves de passer au tableau afin de reproduire ce qu'ils ont déjà fait pendant le travail en groupes et être corrigés par leurs camarades. Les élèves au tableau interprètent et font des opérations formelles. On observe donc souvent des critiques, des explications et des argumentations de la part des élèves, ce qui prouve qu'ils prennent souvent la responsabilité du savoir. Cependant le professeur reste souvent le meneur du jeu même s'il laisse les élèves participer à l'avancement du savoir et pour certains thèmes où il introduit le modèle qui renferme les définitions des concepts et des règles, le modèle, qui est un référent externe par rapport au professeur et aux élèves, et détient en quelque sorte la responsabilité du savoir puisqu'il en est le garant ; le professeur laisse la place à ce modèle afin qu'il porte le savoir aux élèves. En général, comme pour l'ensemble des tâches observées sur l'ensemble de la séquence, il existe une cohérence entre les tâches suscitées par le professeur et réalisées par les élèves, ce qui montre que les élèves répondent à l'attente du professeur et parfois réalisent plus en prenant plus la responsabilité ; de même nous remarquons que certaines tâches comme définir, décrire, et critiquer sont plus du côté du professeur et d'autres comme interpréter, faire des opérations formelles, prédire et expliquer plus du côté des élèves.

CHAPITRE VII
ANALYSE DES PRATIQUES DE LA CLASSE 3 A L'ECHELLE MESOSCOPIQUE

Comme nous l'avons précisé dans le chapitre 5, nous menons une analyse fine au niveau des thèmes, en mettant en relation les deux échelles, microscopique et mésoscopique, afin de mieux comprendre la dynamique du savoir dans la classe. Les deux choix faits de sélectionner un concept à analyser finement et certains thèmes qui le mettent en jeu ont été discutés dans le chapitre 5.

Dans ce chapitre nous donnons les analyses faites au niveau de certains thèmes. Les thèmes choisis pour cette classe sont les suivants (nous les donnons suivant les séances) : séance I : thème 3 ; séance III : thèmes 5 et 6 ; séance IV : thème 2 ; séance VI : thème 2 ; séance V : thème 4 ; séance VI : thèmes 1 et 5 (voir tableau 5). Nous présentons très succinctement la séance et donnons pour chaque thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène du thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse. Lorsque le thème est découpé en sous-thèmes, nous menons ces analyses séparément pour chacun des sous-thèmes.

1. Séance I (cours en classe entière)

Cette séance est la première séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 3. Elle est découpée en trois thèmes ; nous analysons le thème 3 qui met en jeu le bilan des forces exercées sur un corps.

Thème	Temps	Durée
1. Introduction de la loi d'interaction gravitationnelle	1:57 – 10:36	8:39
2. Reformulation de la loi d'interaction gravitationnelle (à partir du livre)	10:36 – 22:26	11:50
3. Bilan des forces exercées sur un corps	24:08 – 36:30	12:22

Tableau 60. Thèmes de la séance 1

1.1. Thème 3: Bilan des forces exercées sur un corps

Ce thème est le troisième thème de la séance. Nous donnons pour ce sous-thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Tâches épistémiques

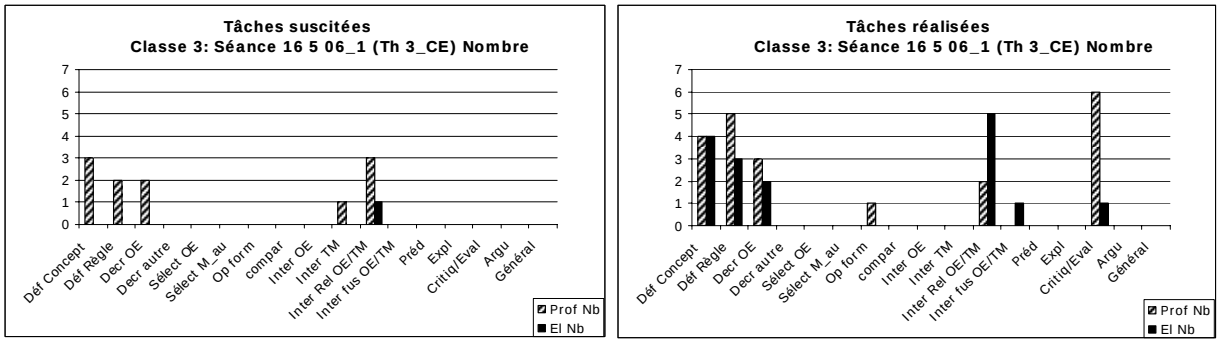


Figure 28.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 3

Facettes en jeu

Action - Inter	- Il y a 2 types d'actions (interactions, forces): à distance et de contact **- Il y a trois types d'interactions (forces) à distance: gravitationnelle, magnétique, électrique**
Force - Inter	**- Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets** **- La Terre exerce toujours une force sur les autres objets** **- La force exercée par les fluides sur les objets immergés s'appelle la poussée d'Archimède (ou un corps immergé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée vers le haut: c'est la poussée d'Archimède)** **- La force exercée par un fil ou un ressort est appelée tension du fil ou du ressort**
Procédures	**- Il faut préciser le système à étudier avant de faire le bilan des forces**
Repr	**- Réalisation de la représentation d'une force**

Tableau 61. Facettes en jeu dans le thème 3 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	Registres sémiotiques
Force-Inter Forces à distance Forces de contact	Passage d'un dessin et d'une description en langage naturel d'une situation au langage scientifique (bilan des forces) et la représentation schématique des forces

Tableau 62. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 3

Scène

Après avoir introduit la loi d'interaction gravitationnelle dans les deux thèmes précédents le professeur rappelle un thème qui a déjà été traité l'année précédente : comment faire le bilan des forces exercées sur un corps. Il représente au tableau un organigramme qui donne les différentes étapes pour faire le bilan des forces et les élèves le copient sur leur cahier suite à sa demande. Il explicite aux élèves l'ordre dans lequel il va aborder les différents chapitres du livre et essaie de calmer les élèves trop bruyants. Il dessine ensuite une situation matérielle au tableau, celle d'une bille métallique accrochée à un fil, plongée dans l'eau et se trouvant près d'un aimant, et applique avec les élèves la procédure déjà présentée pour faire le bilan des forces qui s'exercent sur l'objet et représente ces forces ; les élèves copient en même temps.

Fonctionnement du savoir

Le professeur effectue une monstration de la procédure à suivre pour faire le bilan des forces et donne plusieurs définitions et règles : "il faut préciser le système à étudier avant de faire le bilan des forces", "il y a 2 types d'actions (interactions, forces): à distance et de contact" qui a déjà été introduite rapidement dans le thème précédent, "il y a trois types d'interactions (forces) à distance: gravitationnelle, magnétique, électrique" et présente le tout sous forme d'un schéma qu'il appelle organigramme et que les élèves copient sur leur cahier. Ce registre pourrait peut-être aider les élèves à mieux mémoriser les différentes étapes pour faire le bilan des forces mais on ne sait pas à quel point les élèves donnent du sens à ce qu'il y a derrière ces étapes ou s'ils les prennent juste pour une série de règles à appliquer sans vraiment comprendre le concept de forces de contact et à distance. Pour trouver les forces de contact le professeur propose aux élèves d'énumérer à chaque fois les objets avec lesquels le système est en contact et c'est là qu'apparaît la facette "quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets" qui n'est pas prononcée en tant que telle par le professeur. Les forces de contact et à distance sont rendues plus explicites et le professeur donne aux élèves le moyen de les repérer : il suffit de vérifier si la force appartient à l'un des trois genres de forces à distance pour qu'elle soit à distance et dans le cas contraire, voir si l'objet est en contact avec le système étudié pour qu'il y ait force de contact (plus explicite que pour les autres classes). Le professeur donne ensuite un exemple et met ainsi en œuvre les règles et définitions qu'il avait déjà données (imbrication 3a). Il s'agit de faire le bilan des forces exercées sur une boule métallique plongée dans l'eau, suspendue à un fil et qui se trouve à proximité d'un aimant, la situation étant schématisée au tableau. Le professeur suscite donc des interprétations en termes de relation entre objets/évènements et théorie/modèle pour trouver les forces qui s'exercent sur la boule. Les facettes précédentes sont donc réutilisées avec trois facettes introduites pour la première fois: "la Terre exerce toujours une force sur les autres objets", "la force exercée par les fluides sur les objets immergés s'appelle la poussée d'Archimède (ou un corps immergé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée vers le haut: c'est la poussée d'Archimède)", et "la force exercée par un fil ou un ressort est appelée tension du fil ou du ressort". La facette concernant la Terre est introduite implicitement quand un élève reconnaît le poids comme force s'exerçant sur la boule alors que les deux autres le sont explicitement par des définitions. Une difficulté apparaît chez un élève concernant les forces de contact, il met la force exercée par l'eau parmi les forces à distance et c'est là que le professeur intervient en utilisant l'argument que l'eau ne peut pas agir à distance sur un objet. Le professeur qui fait parler les élèves pour qu'ils répondent aux questions critique et évalue leurs réponses pour les infirmer ou les confirmer.

La tâche principale dans ce thème est la définition de concepts et de règles suivie par l'interprétation. Le nouveau savoir est présenté par des définitions et mis en jeu ensuite par des interprétations.

Il est important de noter dans ce thème que la réalisation de la représentation des forces est faite pour la première fois. A chaque fois qu'une force est énumérée par les élèves, le professeur la représente sur le schéma sans préciser que la force est représentée par un vecteur et sans donner les caractéristiques du vecteur force. Pour une première représentation des forces en classe, celle-ci n'est pas du tout explicitée aux élèves. Le professeur a peut-être considéré que la représentation des forces a déjà été traitée dans la classe précédente ou a juste anticipé une représentation qui sera détaillée plus tard dans son cours. Les élèves n'ont pas du tout participé à cette représentation ; le professeur ne leur a posé aucune question concernant le sens, la direction ou l'origine de ces forces mais les a représentées lui-même et aucun élève n'a posé de questions concernant cette représentation, ils l'ont juste copiée.

Commentaires

Le nouveau savoir dans ce thème concerne le bilan des forces ; des facettes appartenant aux groupes action-interaction, force-interaction et procédures sont introduites. Le nouveau savoir est introduit essentiellement par des définitions données de façon explicite. Le professeur montre la procédure pour faire le bilan des forces en explicitant toutes les étapes et représente le tout sous forme d'organigramme qui peut servir d'algorithme qu'il suffit d'appliquer pour bien faire mais on ne sait pas à quel point les concepts qui sont derrière sont compris. Le professeur met tout de suite en jeu cette procédure dans un exemple d'une situation matérielle, celle d'une bille métallique accrochée à un fil, plongée dans l'eau et se trouvant près d'un aimant.

Les concepts de forces de contact et à distance sont explicités : le professeur définit les différents genres de forces à distance et dit explicitement que pour trouver les forces de contact il faut prendre en compte les objets avec lesquels le système est en contact.

La représentation des forces est introduite pour la première fois en classe de façon très implicite quand le professeur représente les forces s'exerçant sur le système étudié mais sans dire un mot sur cette représentation: aucune explication et aucun commentaire ne sont faits là-dessus. Le fait que la force est représentée par un vecteur et qu'elle ait des caractéristiques n'apparaît pas dans le discours du professeur.

La présence de la force exercée par la Terre ne semble pas poser problème aux élèves même pour la boule qui est dans l'eau ; les élèves nomment le poids en faisant le bilan des forces et aucun élève ne conteste.

La façon de nommer les forces n'est pas du tout claire : on observe surtout des nominations standards des forces comme poids, tension, poussée d'Archimède, force magnétique, etc. Le professeur emploie deux fois seulement la formulation « force exercée par A sur B » et les élèves jamais.

Topogénèse

Le professeur est l'acteur principal dans ce thème. Il rappelle la façon de faire un bilan de forces précisant les différentes étapes et pose des questions aux élèves qui répondent par des réponses très courtes qui se réduisent souvent à un seul mot, ex: "P: combien on a de genres d'interactions ? E: deux, P: deux, à distance, E: et de contact". Les élèves énoncent donc parfois à moitié certaines facettes. Les différents éléments de savoir présentés sont institutionnalisés du fait que le professeur les présente par écrit aux élèves sous forme d'organigramme et leur demande de le copier. Le professeur explicite ensuite la chronologie des chapitres aux élèves qui lui demandent pourquoi il a commencé par un concept qui se trouvait à la fin de l'organigramme, la force gravitationnelle (1:18). Il organise ensuite la classe en demandant aux élèves d'être plus calme (2:58). Puis il passe à l'application du bilan

des forces à partir d'une situation matérielle schématisée et là c'est aussi lui qui assure l'avancée du savoir précisant les étapes à suivre et posant des questions qui demandent des réponses courtes. Il effectue seul la représentation des forces sans faire participer les élèves et sans même expliciter ce qu'il fait. Les graphes des tâches montrent que les élèves réalisent les tâches suscitées par le professeur et réalisent même un peu plus ; ceci est dû au fait que plusieurs élèves répondent aux questions du professeur. Les définitions sont partagées entre le professeur et les élèves qui introduisent plusieurs facettes ; le professeur laisse les élèves se rappeler des définitions données dans les classes précédentes et critique les mauvaises réponses données par certains élèves ; il laisse ensuite les élèves interpréter la situation matérielle en utilisant ces définitions et critique aussi leurs interprétations.

2. Séance III (cours en classe entière)

Cette séance est la première séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 3. Elle est découpée en six thèmes ; nous analysons les thèmes 5 et 6 qui mettent en jeu la modélisation de l'action par une force et les forces de contact.

Thème	Temps	Durée
1. Rappel de la loi d'interaction gravitationnelle dans le cas d'un objet à la surface de la Terre	1:05 – 4:55	4:00
2. Application de la loi d'interaction gravitationnelle: Cas de l'interaction Terre-Lune (exo)	4:55 – 14:58	10:03
3. Variation de g et du poids avec l'altitude (exo)	14:58 – 37:07	22:09
4. Action mécanique	37:07 – 41:23	4:16
5. Modélisation de l'action mécanique par le vecteur force (caractéristiques de ce vecteur)	41:23 – 44:53	3:30
6. Forces de contact: tension d'un fil et réaction du support.	44:53 – 48:27	3:34

Tableau 63. Thèmes de la séance III

2.1. Thème 5: Modélisation de l'action mécanique par le vecteur force (caractéristiques de ce vecteur)

Ce thème est le cinquième thème de la séance. Nous donnons pour ce sous-thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce sous-thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Tâches épistémiques

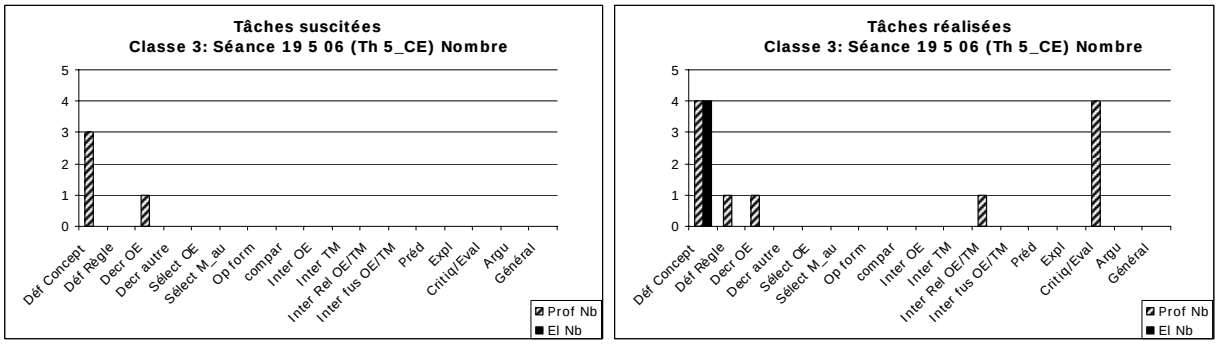


Figure 29.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 5

Facettes en jeu

Action - Inter	- Une action mécanique produit un changement au niveau de la forme **- L'action a un sens** **- L'action a une direction** **- l'action mécanique a une intensité** **- l'action mécanique a un point d'application** - Il y a 2 types d'actions (interactions, forces): à distance et de contact - Si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction)
Vecteur force	**- Une force est un vecteur** **- Le vecteur force a une origine** **- La force a une direction** **- La force a un sens** **- La force a une intensité**
Force - Inter	**- La force « modélise » l'action d'un système (objet) sur un autre (L'action est représentée par une force)**

Tableau 64. Facettes en jeu dans le thème 5 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Action/Interaction Force – Interaction (Modélisation) Caractéristiques des forces	Passage d'une situation matérielle à l'utilisation d'un langage scientifique (les notions d'action et de force)

Tableau 65. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 5

Scène

Le professeur prend une feuille et un livre et les plie de différentes façons. Il lance ensuite une série de questions concernant les caractéristiques et écrit les réponses données par les élèves au tableau. Les élèves ne copient pas ce qui est écrit au tableau puisque le professeur leur dit que ça se trouve dans le livre.

Fonctionnement du savoir:

Après avoir introduit les effets d'une action dans le thème précédent le professeur passe à la caractérisation d'une action pour la modéliser ensuite par une force. Il effectue une monstration en prenant un livre et une feuille et en les pliant de différentes façons pour mettre en évidence les différences entre ces actions selon le sens, la direction, l'intensité et le point d'application. Ainsi des définitions donnant des caractéristiques d'une action sont introduites pour la première fois en classe. La classe définit en le nommant, l'être mathématique qui possède ces caractéristiques, le vecteur. Le professeur passe ensuite à la définition de la force comme un vecteur modélisant l'action, un vecteur qui a donc les mêmes caractéristiques qu'il avait définies pour l'action. C'est ainsi qu'on observe dans ce thème un grand nombre de facettes nouvellement introduites appartenant aux groupes action et vecteur force et qui sont fortement liées par la facette du groupe force-interaction qui traduit la modélisation de l'action par la force. Ces facettes sont explicitement introduites et institutionnalisées même par le fait qu'elles sont écrites au tableau. Les deux dernières facettes d'action sont utilisées pour effectuer le passage de ce thème au suivant qui porte sur les forces de contact. Le professeur rappelle donc ce qu'est une interaction : "interaction c'est à dire il y a l'objet, l'un fait sur l'autre une action" et rappelle qu'il y a deux genres d'interactions.

Ce thème est caractérisé par une densité élevée de nouveau savoir (2,8) ; dix facettes sont introduites en 3 min 30. Mais le fait que la moitié des facettes sont presque les mêmes (caractéristiques d'une action et d'une force) peut rendre leur assimilation moins lourde pour les élèves.

Commentaires

Bien que la force ait été introduite dès le premier thème de la première séance, ce n'est que dans ce thème qu'elle est introduite pour la première fois en tant que modélisation de l'action. Et bien qu'elle ait été présentée comme vecteur dans les thèmes précédents et représentée vectoriellement dans le thème précédemment analysé, ce n'est que dans ce thème qu'elle est officiellement présentée en tant que vecteur ayant des caractéristiques (sens, direction, intensité, origine). Toutes les facettes sont introduites par des définitions.

Topogénèse

Le professeur profite de la monstration pour déclencher une série de questions. Ces questions poussent les élèves à définir les caractéristiques d'une action et l'être mathématique qui les engendre. Les élèves répondent à l'attente du professeur, on observe ceci dans la cohérence entre les tâches suscitées par le professeur et réalisées par les élèves. Le professeur détient du savoir. Les participations des élèves ne se font qu'à sa demande et se limitent à des réponses courtes comme "le sens", "direction", "le vecteur".

2.2. Thème 6: Forces de contact: tension d'un fil et réaction du support

Ce thème est le cinquième thème de la séance. Nous donnons pour ce sous-thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce sous-thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Tâches épistémiques

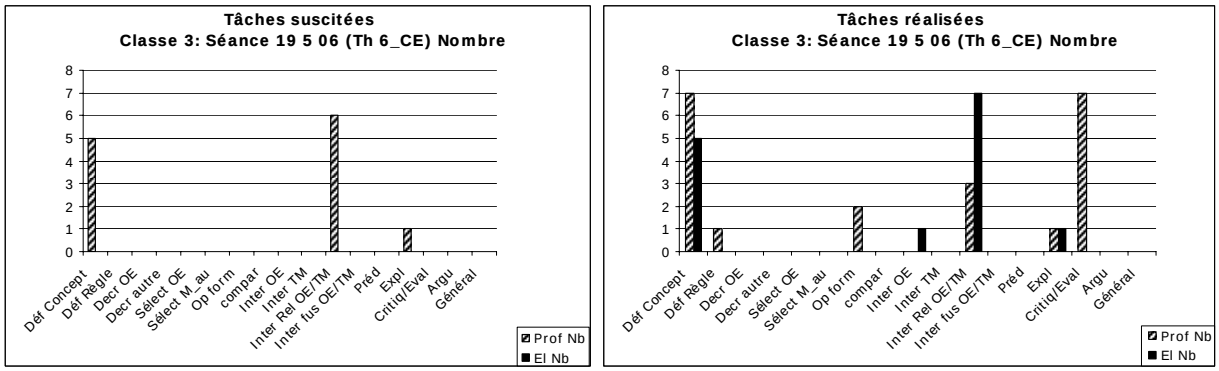


Figure 30.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 6

Facettes en jeu

Action - Inter	**- Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)** - une action mécanique produit un changement au niveau du mvt - une action mécanique produit un changement au niveau de la forme **- L'action de la Terre sur les objets (ou le poids) est une action à distance**
Vecteur Force	- Le vecteur force a une origine - La force a une direction - La force a un sens - La force a une intensité **- Le point d'application d'une force de contact est n'importe quel point de contact**
Force - Inter	- La force exercée par un fil ou un ressort est appelée tension du fil ou du ressort **- La réaction du support possède 2 composantes: normale au support et parallèle au support** **- La composante normale (perpendiculaire) de la force exercée par un support est appelée réaction normale** **- La composante parallèle au support de la force exercée par un support est appelée frottement**
Réal Repr	**- Réalisation de la représentation d'une force**

Tableau 66. Facettes en jeu dans le thème 6 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Force – Interaction Forces de contact	Passage d'un dessin au langage scientifique et à la représentation des forces

Tableau 67. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 6

Scène

Le professeur au tableau représente trois situations : boule accrochée à un fil, objet sur un support horizontal et objet sur un support incliné ; il représente sur les schémas les forces de contact en jeu après avoir discuté avec les élèves. Les élèves copient sur leur cahier ce qui est écrit au tableau.

Fonctionnement du savoir:

La facette "quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui" est introduite explicitement pour la première fois en classe par le professeur. La facette équivalente en termes de force a été introduite dans le thème précédemment analysé. Donc le lien entre contact et action (et peut-être force) est encore une fois renforcé pour les élèves: s'il y a contact il y a action (ou force). Le professeur met ensuite en jeu les deux facettes de l'effet d'une action pour dire qu'une action est remarquable si son effet sur le mouvement ou la forme est remarquable. Puis il définit des genres de forces de contact en les nommant avec les élèves: tension du fil, réaction du support et frottements. Il schématise des situations où ces forces sont en jeu: boule accrochée à un fil, objet sur un support horizontal et objet sur un support incliné. Il mène ensuite avec ses élèves une série d'interprétations au niveau relationnel pour obtenir les caractéristiques de ces trois forces dans les situations données. Ces interprétations mettent donc en jeu les facettes caractéristiques du vecteur force dans trois champs d'application différents. Le professeur représente la réaction du support mettant ainsi en jeu des opérations formelles mais il ne le fait pas dans le cas de la tension du fil. La représentation d'une force est faite pour la première fois en classe. La notation de la force consiste en une seule lettre R et est absente dans le cas du support incliné.

En donnant l'exemple de la réaction du support le professeur effectue un raisonnement par l'absurde "comment on sait que la table fait une action sur le livre? Car si on n'a pas la table le

livre va tomber donc la table change l'état du mouvement". Le professeur explique donc pourquoi on peut considérer qu'il y a action par les effets de l'action et non pas par le contact.

La facette concernant l'action de la Terre est introduite pour la 1ère fois très rapidement par le professeur quand un élève considère le poids parmi les forces de contact, le professeur lui corrige donc en mettant en jeu cette facette.

Finalement les groupes de facettes sont plutôt mis en jeu séparément, sauf les groupes vecteur force et représentation d'une force puisque le premier constitue une étape dans la démarche que fait le professeur pour arriver au second.

Commentaires

Ce thème constitue la première représentation explicitée des forces, les caractéristiques du vecteur force étant données. Le professeur discute avec les élèves des caractéristiques de ces forces dans les différents cas avant de les représenter. Le contact est plutôt explicite dans ce thème puisque le professeur ne parle que des forces de contact et en donne des exemples. La notation des forces consiste en une seule lettre et leur nomination est standard (tension, réaction, frottement, etc.). Le lien entre contact et action est introduit alors que la force de contact avait été introduite dans une séance précédente, cet ordre est inverse à celui dans les deux autres classes.

Topogénèse

Le professeur gère l'avancement du savoir, il n'y a aucun élève qui prend pour sa part l'initiative de le faire avancer. Les élèves répondent quand même à l'attente du professeur qui évalue parfois leurs réponses "oui", "non, forces de contact", cependant leurs réponses sont courtes. On observe une cohérence entre ce qui suscité et ce qui est réalisé. Toutes les nouvelles facettes sont introduites par le professeur. Donc nous pouvons dire que le professeur est le maître du jeu, tout ce passe comme il veut, mais il fait quand même participer ses élèves au jeu.

3. Séance IV (cours en classe entière)

Cette séance est la première séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 3. Elle est découpée en deux thèmes, l'un concernant la variation de l'intensité de pesanteur et l'autre la représentation des forces et la relation entre sens et mouvement ; nous analysons le thème 2.

Thème	Temps	Durée
1. Variation de g et du poids avec l'altitude (exo)	1:50 – 24:38	22:48
2. Bilan et représentation des forces et relation entre sens du mvt et sens des forces (exo)	24:38 – 39:36	14:58

Tableau 68. Thèmes de la séance IV

3.1. Thème 2: Bilan et représentation des forces et relation entre sens du mouvement et sens des forces (exercice)

Ce thème est le deuxième thème de la séance. Nous donnons pour ce sous-thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce sous-thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Tâches épistémiques

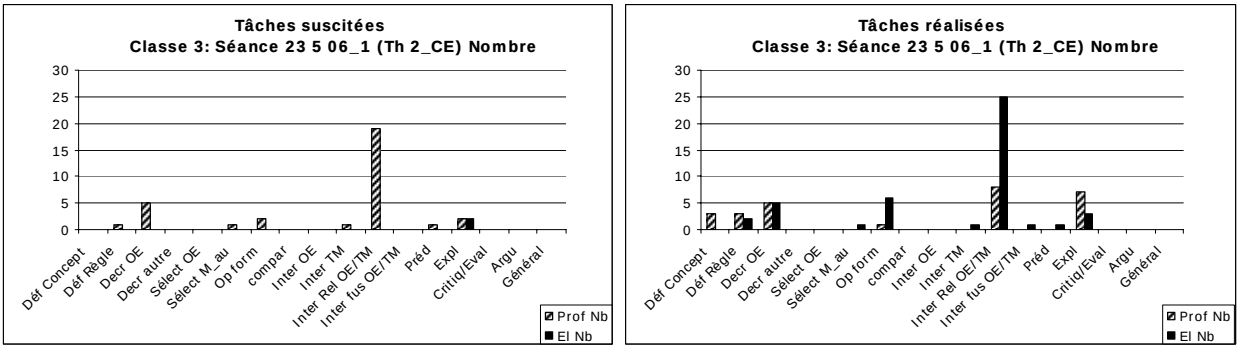


Figure 31. Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 2

Facettes en jeu

Force - Interaction	- Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets - La Terre exerce toujours une force sur les autres objets - La force exercée par un support est appelée réaction du support - La composante parallèle au support de la force exercée par un support est appelée frottement
Action - Interaction	- L'action de la Terre sur les objets (ou le poids) est une action à distance - Il y a trois types d'interactions à distance: gravitationnelle, magnétique, électrique
Vecteur Force	- La force a une direction - La force a une intensité - La force a un sens - Le point d'application d'une force de contact est n'importe quel point de contact
Force - Mouvement	**- S'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens**
Frottement	**- Pour modéliser les frottements d'un fluide (gaz ou liquide) ou d'un solide sur un système, le physicien utilise une force toujours de même direction que le mouvement et de sens opposé au mouvement.**
Représentation	- L'origine du vecteur force (ou le point d'application) est le point représentant le système (l'objet) sur lequel s'exerce la force
Réal. repr	- Réalisation de la représentation d'une force
Procédures	- Il faut préciser le système à étudier avant de faire le bilan des forces - Pour faire l'inventaire des forces on commence par les forces à distance ensuite par les forces de contact - Pour étudier un système il faut prendre l'ensemble des forces appliquées sur ce système (et non celle que le système exerce)
Mouvement	- Le mouvement d'un objet a un sens - Le mouvement d'un objet a une direction

Tableau 69. Facettes en jeu dans le thème 2 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	Registres sémiotiques
Force – Interaction Forces de contact Forces à distance Caractéristiques des forces Représentation des forces Mouvement Force - Mouvement	Passage d'un dessin à sa description en langage scientifique et à la représentation schématique des forces

Tableau 70. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 2

Scène

Ce thème constitue la correction d'un exercice donné comme devoir à faire à la maison. La situation est celle d'une petite masse m posée sur une grande masse M, celle-ci étant tirée par une force horizontale $\vec{F}$ exercée vers la droite ; il s'agit de trouver les forces qui s'exercent sur la petite masse m. Le professeur dessine la situation au tableau, demande à un élève de passer au tableau pour représenter les forces puis à un autre. La représentation n'étant toujours pas correcte, il demande aux élèves de représenter les forces sur leur cahier et commence à effectuer lui-même le raisonnement au tableau en guise de correction mais ne l'achève pas parce que la cloche sonne.

Fonctionnement du savoir

Le professeur commence par définir de nouveau les règles procédurales à suivre, déterminer le système et ensuite dans l'ordre, les forces à distance et les forces de contact. Le poids et la réaction du support sont les forces reconnues par l'élève comme étant les forces à distance et de contact s'exerçant sur la masse. Les deux premières facettes du groupe force-interaction et action-interaction sont alors explicitement mises en jeu. On observe donc des interprétations au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle. Elles sont suivies d'opérations formelles lors de la représentation des forces mettant en jeu implicitement les facettes du groupe représentation. Le professeur explicite ensuite les facettes concernant l'origine du vecteur après que l'élève se soit trompé et représenté le poids à partir d'un point de contact au lieu du centre de gravité. Une erreur est faite par l'élève et non repérée par le professeur: l'élève ne présente pas la réaction (on ne voit pas de flèche), il met juste le point d'application et la lettre R mais on ne sait ni la direction ni le sens ni l'intensité de cette force. Le professeur ne voit pas apparemment qu'il n'y a pas de flèche pour la réaction, il voit que l'intensité du poids est supérieure à celle de la réaction et que si c'est le cas la masse se déplacerait suivant la verticale, ce qui n'est pas le cas: il met donc implicitement en jeu pour la première fois la facette: "s'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens". Cette facette étant implicite, nous ne savons pas si les élèves associent le sens de la somme des forces à la mise en mouvement ou au mouvement. Le professeur corrige la représentation des forces: il dessine les vecteurs avec des intensités égales mais à partir de points d'applications différents, le poids à partir du centre de gravité et la réaction à partir d'un point de contact (le milieu de la surface de contact).

Un nouveau problème est exposé par le professeur aux élèves: pourquoi la masse se déplace-t-elle? A cause de quelle force? Et pendant la suite, la classe essaiera de trouver la réponse. La question du mouvement ne semble pas évidente chez un élève : "monsieur grand M se déplace mais petit m est sur grand M, elle se déplace avec elle mais elle, elle ne bouge pas"; un problème de référentiel se pose donc. Une élève au tableau représente deux nouvelles forces toutes les deux horizontales, l'une exercée par M sur m et l'autre par m sur M. Une nouvelle difficulté apparaît, celle de confondre les forces exercées sur le système et par le système. Le

professeur y remédie en utilisant une facette procédurale : "pour étudier un système il faut prendre l'ensemble des forces appliquées sur ce système (et non celles que le système exerce)". La force exercée par M sur m est gardée mais se trouve dans le sens contraire au mouvement. Le p`rofesseur utilise encore une fois implicitement la facette : "s'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens" pour corriger le sens de cette force. Il met ensuite en jeu implicitement la facette frottement pour dire que normalement si cette force est une force de frottement elle doit être opposée au mouvement. Après une réflexion individuelle de la part des élèves, le professeur reprend le raisonnement en menant une série d'interprétations: il reprend successivement la nécessité d'avoir une force dans la direction du mouvement pour qu'il y ait mise en mouvement et le fait que cette force soit une force de contact exercée par M ; le professeur arrive au fait que cette force doit être exercée par M par élimination, puisque cette force n'est pas à distance (il n'y a ni force magnétique ni électrique), et étant donc de contact elle doit être exercée par M puisque c'est le seul objet en contact avec m. La question qui se repose à la fin et qui reste sans réponse à cause de la contrainte du temps est: « comment cette force parallèle au support et qui est donc une force de frottement n'est pas opposée au mouvement? ». Pendant toute cette partie, les facettes relatives au mouvement et au vecteur force sont mises en jeu quand la classe discute de cette force qui doit exister dans la direction du mouvement.

Commentaires

Ce thème est caractérisé par la variété des tâches mises en jeu et surtout par le grand nombre d'interprétations au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle. Ceci est dû au fait que la situation est relativement difficile, elle met en jeu le mouvement relatif d'un corps par rapport à un autre et la notion de référentiel bien que le mot « référentiel » ne soit pas évoqué. La classe est amenée à faire de nombreuses interprétations pour essayer d'arriver à trouver la bonne réponse qui n'est pas donnée à la fin par manque de temps.

Il est aussi caractérisé par la variété des groupes de facettes mis en jeu. Ces groupes sont liés par le fait qu'ils constituent différentes étapes pour arriver au bilan des forces et à la représentation des forces, de même que par le raisonnement que le professeur mène avec les élèves pour arriver à déterminer cette force qui cause le mouvement.

On se demande si les élèves arrivent à comprendre que c'est la mise en mouvement qui nécessite une force dans la direction du mouvement comme le dit le professeur ou s'ils considèrent qu'il y a toujours une force dans la direction du mouvement: c'est fort probable puisque le professeur n'insiste pas sur la mise en mouvement dans son discours et dans ce cas le statut de la conception erronée des élèves peut être renforcé.

Le lien entre contact et force/action est plutôt explicite dans ce thème quand la réaction du support est reconnue comme force de contact et lorsque le professeur dit que la masse m est en contact seulement avec M et que par suite la force qui met m en mouvement s'exerce nécessairement par M.

Les forces sont représentées à partir de points d'application différents : pour les forces de contact, l'origine est n'importe quel point de contact et pour les forces à distance, le centre de gravité. On se retrouve dans ce cas avec deux points desquels partent les forces, ceci peut poser problème ultérieurement et créer une confusion chez les élèves, surtout s'il s'agit d'additionner les forces. La notation employée pour les forces est toujours la notation standard.

Topogénèse

Le professeur donne à un élève la responsabilité de faire le bilan des forces et les représenter au tableau en guise de correction du travail que les élèves sont supposés avoir effectué à la maison. Tout de suite il la reprend en énonçant les différentes étapes procédurales à suivre pour faire l'inventaire des forces ; les réponses de l'élève au tableau ou des autres se limitent à un mot. C'est lui qui repère les erreurs de l'élève et les corrige. Dans un deuxième temps, lors de la discussion à propos de la force qui cause le mouvement, le professeur laisse plus la responsabilité du savoir aux élèves: plusieurs idées sont mises en jeu par différents élèves et le professeur ne tranche pas pour donner la bonne réponse mais les laisse parler, d'ailleurs il dit "dans cet exercice on va voir toutes les idées possibles". Une élève passe au tableau et donne sa réponse, le professeur suit son raisonnement en faisant ressortir des contradictions avec le raisonnement physique. Il laisse ensuite la responsabilité aux élèves en leur demandant d'indiquer leur réponse finale sur une feuille et n'intervient pas quand ils le font. Il reprend ensuite la responsabilité en indiquant le raisonnement à suivre sans toutefois donner la réponse finale faute de temps. La responsabilité du savoir est donc partagée entre le professeur et les élèves ; le professeur laisse les élèves exprimer leurs idées. D'ailleurs le graphe des tâches montre que les élèves réalisent plus que ce que le professeur suscite, ceci prouve que les élèves sont engagés dans la prise en charge du savoir : ils interprètent, expliquent, décrivent, font des opérations formelles. Le graphe des tâches de ce thème n'est donc pas représentatif de celui des tâches pour l'ensemble de la séquence où le professeur réalise plus que les élèves et où le savoir est essentiellement mis en jeu par des définitions.

4. Séance V (cours en classe entière)

Cette séance est la première séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 3. Elle est découpée en quatre thèmes ; nous analysons le thème 4 qui met en jeu la relation force – mouvement et force – vitesse – accélération.

Thème	Temps	Durée
1. Bilan et représentation des forces et relation entre sens du mvt et sens des forces (exo)	00:05 – 2:17	2:12
2. Force de frottement	2:17 – 15:52	13:35
3. Composantes normale et parallèle de la force de frottement	15:52 – 30:36	14:44
4. Relation force-mvt et force-vitesse-accélération	30:36 – 49:53	19:17

Tableau 71. Thèmes de la séance V

4.1. Thème 4: Relation force-mouvement et force-vitesse-accélération

Ce thème est le quatrième thème de la séance. Nous donnons pour ce thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce sous-thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Tâches épistémiques

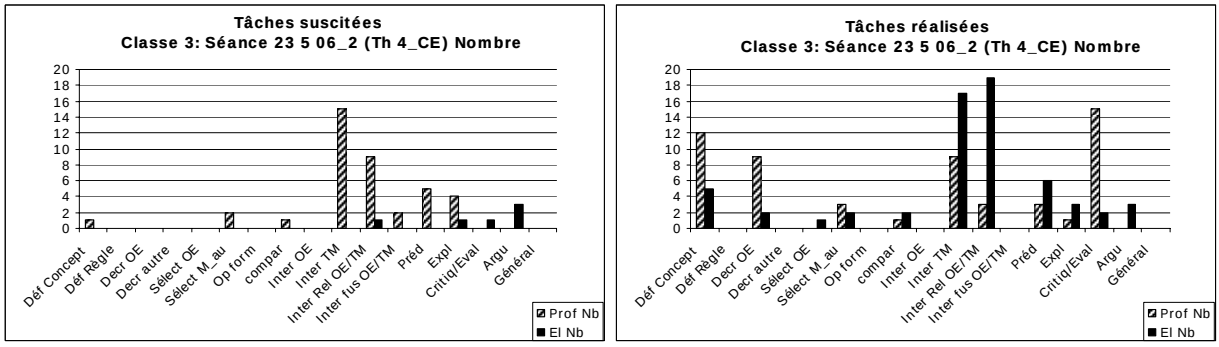


Figure 32.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 4

Facettes en jeu

Action - Inter	- Une action mécanique ne peut pas s'exercer par un corps sur lui-même mais par un corps sur un autre - Une action mécanique produit un changement au niveau du mvt - Un système qui agit (ou qui exerce une action) est l'agent
Force - Inter	- La force « modélise » l'action d'un système (objet) sur un autre (L'action est représentée par une force) - Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets - La Terre exerce toujours une force sur les autres objets
Force - Mvt	**- La force qui s'exerce sur un objet peut le mettre en mouvement (effet)** **- La force qui s'exerce sur un objet peut modifier le mouvement (effet)**
Force - Acc	**- Si la force est constante l'accélération est constante (ou l'inverse)**
Vecteur force	- La force a une intensité
Fct	- En physique on décrit le mvt (cinématique) - En physique on étudie les causes du mvt (dynamique) - En physique une théorie ou une loi est susceptible d'évoluer dans le temps
Mvt	- Le mouvement d'un point est rectiligne quand sa trajectoire est une ligne droite. - Lorsque la valeur de la vitesse du point ne varie pas on dit que le mouvement est uniforme.
Acc	- Si on a un mvt rectiligne uniformément varié alors l'accélération est constante - L'accélération indique une variation de la vitesse - Si l'accélération est nulle alors le mvt est rectiligne uniforme (ou l'inverse) - Si l'accélération est nulle alors la vitesse est constante (ou l'inverse) - S'il y a un changement au niveau du mvt donc il y a accélération (ou l'inverse)
Variat de vit	- La valeur de la vitesse peut augmenter
Phénomènes	**- Dans le vide il n'y a pas d'air, pas de matière**

Tableau 72. Facettes en jeu dans le thème 4 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	**Registres sémiotiques**
Force – Mvt Force – Variation de vitesse Force – Acc Mvt – Vitesse Mvt – Acc Vitesse - Acc	Passage de la description d'une situation en langage naturel et de situations matérielles à l'utilisation d'un langage scientifique

Tableau 73. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 4

Scène du thème

Le professeur débute le thème par une question qu'il pose à un élève, lui demandant de trouver les forces s'exerçant sur un corps qui se déplace dans le vide à vitesse constante. Le professeur amène la classe à poser des hypothèses sur la relation entre force, vitesse et accélération faisant ainsi une réflexion collective qui prépare la classe à l'introduction des lois

de Newton. Le thème prend la forme d'un débat entre le professeur et les élèves avec une grande participation de la part des élèves. Les différentes hypothèses faites par les élèves sont écrites par le professeur au tableau afin que les autres puissent se positionner par rapport à elles.

Fonctionnement du savoir

Le professeur débute le thème en suscitant des interprétations au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle par le moyen d'une question qu'il pose: il s'agit de trouver les forces qui s'exercent sur un corps se déplaçant à vitesse constante dans le vide. Un élève évoque la force de frottement et celle exercée par la Terre, mettant ainsi implicitement en jeu les deux facettes du groupe "force-interaction" relatives au contact et à la Terre. Le professeur critique alors la réponse en niant l'absence de contact avec l'air et de force gravitationnelle et définissant le phénomène du vide comme une absence d'air et de matière. Une première conclusion tirée alors par les élèves est l'absence de forces qui mène à une argumentation entre élèves: un élève considère qu'il ne peut pas y avoir déplacement sans force et un autre propose une force exercée par le corps sur lui-même; le professeur définit alors l'action: "une action mécanique ne peut pas s'exercer par un corps sur lui-même mais par un corps sur un autre". Pour renforcer le statut de cette définition il demande à une élève de se mettre à côté de lui et d'essayer de se déplacer sans utiliser les objets qui l'entourent (sol ou autres), en guise de monstration, et d'imaginer ensuite un moyen de le faire dans le vide. On observe alors une série de prédictions de la part de plusieurs élèves, surtout au niveau des objets/évènements, proposant des objets qui peuvent causer le déplacement et qui sont considérés par le professeur comme des agents extérieurs au corps, pour conclure que "un corps ne peut pas agir sur lui-même car toujours dans le cas de l'action on a deux corps, un agent qui agit et le corps où il y a l'action". Un élève suscite ensuite une explication pour comprendre pourquoi le corps bouge dans l'espace et le débat est relancé par le professeur : "la question maintenant posée, s'il y a un corps en mouvement est-ce que c'est possible qu'il y a un corps en mouvement sans qu'il y ait une force?". Une élève construit une interprétation logique (pour que B existe il faut que A existe; si A n'existe pas donc B n'existe pas) et argumentée "mais pour faire une force il faut qu'il y ait un autre corps, il n'y a pas un autre corps pour faire une force donc il n'y a pas de force" mais son interprétation ne convainc pas un élève qui se pose encore la question "mais pourquoi il y a mouvement?". Le professeur suppose alors l'hypothèse faite par un élève de l'existence d'une force vraie.

Partant de cette hypothèse, le professeur suscite de nouveau des interprétations, au niveau de la théorie cette fois, afin de poser des hypothèses sur la relation force-vitesse et force-accélération mais ne revient jamais sur l'hypothèse qu'il a supposée vraie pour la valider ou non. C'est alors que les facettes cinématiques des groupes "mouvement", "accélération" et "variation de vitesse" sont mises en jeu ainsi que celles des groupes reliant le concept de force à ces différents concepts et qui sont nouvellement introduites. Les différentes interprétations des élèves mènent le professeur à poser deux hypothèses traduisant les différences des idées des élèves: la 1ère suppose que la force est constante si l'accélération est constante et la 2ème que la force est constante si la vitesse est constante. Un élève, pour renforcer son hypothèse (la 1ère) donne un exemple concret: lorsqu'on lâche un objet sa vitesse augmente alors qu'il n'est soumis qu'à une force constante, son poids. Cette interprétation de l'élève permet au professeur de pouvoir facilement juger de la bonne hypothèse, la 2ème, et montrer l'évolution de la théorie scientifique de la 1ère hypothèse à la 2ème (dernière facette fonctionnement du savoir) : "par suite voilà la vraie hypothèse, mais faites attention, on a la tendance de réfléchir avec cette hypothèse car d'Aristote jusqu'à Galilée on a cette hypothèse que si on a un mouvement uniforme donc il y a une force constante et puis Newton ils ont trouvé que si la force est constante l'accélération est constante".

Commentaires

Ce thème est caractérisé par la variété des tâches réalisées, allant de l'interprétation incluant des descriptions, aux prédictions, définitions, argumentations et critiques. Cette variété peut être justifiée par le fait que le professeur ouvre un débat sans que les élèves aient un modèle scientifique pour le mener, mais mènent le débat à partir de ce qu'ils connaissent pour poser des hypothèses théoriques. Cette multitude de tâches exprime la participation de plusieurs élèves et la mise en jeu de plusieurs idées et on peut se demander si les élèves ont pu garder le fil conducteur pendant le débat et s'ils ont pu se positionner par rapport à toutes ces idées.

Les groupes action-interaction, force-interaction, force-mouvement et phénomènes sont mis en jeu lors de la discussion sur la présence ou non d'une force dans le vide et les autres lors de la discussion sur la relation force-vitesse-accélération.

Le contact est mis en jeu lorsque les élèves nomment des forces de contact comme s'exerçant sur l'objet et l'est plus explicitement quand le professeur dit que dans le vide il n'y a rien, le corps n'est en contact avec rien.

Topogénèse

Pendant ce thème, le professeur laisse une large responsabilité du savoir aux élèves. Il pose une question au début et laisse les élèves débattre tout en critiquant au début les réponses de l'un d'eux dues à sa mauvaise compréhension du phénomène du "vide". Le professeur enchaîne le débat avec la classe en suscitant les élèves à interpréter et prédire et ceux-ci le font ; on trouve même dans les diagrammes des tâches beaucoup plus de tâches réalisées par les élèves que celles qui sont suscitées par le professeur. Ceci est dû au fait que quand le professeur suscite une tâche plusieurs élèves la réalisent, exposant ainsi devant la classe leur point de vue et le débattant avec les autres. On observe donc une grande participation des élèves qui se manifeste par des interprétations et des prédictions. Le professeur donne rarement son point de vue au sein du débat, il critique quelques réponses d'élèves, décrit des situations pour les rendre plus claires aux élèves, et prend surtout la responsabilité de définir quelques phénomènes et concepts auprès des élèves. Cependant il ne rejette pas les points de vue des élèves mais reprend à chaque fois un de ces points de vue pour relancer le débat ou poser les idées discutées comme hypothèses. A plusieurs reprises par exemple, des élèves se posent des questions et le professeur les reprend pour susciter la classe à réagir, ex: "E: Donc quelles sont les forces?, P: Donc quelle est la force?" ; "E: Bon maintenant pourquoi il bouge le corps dans l'espace?, P: Voilà, donc la question maintenant posée, s'il y a un corps en mouvement est-ce que c'est possible qu'il y a un corps en mouvement sans qu'il y ait une force?" ; "E: Pourquoi il y a un mouvement?, P: Pourquoi il y a un mouvement?". Très souvent, le professeur pose les idées des élèves comme des hypothèses, ex: "E: Il n'y a pas de forces, P: Donc voilà, 1ère idée il n'y a pas de forces, on va voir si c'est vrai ou non" ; "P: Alors supposons que c'est vrai, supposons jusqu'à maintenant que c'est vrai que pour qu'il y ait un mouvement nécessairement il y a une force" ; "P: Voilà, donc on a la 2ème hypothèse, 2ème hypothèse, euh Samar, si la vitesse est constante alors la force comment?, E: constante" ; "P: Oui, c'est l'autre hypothèse, si l'accélération est constante, E: Alors la force est variée". Vers la fin, un élève donne un exemple pour expliquer son hypothèse, et cette intervention fait avancer le savoir vu que le professeur en profite pour expliciter l'idée de l'élève et enfin institutionnalise la bonne hypothèse et décrit son évolution historique.

En résumé, nous pouvons dire que le professeur laisse beaucoup la responsabilité du savoir aux élèves pendant ce thème. Il intervient quelquefois pour critiquer des réponses, reprendre des idées d'élèves qui relanceraient le débat et prendre quelques idées d'élèves pour des hypothèses. Il ne tranche qu'à la fin en institutionnalisant la bonne hypothèse.

5. Séance VI (cours en classe entière)

Cette séance est la première séance de la séquence d'enseignement filmée dans la classe 3. Elle est découpée en six thèmes ; nous analysons les thèmes 1 et 5.

Thème	Temps	Durée
1. Principe de l'inertie avec des formules	2:43 – 6:40	3:57
2. 2ème loi de Newton avec des formules	6:40 – 11:02	4:22
3. Reformulation des lois de Newton en langue naturelle	11:02 – 20:28	9:26
4. Inertie et relation force – masse	20:28 – 25:20	4:52
5. Nature du mvt, bilan et représentation des forces et application du PI (exo.)	25:20 – 44:58	19:38
6. Trajectoire d'un objet lancé et forces exercées sur lui (exo.)	44:58 – 50:56	5:58

Tableau 74. Thèmes de la séance VI

5.1. Thème 1: Principe de l'inertie avec des formules

Ce thème est le premier thème de la séance. Nous donnons pour ce thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce sous-thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Tâches épistémiques

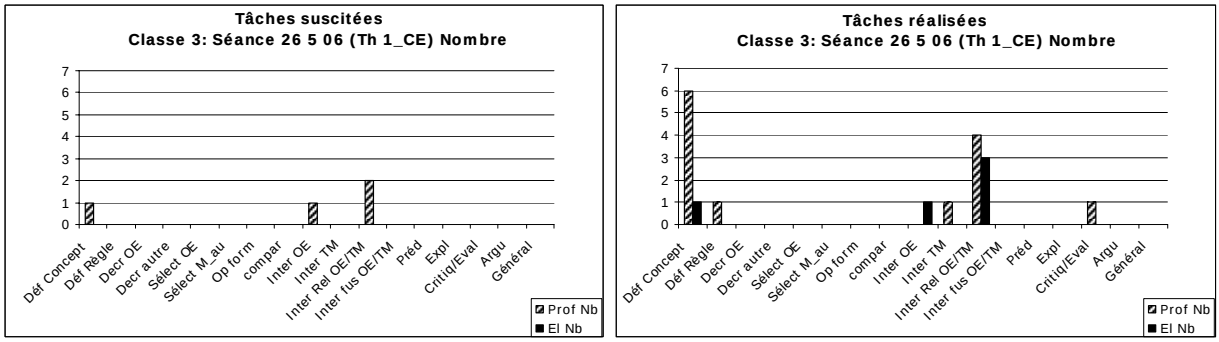


Figure 33. Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le thème 1

Facettes en jeu

Action - Inter	- une action mécanique produit un changement au niveau du mvt - une action mécanique produit un changement au niveau de la forme - L'action de la Terre sur les objets (ou le poids) est une action à distance - Il y a trois types d'interactions (forces) à distance: gravitationnelle, magnétique, électrique
Force - Inter	- Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets - La Terre exerce toujours une force sur les autres objets - La force exercée par un support est appelée réaction du support
Procédures	- Pour faire l'inventaire des forces on commence par les forces à distance ensuite par les forces de contact.
Force - Mvt	**- Si les forces qui s'exercent sur le système (objet) se compensent on peut affirmer que le système (l'objet) est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme**
Force - Acc	- si la force est constante l'accélération est constante (ou l'inverse) **- s'il n'y a pas de force (ou si la somme des forces est nulle) il n'y a pas d'accélération (ou l'accélération est nulle)**
Mvt	- Le mouvement du point représentant un objet est caractérisé par : sa direction, son sens (à une direction correspond deux sens), la vitesse du point - Le mouvement d'un point est rectiligne quand sa trajectoire est une ligne droite. - Lorsque la valeur de la vitesse du point ne varie pas on dit que le mouvement est uniforme.
Acc	- L'accélération indique une variation de la vitesse - si l'accélération est nulle alors la vitesse est constante (ou l'inverse) - si l'accélération est nulle alors le mvt est rectiligne uniforme (ou l'inverse)

Tableau 75. Facettes en jeu dans le thème 1 ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Concepts en jeu	Registres sémiotiques
Force – Mouvement Force – Variation de vitesse Force – Accélération	Passage d'une situation matérielle au langage scientifique (bilan des forces, nature du mvt et compensation des forces

Tableau 76. Concepts et registres sémiotiques en jeu dans le thème 1

Scène

Le professeur écrit au tableau une des implications du principe d'inertie et l'applique à un exemple, celui d'un livre posé sur une table, en faisant participer les élèves à l'interprétation de la situation. Les élèves ne copient pas ce qui est écrit au tableau car le professeur leur dit que ça se trouve dans le livre.

Fonctionnement du savoir

Le professeur énonce une hypothèse faite par la classe lors de la séance précédente sur la relation entre force et accélération: "si la force est constante l'accélération est constante (ou l'inverse)" et en tire que « s'il n'y a pas de force (ou si la somme des forces est nulle) il n'y a pas d'accélération (ou l'accélération est nulle) ». Le professeur énonce ensuite pour la première fois le principe d'inertie, ou plutôt une des implications logiques de ce principe : «si les forces qui s'exercent sur le système (objet) se compensent on peut affirmer que le système (l'objet) est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme ». Il l'écrit au tableau sous forme d'une équation traduisant le fait que la somme des forces est nulle et une équivalence entre cette formule et deux possibilités: un mouvement rectiligne uniforme si l'objet est en mouvement et un état de repos si l'objet était au repos. Le professeur applique ce principe à un livre posé sur une table (exemplification). Il effectue le bilan des forces mettant ainsi en jeu des facettes relatives aux groupes action-interaction, force-interaction et procédures. Le livre qui est au repos reste au repos jusqu'à l'infini. Il interprète ensuite le principe par les effets d'une action mécanique: s'il n'y a pas une action mécanique il n'y a pas de changement et s'il n'y a pas de changement c'est que la vitesse ne change pas, donc l'accélération qui traduit une modification de la vitesse est nulle. On observe dans ce thème des définitions, ce qui est cohérent avec l'introduction d'un principe, ainsi que des interprétations surtout lors de l'exemplification. Le contact est implicite au bilan des forces.

Topogénèse

Le professeur détient du savoir puisqu'il introduit de nouvelles lois. Les élèves participent en donnant de courtes réponses lors de la réalisation du bilan des forces.

5.2. Thème 5: Nature du mouvement, bilan et représentation des forces et application du principe d'inertie (exercice)

Ce thème est le cinquième thème de la séance. Il est divisé en deux sous-thèmes, le premier met en jeu la nature du mouvement et la représentation des forces et le deuxième est une application au principe de l'inertie avec des projections de vecteurs en jeu.

Texte de l'exercice

Une voiture, assimilée à un point matériel, se déplace sur une route rectiligne et horizontale avec une vitesse constante de 5 m/s. Les forces de frottement sont équivalentes à une force unique, parallèle à la route, dirigée dans le sens opposé au mouvement et de module constante f = 100N. La force de traction, supposée horizontale, est notée $\vec{F}$.

a) Faire le bilan des forces extérieures appliquées à la voiture et les représenter sur un schéma.

b) En appliquant le principe de l'inertie, déterminer la valeur de $\vec{F}$.

5.2.1. Sous-Thème 5a : Nature du mouvement, bilan et représentation des forces

Nous donnons pour ce sous-thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce sous-thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Tâches épistémiques

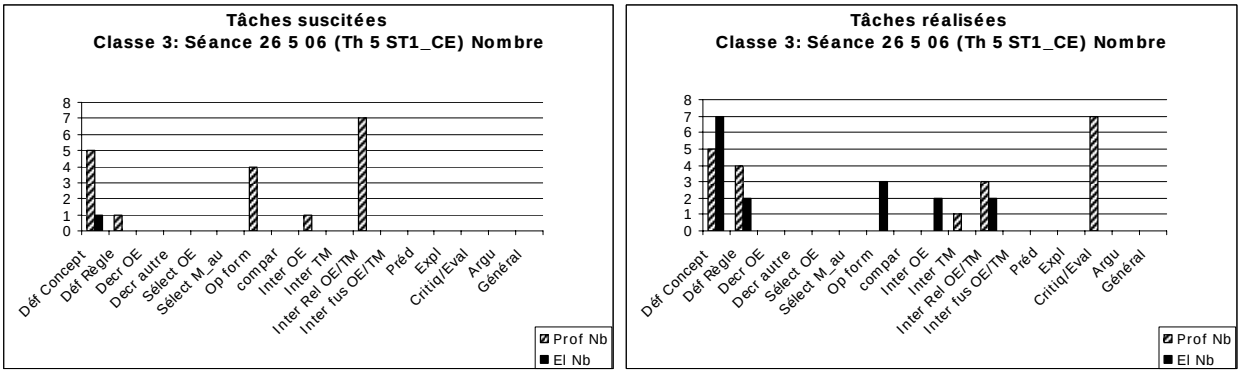


Figure 34.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le sous-thème 5a

Facettes en jeu

Force - Inter	- Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets - La Terre exerce toujours une force sur les autres objets - La force exercée par la Terre sur un objet est un vecteur vertical toujours dirigé vers le bas - La force exercée par un support est appelée réaction du support - La réaction du support possède 2 composantes: normale au support et parallèle au support - La composante normale (perpendiculaire) de la force exercée par un support est appelée réaction normale - La composante parallèle au support de la force exercée par un support est appelée frottement - $\vec{R} = \vec{N} + \vec{f}$
Vecteur Force	- La force a une direction - La force a un sens **- La force a une intensité**
Action - Inter	**- Il y a trois types d'interactions (forces) à distance: gravitationnelle, magnétique, électrique**
Fct	- En physique on étudie les causes du mvt (dynamique) **- En physique on décrit le mvt (cinématique)**
Procédures	- Il faut préciser le système à étudier avant de faire le bilan des forces **- Pour faire l'inventaire des forces on commence par les forces à distance ensuite par les forces de contact.**
Réal Repr	- Réalisation de la représentation d'une force
Mvt	- Lorsque la valeur de la vitesse du point ne varie pas on dit que le mouvement est uniforme.

Tableau 77. Facettes en jeu dans le sous-thème 5a ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Scène

Le professeur demande à un élève de faire l'exercice au tableau. Pendant qu'un élève lit l'énoncé de l'exercice dans le livre, celui qui est au tableau résume les données en écrivant au tableau car selon le professeur "il faut analyser les données qu'on a comme données physiques et pas comme des phrases". Le professeur pose ensuite des questions à l'ensemble de la classe ainsi qu'à l'élève au tableau afin de faire le bilan des forces et donner leurs caractéristiques. L'élève au tableau écrit les réponses et représente les forces et les autres copient sur leur cahier ce qui est écrit au tableau.

Fonctionnement du savoir

La situation est celle d'une voiture qui roule, il s'agit de faire le bilan des forces et les représenter. La situation est décrite en langage scientifique avec des valeurs numériques. La nature du mouvement est précisée ainsi que les caractéristiques des forces de frottement et de traction. Après une confusion chez les élèves entre direction et sens d'une force pour préciser le sens de la force de traction le professeur clarifie la différence et explique qu'une force de traction est une force qui a le même sens que le mouvement. Le professeur dit ensuite que ces caractéristiques sont celles de toute force et énonce donc les facettes du vecteur force explicitement. L'élève au tableau représente ensuite les forces de frottement et de traction avant même de faire le bilan des forces. On commence ensuite à faire le bilan des forces. On retrouve dans ce sous-thème la mise en œuvre d'une procédure, celle de faire le bilan des forces. Les facettes procédurales sont alors énoncées ainsi que les genres d'interactions à distance. Les facettes "quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets" et "la Terre exerce toujours une force sur les autres objets" sont implicitement mises en jeu lors de la reconnaissance par l'élève de l'existence du poids et de la force exercée par la route comme force de contact puisque la voiture n'est en contact qu'avec elle. Le professeur met alors en jeu les facettes relatives à la réaction du support pour la décomposer en deux forces, la réaction normale et la force de frottement. L'élève représente les deux forces qui viennent s'ajouter à la force de frottement et à la force de traction. Le professeur ne parle pas pour le moment des intensités des forces (si les longueurs des vecteurs doivent être égales ou non) et l'élève représente celles qui sont opposées de même longueur.

Ce sous-thème met en jeu surtout des opérations formelles relatives à la représentation vectorielle des forces, des définitions concernant les étapes de la procédure à suivre et la réaction d'un support et des interprétations au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle afin de déterminer le bilan des forces et leurs caractéristiques. Les groupes de facettes mis en œuvre constituent des étapes pour effectuer le bilan des forces et les représenter.

Commentaires

Ce sous-thème constitue comme une application directe d'une procédure, celle de faire le bilan des forces et de les représenter. La procédure à suivre est explicitée par les définitions énoncées par le professeur et les élèves et est mise en œuvre au moyen d'interprétations et d'opérations formelles. Les facettes constituent chacune une étape dans cette procédure. Le contact est un peu plus implicite que dans les thèmes précédents, peut-être parce qu'il est considéré de plus en plus acquis à force de le mettre en jeu.

Topogénèse

Le professeur demande à un élève de faire l'exercice au tableau. Cependant on observe tout le long de cette réalisation de l'exercice un processus de questions réponses, les questions du professeur étant fermées et les réponses des élèves courtes. C'est le professeur qui détermine

en gros les étapes à suivre et l'élève ne fait qu'exécuter, avec l'aide de la classe. Nous observons une cohérence entre les tâches suscitées et réalisées, ce qui montre que les élèves répondent à l'attente du professeur qui évalue souvent leurs réponses par des mots comme "oui, voilà, non…". L'élève au tableau représente seul les forces. Donc globalement le professeur laisse très peu la responsabilité du savoir aux élèves.

5.2.2. Sous-Thème 5b : Application du Principe de l'inertie (+ projection des forces suivant une direction)

Nous donnons pour ce sous-thème les tâches épistémiques, facettes, concepts et registres sémiotiques en jeu. Nous décrivons ensuite la scène de ce sous-thème et analysons le fonctionnement du savoir et la topogénèse.

Tâches épistémiques

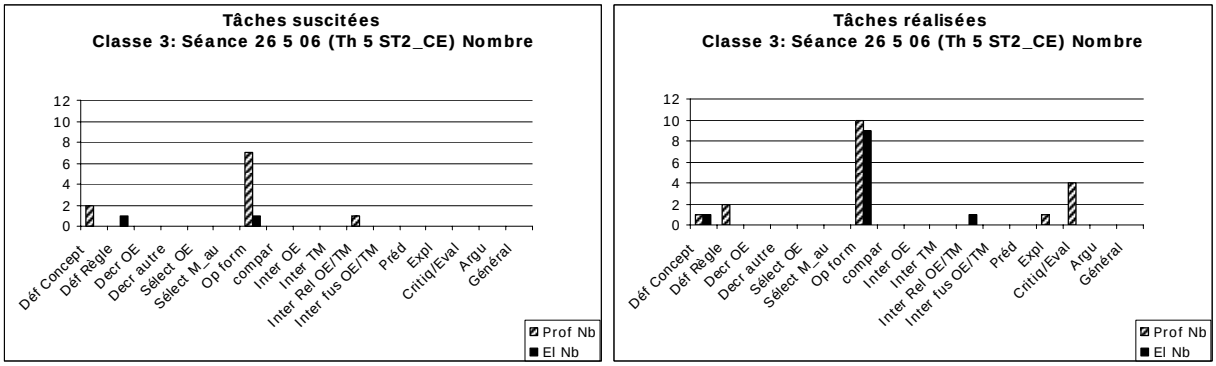


Figure 35.Tâches épistémiques suscitées et réalisées dans le sous-thème 5b

Facettes en jeu

Force - Mvt	- Lorsqu'un système (objet) est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent.
Vecteur Force	**- si plusieurs forces non colinéaires se compensent alors les forces suivant les différentes directions doivent se compenser**
Procédures	**- pour passer d'une relation vectorielle à une relation scalaire on projette les vecteurs suivant une direction et un sens convenables**

Tableau 78. Facettes en jeu dans le sous-thème 5b ; en gras : nouvelles facettes introduites et en normal : facettes réutilisées

Fonctionnement du savoir

Il s'agit dans ce sous-thème d'appliquer le principe de l'inertie pour trouver la valeur d'une force. Le professeur demande aux élèves si les conditions pour l'appliquer sont remplies: en fait c'est le cas puisque le mouvement est rectiligne uniforme. Le principe d'inertie est ensuite énoncé pour la première fois de cette façon (il l'a été dans les thèmes précédents sous d'autres formes) et appliqué à la situation. On passe d'un énoncé à une formule traduisant le fait que la somme des forces est nulle. La classe se trouve donc devant une somme de quatre vecteurs qui est nulle. Le professeur effectue alors une monstration de deux procédures qui peuvent être appliquées pour passer de la relation vectorielle à une relation scalaire. Il propose une première méthode qu'il appelle méthode approximative pour résoudre cette équation vectorielle, il introduit alors une nouvelle facette. Cette méthode suppose que "si plusieurs forces non colinéaires se compensent alors les forces suivant les différentes directions doivent se compenser", donc verticalement la somme est nulle de même qu'horizontalement. Il propose ensuite une deuxième méthode qu'il applique: la projection des vecteurs suivant une

direction. Il projette les vecteurs suivant la direction de $\vec{F}$ pour trouver sa valeur. Suite à la demande d'un élève il effectue la projection suivant une autre direction pour prouver qu'on peut projeter suivant différentes directions.

Commentaires

Ce sous-thème met en jeu une interprétation au début ; après le passage à l'équation on ne trouve presque que des opérations formelles. Ce qui caractérise en fait ce sous-thème c'est qu'il met en jeu un raisonnement mathématique plutôt que physique, ce qui explique l'absence d'autres tâches à part les opérations formelles. Une fois la situation interprétée à l'aide du principe d'inertie on n'observe plus que des formules et des vecteurs. Cette mathématisation peut être vide de sens physique pour les élèves à ce stade.

Topogénèse

La responsabilité du savoir est complètement du côté du professeur. Les élèves ne font que répondre à quelques questions et copier ce qui est au tableau. Le professeur montre la plupart du temps les procédures à faire pour passer d'une relation vectorielle à une relation scalaire et effectue lui-même le calcul de F. Un élève pose une question pour savoir si la projection peut se faire suivant différentes directions ; c'est la seule initiative de la part des élèves.

6. Conclusions

Comme nous l'avons fait pour la classe 3 (chapitre 5), nous donnons ci-dessous nos conclusions concernant certains concepts et notions du savoir enseigné qui sont essentiellement mis en jeu dans le questionnaire à la suite de notre analyse afin de pouvoir établir des liens entre la dynamique du savoir concernant ces concepts dans les différentes classes et les performances des élèves sur les questions mettant en jeu ces concepts. Nous regardons également l'emploi des tâches épistémiques et la mise en jeu des groupes de facettes ainsi que la topogénèse sur l'ensemble des thèmes afin de repérer des invariants.

6.1. Actions/Forces de contact

La relation entre contact et force/action de contact est plutôt rendue explicite. Elle est introduite (thème 3, séance 1) par une monstration de procédure que le professeur fait en donnant la façon de faire l'inventaire des forces. Il distingue deux genres d'interactions, à distance et de contact. Il définit l'interaction/force à distance par les trois genres, électrique, magnétique et gravitationnelle. Pour trouver les forces de contact, le professeur propose aux élèves d'énumérer à chaque fois les objets avec lesquels le système est en contact et c'est là qu'apparaît la facette "quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets" qui n'est pas prononcée en tant que telle par le professeur. Les forces de contact et à distance sont rendues plus explicites et le professeur donne aux élèves le moyen de les repérer : il suffit de vérifier si la force appartient à l'un des trois genres de forces à distance pour qu'elle soit à distance et dans le cas contraire, voir si l'objet est en contact avec le système étudié pour qu'il y ait force de contact. Le professeur présente la procédure sous forme d'organigramme qui devient comme un algorithme qu'il suffit d'appliquer pour faire l'inventaire des forces. La procédure, et ainsi les facettes qu'elle met en jeu, est tout de suite appliquée à une situation schématisée au tableau.

Nous observons ensuite une coupure dans la mise en jeu des forces de contact ; le professeur les reprend après dix thèmes (presque deux séances) en leur consacrant un thème. Le contact est plutôt explicite dans ce thème puisque le professeur ne parle que des forces de contact et

en donne des exemples : la tension d'un fil et la réaction d'un support. La facette contact est explicitement mise en jeu et le thème est consacré à la détermination des caractéristiques de ces forces de contact. Le contact est par la suite mis en jeu lorsque la classe fait des bilans de forces ; il est généralement explicite puisque la classe se demande « l'objet est en contact avec quoi ? » ou qu'elle dit clairement qu'il y a contact avec un objet donc il y a force, à l'exception de quelques cas où cette question n'est pas posée et où la classe ne fait que nommer la force de contact sans expliciter le fait qu'elle existent parce qu'il y a contact.

6.2. Force – mouvement

La première approche de cette relation est présentée dans le thème 2 de la séance 4 lorsque, pendant la correction d'un exercice fait à la maison, des élèves au tableau représentent les forces s'exerçant sur un objet en mouvement. Pour corriger ces représentations (surtout concernant le sens et la longueur des vecteurs), le professeur introduit implicitement dans son discours le fait que « s'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens ». Cette facette étant implicite, nous ne savons pas si les élèves arrivent à comprendre que c'est la mise en mouvement qui nécessite une force dans la direction du mouvement ou s'ils considèrent qu'il y a toujours une force dans la direction du mouvement. Cette dernière possibilité est fort probable puisque le professeur n'insiste pas sur la mise en mouvement dans son discours et dans ce cas le statut de la conception erronée des élèves, qu'il y a toujours une force dans le sens du mouvement ou que la somme de forces a toujours le sens du mouvement, peut être renforcé.

Le professeur mène ensuite un débat avec la classe pendant tout un thème (thème 4, séance 5) en guise d'introduction aux lois de Newton, en posant une question ouverte qui a mené à un débat et à poser des hypothèses sur la relation entre force-vitesse-accélération. La classe a donc supposé l'existence d'une relation causale entre force et mouvement : s'il y a un mouvement donc il y a une force ; le professeur ne donne pas une réponse là-dessus, il dit juste qu'il va supposer cette hypothèse vraie mais ne revient pas là-dessus d'une façon claire. On ne sait pas ce que les élèves ont compris de cette discussion et s'ils ont fait un lien du type mouvement donc force dans n'importe quel sens ou mouvement donc force dans le sens du mouvement ou mise en mouvement donc force dans le sens du mouvement. Une relation est ensuite faite entre force-vitesse-accélération : force constante donc accélération constante et force nulle donc accélération nulle et vitesse constante, préparant ainsi l'introduction des lois de Newton. Pendant ce thème, la classe essaie vraiment de construire des relations entre concepts avant qu'elles ne soient données « gratuitement » par un modèle.

Le principe de l'inertie est ensuite introduit par des définitions, au moyen de deux registres différents, les formules et la langue naturelle, qui sont ensuite appliquées à une situation matérielle lors de sa première introduction. Une seule application du principe de l'inertie est faite par la suite où une nouvelle implication de ce principe est introduite suivie d'une résolution de l'équation reliant les forces en lien avec leur représentation. Le principe de l'inertie est donc très peu traité dans cette classe : il est introduit dans deux thèmes avec une application directe qui suit son introduction

6.3. Force exercée par la Terre

La présence de la force exercée par la Terre ne semble pas poser problème aux élèves même pour un objet qui est dans l'eau. Les élèves mettent toujours le poids comme force s'exerçant sur les objets. Nous n'avons observé aucun problème concernant cette force.

6.4. Force exercée par l'air

La force exercée par l'air est tantôt prise en compte par la classe quand un objet est en mouvement et tantôt ne l'est pas. Il n'y a pas du tout un contrat clair là-dessus.

6.5. Représentations

La représentation des forces est introduite pour la première fois en classe (thème 3, séance 1) de façon très implicite, quand le professeur représente les forces s'exerçant sur le système étudié mais sans dire un mot sur cette représentation: aucune explication et aucun commentaire ne sont faits là-dessus. Le fait que la force est représentée par un vecteur et qu'elle ait des caractéristiques n'apparaît pas dans le discours du professeur. C'est après une coupure concernant les représentations et qui s'étend sur neuf thèmes que la force est définie comme modélisation de l'action et comme un vecteur ayant des caractéristiques (thème 5, séance 3). La représentation des forces est ensuite mise en jeu pour la première fois de façon formelle quand le professeur introduit quelques forces de contact standards (tension, réaction, etc.) et fait des interprétations avec la classe pour trouver les caractéristiques des forces et ensuite les représenter au tableau (thème 6, séance 3). La représentation des forces est ensuite mise en jeu pendant les deux séances qui suivent cette première mise en œuvre (dans 4 thèmes) et une fois dans les deux dernières séances, en lien avec le principe de l'inertie.

Les concepts de force de contact et à distance se trouvent le plus souvent liés au bilan des forces et rarement à la représentation des forces puisque la classe a l'habitude de faire toujours explicitement l'inventaire des forces avant de les représenter. En plus, dans la représentation des forces, il n'existe pas de symbole indiquant un contact ou non entre les objets ; cette représentation n'explicite pas la notion de contact. Donc la signification des représentations dans cette classe est essentiellement liée aux caractéristiques d'une force et leur compensation ou non.

La notation des forces dans cette classe consiste en général en une seule lettre (P, T, R, etc.) et leur nomination est en général standard (poids, tension, réaction, etc.). La nomination « force exercée par la Terre sur un objet » est rarement employée.

Par rapport à la direction des forces, la plupart des situations présentées mettent en jeu des forces verticales et la détermination de la direction ne pose pas problème en général.

Par rapport au sens des actions/forces, il est parfois déterminé par l'effet de l'action/force sur le système étudié (la Terre attire, la table empêche l'objet de s'enfoncer, etc.) et d'autres fois l'effet n'est pas mentionné.

Par rapport à l'origine des vecteurs force, il existe une certaine confusion ; les forces sont représentées à partir de points d'application différents : pour les forces de contact, l'origine est n'importe quel point de contact et pour les forces à distance, le centre de gravité. Quand l'objet est assimilé à un point, ceci ne pose pas problème (thème 5, séance 6) mais quand l'objet est représenté par un rectangle ou un cercle par exemple, ceci peut poser problème, on se retrouve dans ce cas avec plusieurs points desquels partent les forces (thème 2, séance 4) ; ceci peut poser problème ultérieurement et créer une confusion chez les élèves, surtout s'il s'agit d'additionner les forces. Le professeur ne représente pas souvent les objets par un point ; mais on peut noter que dans le thème 5 de la séance 6, l'énoncé de l'exercice imposait l'assimilation de la voiture à un point matériel.

6.6. Tâches épistémiques et groupes de facettes

Les tâches les plus présentes dans cette classe sont l'interprétation au niveau relationnel entre objets/évènements et théorie/modèle et la définition de concepts et de règles. Ces tâches sont présentes dans la plupart des thèmes. La définition l'emporte sur l'interprétation dans les thèmes où de nouveaux éléments de savoir sont introduits : le nouveau savoir est donc essentiellement introduit par des définitions et appliqué ensuite dans le même thème à des situations matérielles (ex : thème 3, séance 1 ; thème 1, séance 6) ; les définitions sont plus du côté du professeur et les interprétations plus du côté des élèves. Trois ou quatre thèmes sont cependant très différents des autres (thème 2, séance 4 ; thème 4, séance 5 ; thème 1, séance 7) du fait qu'ils mettent en jeu des tâches épistémiques très variées et un très grand nombre d'interprétations (plus que 30) essentiellement faites par les élèves ; c'est qu'en fait ces thèmes constituent de vrais débats entre les différents acteurs de la classe : le professeur lance les débats en posant des questions ouvertes et les élèves discutent leurs idées. Dans le thème 4 de la séance 5, nous observons de nombreuses interprétations au niveau des théories/modèles, ce qui n'est pas très fréquent ; pendant ce thème, la classe essaie de construire une relation entre force-vitesse-accélération avant même l'introduction des lois de Newton. Le nombre de groupes de facettes est moins élevé dans les thèmes où le nouveau savoir est essentiellement introduit (sauf pour le thème 1 de la séance 6 où le principe de l'inertie est introduit). Les thèmes où les plus grands nombres de groupes de facettes sont en jeu sont ceux où les débats sont menés (thème 2, séance 4 ; thème 4, séance 5 ; thème 1, séance 7).

6.7. Topogénèse

Cette classe ne travaille jamais en groupes ni même individuellement, même pas pour faire des exercices ; en classe les élèves ne sont jamais confrontés seuls à des situations pour avoir le temps de développer leurs propres conceptions et interprétations des situations, ils n'ont cette occasion qu'hors classe, par exemple quand le professeur leur donne un exercice à faire à la maison.

La plupart du temps le professeur prend la responsabilité du savoir. Il fait souvent participer ses élèves en leur posant des questions plutôt fermées et les élèves répondent à ses attentes mais en donnant des réponses courtes qui se limitent parfois à un mot. En général, on observe dans les graphes des tâches une cohérence entre les tâches suscitées par le professeur et celles réalisées par les élèves, ainsi qu'une importante réalisation (en nombre) de la part des élèves : le professeur suscite donc beaucoup de tâches et les élèves les réalisent mais il n'y a pas vraiment de discussion des idées des élèves. Cependant, trois thèmes se trouvent très différents des autres (thème 2, séance 4 ; thème 4, séance 5 ; thème 1, séance 7) ; une question ouverte est généralement à la base de ces thèmes et qui n'est souvent pas facile, ce qui déclenche un débat dans la classe où les élèves donnent leurs idées et les discutent et le professeur oriente le débat en critiquant/évaluant certaines propositions mais ne donne la solution qu'à la fin. Les élèves réalisent pendant ces thèmes plus que ce que le professeur suscite et plus que ce qu'il réalise ; ils mettent en jeu différents types de tâches, notamment des prédictions, explications, argumentations mais surtout des interprétations. L'introduction du nouveau savoir est généralement la responsabilité du professeur dans cette classe et se fait rarement par les élèves ; elle est une fois assurée par le livre lors de la reformulation des lois de Newton en langue naturelle, qui joue le rôle de détenteur du savoir mais ne l'est pas complètement puisque le professeur ne cesse d'intervenir pour commenter ce qui est présenté dans ce livre.

CHAPITRE VIII
LIENS ENTRE PRATIQUES DE CLASSE ET PERFORMANCES DES ELEVES

Dans ce chapitre, nous donnons les résultats des questionnaires écrits, passés avant et après enseignement aux élèves des trois classes, qui nous donnent les performances des élèves. Nous essayons de relier les différences entre ces performances aux différences entre les pratiques de ces classes. Nous avons choisi quelques questions du questionnaire dont nous avions les résultats et qui faisaient partie des concepts principaux enseignés durant les séquences que nous avons filmées. Nous avons regroupé les questions qui correspondaient aux mêmes concepts et avons classé les concepts selon qu'ils sont difficiles à acquérir (liés à des conceptions) ou ne présentent pas de difficulté particulière *a priori* (voir hypothèses d'apprentissage, chapitre 4).

Parmi les concepts difficiles à acquérir, nous avons classé la « relation entre force et mouvement » (en lien avec le principe de l'inertie) ainsi que les « actions/forces de contact et actions réciproques » que nous avons regroupées vu qu'elles sont imbriquées dans les questions. Ce classement est dû au fait que ces concepts (« relation entre force et mouvement » et « forces de contact ») sont reliés à une conception connue chez les élèves : un objet en mouvement doit avoir une force dans le sens du mouvement (voir les conceptions dans chapitre 2). Nous avons également classé le concept contraire à cette conception, « un objet en mouvement peut n'être soumis à aucune force dans le sens du mouvement » comme difficile à acquérir et l'avons séparé des forces de contact bien que les questions le mettant en jeu soient reliées à celles-ci. Les trois concepts que nous avons classés comme difficiles à acquérir se présentent donc comme suit : en premier vient la « relation entre force et mouvement » ; en deuxième et en troisième viennent respectivement les « actions/forces de contact et actions réciproques » et « un objet en mouvement peut n'être soumis à aucune force dans le sens du mouvement ». Ces deux concepts sont très liées et les questions

correspondantes mettent en jeu presque les mêmes facettes, de plus le dernier concept est associé aux deux autres et le lien entre les performances des élèves et les pratiques de classes le concernant découlent des relations établies pour les deux autres concepts, c'est leur union en quelque sorte.

Parmi les concepts ne présentant pas difficulté particulière et qui ne sont pas liés à des conceptions, nous avons classé par ordre la « nature du mouvement », la « force exercée par la Terre/poids », le « rôle de l'air » et les « représentations vectorielles ».

La structure des paragraphes se présente comme suit :

Pour chaque concept, nous présentons d'abord les questions du questionnaire en lien avec lui et une analyse *a priori* des facettes qui peuvent être mises en jeu pour répondre à ces questions, avec la continuité de ces facettes dans les trois classes.

Nous présentons ensuite les performances des élèves des trois classes et des deux groupes des classes celui qui suit la séquence SESAMES et celui qui suit la séquence construite par le professeur), avec des croisements faits entre certaines questions.

Enfin nous relions les performances des élèves aux pratiques de classe. A l'échelle microscopique, nous essayons de relier les performances des élèves (et les différences de performances entre les trois classes) à la continuité des facettes qui peuvent *a priori* être mises en jeu pour répondre aux questions.

Au niveau mésoscopique, nous relions les concepts à la façon dont ils ont vécu dans les différentes classes, cette analyse ayant été faite dans le chapitre précédent au niveau des thèmes. Le concept choisi pour être analysé finement au niveau mésoscopique étant les actions/forces de contact, nous détaillons l'analyse selon les différents items présents dans les questions uniquement pour ce concept. Pour les autres concepts, l'analyse est plus globale.

1. Concepts difficiles à acquérir

Comme nous l'avons déjà mentionné dans l'introduction de ce chapitre, nous avons classé dans cette catégorie la « relation entre force et mouvement », les « actions/forces de contact et actions réciproques » et le concept « un objet en mouvement peut ne pas de force dans le sens du mouvement ».

1.1. Relation entre force et mouvement

Nous présentons ci-dessous les quatre questions qui mettent en jeu la « relation entre force et mouvement » et une analyse *a priori* des facettes qui peuvent être mises en jeu pour répondre à ces questions, avec la continuité de ces facettes dans les trois classes. Les performances des élèves sur ces questions sont ensuite présentées en pourcentages, suivies des liens que nous tentons d'établir entre ces performances et les pratiques de classe.

1.1.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes

Les questions 10, 5, 3 et 7 mettent en jeu la relation force – mouvement. Nous avons séparé ces questions selon les registres sémiotiques mis en jeu et le passage des uns aux autres.

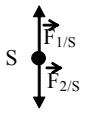
Passage d'un schéma de forces à la nature du mouvement

Dans la question 10 il s'agit de trouver à partir d'un schéma de forces la nature du mouvement. Deux cas se présentent : un cas où les forces représentées se compensent (schéma 1) et par suite le système peut être soit immobile soit en mouvement rectiligne uniforme et un cas où les forces représentées ne se compensent pas et par suite le système ne peut être ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme.

Question 10
On a représenté ci-dessous deux schémas de toutes les forces qui s'exercent sur un système S à un moment donné. Pour chacun des schémas, indiquer si les propositions sont possibles, impossibles ou si on n'a pas assez d'informations pour choisir (pour chaque ligne une seule case doit être cochée). Le référentiel est la Terre.

Cas d'un schéma avec des forces qui se compensent

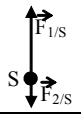
Schéma n°1



Le mouvement de S est rectiligne uniforme : possible ; impossible ; on ne peut pas choisir
Le mouvement de S est circulaire uniforme : possible ; impossible ; on ne peut pas choisir
Le système S reste immobile : possible ; impossible ; on ne peut pas choisir

Cas d'un schéma avec des forces qui ne se compensent pas

Schéma n°2



Le mouvement de S est rectiligne uniforme : possible ; impossible ; on ne peut pas choisir
Le mouvement de S est rectiligne non uniforme : possible ; impossible ; on ne peut pas choisir
Le système S reste immobile : possible ; impossible ; on ne peut pas choisir

Tableau 79. Question 10 avec les deux cas, celui du schéma 1 et celui du schéma 2

Passage d'un dessin et d'une description en langue naturelle quotidienne d'une situation matérielle à la compensation des forces

Dans la question 5, quatre situations matérielles sont représentées sous forme de dessins et décrites en langage courant. Il s'agit de savoir (question 5.3) si les forces s'exerçant sur l'objet se compensent. Pour le savoir, il faut remonter à la question 5.1 qui porte sur la nature du mouvement et en déduire d'après la nature du mouvement s'il y a compensation ou non des forces. En fait, dans les situations 1, 2 et 4 les forces se compensent puisque l'objet est soit immobile (situation 1 et 2) soit en mouvement rectiligne uniforme (situation 4).

Question 5
Situation 1. Une caisse est posée sur le sol. L'objet étudié est la caisse.
Situation 2. Un homme pousse une caisse sans que celle-ci ne bouge. L'objet étudié est la caisse.
Situation 3. Un homme pousse une caisse et la met en mouvement. L'objet étudié est la caisse.
Situation 4. Un camion tire une voiture à vitesse constante sur une route droite. L'objet étudié est la voiture.
Des schémas représentent les différentes situations qui sont aussi décrites en langue naturelle courante.
1. Caractérisation du mouvement de l'objet étudié
2. Liste des forces exercées sur l'objet étudié
3. Les forces qui s'exercent sur l'objet étudié se compensent-elles ?

Tableau 80. Question 5

Passage d'un dessin et d'une description en langue naturelle scientifique d'une situation matérielle à la représentation vectorielle des forces

Les questions 3 et 7 présentent des situations matérielles représentées par des dessins et décrites en langue naturelle. La nature du mouvement est donnée dans les énoncés : dans la

question 3 le mouvement est rectiligne uniforme et dans la question 7 l'objet est en position d'équilibre, donc immobile ; donc dans les deux cas les forces doivent se compenser. La question de la compensation des forces n'est pas demandée aux élèves, nous regardons si dans la représentation des forces ils représentent des forces qui se compensent.

Question 3
Un joueur de hockey sur glace a lancé un palet. Une fois lancé, le palet glisse sur la glace avec un mouvement rectiligne uniforme (un schéma est associé).
4. Représentez les forces qui s'exercent sur le palet.

Question 7
On considère une bille d'acier suspendue par un fil en coton à un support en bois posé sur une table en bois dans une salle (schéma). On approche un aimant du dispositif qui prend une nouvelle position d'équilibre stable, celle qui est représentée sur le schéma.
B. Représenter les forces exercées sur la bille.

Tableau 81. Questions 3.4 et 7.B

Le tableau 82 ci-dessous montre l'ensemble des facettes qui peuvent être mises en jeu dans les questions présentées ci-dessus (tableaux 79, 80, 81), avec la continuité des facettes dans les trois classes (la continuité sera discutée dans les liens). Quatre groupes de facettes peuvent être mis en jeu pour répondre à ces questions : « mouvement », « vecteur force », « force – mouvement » et « force – variation de vitesse ». Les facettes « mouvement » définissent trois natures de mouvement qui sont en jeu dans les questions : soit elles se trouvent dans les énoncés des questions soit il faut les trouver d'après les questions. Les facettes « vecteur force » peuvent être mises en jeu dans les questions en relation avec des représentations de forces afin d'interpréter une représentation vectorielle en termes de compensation ou non des forces et inversement. Enfin, les facettes des groupes « force – mouvement » et « force – variation de vitesse » sont des implications du principe de l'inertie qui relient la nature du mouvement à la compensation ou non des forces et inversement.

Groupe	**Facette**	**Cl 1** CE	**Cl 2** CE	**Cl 3** CE
Mouvement	Le mouvement d'un point est rectiligne quand sa trajectoire est une ligne droite.	14	8	2
	Lorsque la valeur de la vitesse du point ne varie pas on dit que le mouvement est uniforme.	13	7	5
	Le mouvement d'un point est circulaire quand sa trajectoire est un cercle ou une portion de cercle	2	0	0
TOTAL		**29**	**15**	**7**
Vecteur Force	Si les forces qui s'exercent sur un objet se compensent alors leur somme est nulle	3	0	0
	Deux forces qui se compensent ont même intensité et sont de sens opposés (Deux forces de même direction, de même intensité et de sens opposés se compensent)	3	4	1
	Si plusieurs forces colinéaires se compensent, la somme des forces dans une direction est égale à la somme des forces dans l'autre direction	1	3	1
	Si plusieurs forces non colinéaires se compensent alors les forces suivant les différentes directions doivent se compenser	0	0	1
TOTAL		**7**	**7**	**3**
Force - Mouvement	Si un objet est immobile, les 2 forces s'exerçant sur lui (cas de 2 forces) ont même intensité et sont de sens opposés	0	1	1
	Pour un observateur terrestre tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne et uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent	3	0	0

	Si les forces qui s'exercent sur le système (objet) se compensent on peut affirmer que le système (l'objet) est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme	0	4	4
	Si les forces qui s'exercent sur le système (objet) ne se compensent pas, on peut affirmer qu'il n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme	1	2	1
	Lorsqu'un système (objet) est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent.	7	8	1
	Lorsqu'un système (objet) n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas.	5	2	0
Force - variation de la vitesse	Lorsque les forces qui s'exercent sur un système se compensent (somme des forces nulle), on peut affirmer que la valeur et la direction de sa vitesse ne varient pas.	0	3	0
	Lorsque les forces qui s'exercent sur le système ne se compensent pas (somme des forces non nulle), on peut affirmer que la valeur et/ou la direction de sa vitesse varient.	0	3	0
	Lorsque la valeur et la direction de la vitesse d'un système ne varient pas, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent. (somme des forces nulle)	3	3	0
	Lorsque la valeur et/ou la direction de sa vitesse varient, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas (somme des forces non nulle).	8	8	0
	La résultante des forces n'a pas nécessairement le sens du mvt.	1	0	0
	S'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens	1	0	2
	$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v} = c\vec{te}$	0	0	1
TOTAL		**29**	**34**	**10**

Tableau 82. Total des facettes en jeu dans les questions mettant en jeu la relation force – mouvement et leur continuité dans l'enseignement

1.1.2. Performances des élèves

Nous présentons dans les tableaux ci-dessous les résultats des réponses des élèves des trois classes et des deux groupes aux questions, donnant ainsi leurs performances. Ces résultats sont présentés en pourcentage. Si les termes « avant » et « après » n'apparaissent pas dans les tableaux cela veut dire que les questions sont présentes uniquement dans le questionnaire passé après enseignement. Les croisements sont faits uniquement pour le questionnaire passé après enseignement.

Passage d'un schéma de forces à la nature du mouvement

Cas d'un schéma avec des forces qui se compensent

Question 10 **Schéma 1**	**Mvt rect unif** **Possible**	**Immobile** **Possible**	**Mvt circ unif** **Impossible**	Pas de réponse
Groupe 1 (N=252)	**61**	**64**	**58**	4
Classe 1 (N=28)	**59**	**79**	**69**	0
Groupe 2 (N=333)	**81**	**82**	**66**	2
Classe 2 (N=31)	**97**	**93**	**60**	0
Classe 3 (N=23)	**35**	**40**	**52**	17

Tableau 83. Pourcentage de bonnes réponses à la question 10 ci-dessus dans le cas des forces qui se compensent (Schéma 1)

La classe 2 est la meilleure sur cette question, suivie de la classe 1 et enfin de la classe 3. Les écarts entre les classes sont surtout importants concernant la possibilité d'avoir un mouvement rectiligne uniforme (97% contre 59% pour la classe 1 et 35% pour la classe 3) ou une

immobilité, (93% contre 79% pour la classe 1 et 40% pour la classe 3). Les écarts sont moins importants pour l'impossibilité d'avoir un mouvement circulaire uniforme (où la classe 1 est la meilleure avec 69% contre 60% pour la classe 2 et 52% pour la classe 3). Il faut noter que la classe 3 a 17% de "non réponse".

Les deux classes sont meilleures que leurs groupes ou dans certains cas se comportent comme eux (classe 1 pour la possibilité d'avoir un mouvement rectiligne uniforme, classe 2 pour l'impossibilité d'avoir un mouvement circulaire uniforme). Le groupe 2 est nettement meilleur que le groupe 1.

Croisement après: Q10 Schéma 1, Immobile et Mvt rect unif	**Imm Possible Rect Unif Possible**	Imm P Rect Unif Impossible	Imm I Rect Unif Possible	Imm I Rect Unif Impossible
Groupe 1 (N=252)	**43**	13	9	6
Classe 1 (N=28)	**41**	28	7	3
Groupe 2 (N=333)	**68**	8	5	1
Classe 2 (N=31)	**90**	3	7	0
Classe 3 (N=23)	**13**	26	4	0

Tableau 84. Croisement des réponses à la question 10 dans le cas des forces qui se compensent (voir tableau 83)

Nous avons croisé les réponses à cette question pour l'immobilité et le mouvement rectiligne uniforme. Il apparaît que la majorité des élèves de la classe 2 (90%) associent à la fois immobilité et mouvement rectiligne uniforme à un schéma de forces qui se compensent, alors que seulement 41% de ceux de la classe 1 le font et 13% de ceux de la classe 3 ; l'écart se creuse donc entre la classe 2 les deux autres classes, et la classe 1 reste meilleure que la classe 3. Nous remarquons aussi dans les classes 1 et 3 une différence de comportement envers l'immobilité et le mouvement rectiligne uniforme ; presque 27% des élèves de ces classes associent plutôt immobilité à la compensation des forces sans associer le mouvement rectiligne uniforme.

Cas d'un schéma avec des forces qui ne se compensent pas

Question 10 Schéma 2	**Mvt rect non unif Possible**	**Mvt rect unif Impossible**	**Immobile Impossible**	Pas de réponse
Groupe 1 (N=252)	**60**	**52**	**63**	8
Classe 1 (N=28)	**76**	**72**	**79**	0
Groupe 2 (N=333)	**74**	**81**	**80**	3
Classe 2 (N=31)	**81**	**90**	**87**	2
Classe 3 (N=23)	**13**	**9**	**22**	22

Tableau 85. Pourcentage des bonnes réponses à la question 10 ci-dessus dans le cas des forces qui ne se compensent pas (Schéma 2)

La classe 2 est la meilleure sur cette question (pourcentages de bonnes réponses entre 81 et 90), suivie de la classe 1 (pourcentages de bonnes réponses entre 72 et 79), et enfin de la classe 3 avec un grand écart avec les deux autres (pourcentages de bonnes réponses entre 9 et 22). Il est important de noter que la classe 3 a 22% de "non réponse".

Les classes 1 et 2 sont meilleures que leurs groupes respectifs avec de plus grands écarts entre la classe 1 et son groupe. Le groupe 2 est nettement meilleur que le groupe 1.

Les tableaux 83 et 85 montrent qu'il existe une certaine cohérence entre immobilité ou mouvement rectiligne pour les deux schémas, forces qui se compensent ou non entre les réponses sauf pour la classe 3 qui performe mieux sur "Compensation des forces = immobilité

ou mouvement rectiligne uniforme" que sur "Non compensation des forces = pas d'immobilité ni de mouvement rectiligne uniforme".

Croisement après: Q10 Schéma 2, Immobile et Mvt rect unif	Imm Possible Rect Unif Possible	Imm Possible Rect Unif Impossible	Imm Imposible Rect Unif Possible	**Imm Impossible Rect Unif Impossible**
Groupe 1 (N=252)	6	6	17	**42**
Classe 1 (N=28)	7	10	14	**59**
Groupe 2 (N=333)	2	4	6	**70**
Classe 2 (N=31)	0	0	7	**81**
Classe 3 (N=23)	9	9	22	**0**

Tableau 86. Croisement des réponses à la question 10 dans le cas des forces qui ne se compensent pas (voir tableau 85)

Ce croisement entre immobilité et mouvement rectiligne uniforme montre qu'une majorité des élèves de la classe 2 (81%) associent à juste titre l'impossibilité d'avoir une immobilité ou un mouvement rectiligne uniforme contre 59% pour la classe 1 et aucun élève pour la classe 3. Cependant on trouve des élèves dans les classes 1 et 3 qui associent l'un des deux mouvements et pas l'autre. Alors que les résultats des classes 1 et 2 étaient proches pour chacun des items indépendamment des autres, l'écart se creuse entre ces deux classes quand le croisement est fait.

En conclusion :

1- Une majorité des élèves des classes 1 et 2, surtout de la classe 2, arrivent à faire le lien entre le schéma des forces et la nature du mouvement, dans les deux cas de la compensation ou non des forces, de même que les élèves de leurs groupes respectifs (mais avec des pourcentages plus faibles). Par contre les élèves de la classe 3 semblent avoir une difficulté à faire ce lien, notamment dans le cas de forces qui ne se compensent pas.

2- Les croisements montrent qu'immobilité et mouvement rectiligne uniforme sont associés ensemble à la compensation ou non des forces par une majorité des élèves de la classe 2. Ils le sont moins pour les élèves de la classe 1 et presque pas pour ceux de la classe 3. Nous remarquons chez certains élèves de ces deux classes (1 et 3) une plus grande facilité à associer à compensation des forces l'immobilité plutôt qu'un "mouvement rectiligne uniforme". Il existe donc une certaine stabilité dans la réussite des élèves de la classe 2 alors que les élèves des autres classes réussissent certains items et d'autres non.

Passage d'un dessin et d'une description en langage courant d'une situation matérielle à la compensation des forces

Question 5.3 : Compensation des forces	Situation 1: compensation	Situation 2: compensation	Situation 3: non compensation	Situation 4: compensation
Groupe 1 (N=252)	**82**	**74**	**80**	**63**
Classe 1 (N=28)	**79**	**71**	**71**	**68**
Groupe 2 (N=333)	**88**	**82**	**86**	**73**
Classe 2 (N=31)	**97**	**90**	**90**	**74**
Classe 3 (N=23)	**78**	**74**	**78**	**17**

Tableau 87. Question 5.3, situation 1, 2, 3 et 4 et pourcentage de bonnes réponses

Les résultats sont bons pour les trois classes. La classe 2 est nettement meilleure que les classes 1 et 3 qui ont des résultats très proches sauf pour la 4ème situation où le pourcentage de

bonnes réponses est très bas pour la classe 3 (17%) (d'ailleurs les autres classes et leurs groupes paraissent aussi moins performants sur cette situation).

Les classes 1 et 2 se comportent à peu près comme leurs groupes respectifs. Le groupe 2 est légèrement meilleur que le groupe 1.

Compensation des forces pour Immobile et Mvt Rect Unif Croisement: Q5 situations 1, 2 et 4	**Immobilité Cas a et b Et Rect Unif Cas d**
Groupe 1 (N=252)	**41**
Classe 1 (N=28)	**34**
Groupe 2 (N=333)	**58**
Classe 2 (N=31)	**65**
Classe 3 (N=23)	**0**

Tableau 88. Croisement des bonnes réponses à la question 5 pour les trois situations où les forces se compensent.

Nous avons croisé les cas a, b et d pour la compensation des forces et nous remarquons que les élèves de la classe 2 sont ceux qui reconnaissent le mieux le fait qu'il y a compensation des forces dans les trois cas avec 65% des élèves, contre 34% des élèves pour la classe 1 et aucun élève pour la classe 3. Il faut savoir cependant que 68% des élèves de la classe 2 mettent la bonne nature du mouvement (demandée dans une autre partie de la question) dans les quatre cas de la question, contre 52% des élèves de la classe 1 et 39% pour la classe 3 (voir tableau 87 en dessus, dans "nature du mouvement").

En conclusion :

1- Une majorité des élèves des 3 classes (ainsi que des élèves de leurs groupes), surtout de la classe 2, arrivent à effectuer le passage d'une représentation schématique et en langue naturelle d'une situation matérielle à la compensation des forces. La situation 4, qui traduit le fait que "mouvement rectiligne uniforme = compensation des forces", semble poser problème aux élèves de la classe 3 avec seulement 17% de bonnes réponses ; les classes 1 et 2 (surtout 2) étaient meilleures sur la question 10 qui traduisait l'inverse: "compensation des forces = mouvement rectiligne uniforme".

2- La classe 2 reste la meilleure quant au taux d'élèves qui associent en même temps immobilité et mouvement rectiligne uniforme à la compensation des forces (suivie de la classe 1 et en suite de la classe 3). Les taux sont quand même plus faibles que pour la question 10 avec les schémas des forces. Ceci peut être expliqué par le fait que les élèves doivent trouver la nature du mouvement dans cette question, ce qui constitue une difficulté à franchir avant d'arriver à la compensation des forces.

Immobilité = Compensation Croisement après: Q10 Schéma 1 et Q5 cas a et b	**Immobilité = Compensation dans les 3 cas**
Groupe 1 (N=252)	**46**
Classe 1 (N=28)	**52**
Groupe 2 (N=333)	**67**
Classe 2 (N=31)	**87**
Classe 3 (N=23)	**30**

Tableau 89. Croisement des bonnes réponses aux questions 10 et 5 pour les trois situations où il y a immobilité.

Nous avons croisé les réponses des élèves aux questions 10 (schéma 1) et 5 (cas a et b) pour voir l'acquisition de cette équivalence entre immobilité et compensation des forces. 87% des élèves de la classe 2 assurent le lien entre immobilité et compensation des forces contre 52% pour la classe 1 et 37% pour la classe 3.

Mvt Rect Unif = Compensation Croisement après: Q10 Schéma 1 et Q5 cas d	**Q10 Possible et Q5 Compensation**
Groupe 1 (N=252)	**39**
Classe 1 (N=28)	**48**
Groupe 2 (N=333)	**65**
Classe 2 (N=31)	**74**
Classe 3 (N=23)	**9**

Tableau 90. Croisement des bonnes réponses aux questions 10 et 5 pour les deux situations où le mouvement est rectiligne uniforme.

De même un croisement a été fait entre les questions 10 et 5 pour voir à quel point les élèves font le lien entre mouvement rectiligne uniforme et compensation des forces. Le tableau 90 montre que 74% des élèves de la classe 2 assurent ce lien, contre 48% pour la classe 1 et 9% pour la classe 3.

En conclusion :

La classe 2 est la meilleure quant aux équivalences "immobilité = compensation des forces" et "mouvement rectiligne uniforme = compensation des forces". Elle est suivie de la classe 1 et enfin de la classe 3 avec des écarts considérables entre les 3 classes. Cependant les performances des 3 classes sont meilleures dans le cas de l'immobilité.

Passage d'un dessin et d'une description en langue naturelle scientifique d'une situation matérielle à la représentation vectorielle des forces.

Question 3.4 Compensation des forces (V: Verticale, H: Horizontale)	Avant				Après				Différence Bonnes Réponses
	V et H	H Non V	V Non H	Non V Non H	V et H	H Non V	V Non H	Non V Non H	
Groupe 1 (N=252)	**5**	8	15	52	**33**	12	21	30	**28**
Classe 1 (N=28)	**4**	4	7	64	**26**	26	30	15	**22**
Groupe 2 (N=333)	**7**	5	14	56	**37**	13	22	22	**30**
Classe 2 (N=31)	**10**	7	7	67	**37**	13	27	23	**27**
Classe 3 (N=23)	**9**	26	17	48	**17**	0	74	9	**8**

Tableau 91. Pourcentage des réponses à la question 3.4 donnant la compensation des forces selon les deux directions, verticale et horizontale. V= compensation verticale, H= compensation horizontale , Non V = pas de compensation verticale , Non H = pas de compensation horizontale

Les résultats sont mauvais pour les 3 classes (tableau 91). La classe 2 est la meilleure avec une évolution de +27% pour la bonne réponse, contre 22% pour la classe 1 et 8% pour la classe 3, et un pourcentage final de 37% de bonnes réponses contre 26% pour la classe 1 et 17% pour la classe 3.

Les résultats des classes 1 et 2 sont proches de ceux leurs groupes respectifs et les résultats des deux groupes sont presque identiques.

Avant l'enseignement, une majorité des pourcentages des trois classes (et des 2 groupes) correspondent à des schémas sans compensation ni horizontale ni verticale, alors qu'après enseignement les pourcentages de la classe 1 (ainsi que son groupe) sont partagés entre les quatre possibilités ; la majorité de ceux de la classe 2 (ainsi que son groupe) correspondent à une compensation "verticale et horizontale" et ensuite à des compensations "verticale et non horizontale" et "ni verticale ni horizontale", alors que pour la classe 3 la plus grande majorité (74%) va pour une compensation "verticale et non horizontale".

Force dans la direction du mvt et compensation des forces Croisement après: Q3.4	Force existe dans le schéma	Force existe et comp horiz et vert	Force existe et Non comp horiz et vert	Force existe et comp vert seulement
Groupe 1 (N=252)	38	8	30	11
Classe 1 (N=28)	26	7	19	11
Groupe 2 (N=333)	21	6	15	6
Classe 2 (N=31)	27	3	24	13
Classe 3 (N=23)	65	17	48	44

Tableau 92. Pourcentage des réponses croisées aux questions Q3.3 (item : force dans la direction du mouvement) et Q3.4 (compensation ou non des forces représentées)

Le croisement entre l'existence de la force dans le sens du mouvement (dans le schéma de la Q3) et la compensation des forces sur ce schéma montre que la majorité des élèves qui représentent cette force dans ces 3 classes n'obtiennent pas une compensation des forces et parmi eux il y en a qui obtiennent une compensation verticale mais pas horizontale. On peut donc considérer que la non compensation des forces dans cette question est en partie liée à la présence de cette force dans la direction du mouvement.

Question 7.B Compensation des forces	**verticale et horizontale**	horizontale mais pas verticale	verticale mais pas horizontale	ni horizontale ni verticale	Pas de schéma
Groupe 1 (N=252)	**18**	4	25	34	18
Classe 1 (N=28)	**10**	3	28	48	10
Groupe 2 (N=333)	**20**	7	34	25	14
Classe 2 (N=31)	**13**	0	52	16	19
Classe 3 (N=23)	**9**	0	35	9	48

Tableau 93. Pourcentage des réponses à la question 7.B, donnant la compensation des forces selon les deux directions, verticale et horizontale.

Les résultats sont mauvais et presque identiques pour les 3 classes. Les pourcentages varient autour de 10% pour les 3 classes.

Les résultats des classes 1 et 2 sont proches de leurs groupes respectifs et les résultats des deux groupes sont presque identiques.

La majorité des élèves de la classe 1 (48%) (ainsi que ceux de son groupe) représentent un schéma sans compensation horizontale ni verticale et 28% un schéma à compensation verticale mais pas horizontale. La majorité de ceux de la classe 2 (ainsi que ceux de son groupe) et de la classe 3 représentent un schéma à compensation verticale mais pas horizontale. Il est important de noter cependant que la moitié des élèves de la classe 3 ne font pas de schéma des forces.

Sens de Force du fil et compensation des forces: Croisement après: Q7.B	Force existe	Force vers le haut	Force vers haut et comp horiz et vert	Force vers haut et Non comp horiz et vert	Force vers haut et comp vert seulement
Groupe 1 (N=252)	67	30	2	28	20
Classe 1 (N=28)	76	48	3	45	24
Groupe 2 (N=333)	70	49	5	44	28
Classe 2 (N=31)	74	55	7	48	42
Classe 3 (N=23)	35	44	9	35	35

Tableau 94. Pourcentage des réponses croisées entre sens de la force exercée par le fil (Q7.B) et compensation ou non des forces représentées (Q7.B)

Le croisement entre le sens de la force exercée par le fil et la compensation des forces dans la question 7 montre que la majorité des élèves qui mettent cette force verticale vers le haut obtiennent des forces qui ne se compensent pas ou des forces qui se compensent juste verticalement. Nous supposons donc que le sens de cette force joue un grand rôle dans la non compensation des forces dans cette question.

En conclusion :

1- Bien que la nature du mouvement soit déterminée dans les énoncés des deux questions ("mouvement rectiligne uniforme" pour la question 3 et "équilibre" pour la question 7), les élèves des trois classes (ainsi que ceux des 2 groupes) ont du mal à traduire cette nature du mouvement en un schéma où les forces se compensent. Cette équivalence entre "mouvement rectiligne uniforme" ou "immobilité" et compensation des forces, qui paraissait mobilisée par la majorité d'entre eux dans les questions précédentes, semble trouver un obstacle à sa mobilisation dans cette question. Ceci peut s'expliquer par la complexité des étapes à franchir pour arriver au schéma final : les élèves doivent faire le bilan des forces correctement, représenter correctement chaque force et tenir compte de la nature du mouvement pour arriver finalement à la compensation. Une erreur dans ces étapes conduirait à une non compensation des forces. De plus il y a la gestion du schéma vectoriel sur les deux dimensions horizontale et verticale.

2- La conception de la force dans le sens du mouvement semble jouer un rôle aussi puisque une grande partie des élèves des 3 classes arrivent à avoir une compensation verticale mais pas horizontale dans la question 3.

3- Le sens et la direction de la force exercée par le fil dans la question 7 semblent jouer un rôle dans le fait que les forces ne se compensent pas. Une représentation verticale de la force exercée par le fil par certains élèves peut avoir conduit à une compensation verticale mais pas horizontale chez eux : la force qui serait verticale pour certains compenserait le poids vertical et il n'y aurait rien qui compenserait la force exercée par l'aimant horizontalement, ce sui conduit à schéma des forces qui ne se compensent pas.

1.1.3. Lien avec les pratiques de classe

Quatre groupes de facettes doivent être mis en jeu pour répondre aux questions concernant la relation force – mouvement : « mouvement », « vecteur force », « force – mouvement » et « force – variation de la vitesse » mais les deux derniers restent les groupes principaux puisqu'ils sont au cœur de cette relation. La continuité de l'ensemble de ces facettes est la plus élevée pour la classe 2, suivie de la classe 1 et enfin de la classe 3 qui est très éloignée des deux autres. Les facettes mouvement sont secondaires pour répondre à cette question de plus rappelons que leur continuité est moins significative que celle des autres groupes puisque nous ne savons pas comment ces facettes relatives à la cinématique ont été introduites et traitées dans les trois classes avant l'introduction de la partie dynamique. Les facettes faisant partie des groupes « vecteur force », « force – mouvement » et « force – variation » de la vitesse sont utilisés dans l'ensemble des thèmes qui suivent leur introduction dans les classes 1 et 2, elles recouvrent ainsi dix thèmes dans chacune des classes ; alors que dans la classe 3, après l'introduction du principe de l'inertie, ces facettes ne sont mises en jeu que dans deux thèmes. Cette différence de continuité entre les classes peut expliquer en partie leurs différences de performances concernant la relation force – mouvement (ou force – variation de la vitesse) mais l'analyse au niveau mésoscopique déjà faite au chapitre précédent nous permet de mieux éclairer ce lien en regardant la façon dont les facettes, et par conséquent les concepts, ont vécu dans les classes.

Dans la classe 1, la relation force – mouvement est présentée sous forme de deux énoncés imbriqués lors d'une activité et la classe n'a qu'à vérifier si les conditions pour les appliquer sont remplies. Le principe de l'inertie est ensuite introduit par une monstration, institutionnalisé puis appliqué dans différentes situations. Il se trouve en lien avec la représentation des forces dont les modules sont égaux ou non selon que les forces se compensent ou non. La différentiation entre somme des forces et sens du mouvement est faite par le professeur afin de donner un moyen de déterminer quelle force a l'intensité la plus grande dans le cas de la non compensation ; le professeur explicite alors le fait que « la somme des forces n'a pas nécessairement le sens du mouvement » mais que « s'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens ».

Dans la classe 2, une différentiation entre sens de l'action et sens du mouvement est faite pendant une activité où les élèves peuvent lancer et rattraper le médecine-ball et ainsi sentir l'action des mains afin de la différencier du mouvement du médecine-ball. Le principe de l'inertie est ensuite introduit sous forme de quatre implications logiques reliant force et mouvement et force et variation de vitesse et appliqué dans plusieurs activités et exercices. Quant à la relation entre compensation des forces et leur représentation, le sens du vecteur résultant n'est pas explicité quand les forces ne se compensent pas : le professeur ne donne pas clairement l'interprétation physique concernant le sens de la somme des forces ; il essaie tout simplement d'ajouter le critère de la variation de la vitesse aux réponses des élèves qui ont tendance à considérer que la somme des forces a le sens du mouvement.

Dans la classe 3, le professeur met en jeu implicitement la facette « s'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens » ; le fait qu'elle soit implicite peut mener les élèves à relier mouvement et non pas mise en mouvement à la somme des forces. Le principe de l'inertie est énoncé et très peu appliqué dans cette classe.

Ces différentes pratiques montrent un avantage clair pour les classes 1 et 2 par rapport à la classe 3. Entre les classes 1 et 2, les différences sont plus difficiles à établir. Le nombre des champs d'application dans lesquels le principe de l'inertie est en jeu est presque le même dans les deux classes. Les moments de travail en groupes sont plus en la faveur de la classe 2. La différence essentielle est que dans la classe 1 la différentiation entre sens du mouvement et somme des forces est rendue plus explicite mais répétée une seule fois alors que dans la classe 2 la différentiation est faite entre sens de l'action et sens du mouvement dans une activité consacrée uniquement à cette différenciation et que les élèves ont travaillée en groupes. Il ne faut pas oublier aussi la différence dans la continuité qui est en faveur de la classe 2. Ces différences entre les classes peuvent avoir contribué à des différences entre les performances des élèves qui sont les meilleures pour la classe 2. Non seulement les élèves de la classe 2 réussissent en général mieux que les autres pour les items séparés mais les croisements montrent une grande différence entre cette classe et les deux autres dans la cohérence des réponses, ce qui montre que les élèves de cette classe ont une plus grande stabilité dans l'acquisition de la relation force – mouvement. De plus, il faut noter que le passage de la représentation des forces à la nature du mouvement n'a été fait dans aucune des classes et que ces questions (questions 3.4 et 7.B) nécessitent plusieurs étapes avant d'arriver à la compensation des forces comme le fait de trouver la nature du mouvement ou de faire le bilan des forces et savoir trouver les caractéristiques de chaque force ; une erreur dans une de ces étapes conduit à une mauvaise réponse concernant la compensation ou non des forces.

1.2. Actions ou forces de contact et actions réciproques

Nous présentons ci-dessous les trois questions qui mettent en jeu les « actions ou forces de contact et actions réciproques » et une analyse *a priori* des facettes qui peuvent être mises en jeu pour répondre à ces questions, avec la continuité de ces facettes dans les trois classes (en effet une question supplémentaire, la question 6 met en jeu aussi les forces de contact mais elle est présentée dans le paragraphe qui suit puisqu'elle est en relation directe avec le concept qui suit). Nous ne séparons pas actions de contact et actions réciproques parce qu'elles sont imbriquées dans les questions. Les performances des élèves sur ces questions sont ensuite présentées en pourcentages, suivies des liens que nous tentons d'établir entre ces performances et les pratiques de classe.

1.2.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes

Les questions 3, 7 et 4 mettent en jeu les forces de contact et/ou les actions réciproques (ainsi que la question 6 qui met en jeu les forces de contact mais qui est présentée dans le paragraphe suivant) ; l'item 6 de la question 7, « le fil exerce une force sur la Terre » est le seul qui met en jeu une force de contact mais nous l'avons pris parce qu'il met en jeu des actions réciproques. Les questions 3 et 7 sont représentées par des dessins et décrites en langue naturelle et la question 4 est uniquement décrite en langue naturelle. Il s'agit dans ces questions de reconnaître si les forces présentées en items s'exercent sur le système étudié.

Question 3
Un joueur de hockey sur glace a lancé un palet. Une fois lancé, le palet glisse sur la glace avec un mouvement rectiligne uniforme (un schéma est associé).
3. Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le palet lorsqu'il glisse sur la glace.
Item proposé: une force exercée par la glace
4. Représentez les forces qui s'exercent sur le palet.
Représentation de la force exercée par la glace

Question 7
On considère une bille d'acier suspendue par un fil en coton à un support en bois posé sur une table en bois dans une salle (schéma). On approche un aimant du dispositif qui prend une nouvelle position d'équilibre stable, celle qui est représentée sur le schéma.
A. Items à cocher s'ils sont considérés comme vrais :
2. L'aimant exerce une force sur la main.
6. Le fil exerce une force sur la Terre.
8. Le fil exerce une force sur le support.
9. Le fil exerce une force sur la bille.
10. La bille exerce une force sur le fil.

Question 4
Les propositions suivantes sont-elles vraies ou fausses? Réponses possibles : Vrai ; Faux ; Je ne sais pas
1. Le stylo exerce une force sur moi pendant que je le pousse
2. Le stylo exerce une force sur moi pendant que je le soulève
3. Le caillou se trouvant sur le toit d'un camion exerce une force sur ce camion
7. La valise exerce une force sur moi pendant que je la traîne

Tableau 95. Questions 3.3, 3.4, 7.A et 4

Le tableau 96 ci-dessous montre l'ensemble de facettes qui peuvent être mises en jeu dans les questions déjà présentées, avec la continuité des facettes dans les trois classes (la continuité sera discutée dans les liens). Deux groupes de facettes peuvent être mis en jeu pour répondre à ces questions : « action – interaction » et « force – interaction » qui présentent des facettes

presque équivalentes, les unes étant exprimées en termes de force et les autres en termes d'action. En effet, toutes ces forces en jeu dans les questions sont des forces de contact qui s'exercent sur le système puisqu'il y a contact ; les facettes relatives au contact peuvent donc être mises en jeu pour répondre aux questions. Dans la question 4, la formulation des propositions peut pousser les élèves à mettre en jeu les facettes des actions réciproques : je pousse le stylo, donc l'élève peut penser que j'exerce une force sur le stylo ; s'il met en jeu le principe des actions réciproques il peut arriver à conclure que le stylo exerce une force sur moi.

Groupe	**Facette**	**Cl 1** CE	**Cl 2** CE	**Cl 3** CE
Action - Interaction	Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)	3	21	3
	Quand un objet A n'est plus en contact avec l'objet B il n'exerce plus une action sur lui	2	3	1
	Si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction)	4	2	3
Force - Interaction	Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets	13	1	12
	Si un objet A exerce une force sur B, B exerce simultanément une force sur A (on dit que A et B sont en interaction)	0	0	1
TOTAL		22	27	20

Tableau 96. Facettes en jeu dans les questions mettant en jeu les actions/forces de contact et les actions réciproques et leur continuité dans l'enseignement

1.2.2. Performances des élèves

Nous présentons dans les tableaux ci-dessous les résultats des réponses des élèves des trois classes et des deux groupes aux questions, donnant ainsi leurs performances. Ces résultats sont présentés en pourcentages. Si les termes « avant » et « après » n'apparaissent pas dans les tableaux cela veut dire que les questions sont présentes uniquement dans le questionnaire passé après enseignement. Les croisements sont faits uniquement pour le questionnaire passé après enseignement.

Question 3.3 Item proposé: une force exercée par la glace	Avant		Après		Différence bonne réponse
	Cochée	Non cochée	Cochée	Non cochée	
Groupe 1 (N=252)	**38**	62	**84**	16	**46**
Classe 1 (N=28)	**29**	71	**82**	18	**53**
Groupe 2 (N=333)	**48**	52	**94**	6	**46**
Classe 2 (N=31)	**26**	74	**97**	3	**71**
Classe 3 (N=23)	**70**	30	**74**	26	**4**

Tableau 97. Pourcentage des réponses pour l'item « force exercée par la glace »

La classe 2 est celle qui met le plus cette force de contact exercée par la glace sur le palet après enseignement (97% contre 82% pour la classe 1 et 74% pour la classe 3), avec une évolution de 71% (contre 53% pour la classe 1 et 4% pour la classe 3). Finalement les classes 1 et 2 ont bien évolué et la classe 3 non mais elle avait réussi cette question même avant l'enseignement. Les trois classes ont donc de bons taux finaux.

Cette question peut être réussie par deux moyens : soit raisonner par les forces de contact, c'est-à-dire regarder que la glace est en contact avec le palet et constater qu'elle exerce sur lui une force de contact, soit raisonner par les effets des forces, c'est-à-dire dans ce cas, faire une

expérience de pensée en imaginant la situation et percevoir que la glace retient le palet ou le porte (a un effet sur lui) et donc exerce une force sur lui.

Les classes 1 et 2 sont en dessous de leurs groupes avant l'enseignement et se comportent comme eux après enseignement, donc évoluent plus qu'eux. Cependant les deux groupes évoluent de la même manière (46% pour les 2) mais avec des taux plus élevés pour le groupe 2 avant et après enseignement.

Question 3.4 Force exercée par la glace sur le palet (Représentée)	Avant	Après	Evolution
Groupe 1 (N=252)	21	74	53
Classe 1 (N=28)	18	74	56
Groupe 2 (N=333)	32	82	50
Classe 2 (N=31)	13	87	74
Classe 3 (N=23)	56	100	44

Force exercée par la glace Croisement: Q3.3 et Q3.4	Coché		Non Coché	
	Repr	Non Repr	Repr	Non Repr
Groupe 1 (N=252)	86 (N=205)	14 (N=205)	15 (N=40)	85 (N=40)
Classe 1 (N=28)	87 (N=23)	13 (N=23)	0 (N=5)	100 (N=5)
Groupe 2 (N=333)	86 (N=310)	14 (N=310)	15 (N=20)	85 (N=20)
Classe 2 (N=31)	86 (N=29)	14 (N=29)	100 (N=1)	0 (N=1)
Classe 3 (N=23)	100 (N=17)	0 (N=17)	100 (N=6)	0 (N=6)

Tableau 98. Pourcentage des réponses à la question 3.4 concernant la représentation de la force exercée par la glace sur le palet ; croisement entre la présence de la force exercée par la glace sur le palet (Q3.3) et le fait qu'elle soit représentée (Q3.4) : le pourcentage des représentations étant par rapport aux élèves qui ont coché ou non la force

Tous les élèves de la classe 3 représentent la force exercée par la glace après enseignement bien que seulement 74% d'eux la cochent, c'est la seule classe qui représente la force plus qu'elle ne la coche. Les classes 1 et 2 (ainsi que leurs groupes) représentent cette force moins qu'ils ne la cochent mais les taux finaux restent élevés (87% pour la classe 2 et 74% pour la classe 1) avec des évolutions de 74% pour la classe 2 et de 56% pour la classe 1. Finalement les trois classes ont beaucoup évolué et ont des taux finaux importants.

La réussite de cette question dépend un peu de celle qui la précède ; si les élèves ont reconnu la présence de cette force exercée par la glace ils auront tendance à la représenter. Elle peut venir aussi du fait que les représentations ont été enseignées dans les trois classes et qu'il devient plus facile aux élèves de les faire.

La classe 1 se comporte comme son groupe avant et après enseignement, alors que la classe 2 est en dessous de son groupe avant l'enseignement et se comporte comme lui après enseignement, donc évolue plus que lui (74% contre 50% pour le groupe). Cependant les deux groupes évoluent de la même manière (50%) mais avec des taux plus élevés pour le groupe 2 avant et après enseignement.

Question 7.A	Avant			Après			Différence		
	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3
2. L'aimant exerce une force sur la main	43 35	68 46	35	64 55	97 76	30	21 20	19 30	-5
6. Le fil exerce une force sur la Terre	14 8	13 12	13	46 21	42 46	13	32 13	29 34	0
8. Le fil exerce une force sur le support	82 73	77 74	83	79 77	84 87	70	-3 4	7 13	-13
9. Le fil exerce une force sur la bille	43 46	45 50	74	86 76	93 83	70	43 30	48 33	-4
10. La bille exerce une force sur le fil	89 91	94 92	83	100 94	97 96	61	11 3	3 4	-22

Tableau 99. Pourcentage des réponses aux items 2, 6, 8, 9 et 10 de la question 7.A, mettant en jeu les forces de contact et les actions réciproques (à l'exception de la force exercée par le fil : item 6)

La classe 2 semble légèrement meilleure que la classe 1 avec des évolutions allant de 3% à 48% et des taux finaux de bonnes réponses allant de 42% à 100%, alors que pour la classe 3 les taux sont plus faibles et varient entre 13% et 96% et on observe souvent des régressions allant de -22% à 0%.

Les classes 1 et 2 sont proches de leurs groupes et le groupe 2 est meilleur que le groupe ordinaire.

Les taux sont les plus bas pour l'affirmation "le fil exerce une force sur la Terre".

Pour l'item « l'aimant exerce une force sur la main », la classe 2 est celle qui le réussit le mieux avec 97% de bonnes réponses au final ; elle est suivie de la classe 1 avec 64% de bonnes réponses au final (33% en moins par rapport à la classe 2) et finalement de la classe 3 qui n'évolue pas et garde un taux final de 30%. Cette question peut être réussie en pensant au contact pour interpréter le fait que l'aimant exerce une force sur la main. Par contre les effets de cette force sur la main ne sont pas remarquables du fait que la main ne fait pas un mouvement en tenant l'aimant, comme le soulever par exemple pour sentir l'effet de son poids et sentir qu'il résiste au déplacement.

Pour l'item « le fil exerce une force sur la Terre », les classes 1 et 2 évoluent presque de la même manière (environ 30%) et ont presque les mêmes taux finaux mais qui ne sont pas très élevés (environ 45%). La classe 3 n'évolue pas du tout et garde un taux final très bas (13%). Cette question est la seule qui met en jeu une force à distance et qui n'est pas repérable par ses effets puisque la Terre ne bouge pas même si le fil l'attire. Pour réussir cette question il faut mettre en jeu le principe des actions réciproques : la Terre exerçant toujours une force sur les objets (et dans ce cas le fil), la mise en œuvre du principe des actions réciproques permet de déduire que comme la Terre exerce une force sur le fil, le fil exerce aussi une force sur la Terre. Ce principe des actions réciproques a été enseigné dans les trois classes mais très peu traité dans les trois, ceci peut expliquer le fait que les taux finaux soient bas dans les trois classes.

Pour l'item « le fil exerce une force sur le support », les trois classes ont des résultats proches. Les taux sont élevés après l'enseignement mais l'étaient déjà avant l'enseignement, donc cet item était déjà bien connu avant l'enseignement. Les évolutions dans les trois classes ne sont pas remarquables et les classes 1 et 3 régressent légèrement au lieu de progresser. Il faut noter que l'effet de cette force exercée par le fil sur le support n'est pas du tout remarquable, les élèves doivent donc penser au contact pour repérer cette force.

Pour l'item « le fil exerce une force sur la bille », les trois classes ont des taux finaux importants (qui sont les meilleurs pour la classe 2) avec des évolutions importantes pour les classes 1 et 2. La classe 3 avait bien réussi cette question avant l'enseignement (74%) et ne progresse pas après l'enseignement mais garde le même taux. Cette force peut être repérable par le contact et par les effets puisque le fil retient la bille et l'empêche de tomber.
Pour l'item « la bille exerce une force sur le fil », les classes 1 et 2 le réussissent parfaitement (presque 100% de bonnes réponses au final) mais la réussissaient très bien aussi avant l'enseignement et la classe 3 régresse de 22% pour avoir un taux final de 61%. Cette force peut aussi être repérée par le contact ou les effets puisque la bille tend le fil.

Question 4	Avant			Après			Différence		
	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3
1. Le stylo exerce une force sur moi pendant que je le pousse	29 29	39 39	31	75 57	87 79	83	46 28	48 40	52
2. Le stylo exerce une force sur moi pendant que je le soulève	61 65	74 65	44	79 76	90 86	61	18 11	16 21	17
3. Le caillou se trouvant sur le toit d'un camion exerce une force sur ce camion	68 69	87 69	96	96 83	90 86	87	28 14	3 17	-9
7. La valise exerce une force sur moi pendant que je la traîne	75 66	71 76	74	93 79	97 91	30	18 13	26 15	-44

Tableau 100. Pourcentage des réponses aux items 1, 2, 3 et 7 de la question 4, mettant en jeu les forces de contact et les actions réciproques

Les résultats des classes 1 et 2 se rapprochent. La classe 2 est légèrement meilleure avec des taux finaux allant de 87% à 97% contre 75% à 96% pour la classe 1 et des évolutions allant de 3% à 48% contre 18% à 46% pour la classe 1. La classe 3 vient ensuite avec des taux finaux allant de 30% à 87% et avec tantôt des évolutions tantôt des régressions.
Les résultats des classes 1 et 2 sont meilleurs que ceux de leurs groupes et le groupe 2 est meilleur que le groupe ordinaire.
Pour l'item « le stylo exerce une force sur moi quand je le pousse », les trois classes ont d'importantes évolutions et qui sont très proches (entre 46% et 52%) avec des taux finaux importants et proches aussi (entre 75% et 87%). Cette force peut être repérée par le contact et par les effets puisque le stylo résiste un peu quand je le pousse surtout si la surface n'est pas très lisse, mais cet effet n'est pas très remarquable.
Pour l'item « le stylo exerce une force sur moi quand je le soulève », les trois classes progressent légèrement (presque 17%), avec la classe 2 qui a le taux final le plus important (90%) suivie de la classe 2 (79%) et enfin de la classe 3 (61%). Cette force peut aussi être repérée par le contact et par les effets puisque le stylo résiste quand je le soulève, je peux sentir son poids, mais cet effet n'est pas très remarquable.
Pour l'item « le caillou se trouvant sur le toit d'un camion exerce une force sur ce camion », les trois classes ont de très bons taux finaux (autour de 90%) mais la classe 1 est la seule qui progresse (28%) ; les deux autres classes étaient très bonnes avant l'enseignement et ne pouvaient donc pas beaucoup progresser (la classe 3 régresse même un peu). Cette force peut être repérée par le contact ; l'effet de cette force sur le camion n'est pas du tout remarquable.
Pour l'item « la valise exerce une force sur moi pendant que je la traîne », les classes 1 et 2 évoluent et atteignent des taux finaux très importants (presque 95%) alors que la classe 3 régresse énormément (44% de régression). Cette force peut être repérée par le contact et par

les effets puisque la valise résiste quand je la pousse, je peux sentir son poids, son effet est très remarquable.

Croisement: Q4 (items 1, 2, 3 et 7) (les 4 items tableau 100)	Reconnaissance de l'existence d'une force de contact dans les 4 cas (bonnes réponses)
Groupe 1 (N=252)	43
Classe 1 (N=28)	62
Groupe 2 (N=333)	65
Classe 2 (N=31)	77
Classe 3 (N=23)	22

Croisement: Q7 (items 2, 8, 9 et 10) (4 des 5 items du tableau 99)	Reconnaissance de l'existence d'une force de contact dans les 4 cas (bonnes réponses)
Groupe 1 (N=252)	38
Classe 1 (N=28)	52
Groupe 2 (N=333)	63
Classe 2 (N=31)	77
Classe 3 (N=23)	13

Croisement: Q4 cas 1, 2, 3 et 7 et Q7 cas 2, 8, 9, 10	Reconnaissance de l'existence d'une force de contact dans tous les cas (bonnes réponses)
Groupe 1 (N=252)	25
Classe 1 (N=28)	38
Groupe 2 (N=333)	51
Classe 2 (N=31)	65
Classe 3 (N=23)	9

Tableau 101. Croisement des items de la question 4 concernant les forces de contact et actions réciproques ; croisement des items de la question 7 concernant les forces de contact et actions réciproques ; croisement de l'ensemble des items des questions 4 et 7 concernant les forces de contact et actions réciproques.

Le tableau 101 donne les croisements faits pour les items de la question 4, pour ceux de la question 7 et enfin pour les items de ces deux questions réunies. Les résultats montrent que les écarts entre les classes se creusent quand ces croisements sont faits. La classe 2 reste la plus cohérente dans ses réponses, suivie de la classe 1 et enfin de la classe 3 dont la réussite à toutes les questions est négligeable (9%).

En conclusion :

1- Au total, et si nous prenons en compte en plus de ces questions, celles qui mettent en jeu la force dans le sens du mouvement, la classe 2 est la meilleure (de même son groupe 2 est meilleur que le groupe ordinaire quant aux actions ou forces de contact et aux actions réciproques). Elle est suivie de la classe 1 avec de faibles écarts et finalement de la classe 3 avec des écarts plus importants. Cependant, les croisements montrent que bien que les résultats étaient proches entre les classes 1 et 2 pour les items séparés, la différence entre ces deux classes se creuse quand il s'agit de regarder la cohérence dans les réponses à tous les items.

2- Une difficulté apparaît à considérer qu'un objet peut agir sur la Terre (cas de la force du fil sur la Terre) et à considérer que, quand il n'y a plus de contact avec un objet, cet objet n'exerce plus une force (cas de la force du joueur sur le palet ; voir paragraphe suivant): là on rejoint la conception force- mouvement.

1.2.3. Lien avec les pratiques de classes

La continuité des facettes est en faveur de la classe 2, avec 27 réutilisations (25 concernant le contact et 2 les actions réciproques) de l'ensemble des facettes en jeu dans ces questions en

lien avec le contact et les actions réciproques pour cette classe contre 22 pour la classe 1 (18 concernant le contact et 4 les actions réciproques) et 20 pour la classe 3 (15 concernant le contact et 4 les actions réciproques). L'ensemble des facettes contact recouvre presque la majorité des thèmes qui suivent leur introduction (il existe quelques thèmes où ces facettes n'y sont pas mais sans que cela ne constitue une coupure) dans les classes 1 (12 thèmes de 18 au total) et 2 (14 thèmes de 27 au total). Pour la classe 3, il existe une coupure entre l'introduction de ces facettes contact et leur réutilisation puisque le professeur reprend la loi d'interaction gravitationnelle entre temps ; cependant après la première réutilisation de ces facettes, celles-ci recouvrent les thèmes qui suivent (10 thèmes de 28 au total), à l'exception aussi de quelques uns.
Nous regroupons ci-dessous les résultats finaux des trois classes ainsi que leur évolution pour l'ensemble des items concernant les actions/forces de contact, en mettant en gras pour chaque item, la classe qui le réussit le mieux afin d'avoir une vue d'ensemble des résultats, pouvoir les comparer et les relier aux pratiques de classe. Nous avons rajouté les résultats concernant la force dans la direction du mouvement et qui est traitée en détail dans le paragraphe suivant.

Items mettant en jeu les forces de contact (Q3, Q4, Q6, Q7) :	Classe 1		Classe 2		Classe 3	
	T final	Evol	T final	Evol	T final	Evol
Q7.A.2. L'aimant exerce une force sur la main	64	21	***97***	***19***	30	- 5
Q7.A.6. Le fil exerce une force sur la Terre	***46***	***32***	*42*	*29*	13	0
Q7.A.8. Le fil exerce une force sur le support	*79*	*- 3*	***84***	*7*	70	- 13
Q7.A.9. Le fil exerce une force sur la bille	*86*	*43*	***93***	***48***	70	- 4
Q7.A.10. La bille exerce une force sur le fil	***100***	***11***	*97*	*3*	61	- 22
Q4.1. Le stylo exerce une force sur moi pendant que je le pousse	*75*	*46*	***87***	***48***	*83*	*52*
Q4.2. Le stylo exerce une force sur moi pendant que je le soulève	79	18	***90***	***16***	61	17
Q4.3. Le caillou se trouvant sur le toit d'un camion exerce une force sur ce camion	***96***	***28***	*90*	*3*	87	- 9
Q4.7. La valise exerce une force sur moi pendant que je la traîne	*93*	*18*	***97***	***26***	30	- 44
Q3.3. La glace exerce une force sur le palet	82	53	***97***	***71***	74	4
Q3.4. Représentation de la force exercée par la glace sur le palet	74	56	87	74	***100***	***44***
Q3.3. La main du joueur n'exerce plus une force sur le palet	61	29	***74***	***48***	39	17
Q3.4. Force exercée par le joueur sur le palet non représentée	*74*	*37*	***73***	***43***	35	- 9
Q6.1. La main de l'arbitre n'exerce plus une force sur le ballon	7	- 4	***42***	***29***	13	8
Croisement de la bonne réponse pour l'ensemble des items des questions 4 et 7 (voir tableau 101)	38		***65***		9	

Tableau 102. Pourcentage de bonnes réponses à l'ensemble des items des questions 3, 4, 6 et 7 mettant en jeu les forces de contact et les actions réciproques. Les trois derniers items sont présentés et détaillés dans le paragraphe suivant «un objet en mouvement peut ne pas avoir de force dans le sens du mouvement ». En italique, des résultats très proches du meilleur résultat parmi les classes ; en italique gras, le meilleur résultat parmi les classes.

Le tableau 102 montre que la classe 2 réussit mieux que les autres classes : elle est la meilleure (en score, mais les résultats des autres classes peuvent être très proches) pour dix items sur 14, la classe 1 pour trois items et la classe 3 pour un item. De plus, la classe 2 a des résultats très proches (différence négligeable) des classes 1 et 3 quand ces classes sont celles qui réussissent le mieux certains items. Le croisement fait entre les items de la question 4 et ceux de la question 7 renforce l'écart entre la classe 2 et les deux autres classes ; ceci prouve que la classe 2 a la plus grande stabilité dans l'acquisition des actions/forces de contact alors que les deux autres classes réussissent certains items et d'autres non.

La différence de continuité entre les classes peut expliquer en partie les différences de performances entre ces classes concernant les actions/forces de contact mais l'analyse au niveau mésoscopique déjà faite au chapitre précédent nous permet de mieux éclairer ce lien en regardant la façon dont les facettes et en conséquent le concept ont vécu dans les classes.

Dans la classe 1, les forces sont introduites par leurs effets au moyen de monstrations et le contact n'est pas mis en avant pour repérer les forces de contact ; les facettes relatives au contact sont donc implicites. Afin d'affirmer si un objet exerce une force sur un autre, on regarde s'il le met en mouvement ou s'il modifie son mouvement ou sa forme et non pas s'il est en contact avec lui. Le contact reste en général implicite dans cette classe pour le reste de la séquence il est rarement explicité par le professeur.

Dans la classe 2, les actions de contact sont introduites par une activité mettant en jeu un matériel expérimental et qui met les élèves face à la situation où ils peuvent observer et sentir les choses afin de produire du savoir sur les actions ; les facettes contact sont alors implicitement introduites par les élèves. Ces facettes se trouvent ensuite incorporées à la représentation « diagramme système-interactions » où l'interaction de contact est symbolisée par une flèche pleine, ce qui renforce l'idée de toucher, de contact, et celle à distance par une flèche en pointillés ; ces facettes sont alors explicites dans ce registre et implicites dans le registre de la langue naturelle puisqu'elles ne sont pas verbalisées. Avec l'introduction des forces, elles se trouvent à nouveau implicites soit dans le bilan des forces soit dans leur représentation.

Les facettes relatives au contact sont les plus explicites en langue naturelle dans la classe 3 où le professeur propose aux élèves de poser toujours la question « l'objet est en contact avec quoi ? » pour trouver ces forces. La facette est introduite par une monstration de procédure que le professeur fait pour montrer aux élèves la procédure à suivre pour faire le bilan des forces. Elle est institutionnalisée par le fait que la procédure est schématisée au tableau par le professeur et copiée par les élèves sur leur cahier. Dans les thèmes qui suivent l'introduction des forces de contact, le contact est explicite du fait que la classe se pose toujours la même question pour trouver ces forces de contact et devient à la fin implicite au bilan des forces quand cette question n'est plus posée.

Les classes 1 et 2 ont réussi en général de manière presque identique, la plupart des questions. Pour certains items, la classe 2 a réussi mieux que la classe 1 et avec une différence remarquable, pour ces items, seul le contact permet de repérer les forces. Nous faisons l'hypothèse que le fait de repérer les forces par leurs effets peut avoir conduit certains élèves de la classe 1 à ne pas prendre en compte certaines forces dans les questions dont les effets ne sont pas observables (ou imaginables) comme la force exercée par l'aimant sur la main. De même le fait de repérer les forces par leurs effets peut avoir conduit les élèves de cette classe à considérer que la main du joueur ou de l'arbitre exerce une force sur le palet ou le ballon puisque l'effet de cette force est toujours remarquable même quand la main n'est plus en contact avec le palet ou le ballon. Les croisements entre plusieurs items montrent une plus grande stabilité dans la réussite aux questions pour la classe 2 par rapport à la classe 1.

D'ailleurs cette stabilité se trouve aussi chez le groupe 2 et est moins présente chez le groupe 1. Cela peut contribuer à prouver un effet de la séquence SESAMES. D'ailleurs cette différence entre le repérage des forces de contact par le contact ou par les effets est présente entre la séquence SESAMES et le programme officiel qui insiste beaucoup plus sur les effets d'une force ; l'analyse conceptuelle (voir chapitre 4) que nous avons faite montre partiellement cette différence. L'écart dans le repérage des forces de contact entre les classes 1 et 2 vient donc à la base d'un écart entre les structures conceptuelles des séquences qu'elles ont suivies et peut avoir été renforcé dans la pratique effective des deux classes.

Nous pouvons nous demander pourquoi dans la classe 3 où les facettes contact sont le plus explicitées en langue naturelle, les performances sont les moins bonnes. En fait, dans la classe 3, les élèves ne travaillent jamais en groupes, ni même individuellement et ont rarement la chance de se trouver seuls face à une situation et pouvoir y réfléchir afin de produire du savoir ; ils doivent tout le temps progresser au rythme de la classe géré en grande partie par le professeur. En plus dans cette classe, le matériel expérimental est rarement utilisé ; le professeur lance parfois un crayon ou une craie ou tient un livre et les élèves observent mais ne sentent jamais les objets et leur mouvement. Alors que dans les classes 1 et 2, et beaucoup plus dans la classe 2, les élèves travaillent souvent en groupes et ont la chance d'observer et de sentir le matériel qui leur est présenté. Dans la classe 2, trois registres différents sont employés pour exprimer le contact : la langue naturelle où il est le plus souvent implicite (mais il est explicité quelquefois), le diagramme système-interaction où il est explicité par la flèche de contact et la représentation vectorielle des forces où il est implicite puisque la flèche des vecteurs forces ne traduit ni un contact ni une distance entre les objets. Ces registres sont reliés dans ces activités : le passage de l'explicite (diagramme système-interaction) à l'implicite (vecteurs force ou bilan des forces) se fait de façon progressive puisque les deux registres sont employés ensemble dans des activités et les élèves peuvent ainsi faire des liens avant de passer complètement à l'implicite. Alors que dans les autres classes deux registres seulement sont employés. Il est important d'ajouter aussi que la variété des champs d'application dans lesquels les action/forces de contact sont en jeu, est beaucoup plus grande pour la classe 2 que pour les deux autres classes ; elle est de même supérieure pour la classe 1 par rapport à la classe 3.

Nous faisons l'hypothèse que tous ces facteurs, en plus de la continuité des facettes, peuvent avoir influencé les performances des élèves dans les trois classes. Cependant, nous n'arrivons pas à interpréter certains résultats comme le fait que la classe 3 régresse souvent et énormément sur certains items comme « la bille exerce une force sur le fil » et « la valise exerce une force sur moi pendant que je la traîne » alors qu'elle réussit d'autres qui sont similaires comme « le stylo exerce une force sur moi pendant que je le pousse ». Il faut noter que lors de la passation des questionnaires avant et après l'enseignement dans la classe 3, nous n'étions pas présentes, donc nous ne connaissons pas très bien les conditions de passation ; nous savons uniquement que le questionnaire « après » a été passé dans cette classe vers les dernières séances de l'année scolaire et nous supposons que les élèves peuvent être un peu nonchalants dans ce cas en répondant aux questions. Nous n'arrivons pas non plus à interpréter le fait que la classe 1 évolue beaucoup pour l'item « le caillou se trouvant sur le toit d'un camion exerce une force sur ce camion » alors que l'effet de cette force n'est pas du tout remarquable.

1.3. Un objet en mouvement peut ne pas avoir de force dans le sens du mouvement

Nous présentons ci-dessous les deux questions qui mettent en jeu le concept « un objet en mouvement peut ne pas avoir de force dans le sens du mouvement » et une analyse *a priori* des facettes qui peuvent être mises en jeu pour répondre à ces questions, avec la continuité de ces facettes dans les trois classes. Les performances des élèves sur ces questions sont ensuite présentées en pourcentage, suivies des liens que nous tentons d'établir entre ces performances et les pratiques de classe.

1.3.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes

Deux questions, la question 3 et la question 6, sont directement en lien avec ce concept et avec la conception des élèves qui traduit l'inverse de ce concept. Elles présentent parmi plusieurs items, une force dans la direction du mouvement alors que cette force n'existe plus puisque la main n'est plus en contact avec le système étudié.

Question 3
Un joueur de hockey sur glace a lancé un palet. Une fois lancé, le palet glisse sur la glace avec un mouvement rectiligne uniforme (un schéma est associé).
3. Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le palet lorsqu'il glisse sur la glace.
Item : force dans la direction du mouvement
4. Représentez les forces qui s'exercent sur le palet.
Représentation de la force dans la direction du mouvement

Question 6
Au début d'un match de basket l'arbitre prend le ballon et le jette à la verticale vers le haut.
1. Dans toute cette question, on s'intéresse à la montée du ballon, une fois que l'arbitre l'a lâché. Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le ballon pendant cette phase.
Item : une force verticale vers le haut exercée par la main de l'arbitre

Tableau 103. Questions 3.3, 3.4 et 6.1

Le tableau 104 ci-dessous montre l'ensemble de facettes qui peuvent être mises en jeu dans les questions déjà présentées, avec la continuité des facettes dans les trois classes (la continuité sera discutée dans les liens). Comme pour les questions précédentes concernant les forces de contact, ces questions peuvent mettre en jeu les facettes contact puisqu'il s'agit de reconnaître que quand il y a contact avec un objet il y a une force qui s'exerce par cet objet et quand le contact cesse d'exister la force ne s'exerce plus.

Groupe	**Facette**	**Cl 1** CE	**Cl 2** CE	**Cl 3** CE
Action- Interaction	Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)	3	21	3
	Quand un objet A n'est plus en contact avec l'objet B il n'exerce plus une action sur lui	2	3	1
Force- Interaction	Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets	13	1	12
TOTAL		**18**	**25**	**16**

Tableau 104. Facettes en jeu dans les questions 3.3 et 6.A mettant en jeu les actions/forces de contact dans le cas particulier de la force dans la direction du mouvement et leur continuité dans l'enseignement.

1.3.2. Performances des élèves

Nous présentons dans les tableaux ci-dessous les résultats des réponses des élèves des trois classes et des deux groupes aux questions, donnant ainsi leurs performances. Ces résultats sont présentés en pourcentages. Si les termes « avant » et « après » n'apparaissent pas dans les tableaux cela veut dire que les questions sont présentes uniquement dans le questionnaire passé après l'enseignement. Les croisements sont faits uniquement pour le questionnaire passé après enseignement.

Question 3.3 Item proposé: une force dans la direction du mouvement	Avant		Après		Différence bonne réponse
	Cochée	Non cochée	Cochée	Non cochée	
Groupe 1 (N=252)	70	**30**	49	**51**	**21**
Classe 1 (N=28)	68	**32**	39	**61**	**29**
Groupe 2 (N=333)	69	**31**	25	**75**	**44**
Classe 2 (N=31)	74	**26**	26	**74**	**48**
Classe 3 (N=23)	78	**22**	61	**39**	**17**

Tableau 105. Pourcentage des réponses pour l'item « une force dans la direction du mouvement »

Ces résultats montrent un progrès chez les 3 classes. Avant enseignement, les résultats des trois classes sont proches. Après enseignement, la classe 2 a le plus progressé (+48%), avec un nombre final de bonnes réponses nettement supérieur à celui des deux autres classes (74% contre 61% pour la classe 1 et 39% pour la classe 3), suivie de la classe 1 (+29%) et ensuite de la classe 3 (+17%) qui est la moins performante sur cette question.

Avant enseignement, les classes 1 et 2 sont identiques à leur groupe d'appartenance. Le progrès entre les deux groupes est plus net que celui entre les 2 classes (+44% contre +21%).

Question 3.4 Force dans la direction du mouvement (Non représentée)	Avant	Après	Evolution (pas de force)
Groupe 1 (N=252)	40	62	**22**
Classe 1 (N=28)	37	74	**37**
Groupe 2 (N=333)	41	79	**38**
Classe 2 (N=31)	30	73	**43**
Classe 3 (N=23)	44	35	**-9**

Tableau 106. Pourcentage des réponses à la question 3.4 concernant la représentation de la force dans la direction du mouvement

Les résultats de cette question sont plus ou moins cohérents avec ceux de la précédente, avec moins d'élèves qui représentent cette force par rapport à ceux qui la cochent. Les résultats des classes et les différences entre les classes et les groupes vont dans le même sens que ceux de la question précédente avec une différence pour la classe 3 qui régresse légèrement au lieu de progresser: le nombre d'élèves qui représentent cette force a augmenté de 9% après l'enseignement.

Force dans la direction du mvt : Croisement après: Q3.3 et Q3.4	Cochée		Non Cochée	
	Repr	Non Repr	Repr	Non Repr
Groupe 1 (N=252)	72 (N=120)	28 (N=120)	4 (N=124)	96 (N=124)
Classe 1 (N=28)	58 (N=12)	42 (N=12)	0 (N=16)	100 (N=16)
Groupe 2 (N=333)	71 (N=82)	29 (N=82)	4 (N=249)	96 (N=249)
Classe 2 (N=31)	75 (N=8)	25 (N=8)	9 (N=22)	91 (N=22)
Classe 3 (N=23)	93 (N=14)	7 (N=14)	22 (N=9)	78 (N=9)

Tableau 107. Croisement entre la présence de la force dans la direction du mouvement (Q3.3) et le fait qu'elle soit représentée (Q3.4) : le pourcentage des représentations étant par rapport aux élèves qui ont coché ou non la force

Nous avons effectué le croisement des deux questions précédentes pour voir la cohérence qui existe chez les élèves entre le fait de cocher la force exercée par la main ou le joueur et le fait de la représenter. En général, nous observons une cohérence entre le fait de ne pas cocher la force et de ne pas la représenter. Cependant, nous observons une plus grande incohérence entre le fait de cocher cette force et le fait de la représenter: dans la classe 1 : 42% des élèves qui cochent cette force ne la représentent pas contre 25% dans la classe 2 (il faut noter que les effectifs sur lesquels ces pourcentages sont calculés sont faibles).

Question 6.1 Item : Une force verticale vers le haut exercée par la main de l'arbitre	Avant		Après		Différence bonne réponse
	Cochée	Non cochée	Cochée	Non cochée	
Groupe 1 (N=252)	88	**12**	88	**12**	**0**
Classe 1 (N=28)	89	**11**	93	**7**	**-4**
Groupe 2 (N=333)	89	**11**	60	**40**	**29**
Classe 2 (N=31)	87	**13**	55	**42**	**29**
Classe 3 (N=23)	95	**5**	87	**13**	**8**

Tableau 108. Pourcentage des réponses pour l'item « une force verticale vers le haut exercée par la main de l'arbitre »

La classe 2 est la meilleure sur cette question avec un progrès de 29% et un nombre final de bonnes réponses nettement supérieur à celui des 2 autres classes (42% contre 13% pour la classe 3 et 7% pour la classe 1), suivie de la classe 3 qui a très légèrement progressé (+8%) et la classe 1 qui régresse (-4%). Avant et après enseignement les deux classes sont identiques à leurs groupes. Il est à noter que les résultats de la question 3 sont nettement meilleurs que ceux de cette question bien que toutes les deux portent sur un item ayant la même formulation.

Force dans la direction du mvt Croisement après: Q3.3 et Q6.1 (C: Cochée, NC: Non cochée)	Q3 C et Q6 C	Q3C et Q6 NC	Q3NC et Q6C	Q3 NC et Q6 NC
Groupe 1 (N=252)	46	3	43	8
Classe 1 (N=28)	38	3	56	3
Groupe 2 (N=333)	20	5	40	35
Classe 2 (N=31)	23	3	32	42
Classe 3 (N=23)	61	0	26	13

Tableau 109. Croisement entre la question 3.3 et la question 6.1 pour les deux items concernant la force dans la direction du mouvement

Nous avons croisé les résultats des questions 3 et 6 pour la force dans la direction du mouvement. Les résultats de ce croisement confirment le fait que la classe 2 est la meilleure sur cet item avec 42% des élèves qui ne cochent pas cette force dans les deux questions (contre 3% pour la classe 1 et 13% pour la classe 3) et 23% qui la cochent dans les deux questions (contre 38% pour la classe 1 et 61% pour la classe 3). La 3ème colonne montre une meilleure performance des élèves sur la question 3 par rapport à la question 6. Cette différence est la plus remarquable pour la classe 1.

En conclusion :

1- La classe 2 est celle qui a le plus progressé avec des écarts importants allant de 29% pour la question 6 à 48% pour la question 3, suivie de la classe 1 qui est meilleure que la classe 3 sur la question 3 (29% contre 17% et 37% contre -9% pour la représentation) et finalement de la classe 3 qui est quand même légèrement meilleure que la classe 1 sur la question 6 (8%

contre -4% en évolution). Les pourcentages finaux de bonnes réponses vont dans le même sens que les progrès pour les trois classes.

2- En général, les classes 1 et 2 se comportent comme leurs groupes respectifs, avec un léger plus pour la classe 1 sur son groupe. Le groupe 2 est meilleur que le groupe 1, avec des écarts importants sur toutes les questions (23% d'écart pour la question 3, 16% pour la représentation et 29% pour la question 6).

3- En général, les élèves qui cochent cette force ne la représentent pas toujours. Ceci peut être expliqué par les difficultés que rencontrent les élèves dans les représentations.

4- Les meilleurs résultats pour la question 3 par rapport à la question 6 nous laissent penser que cette conception qu'il y a une force dans le sens du mouvement est mobilisée plus facilement à la verticalité qu'à l'horizontalité.

5- Il faut mobiliser le concept de forces de contact pour répondre à ces questions : le fait que la main ne soit plus en contact avec le palet ou le ballon doit mener à la conclusion que la main n'exerce plus une force sur eux. Le fait de mobiliser les effets d'une force peut être dangereux dans ces cas-là, puisque l'effet de la force exercée par la main persiste toujours même après que la main lâche l'objet, car celui-ci se met en mouvement et continue son mouvement. Si les élèves remarquent que ces effets persistent ils peuvent considérer que la main exerce toujours une force après avoir lâché les objets.

1.3.3. Lien avec les pratiques de classes

La classe 2 est celle qui utilise les facettes en jeu dans ces questions avec la plus grande continuité ; elle est suivie de la classe 1 et ensuite de la classe 3 avec des continuités très proches pour ces deux classes. L'utilisation de ces facettes a déjà été discutée dans le paragraphe précédent concernant les actions/forces de contact. Comme nous l'avons déjà dit, l'ensemble de ces facettes contact recouvre presque la majorité des thèmes qui suivent leur introduction dans les classes 1 et 2 ; alors que pour la classe 3, il existe une coupure entre l'introduction de ces facettes contact et leur réutilisation puisque le professeur reprend la loi d'interaction gravitationnelle entre temps mais après la première réutilisation de ces facettes, elles recouvrent les thèmes qui suivent à l'exception aussi de quelques uns.

Derrière es réponses à ces questions, très vraisemblablement une conception erronée est mise en jeu par les élèves, (un objet en mouvement doit avoir une force dans la direction du mouvement) et conduit certains d'entre eux à mettre toujours cette force dans la direction du mouvement ; cette force n'existe pas en réalité puisque l'objet est lâché et que la main qui n'est plus en contact avec lui n'exerce plus une force sur lui. Cette conception des élèves est reliée à deux concepts, les action/forces de contact et la relation force – mouvement. La différence entre les pratiques des trois classes concernant ces deux concepts a déjà été reliée dans les deux paragraphes précédents aux performances des élèves. Nous reprenons juste les points essentiels en lien direct avec cette conception.

Les facettes relatives au contact sont implicites dans le registre de la langue naturelle dans les classes 1 et 2 et explicites par rapport à ce registre dans la classe 3. Cependant, dans la classe 2, le contact est mis en jeu dans trois registres, celui de la langue naturelle, celui de la représentation des forces et celui du diagramme système-interaction dans lequel le contact est rendu explicite par la flèche en traits pleins. En plus, dans cette classe, le contact est mis en jeu dans une grande variété de champs d'application alors qu'il l'est moins dans la classe 1 et encore moins dans la classe 3. Le contact est mis en jeu dans des activités où les élèves travaillent en groupes dans les classes 1 et 2 alors qu'il l'est soit par des exercices soit par le cours que le professeur fait et jamais en groupes dans la classe 3. Il faut noter aussi que la

classe 1 repère les forces souvent par leurs effets et que ceci peut conduire les élèves à repérer des forces là où il n'y en a pas (comme la force exercée par la mains dans ce cas), à cause des effets qu'ils observent et qui sont toujours perceptibles (mouvement du palet ou du ballon) même quand la force n'existe plus.

Par rapport à la relation force – mouvement, le professeur explicite le fait que « la somme des forces n'a pas nécessairement le sens du mouvement » mais que « s'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens » mais il ne le répète qu'une fois durant toute la séquence. Alors que dans la classe 2, cette facette n'est pas introduite par le professeur qui dit aux élèves qu'ils ne possèdent pas encore une loi pour pouvoir dire dans quel sens est la somme des forces ; par contre, une activité mettant en jeu un matériel est consacrée à la différentiation entre sens de l'action et sens du mouvement pour montrer aux élèves qu'il n'y a pas toujours une action dans le sens du mouvement. De même dans cette activité, les élèves différencient les phases du mouvement sur la base du contact : quand les mains lancent le ballon c'est la phase de lancer et quand le ballon monte et que les mains ne le touchent plus c'est une autre phase, la montée, puisque les mains n'exercent plus une action sur le ballon. Par contre dans la classe 3, nous supposons qu'il n'est pas clair pour les élèves si le sens de la somme des forces est associé à la mise en mouvement ou au mouvement. Si les élèves associent le sens de la somme des forces au sens du mouvement, ils auront tendance à mettre toujours une force dans le sens du mouvement.

Tous ces facteurs, en plus de la différence de continuité, peuvent avoir contribué à ces différences de performances entre les classes.

2. Eléments de savoir ne présentant pas une difficulté particulière:

Comme nous l'avons déjà mentionné dans l'introduction de ce chapitre, nous avons classé dans cette catégorie la « nature du mouvement », la « force exercée par la Terre/poids », le « rôle de l'air » et les « représentations vectorielles ».

2.1. Nature du mouvement

Nous présentons ci-dessous les deux questions qui mettent en jeu la « nature du mouvement » et une analyse *a priori* des facettes qui peuvent être mises en jeu pour répondre à ces questions, avec la continuité de ces facettes dans les trois classes. Les performances des élèves sur ces questions sont ensuite présentées en pourcentages, suivies des liens que nous tentons d'établir entre ces performances et les pratiques de classe.

2.1.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes

La nature du mouvement est mise en jeu dans les questions 2 et 5. Nous avons séparé ces questions selon les registres sémiotiques mis en jeu et le passage des uns aux autres.

Passage d'un dessin et de données numériques de grandeurs physiques à la nature du mouvement

La question 2 représente le dessin d'une situation matérielle et met en jeu une grandeur physique qui est la distance. Il s'agit de trouver la nature du mouvement de deux voitures. En fait, ces voitures ont un mouvement non uniforme puisqu'elles démarrent et s'arrêtent.

Question 2.b Deux voitures télécommandées, une grise et une blanche, se déplacent en ligne droite sur un rail de 3 mètres en partant chacune d'une extrémité. Les deux voitures démarrent au même moment. Elles se rencontrent à une distance d'un mètre de l'extrémité gauche du rail, et s'arrêtent. *Item proposé à cocher s'il est considéré comme vrai : la voiture grise a un mouvement non uniforme* *Item proposé à cocher s'il est considéré comme vrai : la voiture blanche a un mouvement non uniforme*

Tableau 110. Question 2b

Passage d'un dessin et d'une description en langue naturelle quotidienne d'une situation matérielle à la nature du mouvement

La question 5 représente le dessin d'une situation matérielle décrite en langage courant. Il s'agit de trouver la nature du mouvement dans quatre situations différentes. Dans les situations a et b l'objet est immobile, dans la situation c il est en mouvement rectiligne non uniforme puisqu'on le met en mouvement et dans la situation d il est rectiligne uniforme.

Question 5.1 1. Caractérisation du mouvement de l'objet étudié : Situation a. Une caisse est posée sur le sol. L'objet étudié est la caisse. *Item proposé à cocher s'il est considéré comme vrai : l'objet est immobile* Situation b. Un homme pousse une caisse sans que celle-ci ne bouge. L'objet étudié est la caisse. *Item proposé à cocher s'il est considéré comme vrai : l'objet est immobile* Situation c. Un homme pousse une caisse et la met en mouvement. L'objet étudié est la caisse. *Item proposé à cocher s'il est considéré comme vrai : le mouvement de l'objet est rectiligne non uniforme* Situation d. Un camion tire une voiture à vitesse constante sur une route droite. L'objet étudié est la voiture**.** *Item proposé à cocher s'il est considéré comme vrai : le mouvement de l'objet est rectiligne uniforme*

Tableau 111. Question 5.1

Les facettes pouvant être mises en jeu dans ces questions sont celles qui concernent les définitions d'un mouvement rectiligne et d'un mouvement uniforme.

Groupe	**Facette**	**Cl 1** CE	**Cl 2** CE	**Cl 3** CE
Mouvement	Le mouvement d'un point est rectiligne quand sa trajectoire est une ligne droite. Lorsque la valeur de la vitesse du point ne varie pas on dit que le mouvement est uniforme.	14 13	8 7	2 5
TOTAL		27	15	7

Tableau 112. Facettes en jeu dans les questions 2 et 5.1 mettant en jeu la nature du mouvement et leur continuité dans l'enseignement

2.1.2. Performances des élèves

Nous présentons dans les tableaux ci-dessous les résultats des réponses des élèves des trois classes et des deux groupes aux questions, donnant ainsi leurs performances. Ces résultats sont présentés en pourcentages. Si les termes « avant » et « après » n'apparaissent pas dans les tableaux cela veut dire que les questions sont présentes uniquement dans le questionnaire passé après enseignement. Les croisements sont faits uniquement pour le questionnaire passé après enseignement.

Passage d'un dessin et de données numériques de grandeurs physiques à la nature du mouvement

Question 2.b Mouvement non uniforme pour les deux voitures	Voiture grise			Voiture blanche		
	Avant	Après	Différence bonne rép.	Avant	Après	Différence bonne rép.
Groupe 1 (N=252)	38	29	-9	29	54	25
Classe 1 (N=28)	43	18	-25	11	57	46
Groupe 2 (N=333)	33	41	8	30	66	36
Classe 2 (N=31)	23	55	32	23	68	45
Classe 3 (N=23)	26	4	-22	39	78	39

Tableau 113. Pourcentage des bonnes réponses à la question 2.b dans le cas de la voiture grise et de la voiture blanche

Pour la voiture grise, la classe 2 est nettement la meilleure, avec une évolution de 32% (contre des régressions de 25% et 22% pour les classes 1 et 3) et 55% de bonnes réponses après enseignement (contre 18% et 4% pour les classes 1 et 3).

Avant l'enseignement les classes 1 et 2 sont en dessous de leurs groupes alors qu'après enseignement la classe 1 reste en dessous et la classe 2 devient meilleure que son groupe. Au final la classe 2 est nettement meilleure que son groupe pour l'évolution (32% contre 8% pour le groupe) et la classe 1 nettement en dessous de son groupe (-25% contre -9% pour le groupe). Le groupe 2 est légèrement meilleur que le groupe 1.

Pour la voiture blanche, la classe 3 est un peu meilleure que les deux autres, avec une évolution de 39% (contre 45% pour la classe 2 et 46% pour la classe 1) et 78% de bonnes réponses après enseignement (contre 68% pour la classe 2 et 57% pour la classe 1).

Les classe 1 et 2 sont en dessous de leurs groupes avant l'enseignement et se comportent comme eux après enseignement, ou sont meilleures en termes d'évolution. Le groupe 2 est meilleur que le groupe 1.

Nature du mvt Croisement après: Q2 voiture blanche et Q2 voiture grise	B unif et G unif	B unif et G Non unif	B Non unif et G unif	B Non unif et G Non unif
Groupe 1 (N=252)	36	9	36	20
Classe 1 (N=28)	34	7	45	14
Groupe 2 (N=333)	24	6	31	35
Classe 2 (N=31)	21	3	17	55
Classe 3 (N=23)	13	4	78	0

Tableau 114. Croisement des réponses de la question 2 pour les deux voitures, grise et blanche (tableau 113)

Cependant, le croisement des réponses pour les 2 voitures montre que la classe 2 est celle qui reconnaît le mieux la nature du mouvement dans les deux cas, avec 55% des élèves contre 14% pour la classe 1 et aucun élève pour la classe 3. Les classes 1 et 3 reconnaissent mieux la nature du mouvement de la voiture blanche, avec 78% des élèves de la classe 3 qui mettent un mouvement rectiligne non uniforme pour la voiture blanche et un mouvement rectiligne uniforme pour la voiture grise et 45% pour 45% de ceux de la classe 1 qui le font.

En conclusion :

On remarque que pour la voiture blanche les résultats sont nettement meilleurs que pour la voiture grise. Cette différence d'écart peut nous conduire à nous demander si les élèves ont bien compris la question.

La majorité des élèves n'arrive toujours pas à effectuer ce rapport entre distance/temps et nature du mouvement. Cependant la classe 2 reste la meilleure avec la moitié des élèves qui arrivent à le faire dans les deux cas.

Passage d'un dessin et d'une description en langage courant d'une situation matérielle à la nature du mouvement

Question 5. Situation a. L'objet est immobile	Avant	Après	Différence bonne réponse
Groupe 1 (N=252)	87	96	9
Classe 1 (N=28)	82	89	7
Groupe 2 (N=333)	90	90	0
Classe 2 (N=31)	97	94	-3
Classe 3 (N=23)	74	83	9

Tableau 115. Pourcentage de réponses correctes pour la situation a de la question 5.1

Les résultats des trois classes et des deux groupes se rapprochent beaucoup et sont bons. On remarque une très légère évolution chez les classes 1 et 3 et presque une stabilité chez la classe 2.

La classe 1 est légèrement en dessous de son groupe avant et après enseignement et la classe 2 légèrement meilleure.

Question 5. Situation b. L'objet est immobile	Avant	Après	Différence bonne réponse
Groupe 1 (N=252)	70	89	19
Classe 1 (N=28)	57	82	25
Groupe 2 (N=333)	72	86	14
Classe 2 (N=31)	81	87	6
Classe 3 (N=23)	70	61	-9

Tableau 116. Pourcentage de réponses correctes pour la situation b de la question 5.1

Pour cette question, la classe 1 est celle qui a le plus évolué (25% contre 6% pour la classe 2 et une régression de 9% pour la classe 3) mais il faut prendre en compte le fait que la classe 2 part de 81% donc ce n'est pas étonnant que son évolution ne soit pas très grande. Les classes 1 et 2 ont presque les mêmes taux finaux et la classe 3 est la moins performante sur cette question avec 61% de bonnes réponses au final.

La classe 1 est bien en dessous de son groupe avant l'enseignement et évolue plus que lui pour devenir légèrement en dessous de lui après enseignement, alors que la classe 2 est meilleure que son groupe avant l'enseignement et évolue moins que lui pour se comporter comme lui après enseignement. Les résultats des deux groupes sont presque les mêmes.

Question 5. Situation c. Mvt rectiligne non uniforme	Avant	Après	Différence bonne réponse
Groupe 1 (N=252)	53	69	13
Classe 1 (N=28)	39	71	32
Groupe 2 (N=333)	49	75	26
Classe 2 (N=31)	68	81	13
Classe 3 (N=23)	35	57	22

Tableau 117. Pourcentage de réponses correctes pour la situation c de la question 5.1

Pour cette question, la classe 1 est celle qui a le plus évolué (32%), suivie de la classe 3 (22%) et enfin de la classe 2 qui a le moins évolué (13%). Cependant, la classe 2 reste celle qui a le

plus de bonnes réponses après enseignement (81%), suivie de la classe 1 (71%) et enfin de la classe 3 (57%).

La classe 1 est en dessous de son groupe avant l'enseignement et évolue plus que lui pour se comporter comme lui après enseignement, alors que la classe 2 est nettement meilleure que son groupe avant l'enseignement et évolue moins que lui pour devenir légèrement meilleure que lui après enseignement.

Question 5. Situation d. Mvt rectiligne uniforme	Avant	Après	Différence bonne réponse
Groupe 1 (N=252)	77	94	17
Classe 1 (N=28)	79	93	14
Groupe 2 (N=333)	78	95	17
Classe 2 (N=31)	87	97	10
Classe 3 (N=23)	82	65	-17

Tableau 118. Pourcentage de réponses correctes pour la situation d de la question 5.1

Les résultats des classes 1 et 2 sont presque les mêmes et sont très bons, alors que la classe 3 régresse.

La classe 1 se comporte comme son groupe alors que la classe 2 est meilleure que son groupe avant l'enseignement et évolue moins que lui pour se comporter comme lui après enseignement. Les deux groupes ont les mêmes résultats.

Comme le montre le tableau 119, alors que les taux de bonnes réponses paraissaient élevés pour chaque cas après l'enseignement, le croisement entre les quatre cas montre qu'un taux inférieur d'élèves donne la bonne nature du mouvement pour l'ensemble des situations. Ce taux est le plus élevé pour la classe 2 avec 68% contre 52% pour la classe 1 et 39% pour la classe 3.

Nature du mvt Croisement après: Q5 cas a, b, c et d	Cas a et b Imm, Cas c Rect Non Unif, Cas d Rect Unif
Groupe 1 (N=252)	61
Classe 1 (N=28)	52
Groupe 2 (N=333)	62
Classe 2 (N=31)	68
Classe 3 (N=23)	39

Tableau 119. Croisement des bonnes réponses pour les quatre items de la question 5.1

En conclusion :

Les résultats des classes 1 et 2 sont très proches (ainsi que ceux de leurs groupes), et sont bons en général, même si l'écart se creuse pour le croisement des bonnes réponses. Par contre la classe 3 régresse des fois au lieu d'évoluer. Il faut noter que le pourcentage de cases non cochées pour la classe 3 varie entre 13 et 22% après l'enseignement alors qu'il était nul avant l'enseignement. Les résultats des croisements montrent qu'une bonne partie des élèves de la classe 2 (68%) assure le passage d'une représentation schématique et en langage courant d'une situation matérielle à la nature du mouvement, alors que la moitié l'assure dans la classe 1 et 39% dans la classe 3.

2.1.3. Lien avec les pratiques de classes

La continuité des facettes relative au mouvement et qui sont en jeu dans ces questions est en faveur de la classe 1 (suivie de la classe 2 et ensuite de la classe 3). Cependant, les résultats sont les meilleurs pour la classe 2. En fait, nous ne pouvons pas juste considérer cette continuité qui est calculée sur la partie dynamique puisque ces facettes et bien d'autres reliées

à elles ont été introduites dans la partie cinématique qui précède la partie dynamique et que nous n'avons pas de données là-dessus. Nous ne savons pas avec quelle continuité ces facettes ont été utilisées dans la partie cinématique ni comment elles ont été introduites, ni leurs liens avec d'autres facettes, ni les champs d'application dans lesquels elles ont été mises en jeu. Ce qui fait que nous ne pouvons pas faire un lien direct entre la continuité des facettes que nous avons dans le tableau 112 et les performances sans nier le fait que cette continuité a une influence.

2.2. Force exercée par la Terre/poids

Nous présentons ci-dessous les trois questions qui mettent en jeu la « force exercée par la Terre/poids » et une analyse *a priori* des facettes qui peuvent être mises en jeu pour répondre à ces questions, avec la continuité de ces facettes dans les trois classes. Les performances des élèves sur ces questions sont ensuite présentées en pourcentages, suivies des liens que nous tentons d'établir entre ces performances et les pratiques de classe.

2.2.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes

Les questions 3, 6, 4 et 7 mettent en jeu la force exercée par la Terre ou poids. La question 3 est la seule où la formulation « poids » est employée ; dans les autres questions c'est la formulation « force exercée par la Terre » qui est employée. Cette force doit être en fait toujours prise en compte puisque la force exerce toujours une force sur les objets.

Question 3 Un joueur de hockey sur glace a lancé un palet. Une fois lancé, le palet glisse sur la glace avec un mouvement rectiligne uniforme (un schéma est associé). 3. Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le palet lorsqu'il glisse sur la glace. *Item proposé: le poids* 4. Représentez les forces qui s'exercent sur le palet. *Représentation du poids*

Question 6 Au début d'un match de basket l'arbitre prend le ballon et le jette à la verticale vers le haut. 1. Dans toute cette question, on s'intéresse à la montée du ballon, une fois que l'arbitre l'a lâché. Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le ballon pendant cette phase. *Item proposé : Une force verticale vers le bas exercée par la terre*

Question 4 Les propositions suivantes sont-elles vraies ou fausses? Réponses possibles : Vrai ; Faux ; Je ne sais pas *4. La Terre exerce une force sur l'oiseau qui vole.* *5. La Terre exerce une force sur l'homme qui nage.* *6. La Terre exerce une force sur le tronc qui flotte.*

Question 7 On considère une bille d'acier suspendue par un fil en coton à un support en bois posé sur une table en bois dans une salle (schéma). On approche un aimant du dispositif qui prend une nouvelle position d'équilibre stable, celle qui est représentée sur le schéma. A. Items à cocher s'ils sont considérés comme vrais : *3. La Terre exerce une force sur le fil.* *4. La Terre exerce une force sur la bille.* *5. La Terre exerce une force sur la table.* *7. La Terre exerce une force sur l'aimant.* B. Représenter les forces exercées sur la bille. *Représentation de la force exercée par la Terre sur la bille ou poids*

Tableau 120. Questions 3.3, 3.4, 6.1, 4, 7.A et 7.B

Plusieurs facettes concernant la force exercée par la Terre peuvent être mises en jeu. Nous les présentons dans le tableau 121 ci-dessous avec leur continuité dans les classes.

Groupe	**Facette**	**Cl 1** CE	**Cl 2** CE	**Cl 3** CE
Action - Interaction	La Terre agit toujours sur (attire) les objets	2	15	3
	L'action de la Terre sur les objets est une action à distance	3	6	4
	L'action de la Terre est toujours verticale vers le bas	0	5	1
	La pesanteur (ou le poids) est le résultat de l'action de la Terre	0	0	1
	les objets tombent à cause de l'action de la Terre	0	1	3
Force – Interaction (Inter grav)	La Terre exerce toujours une force sur les autres objets	14	2	11
	La force exercée par la Terre sur un objet est le poids de l'objet	8	1	1
	La force exercée par la Terre sur un objet est un vecteur vertical toujours dirigé vers le bas	7	4	6
	La force (l'action) exercée par la Terre et la force (l'action) exercée par le sol ne sont pas les mêmes forces	1	4	0
TOTAL		35	38	30

Tableau 121. Facettes en jeu dans les questions en relation avec le poids ou la force exercée par la Terre

2.2.2. Performances des élèves

Nous présentons dans les tableaux ci-dessous les résultats des réponses des élèves des trois classes et des deux groupes aux questions, donnant ainsi leurs performances. Ces résultats sont présentés en pourcentages. Si les termes « avant » et « après » n'apparaissent pas dans les tableaux cela veut dire que les questions sont présentes uniquement dans le questionnaire passé après l'enseignement. Les croisements sont faits uniquement pour le questionnaire passé après enseignement.

Question 3.3 Item proposé: le poids	Avant		Après		Différence bonne réponse (Evolution)
	Cochée	Non cochée	Cochée	Non cochée	
Groupe 1 (N=252)	**76**	24	**93**	7	**17**
Classe 1 (N=28)	**71**	28	**100**	0	**29**
Groupe 2 (N=333)	**73**	27	**68**	32	**-5**
Classe 2 (N=31)	**74**	26	**64**	36	**-10**
Classe 3 (N=23)	**74**	26	**96**	4	**22**

Tableau 122. Pourcentage des réponses pour l'item « poids » de la question 3.3

Presque la totalité des élèves des classes 1 et 3 (comme ceux du groupe 1) mettent le "poids" comme force s'exerçant sur le palet après enseignement alors que ceux de la classe 2 et de son groupe le mettent moins après l'enseignement.

Question 3.4 le poids (Représenté)	Avant	Après	Différence bonne réponse (Evolution)
Groupe 1 (N=252)	48	86	38
Classe 1 (N=28)	45	85	40
Groupe 2 (N=333)	55	76	21
Classe 2 (N=31)	67	77	10
Classe 3 (N=23)	96	96	0

Tableau 123. Pourcentage des réponses à la question 3.4 concernant la représentation du poids

La meilleure classe dans la représentation du poids ou de la force exercée par la Terre est la classe 3, en plus il existe une parfaite cohérence avec ses résultats concernant la question précédente: 96% cochent le poids après enseignement et 96% le représentent. La classe 1 vient ensuite avec une évolution de 40% mais avec quand même moins d'élèves qui

représentent cette force après enseignement (85%) par rapport à ceux qui la cochent (100%), il en est de même pour son groupe. Enfin la classe 2 évolue cette fois de 10% et le nombre d'élèves qui représentent cette force après enseignement (77%) est supérieur au nombre d'élèves qui la cochent (64%), il en est de même pour son groupe.

Poids Croisement après: Q3.3 et Q3.4	Coché		Non Coché	
	Repr	Non Repr	Repr	Non Repr
Groupe 1 (N=252) Classe 1 (N=28)	89 (N=226) 85 (N=27)	11 (N=226) 15 (N=27)	50 (N=18) 0 (N=1)	50 (N=18) 100 (N=1)
Groupe 2 (N=333) Classe 2 (N=31)	91 (N=225) 95 (N=19)	9 (N=225) 5 (N=19)	47 (N=107) 45 (N=11)	53 (N=107) 55 (N=11)
Classe 3 (N=23)	100 (N=22)	0 (N=22)	0 (N=1)	100 (N=1)

Tableau 124. Croisement entre la présence du poids (Q3.3) et le fait qu'il soit représenté (Q3.4) : le pourcentage des représentations étant par rapport aux élèves qui ont coché ou non la force

Les résultats de ce croisement montrent une cohérence entre le fait de cocher le poids et de le représenter pour les classes 1 et 3. Cependant, presque la moitié des élèves qui ne coche pas le poids dans la classe 2 le représente sur le schéma (de même que pour son groupe). Ceci paraît étonnant et nous mène à penser que la formulation du nom de cette force joue un rôle important chez les élèves de cette classe qui se comportent comme leur groupe. En fait ces élèves sont habitués à utiliser la formulation "force exercée par la Terre" plutôt que "poids", il se peut donc qu'ils n'aient pas reconnu le "poids" comme force s'exerçant sur l'objet et ne l'ont donc pas coché mais savaient quand même que la Terre exerce une force sur l'objet et l'ont représentée sur le schéma.

Question 6.1 Item proposé : Une force verticale vers le bas exercée par la terre	Avant		Après		Différence bonne réponse (Evolution)
	Cochée	Non cochée	Cochée	Non cochée	
Groupe 1 (N=252) Classe 1 (N=28)	**70** **71**	30 29	**86** **89**	14 11	**16** **18**
Groupe 2 (N=333) Classe 2 (N=31)	**80** **81**	20 19	**92** **100**	8 0	**12** **19**
Classe 3 (N=23)	**87**	13	**78**	22	**-9**

Tableau 125. Pourcentage des réponses à l'item « une force verticale vers le bas exercée par la Terre » de la question 6.1

Question 4 (Bonnes réponses)	Avant			Après			Evolution		
	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3
La Terre exerce une force sur									
4. Oiseau qui vole	32 64	81 70	83	79 82	100 91	83	47 18	19 21	0
5. Homme qui nage	32 45	55 45	70	68 63	94 83	52	36 18	39 38	-18
6. Tronc qui flotte	36 39	36 41	57	68 58	81 75	57	32 19	45 34	0

Tableau 126. Pourcentage des réponses aux items 4, 5 et 6 de la question 4, mettant en jeu la force exercée par la Terre

Question 7 (Bonnes réponses)	Avant			Après			Evolution		
	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3
La Terre exerce une force sur									
3. Fil	43 63	71 69	52	82 73	94 79	65	39 10	23 10	13
4. Bille	71 76	84 82	83	96 90	97 95	87	25 14	13 13	4
5. Table	75 81	84 83	96	96 91	100 95	83	21 10	16 12	-13
7. Aimant	54 66	81 71	87	79 76	97 89	87	25 10	16 18	0

Tableau 127. Pourcentage des réponses aux items 3, 4, 5 et 7 de la question 7, mettant en jeu la force exercée par la Terre

Concernant le fait que la Terre exerce toujours une force sur les autres objets, la classe 2 est la plus performante (ainsi que son groupe) avec des taux de bonnes réponses allant de 94% à 100% (sauf pour le tronc qui flotte la valeur est de 81%). Elle est meilleure que son groupe dont les taux varient entre 75% et 95%. Elle est suivie de la classe 1, avec des taux allant de 68% à 96% et des évolutions importantes allant de 18% à 47%. La classe 1 est légèrement meilleure que son groupe qui possède des taux allant de 58% à 91% et des évolutions allant de 10% à 19%. Finalement la classe 3 est la moins bonne avec des taux de bonnes réponses allant de 57% à 87% et presque pas d'évolution sur plusieurs items et de légères régressions pour d'autres.

Poids Croisement après: Q3.3 et Q6.1 (C=coché, NC=non coché)	Q3 C et Q6 C	Q3C et Q6 NC	Q3NC et Q6C	Q3 NC et Q6 NC
Groupe 1 (N=252) Classe 1 (N=28)	80 86	13 10	5 0	2 4
Groupe 2 (N=333) Classe 2 (N=31)	63 65	5 0	29 35	3 0
Classe 3 (N=23)	78	18	4	0

Tableau 128. Croisement entre la question 3.3 et la question 6.1 pour les deux items concernant le poids et la force verticale vers le bas exercée par la Terre

Le croisement entre la question 3 et la question 6 pour le poids ou la force exercée par la Terre sur un objet montre aussi une cohérence entre les deux questions pour les classes 1 et 3 et un peu moins pour la classe 2. En effet, pour cette classe, 35% des élèves cochent cette force dans la question 6 et ne le font pas dans la question 3, ceci montre aussi, comme nous l'avons souligné un peu plus haut, l'influence de la nomination de cette force qui est nommée "poids" dans la question 3 et "force exercée par la Terre" dans la question 6.

Question 7.B Force exercée par la Terre sur la bille ou Poids (Représentée)	Représentée
Groupe 1 (N=252) Classe 1 (N=28)	79 89
Groupe 2 (N=333) Classe 2 (N=31)	79 77
Classe 3 (N=23)	52

Poids Croisement après: Q7.A et Q7.B	Coché Repr	 Non Repr	Non Coché Repr	 Non Repr
Groupe 1 (N=252)	77 (N=228)	23 (N=228)	45 (N=23)	55 (N=23)
Classe 1 (N=28)	86 (N=27)	14 (N=27)	0 (N=1)	100 (N=1)
Groupe 2 (N=333)	79 (N=315)	21 (N=315)	28 (N=18)	72 (N=18)
Classe 2 (N=31)	80 (N=30)	20 (N=30)	0 (N=1)	100 (N=1)
Classe 3 (N=23)	55 (N=20)	45 (N=20)	33 (N=3)	67 (N=3)

Tableau 129. Pourcentage des réponses à la question 7.B concernant la représentation du poids ; croisement entre la présence de la force exercée par la Terre sur la bille (Q7.A) et le fait qu'elle soit représentée (Q7.B) : le pourcentage des représentations étant par rapport aux élèves qui ont coché ou non la force

La classe 1 est celle qui représente le plus la force exercée par la Terre sur la bille et qui a le plus de cohérence avec la question précédente d'après le croisement (86% des élèves qui cochent cette force la représentent, contre 80% pour la classe 2 et 55% pour la classe 3). Les résultats de cette question pour les classes 1 et 2 sont très proches de ceux de la question 3 pour les deux classes, alors que pour la classe 3 les taux de représentation passent de 96% pour la question 3 à 52% pour cette question, il ne faut pas oublier que les 48% qui restent n'ont pas fait de schéma.

La classe 1 est meilleure que son groupe alors que la classe 2 se comporte comme son groupe. Les résultats des deux groupes sont identiques et pour les deux, les taux d'élèves qui représentent la force (79%) sont inférieurs à ceux qui la cochent (90% pour le groupe 1 et 95% pour le groupe 2.

En conclusion :

1- La formulation du nom de la force semble jouer un rôle dans ces résultats: la classe 2 a les meilleurs résultats sur toutes les questions où la formulation "force exercée par la Terre sur l'objet" est employée (taux allant de 94% à 100%), alors que les taux baissent quand la formulation "poids" est employée (68%). Il en est de même pour son groupe 2. Pour la classe 3 c'est l'inverse qui se produit: les taux sont élevés quand il s'agit de la formulation "poids" (96%) et baissent quand il s'agit de la formulation "force exercée par la Terre sur l'objet" (taux allant de 57% à 87%). Pour la classe 1, cet effet de la formulation ne paraît pas si évident (il en est de même pour son groupe 1): on observe le meilleur taux quand la formulation "poids" est employée (100%) mais quelque fois aussi des taux très hauts quand la formulation "force exercée par la Terre sur l'objet" pour certains items (96% pour la bille et la table) et d'autres plus bas pour d'autres items (68% pour l'homme qui nage et le tronc qui flotte).

2- La majorité des élèves de la classe 2 semble avoir acquis le fait que la Terre exerce toujours une force sur les autres objets, cela se voit dans tous les items, que ce soit des objets dans l'air ou dans l'eau ou sur le sol, etc. Un bon nombre d'élèves de la classe 1 et 3 semble (ainsi que ceux du groupe 1) aussi l'avoir acquis (mais moins que ceux de la classe 2), mais on observe des différences de taux selon les items: la plus grande difficulté semble être pour les objets dans l'eau.

3- En général les élèves qui cochent cette force sont plus nombreux que ceux qui la représentent, ceci peut être dû aux difficultés de la représentation.

2.2.3. Lien avec les pratiques de classes

La classe 2 a la continuité la plus élevée pour les facettes concernant l'action/force exercée par la Terre avec un léger écart par rapport à la classe 1 et un écart plus important par rapport

à la classe 3. Cette continuité peut avoir joué un rôle dans les performances des élèves qui sont les meilleures pour la classe 2.

En fait, dans la classe 2, une difficulté à considérer que la Terre agit sur les objets a été rencontrée chez quelques élèves durant la première activité faite en classe et concernant l'introduction de la notion d'action. Le professeur a discuté de cette difficulté avec les élèves et insisté sur le fait que la Terre exerce toujours une force et dans toutes les séances qui ont suivi, nous n'avons pas observé à nouveau cette difficulté dans les verbalisations ou les écrits des élèves au tableau ; les élèves de cette classe considéraient toujours que la Terre exerce une force sur les autres objets, donc il se peut qu'un contrat soit établi dans cette classe concernant cette force et que les élèves l'ont utilisé pour répondre aux questions.

Dans la classe 1, les élèves ont aussi rencontré une difficulté à considérer que la Terre exerce une force dans le cas particulier de la balle qui était plongée dans l'eau puisque la balle ne descendait pas et qu'ils avaient l'habitude de considérer que l'effet de la force exercée par la Terre est d'attirer vers le bas; une discussion a eu lieu entre le professeur et les élèves et est restée suspendue, le professeur n'ayant pas répondu au dernier argument donné par une élève. Donc nous faisons l'hypothèse qu'un certain nombre d'élèves n'a pas été convaincu après la discussion puisque cette difficulté apparaît dans les réponses au questionnaire : presque 30% des élèves de cette classe ne mettent pas cette force dans le cas des objets dans l'eau (homme qui nage et tronc qui flotte).

Dans la classe 3, les élèves n'ont manifesté aucune difficulté à prendre toujours en compte la force exercée par la Terre même dans le cas d'un objet dans l'eau (situation que le professeur avait schématisée au tableau). Nous ne savons pas si cette difficulté existait chez les élèves et qu'ils ne l'ont pas extériorisée puisque dans leurs réponses au questionnaire ils ont l'air d'avoir des difficultés surtout pour les objets qui sont dans l'eau. Cette classe est la moins performante sur ce concept.

Un événement paraît surprenant dans les réponses au questionnaire. Les élèves de la classe 2 qui sont les plus performants sur toutes les questions concernant la force exercée par la Terre sont les moins performants quand la formulation employée pour cette force est « poids » : 36% des élèves de cette classe ne cochent pas le poids. Ceci peut être expliqué par le fait qu'un contrat est établi dans cette classe concernant la notation des forces : cette classe emploie presque tout le temps la notation « force exercée par X sur Y » et très rarement des notations standards comme poids, tension, réaction, etc. Dans la classe 3 c'est l'inverse qui se passe : cette classe est la plus performante sur la question où la notation « poids » est employée et moins performantes sur les autres. Un genre de contrat semble aussi établi implicitement dans cette classe, par habitude, puisque le professeur emploie toujours les notations standards pour les forces même s'il ne dit pas clairement qu'il faut adopter cette notation. La notation « force exercée par la Terre sur un objet » n'est presque pas employée dans cette classe ; la notation adoptée est « poids » ou « $\vec{P}$ ». Pour la classe 1 nous ne remarquons pas de comportement dépendant d'une notation dans les réponses des élèves. En fait dans cette classe, le professeur emploie toujours les deux notations en même temps : « force exercée par la Terre » ou « $\vec{F}_{T/Y}$ » et « poids » ou « $\vec{P}$ ».

Nous n'avons pas pensé à séparer dans nos facettes les deux notations « poids » et « force exercée par la Terre » afin de pouvoir les différencier puisque nous n'étions pas conscientes de cette différence de comportement dans les réponses au questionnaire lorsque nous avons commencé à coder les facettes. Par contre nous avons fait un simple comptage dans nos transcriptions de l'occurrence du mot « poids » dans les trois classes ; sachant que les transcriptions ne sont pas complètes, ces chiffres sont donc une sous-estimation de l'emploi

effectif : ces occurrences sont de 97 pour la classe 1, 10 pour la classe 2 et 107 pour la classe 3. Ces chiffres confirment donc nos commentaires.

Dans le cas de la force exercée par la Terre/poids nous pouvons dire qu'il y a un lien direct entre enseignement et performances des élèves.

2.3. Rôle de l'air dans le mouvement

Nous présentons ci-dessous les deux questions qui mettent en jeu la « force exercée par l'air » et une analyse *a priori* des facettes qui peuvent être mises en jeu pour répondre à ces questions, avec la continuité de ces facettes dans les trois classes. Les performances des élèves sur ces questions sont ensuite présentées en pourcentages, suivies des liens que nous tentons d'établir entre ces performances et les pratiques de classe.

2.3.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes

Les questions 3 et 6 mettent en jeu la force exercée par l'air sous forme d'items à cocher. Dans la question 3, puisque le mouvement est rectiligne uniforme, il ne faut pas prendre en compte la force exercée par l'air afin que les forces se compensent. Alors que dans la question 6, la force exercée par l'air peut être prise en compte ; elle est verticale vers le bas puisque le mouvement du ballon est vers le haut.

Question 3 Un joueur de hockey sur glace a lancé un palet. Une fois lancé, le palet glisse sur la glace avec un mouvement rectiligne uniforme (un schéma est associé). 3. Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le palet lorsqu'il glisse sur la glace. *Item proposé: une force exercée par l'air* 4. Représentez les forces qui s'exercent sur le palet. *Représentation de la force exercée par le palet*

Question 6 Au début d'un match de basket l'arbitre prend le ballon et le jette à la verticale vers le haut. 1. Dans toute cette question, on s'intéresse à la montée du ballon, une fois que l'arbitre l'a lâché. Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le ballon pendant cette phase. *Item : Une force verticale vers le haut exercée par l'air* *Item : Une force verticale vers le bas exercée par l'air*

Tableau 130. Questions 3.3, 3.4 et 6.1

Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des facettes qui peuvent être mises en jeu dans ces questions, avec leur continuité dans les classes. Les facettes concernant le contact peuvent être mises en jeu puisque la force exercée par l'air est une force de contact. De même les facettes « frottements » peuvent l'être, celles qui déterminent le sens et direction de cette force ainsi que celle qui sont en relation avec sa valeur.

Groupe	**Facette**	**Cl 1** CE	**Cl 2** CE	**Cl 3** CE
Action - Interaction	Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)	3	21	3
Force - Interaction	Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets	13	1	12
Frottements	Pour modéliser les frottements d'un fluide (gaz ou liquide) ou d'un solide sur un système, le physicien utilise une force toujours de même direction que le mouvement et de sens opposé au mouvement.	2	2	7
	Dans le cas des frottements il y a une action qui résiste à l'avancement	3	1	0
	Les frottements de l'air ralentissent le mouvement	2	0	0
	Plus la valeur de la vitesse est importante plus l'action de l'air est importante	0	4	0
	La valeur de l'action de l'air sur un objet dépend de la surface de contact de cet objet avec l'air	0	1	1
TOTAL		23	30	23

Tableau 131. Facettes en jeu dans les questions en relation avec la force exercée par l'air

2.3.2. Performances des élèves

Nous présentons dans les tableaux ci-dessous les résultats des réponses des élèves des trois classes et des deux groupes aux questions, donnant ainsi leurs performances. Ces résultats sont présentés en pourcentages. Si les termes « avant » et « après » n'apparaissent pas dans les tableaux cela veut dire que les questions sont présentes uniquement dans le questionnaire passé après l'enseignement. Les croisements sont faits uniquement pour le questionnaire passé après enseignement.

Question 3.3 Item proposé: une force exercée par l'air	Avant		Après		Différence bonne réponse
	Cochée	Non cochée	Cochée	Non cochée	
Groupe 1 (N=252)	**52**	48	**47**	53	**-5**
Classe 1 (N=28)	**50**	50	**75**	25	**25**
Groupe 2 (N=333)	**56**	44	**80**	20	**24**
Classe 2 (N=31)	**45**	55	**45**	55	**0**
Classe 3 (N=23)	**52**	48	**56**	44	**4**

Tableau 132. Pourcentage des réponses pour l'item « force exercée par l'air » de la question 3.3

D'après ces résultats, la classe 1 est celle qui prend le plus en considération l'air: on observe une augmentation de 25% du nombre d'élèves qui cochent cette force après enseignement pour atteindre un taux final de 75%. Les classes 2 et 3 mettent moins cette force (45% et 56% respectivement) et on n'observe pas de changement chez eux avant et après enseignement.

La classe 1 se comporte comme son groupe avant l'enseignement et met beaucoup plus que son groupe cette force après enseignement (75% contre 47% pour le groupe). Alors que la classe 2 met moins que son groupe cette force avant l'enseignement et beaucoup moins après enseignement (45% contre 80% pour le groupe), elle ne se comporte pas du tout comme son groupe. Finalement, les deux groupes se comportent de la même façon avant l'enseignement et le groupe 2 évolue et met beaucoup plus que le groupe 1 cette force après enseignement.

Question 3.4 Force exercée par l'air sur le palet (Représentée)	Avant	Après	Evolution
Groupe 1 (N=252)	34	34	0
Classe 1 (N=28)	30	67	37
Groupe 2 (N=333)	42	61	19
Classe 2 N=31)	37	43	6
Classe 3 (N=23)	52	48	-4

Force exercée par l'air Croisement après: Q3.3 et Q3.4	Coché		Non Coché	
	Repr	Non Repr	Repr	Non Repr
Groupe 1 (N=252)	67 (N=115)	33 (N=115)	2 (N=130)	98 (N=130)
Classe 1 (N=28)	81 (N=21)	19 (N=21)	14 (N=7)	86 (N=7)
Groupe 2 (N=333)	75 (N=266)	25 (N=266)	5 (N=65)	95 (N=65)
Classe 2 (N=31)	92 (N=13)	8 (N=13)	6 (N=17)	94 (N=17)
Classe 3 (N=23)	77 (N=13)	23 (N=13)	10 (N=10)	90 (N=10)

Tableau 133. Pourcentage des réponses à la question 3.4 concernant la représentation du la force exercée par l'air ; croisement entre la présence de la force exercée par l'air (Q3.3) et le fait qu'elle soit représentée (Q3.4) : le pourcentage des représentations étant par rapport aux élèves qui ont coché ou non la force

Les résultats des classes les unes par rapport aux autres et par rapport aux groupes vont dans le même sens que ceux de la question précédente mais avec moins d'élèves qui représentent la force exercée par l'air sur un schéma par rapport à ceux qui la cochent. Le croisement montre que la classe 2 est celle qui a le plus de cohérence entre le fait de cocher cette force et le fait de la représenter, avec 92% des élèves cochant cette force et la représentent contre 81% pour la classe 1 et 77% pour la classe 3.

Question 6.1 Item : Une force verticale vers le haut exercée par l'air	Avant		Après		Différence bonne réponse
	Cochée	Non cochée	Cochée	Non cochée	
Groupe 1 (N=252)	37	**63**	31	**69**	**6**
Classe 1 (N=28)	57	**43**	39	**61**	**18**
Groupe 2 (N=333)	35	**65**	26	**74**	**9**
Classe 2 (N=31)	19	**81**	16	**84**	**3**
Classe 3 (N=23)	22	**88**	35	**65**	**-13**

Question 6.1 Item : Une force verticale vers le bas exercée par l'air	Avant		Après		Différence bonne réponse
	Cochée	Non cochée	Cochée	Non cochée	
Groupe 1 (N=252)	**35**	65	**45**	55	**10**
Classe 1 (N=28)	**21**	79	**57**	43	**36**
Groupe 2 (N=333)	**46**	54	**70**	30	**24**
Classe 2 (N=31)	**48**	52	**68**	32	**20**
Classe 3 (N=23)	**70**	30	**39**	61	**-31**

Tableau 134. Pourcentages des réponses pour les deux items de la question 6.1, « Une force verticale vers le haut exercée par l'air » et « Une force verticale vers le bas exercée par l'air »

Au total, la classe qui met le plus la force exercée par l'air avant l'enseignement est la classe 3 (92%) et celle qui la met le plus après enseignement est la classe 1 (98% avec une évolution de 21%) suivie de la classe 2 (84% avec une évolution de 17%) et enfin de la classe 3 (74% avec une régression de 18%).

La classe 1 se comporte comme son groupe avant l'enseignement et est différente de lui après enseignement (98% contre 76% pour le groupe) alors que la classe 2 est en dessous de son groupe avant (67% contre 84% pour le groupe) et après enseignement (84% contre 96% pour le groupe) mais évolue de la même façon que lui. Finalement le groupe 2 met beaucoup plus que le groupe 1 cette force après enseignement.

Par rapport au sens de la force de l'air dans cette question, la classe 2 évolue de 20% avec 68% comme taux final de bonnes réponses (force vers le bas), la classe 1 évolue de 36% avec un taux final de 57% et la classe 3 régresse de 31% avec juste 39% de bonnes réponses après enseignement.

La classe 1 est en dessous de son groupe avant enseignement (21% contre 35%) et meilleure que lui après (57% contre 45% pour le groupe) alors que la classe 2 se comporte comme son groupe. Finalement le groupe 2 est meilleur que le groupe 1 sur le sens de cette force (70% contre 45%).

Force exercée par l'air Croisement après: Q3.3 et Q6.A	Q3 C et Q6 C	Q3C et Q6 NC	Q3NC et Q6C	Q3 NC et Q6 NC
Groupe 1 (N=252)	43	4	29	24
Classe 1 (N=28)	69	7	24	0
Groupe 2 (N=333)	75	5	17	3
Classe 2 (N=31)	42	3	42	13
Classe 3 (N=23)	39	17	35	9

Tableau 135. Croisement entre la question 3.3 et la question 6.A pour les deux items concernant la force exercée par l'air

Le croisement des questions 3 et 6 concernant le fait de cocher l'air montre que la classe 1 est celle qui coche le plus l'air dans les deux cas après enseignement avec 69% des élèves qui le font contre 42% pour la classe 2 et 39% pour la classe 3. Une différence apparaît entre les deux questions (3ème colonne): cette différence est la plus claire pour la classe 2 avec 42% des élèves qui cochent l'air dans la question 6 et ne le font pas dans la question 3 contre 35% dans la classe 3 et 24% dans la classe 1. Ceci montre que, quand ils ont le choix de le mettre ou non, ces élèves ne le mettent pas et surtout ceux de la classe 2.

En conclusion :

1- La classe 1 est celle qui met le plus la force exercée par l'air et le groupe 2 la met plus que le groupe 1. Les classes 1 et 2 ne se comportent pas comme leurs groupes concernant l'existence de cette force.

2- Par rapport au sens de cette force, la classe 2 est celle qui a le taux le plus élevé de bonnes réponses (force vers le bas) après enseignement. De même son groupe 2 est meilleur que le groupe 1.

3- Les élèves mettent plus la force de l'air dans la question 6 que dans la question 3, peut-être parce qu'ils ont deux items: "force exercée par l'air vers le haut" et "force exercée par l'air vers le bas", et sentent la nécessité de cocher l'un d'eux. Cependant cette différence de comportement est plus forte dans la classe 2, peut-être parce que le professeur durant l'enseignement laisse toujours le choix aux élèves de mettre cette force ou non.

2.3.3. Lien avec les pratiques de classes

La continuité des facettes est en faveur de la classe 2, ce qui nous laisse penser que c'est la classe qui devrait prendre le plus en compte la force exercée par l'air alors que ce n'est pas le cas d'après les résultats des questions ; c'est la classe 1 qui la prend le plus en compte et les

classes 2 et 3 moins. En fait, le problème avec cette prise en compte de cette force c'est qu'en physique, bien que l'air soit toujours en contact avec les objets, la force qu'il exerce est parfois négligée, surtout quand la vitesse de l'objet en mouvement est faible ou nulle et que sa surface de contact avec l'air est petite ; donc on ne peut pas considérer que c'est faux de ne pas la prendre. Dans la question 3 (palet sur glace), cette force ne doit pas être prise en compte puisque le mouvement est donné comme rectiligne uniforme et par suite les forces doivent se compenser mais nous ne savons pas à quel point les élèves sont conscients de ceci ; alors que dans la question 6 les élèves n'ont pas de contrainte, ils peuvent prendre en compte cette force ou non mais le fait qu'il y ait deux items opposés à cocher (vers le haut et vers le bas) nous laisse penser que les élèves se sentent peut-être obligés de choisir un item.

Dans la classe 2, un contrat a été établi concernant cette force. Le professeur laissait tout le temps le choix aux élèves de mettre ou non cette force mais leur demandait d'être cohérents pour différentes phases du mouvement dans une même situation et de rendre explicite leur choix. Cependant, le professeur la prenait en compte quand la vitesse de l'objet en mouvement ou sa surface de contact avec l'air étaient grandes. Ce contrat peut avoir mené les élèves à prendre en compte cette force ou non dans les questions, nous ne pouvons le dire, puisque les élèves avaient le choix, ils auraient pu très bien choisir de la prendre en compte ou de ne pas le faire.

Dans les classes 1 et 3 aucun contrat n'est établi concernant cette force, elle est tantôt prise en compte tantôt non et le professeur n'explicite pas aux élèves s'ils ont le choix de la prendre ou non et quand est-ce qu'il ne faut pas la négliger.

Dans le cas des trois classes, nous ne possédons pas de moyen efficace pour interpréter le fait que cette force soit plus prise en compte ou moins par les élèves.

La continuité dans ce cas n'est pas informative. Elle nous laisse supposer que certaines classes ont peut-être mieux appris des choses concernant cette force mais n'a aucun lien avec le fait de prendre en compte cette force ou non puisque cette prise en compte reste arbitraire pour les élèves. En plus, parmi ces facettes en jeu, aucune ne rend compte de la possibilité de négliger cette force ou non ; il serait intéressant d'introduire une telle facette pour mieux rendre compte des contrats concernant cette force dans les classes.

2.4. Représentation vectorielle des forces

Nous présentons ci-dessous les deux questions qui mettent en jeu des représentations vectorielles de forces et une analyse *a priori* des facettes qui peuvent être mises en jeu pour répondre à ces questions, avec la continuité de ces facettes dans les trois classes. Les performances des élèves sur ces questions sont ensuite présentées en pourcentages, suivies des liens que nous tentons d'établir entre ces performances et les pratiques de classe.

2.4.1. Questions et facettes a priori en jeu dans les questions avec leur continuité dans les classes

Les deux questions mettant en jeu des représentations vectorielles sont les questions 3 et 7. Après avoir trouvé les forces qui s'exercent sur le système, il s'agit de les représenter à partir d'un point représenté sur le schéma.

Question 3
Un joueur de hockey sur glace a lancé un palet. Une fois lancé, le palet glisse sur la glace avec un mouvement rectiligne uniforme (un schéma est associé).
4. Représentez les forces qui s'exercent sur le palet.

Question 7
On considère une bille d'acier suspendue par un fil en coton à un support en bois posé sur une table en bois dans une salle (schéma). On approche un aimant du dispositif qui prend une nouvelle position d'équilibre stable, celle qui est représentée sur le schéma.
B. Représenter les forces exercées sur la bille.

Tableau 136. Questions 3.4 et 7.B

Le tableau 137 ci-dessous représente les facettes reliées à la représentation des forces. Des facettes sont liées à la direction et le sens des vecteurs forces et certaines sont spécifiques de certaines forces comme le poids, les frottements, etc. ; elles appartiennent aux groupes « procédures », « force – interaction », « action – interaction », « frottements » et « vecteur force » (les trois premières facettes). Des facettes sont liées à l'origine des vecteurs force (1ère facette « représentations » et 4ème facette « vecteur force »). Des facettes sont en lien avec la notation des forces (2ème facette « représentations » et facette « connaissance langagière »). Enfin, les facettes restantes sont liées à la représentation des forces de façon générale (« réalisation d'une représentation » et les quatre dernières facettes du groupe « vecteur force »).

Groupe	**Facette**	**Cl 1** CE	**Cl 2** CE	**Cl 3** CE
Représentations	L'origine du vecteur force est le point représentant le système (l'objet) sur lequel s'exerce la force	1	4	2
	La force (vecteur ou intensité) est représentée par FA/B	4	5	0
Réalisation représentation	Force	7	12	5
Connaissance langagière	Force exercée par X sur Y	4	4	0
Procédures	Pour empêcher un objet de s'enfoncer on exerce sur lui une action vers le haut (pour trouver le sens de l'action)	0	3	0
Force - Interaction	La force exercée par la Terre sur un objet est un vecteur vertical toujours dirigé vers le bas	7	4	6
Action - Interaction	L'action de la Terre est toujours verticale vers le bas	0	5	1
Frottements	Pour modéliser les frottements d'un fluide (gaz ou liquide) ou d'un solide sur un système, le physicien utilise une force toujours de même direction que le mouvement et de sens opposé au mouvement.	2	2	7
	Dans le cas des frottements il y a une action qui résiste à l'avancement	3	1	0
	Les frottements de l'air ralentissent le mouvement	2	0	0
Vecteur Force	la force exercée par un solide sur un autre, quand il n'y a pas de frottements, est perpendiculaire à la surface du solide mais quand il y a des frottements elle ne l'est plus.	1	1	1
	La force a une direction	7	8	10
	La force a un sens	8	10	15
	le point d'application d'une force de contact est n'importe quel point de contact	0	0	3
	Si les forces qui s'exercent sur un objet se compensent alors leur somme est nulle	3	0	0
	Deux forces qui se compensent ont même intensité et sont de sens opposés (Deux forces de même direction, de même intensité et de sens opposés se compensent)	3	4	1
	Si plusieurs forces colinéaires se compensent, la somme des forces dans une direction est égale à la somme des forces dans l'autre direction	1	3	1
	Si plusieurs forces non colinéaires se compensent alors les forces suivant les différentes directions doivent se compenser	0	0	1
TOTAL		53	65	53

Tableau 137. Ensemble des facettes en jeu dans les représentations des forces et leur continuité dans les classes

2.4.2. Performances des élèves

Nous présentons dans les tableaux ci-dessous les résultats des réponses des élèves des trois classes et des deux groupes aux questions, donnant ainsi leurs performances. D'abord nous regardons les pourcentages de réussite à la représentation d'un schéma correct dans le cas de la question 3 (nous ne possédons pas ces résultats pour la question 7) et ensuite présentons les résultats selon trois critères, direction et sens des forces, origine des vecteurs force et notation des forces. Ces résultats sont présentés en pourcentages. Si les termes « avant » et « après » n'apparaissent pas dans les tableaux cela veut dire que les questions sont présentes uniquement dans le questionnaire passé après enseignement. Les croisements sont faits uniquement pour le questionnaire passé après enseignement.

Question 3.4 Schéma des forces qui s'exercent sur le palet	Avant			Après			Diff Correct
	Correct	Incorrect	Pas de schéma	Correct	Incorrect	Pas de schéma	
Groupe 1 (N=252)	**0**	79	21	**10**	84	6	**10**
Classe 1 (N=28)	**0**	79	21	**7**	89	4	**7**
Groupe 2 (N=333)	**0**	83	17	**14**	81	5	**14**
Classe 2 (N=31)	**0**	90	10	**23**	77	0	**23**
Classe 3 (N=23)	**0**	100	0	**0**	100	0	**0**

Tableau 138. Pourcentage des représentations correctes de la question 3.4

Aucun élève ne représente un schéma correct des forces avant l'enseignement. Après enseignement, les taux de bonnes représentations sont très faibles: la classe 2 a le meilleur taux (23%), suivie de la classe 1 avec juste 7% de bonnes représentations et enfin pour la classe 3 aucune représentation n'est correcte.

La classe 1 se comporte comme son groupe (7% contre 10% pour le groupe) et la classe 2 un peu mieux que son groupe (23% contre 14% pour le groupe), les résultats des 2 groupes étant presque les mêmes.

Direction et sens des forces

(les pourcentages étant par rapport aux forces représentées)

Question 3.4 Représentation du Poids: direction et sens "vertical vers le bas"	Avant	Après	Evolution
Groupe 1 (N=252)	81 (N=121)	94 (N=218)	13
Classe 1 (N=28)	83 (N=13)	82 (N=24)	-1
Groupe 2 (N=333)	84 (N=183)	92 (N=254)	8
Classe 2 N=31)	85 (N=20)	82 (N=23)	-3
Classe 3 (N=23)	100 (N=22)	95 (N=22)	-5

Tableau 139. Pourcentage de réponses avec la représentation du poids vertical vers le bas dans la question 3.4 ; le pourcentage des réponses étant calculé par rapport aux forces représentées

Les résultats des 3 classes sont presque les mêmes avant et après enseignement. La classe 3 est la meilleure avec a un taux de 95% après enseignement alors qu'il est de 82% pour les 2 autres classes.

Les classes 1 et 2 se comportent comme leurs groupes avant l'enseignement et en dessous après enseignement, avec un taux de 94% pour le groupe 1 et de 92% pour le groupe 2.

Question 3.4 Représentation de la force exercée par la glace: direction et sens	Avant		Après		Différence bonne réponse
	Vers le haut	Vers le bas	Vers le haut	Vers le bas	
Groupe 1 (N=252)	**53 (N=52)**	19	**77 (N=187)**	8	**24**
Classe 1 (N=28)	**38 (N=12)**	22	**59 (N=24)**	20	**21**
Groupe 2 (N=333)	**59 (N=106)**	22	**56 (N=273)**	19	**-3**
Classe 2 (N=31)	**75 (N=4)**	0	**58 (N=27)**	23	**-17**
Classe 3 (N=23)	**76 (N=13)**	7	**91 (N=23)**	4	**15**

Tableau 140. Pourcentage de réponses avec la représentation de la force exercée par la glace suivant deux directions dans la question 3.4 ; le pourcentage des réponses étant calculé par rapport aux forces représentées

La classe 3 est la meilleure avec une évolution de 15% (contre 21% pour la classe 1 et une régression de 17% pour la classe 2) et un taux final de bonnes réponses de 91% (contre 59% pour la classe 1 et 58% pour la classe 2).

Question 3.4 Représentation de la force exercée par l'air: direction et sens	Avant			Après			Diff Bonne rép.
	Vers le haut	Vers le bas	Vers la gauche	Vers le haut	Vers le bas	Vers la gauche	
Groupe 1 (N=252)	6 (N=87)	23	**49**	12 (N=85)	6	**68**	**19**
Classe 1 (N=28)	13 (N=8)	23	**23**	28 (N=19)	6	**55**	**22**
Groupe 2 (N=333)	14 (N=138)	22	**43**	23 (N=204)	13	**49**	**6**
Classe 2 (N=31)	0 (N=11)	8	**63**	7 (N=13)	16	**62**	**-1**
Classe 3 (N=23)	17 (N=12)	25	**57**	0 (N=11)	0	**73**	**18**

Tableau 141. Pourcentage de réponses avec la représentation de la force exercée par l'air suivant trois directions dans la question 3.4 ; le pourcentage des réponses étant calculé par rapport aux forces représentées

On observe une évolution de 18% chez la classe 3 avec un taux final de représentations de cette force vers la gauche de 73%. La classe 1 évolue de 22% pour atteindre un taux final de 55% et la classe 2 garde le même taux de 62% avant et après enseignement.

La classe 1 se comporte comme son groupe en évolution mais a des taux inférieurs avant et après enseignement alors que la classe 2 évolue comme son groupe mais a des taux supérieurs avant et après enseignement. Le groupe 1 est meilleur que le groupe 2.

Question 7.B Représentation du Poids: direction et sens	Vers le bas	Vers le haut
Groupe 1 (N=200)	**83**	7
Classe 1 (N=25)	**81**	11
Groupe 2 (N=262)	**94**	1
Classe 2 (N=24)	**100**	0
Classe 3 (N=12)	**92**	8

Tableau 142. Pourcentage de réponses avec la représentation du poids suivant deux directions dans la question 7.B ; le pourcentage des réponses étant calculé par rapport aux forces représentées

La classe 2 est la meilleure avec 100% de bonnes réponses, suivie de la classe 3 (92%) et enfin de la classe 1 (81%). Les classes 1 et 2 se comportent comme leurs groupes.

Question 7.B Représentation de la force exercée par le fil: direction et sens	Vers le haut	Vers le bas	Vers la gauche	Vers la droite	Haut gauche	Bas gauche
Groupe 1 (N=170)	44	9	0	1	**28**	0
Classe 1 (N=21)	63	22	4	4	**0**	0
Groupe 2 (N=234)	70	3	3	1	**16**	23
Classe 2 (N=23)	74	0	13	4	**0**	0
Classe 3 (N=8)	100	0	0	0	**0**	0

Tableau 143. Pourcentage de réponses avec la représentation de la force exercée par le fil suivant six directions dans la question 7.B; le pourcentage des réponses étant calculé par rapport aux forces représentées

Aucune des 3 classes ne met le bon sens et la bonne direction de la force exercée par le fil sur la bille, la majorité des élèves de ces classes mettent une force verticale vers le haut (100% pour la classe 3, 74% pour la classe 2 et 63% pour la classe 1).

Pour les deux groupes, 28% des élèves du groupe 1 donnent la bonne réponse contre 16% pour le groupe 2 et le taux le plus élevé pour les 2 groupes va pour une force verticale vers le haut (70% pou le groupe 2 et 44% pour le groupe 1).

Question 7.B Représentation de la force exercée par l'aimant: direction et sens	Vers le haut	Vers le bas	Vers la gauche	Vers la droite
Groupe 1 (N=196)	3	3	12	**72**
Classe 1 (N=25)	0	0	11	**80**
Groupe 2 (N=255)	8	1	5	**77**
Classe 2 (N=23)	4	4	0	**88**
Classe 3 (N=11)	0	0	0	**100**

Tableau 144. Pourcentage de réponses avec la représentation de la force exercée par l'aimant suivant quatre directions dans la question 7.B ; le pourcentage des réponses étant calculé par rapport aux forces représentées

La meilleure classe est la classe 3 avec 100% de bonnes réponses, suivie de la classe 2 (88%) et enfin de la classe 1 (80%).

Les 2 classes sont légèrement meilleures que leurs groupes et les deux groupes ont presque les mêmes résultats (77% pour le groupe 2 et 72% pour le groupe 1).

Poids: Direction et Sens Croisement après: Q3.4, Q6.1.2 et Q7.B	**Vers le bas pour les 3**	Q6 Bas cochée	Q3 Repr	Q7 Repr
Groupe 1 (N=252)	**51**	86	86	79
Classe 1 (N=28)	**53**	89	85	89
Groupe 2 (N=333)	**56**	92	76	79
Classe 2 (N=31)	**50**	100	77	77
Classe 3 (N=23)	**35**	78	96	52

Tableau 145. Croisement des questions Q3.4, Q6.A.2 et Q7.B pour la direction et le sens du poids

Le tableau 145 montre le taux d'élèves qui mettent la bonne direction du poids dans toutes les questions où elle est mise en jeu. Presque la moitié des élèves des classes 1 et 2 mettent le poids vertical vers le bas dans les 3 questions alors que seulement 35% des élèves de la classe 3 le font.

Force exercée par l'air: Sens Croisement après: Q6.1.2 et Q3.4	**Q6 Bas et Q3.4 Gauche**	Q6 Bas cochée	Q3 Repr
Groupe 1 (N=252)	**17**	45	33
Classe 1 (N=28)	**25**	54	64
Groupe 2 (N=333)	**25**	70	61
Classe 2 (N=31)	**20**	67	43
Classe 3 (N=23)	**17**	39	48

Tableau 146. Croisement des questions Q3.4 et Q6.A.2 pour la direction et le sens de la force exercée par l'air

Le tableau 146 montre le taux d'élèves qui mettent la bonne direction de la force exercée par l'air dans les deux questions où elle est mise en jeu. Le taux est très proche pour les 3 classes, il est autour de 20%.

En conclusion :

1- Le fait de représenter le bon sens et la bonne direction d'une force paraît dépendre du genre de force en jeu puisque les résultats varient d'une force à l'autre.

2- Une grande difficulté apparaît pour le sens et la direction, et surtout pour la direction, de la force exercée par le fil incliné sur la bille: aucun élève des 3 classes ne la représente bien (le taux est très faible pour les groupes aussi) mais la plupart la représentent verticale. Il faut noter que c'est la seule force dont la direction est inclinée, les autres sont soit verticales soit horizontales.

3- En général, et à l'exception de la force exercée par le fil, la classe 3 est la meilleure quand à la direction et au sens des forces représentées, avec des taux finaux allant de 73% à 100%, contre des taux allant d'environ 55% à 100% pour les classes 1 et 2. Il est difficile de trancher entre les classes 1 et 2, la 1ère ayant des évolutions plus importantes et la 2ème des taux finaux plus importants.

4- Pour le poids, les résultats sont très bons: ceux des classes 2 et 3 se rapprochent et sont un peu meilleurs que ceux de la classe 1. Cependant, le croisement des questions 3 et 7 où le poids est représenté et la question 6 où sa direction (et sens) est mise en jeu montrent que la moitié des élèves des classes 1 et 2 mettent la bonne direction (et sens) du poids partout, alors que le taux est moins élevé pour la classe 3 (35%).

5- Pour la force exercée par la glace et celle exercée par l'air, les taux finaux ne sont importants que pour la classe 3, pour les deux autres ils sont autour de 60%. Cependant le croisement montre qu'un taux presque pareil d'élèves des trois classes (presque 20%) mettent la bonne direction (et sens) de l'air dans les 2 questions où elle et mise en jeu. Le groupe 1 est, sur l'ensemble, meilleur que le groupe 2 en taux finaux (variant de 68% à 97% contre 49% à 94% pour le groupe 2) et en évolution (variant de 7% à 24% contre -9% à 8% pour le groupe 2). Et même pour la force exercée par le fil le groupe 1 est légèrement meilleur (28% contre 16%).

6- La classe 1 est légèrement en dessous de son groupe en évolution et en taux alors que la classe 2 est légèrement meilleure que son groupe.

Origine des vecteurs

(les pourcentages étant par rapport aux forces représentées)

Question 3.4 Représentation du Poids: origine: "Flèche qui part du point d'application"	Avant	Après	Evolution
Groupe 1 (N=252)	38 (N=121)	82 (N=218)	44
Classe 1 (N=28)	54 (N=13)	92 (N=24)	38
Groupe 2 (N=333)	40 (N=183)	92 (N=254)	52
Classe 2 (N=31)	43 (N=20)	96 (N=23)	53
Classe 3 (N=23)	100 (N=22)	100 (N=22)	0

Question 3.4 Représentation de la force exercée par la glace: origine: "Flèche qui part du point d'application"	Avant	Après	Evolution
Groupe 1 (N=252)	34 (N=52)	62 (N=187)	28
Classe 1 (N=28)	59 (N=12)	70 (N=24)	11
Groupe 2 (N=333)	31 (N=106)	91 (N=273)	60
Classe 2 (N=31)	0 (N=4)	92 (N=27)	92
Classe 3 (N=23)	85 (N=13)	96 (N=23)	11

Question 3.4 Représentation de la force exercée par le joueur: origine: "Flèche qui part du point d'application"	Avant	Après	Evolution
Groupe 1 (N=252)	28 (N=150)	55 (N=96)	27
Classe 1 (N=28)	24 (N=18)	58 (N=7)	34
Groupe 2 (N=333)	30 (N=197)	77 (N=69)	47
Classe 2 (N=31)	29 (N=22)	86 (N=8)	57
Classe 3 (N=23)	53 (N=13)	100 (N=15)	47

Question 3.4 Représentation de la force exercée par l'air: origine: "Flèche qui part du point d'application"	Avant	Après	Evolution
Groupe 1 (N=252)	12 (N=87)	50 (N=85)	38
Classe 1 (N=28)	27 (N=8)	66 (N=19)	39
Groupe 2 (N=333)	19 (N=138)	88 (N=204)	69
Classe 2 (N=31)	8 (N=11)	92 (N=13)	84
Classe 3 (N=23)	50 (N=12)	100 (N=11)	50

Tableau 147. Pourcentage des réponses mettant la bonne origine des vecteurs dans les représentations de la question 3.4 ; le pourcentage des réponses étant calculé par rapport aux forces représentées

Question 7.B Représentation de forces : Origine: flèche qui part du point d'application	Poids	Force exercée par le fil	Force exercée par l'aimant
Groupe 1 (N=252)	82 (N=200)	77 (N=170)	76 (N=196)
Classe 1 (N=28)	81 (N=25)	91 (N=21)	88 (N=25)
Groupe 2 (N=333)	95 (N=262)	94 (N=234)	94 (N=255)
Classe 2 (N=31)	92 (N=24)	88 (N=23)	92 (N=23)
Classe 3 (N=23)	100 (N=12)	100 (N=8)	100 (N=11)

Tableau 148. Pourcentage des réponses mettant la bonne origine des vecteurs dans les représentations de la question 7.B ; le pourcentage des réponses étant calculé par rapport aux forces représentées

La classe 3 est la meilleure quand à représenter les forces à partir du point d'application, avec des taux allant de 96% à 100%, elle est suivie de la classe 2 avec des taux allant de 70% à 92% et ensuite de la classe 1 avec des taux allant de 58% à 91%. Cependant, les écarts entre les classes 2 et 3 sont très faibles et la plupart du temps non significatifs.

Les classes 1 et 2 se comportent un peu mieux que leurs groupes respectifs. Les taux du groupe 1 varient entre 50% et 82% et ceux du groupe 2 entre 69% et 95%.

Les taux des classes et des groupes étant meilleurs pour la question 7 que pour la question 3.

Notation des forces

(les pourcentages étant par rapport aux forces notées)

Question 3.4 Représentation du Poids: Nom (ou notation)	Avant			Après			Différence		
	Cl 1 N=11 Gr 1 N=78	Cl 2 N=13 Gr 2 N=112	Cl 3 N=15	Cl 1 N=22 Gr 1 N=174	Cl 2 N=22 Gr 2 N=240	Cl 3 N=21	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3
Fs/s	0 0	0 0	0	14 7	71 44	0	14 7	71 44	0
Nom en toutes lettres	64 64	76 71	34	0 20	4 10	0	-64 -44	-72 -61	-34
Force standard (P, R, T)	0 3	0 3	66	53 61	0 22	100	53 58	0 19	34
(F p/p), Fpoids ou Fpoids/système	0 0	0 3	0	14 3	19 12	0	14 3	19 9	0

Tableau 149. Pourcentages des notations employées pour le poids dans la question 3.4 ; les pourcentages étant par rapport aux vecteurs « poids » notés

Avant l'enseignement, on observe une tendance chez les élèves des classes 1 et 2, ainsi que ceux de leurs groupes, à mettre le nom de cette force en toutes lettres, alors que les élèves de la classe 3 mettent moins le nom en toutes lettres (34%) et la majorité (66%) utilisent plutôt la notation standard.

Après enseignement, le taux le plus élevé des classes 1 et 3 (ainsi que du groupe 1, avec 61%) va pour une notation standard (53% pour la classe 1 et 100% pour la classe 3) alors qu'il va pour la notation Fs/s (71%) pour la classe 2 (de même pour son groupe, avec 44%).

Question 3.4	Avant			Après			Différence		
Représentation de la force exercée par la glace: Nom (ou notation)	Cl 1 N=4 Gr 1 N=31	Cl 2 N=2 Gr 2 N=75	Cl 3 N=9	Cl 1 N=18 Gr 1 N=145	Cl 2 N=27 Gr 2 N=266	Cl 3 N=19	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3
Système	49 80	45 79	0	11 30	8 12	0	38 -50	37 67	0
Fs/s	0 8	0 4	0	76 24	81 76	0	76 16	81 72	0
Force standard (P, R, T)	0 0	0 0	56	0 23	0 0	94	0 23	0 0	38

Tableau 150. Pourcentages des notations employées pour la force exercée par la glace dans la question 3.4 ; les pourcentages étant par rapport aux vecteurs « force exercée par la glace » notés

Avant l'enseignement, les élèves des classes 1 et 2 (ainsi que ceux de leurs groupes) ont tendance à mettre le nom du système comme nom de la force et ceux de la classe 3 à utiliser la notation standard.

Après enseignement, les élèves des classes 1 et 2 ont plutôt tendance à utiliser la notation Fs/s (76% pour la classe 1 et 81% pour la classe 2), il en est de même pour les élèves du groupe 2 (76%). Alors que les élèves de la classe 3 utilisent plutôt la notation standard (94%) et ceux du groupe 1 sont partagés presque à égalité entre les 3 notations: nom du système, Fs/s et notation standard.

Question 3.4	Avant			Après			Différence		
Représentation de la force exercée dans la direction du mouvement: Nom (ou notation)	Cl 1 N=11 Gr 1 N=70	Cl 2 N=13 Gr 2 N=112	Cl 3 N=6	Cl 1 N=4 Gr 1 N=66	Cl 2 N=6 Gr 2 N=56	Cl 3 N=15	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3
Système	18 7	16 6	0	0 0	0 0	0	-18 -7	-16 -6	0
Fs/s	0 0	0 0	0	25 8	50 26	0	25 8	50 26	0
Force standard (P, R, T)	0 0	0 0	0	0 0	0 0	46	0 0	0 0	46
mouvement, vitesse, force dans le sens du mouvement	36 54	70 56	85	0 31	15 29	0	-36 -23	-55 -27	-85

Tableau 151. Pourcentages des notations employées pour la force dans la direction du mouvement dans la question 3.4 ; les pourcentages étant par rapport aux vecteurs « force exercée dans la direction du mouvement» notés

Avant l'enseignement, les élèves des trois classes ainsi que ceux des deux groupes ont tendance à mettre comme nom de la force exercée par le joueur "mouvement, ou vitesse, ou force dans le sens du mouvement".

Après enseignement, les élèves des classes 1 et 2 ont plus tendance à utiliser la notation Fs/s (25% pour la classe 1 et 50% pour la classe 2) alors que ceux de la classe 3 utilisent plutôt la notation standard (46%). Les élèves du groupe 1 mettent plutôt "mouvement, ou vitesse, ou force dans le sens du mouvement" et ceux du groupe 2 sont partagés entre "mouvement, ou vitesse, ou force dans le sens du mouvement" (29%) et Fs/s (26%).

Question 3.4 Représentation de la force exercée par l'air: Nom (ou notation)	Avant			Après			Différence		
	Cl 1 N=3 Gr 1 N=61	Cl 2 N=9 Gr 2 N=104	Cl 3 N=4	Cl 1 N=17 Gr 1 N=67	Cl 2 N=10 Gr 2 N=194	Cl 3 N=9	Cl 1 Gr 1	Cl 2 Gr 2	Cl 3
Système	100 83	90 84	0	6 37	0 14	10	-94 -46	-90 -70	10
Fs/s	0 4	0 0	0	76 22	9 72	0	76 18	9 72	0
Nom en toutes lettres	0 0	10 3	76	0 4	82 0	0	0 4	72 -3	-76
f ou F	0 0	0 0	0	0 11	0 0	77	0 11	0 0	77

Tableau 152. Pourcentage des notations employées pour la force exercée par l'air dans la question 3.4 ; les pourcentages étant par rapport aux vecteurs « force exercée par l'air » notés

Avant l'enseignement, les élèves des classes 1 et 2 et des 2 groupes mettent plutôt le nom du système comme nom de la force exercée par l'air (100% pour la classe 1, 90% pour la classe 2 et 84% pour les groupes), alors que ceux de la classe 3 mettent plutôt le nom de la force en toutes lettres (76%).

Après enseignement, la plupart des élèves de la classe 1 utilisent la notation Fs/s, ceux de la classe 2 écrivent le nom de la force en toutes lettres, et ceux de la classe 3 la notent "f ou F". Les élèves du groupe 1 sont partagés entre "système" et Fs/s (37% et 22% respectivement) et ceux du groupe 2 utilisent plutôt la notation Fs/s (72%).

Moyenne Notation Fs/s Croisement après: Q3.4 entre les notations des 4 forces	0	1/4	1/3	1/2	2/3	3/4	1
Groupe 1 (N=252)	81	0	0	8	5	0	6
Classe 1 (N=28)	36	0	4	12	36	0	12
Groupe 2 (N=333)	29	0	2	11	11	2	44
Classe 2 (N=31)	24	0	3	10	7	0	55
Classe 3 (N=23)	100	0	0	0	0	0	0

Moyenne Notation standard: Croisement après: Q3.4 entre les notations des 4 forces	0	1/4	1/3	1/2	2/3	3/4	1
Groupe 1 (N=252)	55	3	11	16	6	0	9
Classe 1 (N=28)	56	0	32	12	0	0	0
Groupe 2 (N=333)	82	4	7	7	0	0	0
Classe 2 (N=31)	100	0	0	0	0	0	0
Classe 3 (N=23)	22	0	0	0	0	0	78

Tableau 153. Moyenne des notations Fs/s et standard des forces représentées dans la question 3.4 calculée d'après le croisement des notations pour les quatre forces ; 0 = aucune force n'est noté ainsi, 1/4 = le quart des forces est noté ainsi , …, 1 = toutes les forces sont notées ainsi.

Dans les tableaux (tableau 153) ci-dessus nous avons calculé, après enseignement, la moyenne de l'utilisation des notations Fs/s et la notation standard par rapport aux forces

représentées dans la question 3 (Moyenne Fs/s = Nombre des notations Fs/s dans la question 3.4 / Nombre de forces représentées). Si la moyenne est égale à 0, cela veut dire que la notation n'est jamais utilisée ; si la moyenne est égale à 1/4, cela veut dire qu'elle est utilisée pour le quart des forces ; si la moyenne est égale à 1, cela veut dire qu'elle est utilisée pour toutes les forces. Les résultats montrent que 55% des élèves de la classe 2 utilisent la notation Fs/s pour toutes les forces qu'ils représentent (voir moyenne = 1) et 24% jamais (voir moyenne = 0) , alors que pour la classe 1 seulement 12% l'utilisent partout, 36% les deux tiers du temps (voir moyenne = 2/3) et 36% jamais. Les élèves de la classe 3 n'utilisent jamais cette notation. Par contre pour la notation standard c'est un peu l'inverse qui se passe ; 78% des élèves de la classe 3 utilisent partout cette notation, contre 32% qui l'utilisent une fois sur trois et 56% jamais dans la classe 1 et aucun élève qui l'utilise dans la classe 2.

Les résultats des deux groupes vont dans le même sens que ceux de leurs classes avec la différence que le groupe 1 n'utilise presque pas (81%) la notation Fs/s.

En conclusion :

1- En général, les élèves de la classe 3 emploient plutôt la notation standard après enseignement, sauf pour la force exercée par l'air qui est plutôt nommée "f ou F", ceux de la classe 2 emploient la notation "Fs/s" (de même pour le groupe 2) sauf pour la force exercée par l'air dont le nom est mis en toutes lettres et ceux de la classe 1 emploient la notation "Fs/s" (alors que pour le groupe 1 les notations sont très variées) sauf pour le poids qui est noté en notation standard.

2- Le calcul de la moyenne d'emploi des notations Fs/s et standard pour les forces spécifiques (P (poids), R(réaction), etc.) montre que la classe 2 est celle qui emploie le plus la notation Fs/s et jamais la notation standard, pour la classe 3 c'est l'inverse et la classe 1 emploie les 2 mais emploie plus la notation Fs/s.

3- Le croisement de la moyenne d'emploi de la notation Fs/s avec le poids coché ou non dans la question 3 montre que les résultats pour la classe 2 soutiennent en partie notre hypothèse de l'influence de l'emploi de cette notation sur les réponses concernant le poids.

2.4.3. Lien avec les pratiques de classe

La représentation des forces a été le plus réalisée dans la classe 2 (la continuité est de 12 contre 7 pour la classe 1 et 5 pour la classe 3). Nous pensons que cela a une forte influence sur le fait que cette classe a le plus de représentations correctes après l'enseignement (23 contre 7 pour la classe 1 et 0 pour la classe 3). En plus, concernant les facettes relatives à la compensation des forces en lien avec la représentation, les classes 1 et 2 ont une continuité légèrement supérieure à celle de la classe 3 (7 pour les classes 1 et 2 et 3 pour la classe 3). Cependant, concernant sens, direction et origine des vecteurs, la classe 3 est parfois légèrement meilleure pour des items isolés, ceci peut être dû au fait que cette classe a déjà fait des représentations vectorielles dans la classe précédente (en 3ème) alors que les classes 1 et 2 ne l'ont pas fait. Toutefois, les croisements des questions montrent une plus grande cohérence chez les élèves des classes 1 et 2.

Par rapport aux sens et direction des forces, la continuité est en faveur de la classe 3 concernant les facettes « la force a un sens » et « la force a une direction », suivie de la classe 2 et ensuite de la classe 1. Cette continuité va dans le sens des résultats où la classe 3 est légèrement meilleure que les autres. Pour les facettes concernant la force exercée par la Terre et les frottements, la continuité est presque la même dans les trois classes et les résultats sont aussi proches. Ce qui semble étrange c'est que la classe 2 est la moins performante en ce qui

concerne la force exercée par la glace, alors qu'elle réutilise trois fois la facette procédurale « pour empêcher un objet de s'enfoncer on exerce sur lui une action vers le haut (pour trouver le sens de l'action) » et les autres classes jamais. Le fait qu'aucun élève des trois classes n'a su représenter la force exercée par le fil sur la bille et qui est inclinée peut être dû au fait que rarement des forces inclinées ont été mises en jeu dans les activités et les exercices faits dans ces classes.

Par rapport à l'origine des forces, les classes 2 et 3 sont meilleures que la classe 1. D'ailleurs la continuité des facettes « l'origine du vecteur force est le point représentant le système (l'objet) sur lequel s'exerce la force » et « le point d'application d'une force de contact est n'importe quel point de contact » va dans ce sens.

Par rapport à la notation des forces, les facettes « la force (vecteur ou intensité) est représentée par $_{FA/B}$ » et « force exercée par X sur Y » sont réutilisées avec la même continuité dans les classes 1 et 2 et ne sont jamais utilisées dans la classe 3. La continuité va donc dans le sens des résultats où les classes 1 et 2 emploient plutôt ces deux notations et la classe 3 jamais. D'ailleurs des contrats ont été établis dans les trois classes concernant la notation des forces. Dans la classe 1, la notation employée est toujours « force exercée par X sur Y » ou FA/B sauf pour le poids où ces notations sont employées à chaque fois par le professeur, en même temps que les notations standard « poids » et « P » ; c'est ce qui justifierait le fait que les élèves de cette classe utilisent la notation « poids » dans leurs réponses aux questions. Dans la classe 2, la notation employée est toujours « force exercée par X sur Y » ou FA/B ; les notations standards ne sont presque jamais utilisées. Alors que dans la classe 3 les notations standards comme « poids », « tensions », « réaction » ou « P », « T, « R » sont tout le temps utilisées.

3. Conclusion

L'analyse du savoir enseigné à différentes échelles temporelles nous a permis de le relier aux performances des élèves. Faisant l'hypothèse qu'on apprend par petits éléments, nous avons décomposé le savoir en petits éléments appelés facettes, à l'échelle microscopique. L'analyse à l'échelle microscopique nous a montré la continuité avec laquelle un élément ou un groupe d'éléments est réutilisé en classe. Notre hypothèse que la répétition d'un élément de savoir peut favoriser son apprentissage a été en grande partie confirmée par les résultats, puisque nous avons trouvé le plus souvent une cohérence entre une continuité plus élevée et de meilleures performances. Cependant, cette continuité ne peut pas tout expliquer. Pour des continuités similaires dans deux classes différentes, les performances peuvent être très différentes ; cette différence apparaît surtout et se creuse dans les croisements entre les réponses. Il faut remonter au niveau mésoscopique pour voir comment ces facettes et à travers elles le concept, ont vécu dans les classes le long des séquences d'enseignement. Ce n'est pas juste la vie des facettes en tant qu'unités mais leur mise en œuvre dans le temps en lien avec d'autres qui donne la vie du concept ; à ce stade, le savoir et précisément le concept, ne peut plus être décomposé, il faut regarder l'ensemble pour pouvoir dégager sa dynamique dans les classes.

L'analyse des concepts au niveau mésoscopique nous a permis d'établir des liens plus solides entre les pratiques de classe et les performances. Cette analyse nous a donné la possibilité de repérer certains contrats qui étaient établis dans les classes et qui expliquent certaines performances, comme les contrats concernant la notation des forces qui expliquent la façon dont les forces sont notées dans les réponses et qui expliquent aussi pourquoi la classe 2 qui a la continuité la plus élevée pour les facettes en relation avec la force exercée par la Terre,

n'est pas performante quand la notation « poids » est employée. L'analyse au niveau mésoscopique nous montre également pourquoi la conception qu' « un objet en mouvement doit avoir une force dans le sens du mouvement » est moins mobilisée par les élèves de la classe 2 par rapport aux deux autres classes. Cette conception étant reliée aux forces de contact et à la relation force – mouvement, ces concepts ont été regardés de près. Nous faisons l'hypothèse que le repérage des forces de contact par le contact et non pas par les effets et la différentiation entre sens des actions et sens du mouvement se sont avérés fructueux pour aider les élèves à mobiliser moins cette conception. De même, le travail en groupes qui laisse plus la responsabilité du savoir aux élèves, la variété des champs d'application et la variété des registres sémiotiques ont favorisé à notre avis les meilleures performances dans cette classe.

Nous avons fait l'hypothèse que certains concepts sont plus difficiles à acquérir que d'autres. Cette hypothèse a été en partie confirmée puisque les résultats des questions en relation avec la relation force – mouvement et forces de contact, surtout celles qui mettent directement en jeu la conception connue des élèves, sont les moins réussies par les élèves ; ces concepts sont donc plus difficilement « apprenables » que d'autres. Cependant, certaines questions concernant les concepts que nous avons classés comme ne présentant pas de difficulté particulière, ont présenté des difficultés, comme la question 2 concernant la nature du mouvement et les questions 3.4 et 7.B concernant la représentation des forces. Pour la nature du mouvement, il se peut que la façon dont la situation des deux voitures est présentée dans la question 2 ne facilite pas chez les élèves sa compréhension, de plus le contexte familier risque de conduire les élèves à ne pas distinguer le démarrage d'une situation où une voiture roule sur une route droite et on sait que cette distinction est difficile pour les élèves. Pour les représentations, une des raisons qui font que très peu d'élèves représentent un schéma des forces correct dans la question 3 peut venir du fait que les élèves n'ont peut-être pas pris en compte la nature du mouvement dans la question et ne se sont donc pas soucié de représenter des forces qui se compensent ; le fait que la force exercée par le fil ne soit pas réussie dans la question 7 vient du fait que dans l'enseignement des classes 1 et 2, des forces obliques n'ont jamais été mises en jeu et que dans l'enseignement de la classe 3, elles l'ont été une seule fois.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Notre travail de recherche avait pour problématique la caractérisation des pratiques de classes de physique en vue de les relier aux performances des élèves. Notre méthodologie et nos analyses se sont avérées fructueuses pour répondre à cette problématique. Nous faisons un retour sur les questions de recherche afin de discuter jusqu'à quel point nous avons pu y répondre, ainsi qu'un retour sur la méthodologie afin de donner des perspectives pour l'améliorer et des pistes pour des recherches ultérieures.

1. Retour sur les questions de recherche

Arrivés aux termes de notre travail, nous reprenons nos questions de recherche essentielles, celle de la caractérisation des pratiques de classes et celle du lien entre ces pratiques et les performances des élèves, pour voir à quel point y nous avons répondu dans notre travail.

1.1. Caractérisation des pratiques de classe

Une des composantes de ce travail visant à caractériser des classes du point de vue du savoir enseigné pour interpréter les performances des élèves après enseignement met en jeu plusieurs échelles de temps et de granularité du savoir. Le savoir enseigné, considéré comme une production conjointe du professeur et des élèves, n'est pas une donnée mais doit être reconstruit pour chaque classe. Nous avons fait le choix de reconstruire le savoir enseigné à plusieurs échelles, macroscopique, mésoscopique et microscopique.

Au niveau macroscopique, une analyse conceptuelle de l'ensemble d'une séquence d'enseignement est menée ; la granularité du savoir est grande, de plus du point de vue temporel, seul l'aspect chronologique donnant l'ordre d'introduction des « blocs » conceptuels est présent ainsi qu'une durée totale.

Au niveau mésoscopique, le choix fait est celui d'une reconstruction thématique du savoir enseigné autour d'une durée de la dizaine de minutes. La vue d'ensemble des thèmes sur la séquence d'enseignement permet de relever des différences entre les classes du point de vue de la chronologie, du contenu et de la durée. Ainsi des liens peuvent être faits entre l'analyse thématique au niveau mésoscopique et l'analyse conceptuelle au niveau macroscopique en associant la chronologie, le contenu et la durée d'un ensemble de thèmes aux blocs conceptuels.

Au niveau microscopique, les éléments de savoir, que nous appelons facettes, sont de la taille d'une phrase. A partir d'un ensemble d'énoncés regroupés par catégories conceptuelles, procédurales, langagières, etc. les productions verbales de la classe sont décomposées en unités, les unités qui sont considérées comme ayant le même sens qu'une des facettes sont comptabilisées. Ce choix de décomposition élémentaire est associé à des hypothèses d'apprentissage. La compréhension se développe à partir de "petits éléments" de savoir que l'élève intègre dans des ensembles déjà acquis. Deux traitements peuvent être faits à partir des facettes, le calcul de la continuité et celui de la densité. Ces traitements sont réalisés suite à deux hypothèses d'apprentissage que nous faisons : la reprise d'un élément de savoir nouvellement introduit peut favoriser son apprentissage (continuité) et la variété des éléments de savoir mis en jeu peut jouer un rôle dans leur apprentissage (densité). Ces deux notions de continuité et de densité caractérisent la chronogénèse et permettent de relier l'échelle microscopique à l'ensemble de la séquence et de différencier ainsi les classes. Ainsi nous avons pu distinguer les trois classes analysées en montrant par exemple que la différence dans leur structure conceptuelle se traduisait en des différences de nombre de facettes ou de continuité dans ces facettes.

De même au niveau microscopique, nous avons analysé les processus de pensée en jeu dans la compréhension du monde matériel que nous appelons tâches épistémiques. La vue d'ensemble de ces tâches sur l'ensemble de la séquence a montré une tendance dans les classes à privilégier certaines tâches plutôt que d'autres et un acteur réalisant plus que les autres ces tâches (professeur ou élèves).

Une analyse menée à l'intérieur des thèmes et reliant le niveau mésoscopique (thèmes) et le niveau microscopique (facettes et tâches épistémiques) nous a permise de mieux caractériser les pratiques de classes. A ce niveau, des thèmes mettant essentiellement en jeu un concept sont choisis afin d'analyser la façon dont ce concept vit dans la classe. La façon dont les facettes sont introduites, le lien qu'elles ont avec d'autres facettes, leur caractère implicite ou explicite, les tâches épistémiques mises en œuvre, les champs d'application, la nature de la situation et les positions des acteurs envers le savoir sont analysées.

Dans notre analyse à l'échelle mésoscopique, nous avons considéré que la façon dont les facettes ont été mises en jeu dans les productions discursives peut avoir une influence sur leurs acquisitions par les élèves, en particulier les tâches épistémiques qui accompagnent leur mise en jeu. Cela nous conduit à nous demander s'il y a des tâches épistémiques privilégiées pour l'introduction de certaines facettes et leur mise en œuvre. Nous pensons que certaines facettes ne peuvent pas être mises en jeu au moyen de certaines tâches épistémiques mais qu'elles sont par contre de bonnes candidates pour d'autres tâches. Par exemple, les facettes « fonctionnement du savoir » ou « procédures » ne peuvent pas intervenir dans des interprétations mais peuvent l'être dans des définitions ; les facettes relatives au contact peuvent par exemple être mises en jeu à la fois par des interprétations et des définitions. Il serait intéressant de voir les liens entre les types de facettes et les types de tâches épistémiques et voir si ces liens peuvent caractériser une classe. Cela peut se faire avec un

logiciel comme Transana par exemple où les codages des facettes et des tâches épistémiques seraient croisés afin de voir s'il existe des liens.

L'échelle mésoscopique (liée aux échelles microscopique et macroscopique) nous a paru particulièrement adaptée pour l'étude de la dynamique du savoir, notamment l'étude de la topogénèse et la chronogénèse. L'échelle microscopique est à elle seule insuffisante pour l'étude de cette dynamique mais peut être très intéressante si elle est reliée aux deux autres échelles, macroscopique et mésoscopique.

Nous pensons que la topogénèse peut être vue dans le thème même grâce à une vue d'ensemble des micro-comportements des acteurs pendant ce thème. A l'échelle de la séquence, on ne peut plus parler de topogénèse mais plutôt de tendances topogénétiques dans la classe, puisque les acteurs prennent position par rapport au savoir dans une situation donnée, délimitée dans le temps et qu'ils peuvent prendre des positions tout à fait différentes dans d'autres situations. D'ailleurs l'analyse des thèmes a montré des positions très variées des acteurs d'une même classe suivant les thèmes ; cependant, vus sur l'ensemble de la séquence, ces thèmes nous ont permis de dégager certaines tendances topogénétiques dans les classes. La description de la topogénèse dans les thèmes a été enrichie par la différentiation faite dans le codage des tâches épistémiques entre les acteurs et entre le fait qu'une tâche soit suscitée ou réalisée. Cette double différentiation nous a permis de voir qui réalise plus de tâches (professeur ou élèves) et quelles tâches sont plus du côté d'un acteur plutôt que de l'autre, ainsi que de voir si les acteurs répondent les uns à l'attente des autres (cohérence ou non entre tâches suscitées et réalisées). Cela montre les positions des acteurs dans la mise en œuvre des processus de pensées ainsi que l'installation ou non d'un certain contrat dans les classes. Pour les facettes, la différentiation entre les acteurs n'a pas été faite dans le codage ; elle aurait pu enrichir l'étude de la topogénèse, cependant nous avons essayé de prendre en compte cette différentiation dans la description narrative des thèmes.

L'analyse du savoir (ou des concepts) au niveau mésoscopique nous permet également de dégager la chronogénèse du savoir relatif à ce concept. Cela n'est pas possible si nous gardons une vue se limitant à l'intérieur des thèmes comme pour la topogénèse ; il faut avoir la vue d'ensemble de quelques thèmes ou de tous les thèmes pour voir la façon dont les concepts vivent dans les classes. Le contrat didactique qui est décrit à la fois par la topogénèse et la chronogénèse, par l'évolution de la topogénèse dans le temps, nécessite également une vue d'ensemble pour être observé.

La prise en compte de plusieurs échelles d'analyse et les analyses faites au niveau de chaque échelle et au niveau des liens entre elles nous ont permis de caractériser les trois classes observées et de les différencier. Cette caractérisation montre la complexité du savoir enseigné : celui-ci ne peut se résumer ni au niveau mésoscopique avec une analyse narrative ni aux autres niveaux, de l'ensemble de la séquence et sa décomposition en blocs ou des facettes et tâches épistémiques. Elle montre aussi combien les concepts de chronogénèse et topogénèse sont fructueux ; dans notre travail nous n'avons pas repris la mésogénèse et ainsi nous n'avons pas analysé explicitement le milieu et sa dynamique. Un travail reste à faire pour rendre opératoire ce concept aux différentes échelles et en particulier le mettre en lien avec nos analyses microscopiques en termes de facettes, tâches épistémiques, ainsi qu'avec la continuité et la densité. Plus largement, il faudrait valider de manière systématique la cohérence de notre reconstruction du savoir enseigné aux différentes échelles.

1.2. Lien entre pratiques de classes et performances des élèves

L'analyse du savoir en termes de facettes au niveau microscopique et la vue d'ensemble de ces facettes sur l'ensemble de la séquence nous ont permis d'introduire la notion de continuité. La continuité traduit la reprise, dans le savoir enseigné, d'un élément déjà introduit. Cette notion est liée à une hypothèse d'apprentissage : certains éléments de savoir vont être d'autant mieux appris par les élèves qu'ils sont repris dans le savoir enseigné. Cependant, certains éléments de savoir ne s'apprennent pas de la même façon que d'autres. Certains sont reliés à des conceptions et reconnus par la littérature comme présentant des difficultés : nous les considérons comme difficiles à acquérir ; nous donnons aux autres l'étiquette d'éléments de savoir ne présentant pas une difficulté particulière. Compte tenu de la diversité possible de « l'apprenabilité » de ces éléments, la reprise d'un élément ne conduit pas nécessairement à son apprentissage.

Les questionnaires, passés avant et après enseignement de la séquence dans les classes, ont été construits à partir d'une analyse conceptuelle du programme officiel. Ils permettent d'évaluer l'acquisition de petits éléments de connaissance mais aussi d'un ensemble conceptuel. L'analyse des réponses aux questionnaires en termes de petits éléments de connaissance nous a permis de comparer les acquisitions des élèves avec le savoir enseigné dans les trois classes. Nos résultats vont dans le sens de l'hypothèse que, pour certains petits éléments de savoir, il y a un lien entre une continuité forte dans le savoir enseigné et leur acquisition. Alors que pour d'autres, surtout ceux qui sont considérés comme difficiles à acquérir, comme la relation force – mouvement et les forces de contact, mettant en jeu des conceptions, ce lien est moins évident : même avec une forte continuité, ces concepts ou éléments n'ont pas été bien appris par les élèves. La continuité nous a également permis d'expliquer certaines différences de performances entre les classes : une continuité plus élevée pour une classe s'est trouvée liée à de meilleures performances. Cependant, notre étude étant réduite à trois classes, nos résultats ne nous permettent de faire que des hypothèses qu'il serait intéressant de tester à un plus grand échantillon afin de vérifier leur exactitude.

Cette notion de continuité obtenue grâce à la mise en relation de l'échelle microscopique avec l'échelle de toute la séquence, s'est trouvée très intéressante pour relier les performances des élèves aux pratiques de classe mais n'a pas pu tout expliquer. Le recours à l'analyse faite au niveau des thèmes a été indispensable dans certains cas et a enrichi ces liens. Par exemple, dans le cas du concept de forces de contact que nous avons voulu finement analyser, la continuité a partiellement expliqué les différences de performances mais n'a pas pu expliquer pourquoi une classe réussissait pour certains items et pas pour d'autres et pourquoi la classe 2 a la plus grande cohérence dans les bonnes réponses d'après les croisements. C'est l'analyse faite au niveau des thèmes qui nous a permis de voir la façon dont ces forces de contact ont été traitées dans les classes : le repérage de ces forces par le contact ou par leurs effets, ainsi que la variété des registres sémiotiques, des champs d'application et le travail des élèves en groupes, ont largement influencé les performances à notre avis.

Finalement, l'analyse microscopique reliée à l'ensemble de la séquence et donnant lieu à la continuité, ainsi que l'analyse des thèmes à l'échelle mésoscopique en lien avec l'échelle microscopique se sont enrichies mutuellement et complétées ; elles nous ont donné la possibilité d'établir des liens hypothétiques qui restent à vérifier, entre pratiques de classe et performances des élèves. Il faut noter que certaines performances sont restées inexplicables.

2. Retour sur la méthodologie

La méthodologie d'analyse que nous avons adoptée s'est avérée très fructueuse du fait qu'elle nous a donné la possibilité de caractériser les pratiques de classe et de proposer des hypothèses sur les liens avec les performances des élèves. Les analyses étant faites, nous faisons un retour sur cette méthodologie afin de donner certaines conclusions, spécifiquement en ce qui concerne les thèmes, les facettes et les tâches épistémiques, et donner des pistes pour des travaux ultérieurs.

2.1. Thèmes

Le découpage des productions discursives en thèmes nous a paru relativement simple à faire empiriquement, même pour des classes très différentes comme celles de la France et celle du Liban (même si certains cas étaient un peu plus difficiles à faire que d'autres). Nous pensons que cette relative facilité dans le repérage des thèmes est due au fait que le savoir enseigné reflète en quelque sorte le savoir à enseigner qui est lui-même présenté dans les livres (ou la séquence SESAMES) découpé en paragraphes et sous paragraphes qui correspondent à des parties du cours, des activités, des exercices. Le professeur qui enseigne a donc préalablement en tête une certaine structure de ce qu'il va enseigner pendant une séance, qu'elle soit organisée en parties de cours, activités, exercices, etc. C'est ce qui rend facile, à notre avis, le repérage des thèmes qui sont basés sur la mise en jeu des concepts dans des situations données. Cette hypothèse reste à approfondir.

2.2. Facettes

Nous nous sommes rendu compte lors de nos analyses du caractère implicite ou explicite des facettes selon les situations. Une même facette peut être utilisée implicitement dans une situation et explicitement dans une autre : par exemple, quand les élèves de la classe 2, lors de la 1ère activité de la 1ère séance, citent le fil comme objet agissant sur la pierre sans évoquer le contact, ils mettent implicitement en jeu la facette « quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui » ; alors que lorsque le professeur de la classe 3 dit que pour repérer les interactions de contact il faut poser la question « l'objet est en contact avec quoi ? », il la met explicitement en jeu. Ce caractère implicite ou explicite l'est par rapport à un registre sémiotique donné : les exemples ci-dessus se situent dans le registre de la langue naturelle dans la mesure où les énoncés renvoient explicitement à une facette ou qu'il faut inférer la présence de la mise en œuvre de cette facette d'après le contexte. Dans le cas des diagrammes système-interactions, qui sont dans le registre des schémas, nous avons vu que cette facette est explicite quand la flèche pleine est employée pour symboliser une interaction de contact alors que dans le registre de la représentation vectorielle d'une force, elle est implicite puisqu'il n'y a rien dans ce registre symbolisant le contact.

Suivant le registre où la facette est explicitée, la compréhension ne se construit vraisemblablement pas de la même façon, en tout cas cela serait à approfondir (cf. Duval, 1995). De même l'implicite dans la langue naturelle ou dans la représentation vectorielle ne joue probablement pas le même rôle dans l'analyse d'une situation matérielle. Par exemple l'implicite du contact dans un verbe d'action comme pousser, tenir, soulever, qui nécessite un acteur et une chose sur laquelle l'action s'exerce ne met probablement pas en jeu le même sens que la représentation d'un objet par un point et de l'action de contact d'un autre objet par un vecteur.

Cela nous conduit à considérer que, dans le cas de l'implicite, le nombre de réutilisations d'une facette est de fait une surestimation par rapport à son utilisation explicite

Cela nous conduit aussi à proposer une différentiation dans le codage des facettes, entre une facette implicite et une facette explicite et une précision du registre sémiotique dans lequel cette facette est implicite ou explicite.

La prise en compte dans le codage des tâches épistémiques des différents acteurs qui réalisent ou suscitent la tâche nous a permis d'enrichir l'analyse de la topogénèse en intégrant dans celle-ci les différentes positions des acteurs dans la mise en œuvre des processus de pensée. Par contre, dans notre codage des facettes, nous n'avons pas pris en compte l'acteur qui mettait en jeu la facette mais avons juste codé la facette en jeu dans la situation et un champ d'application donné. Nous nous proposons de prendre en compte ultérieurement l'acteur dans le codage des facettes (professeur ou élèves). Comme nous l'avons précisé dans le chapitre « méthodologie », nous n'avons pas pris en compte les répétitions faites, dans les productions des acteurs, d'une même facette pour une situation donnée ; nous n'avons codé la facette qu'une fois par champ d'application. Puisque la facette est codée une fois alors qu'elle est produite lors d'une interaction mettant en jeu plusieurs acteurs, le problème se pose de décider l'acteur ou les acteurs dont la production verbale (ou gestuelle) peut être interprétée avec la facette en question. Nous pensons qu'il serait pertinent de distinguer le cas où un acteur assure principalement la responsabilité de produire le savoir traduit par la facette, alors la facette serait affectée à cet acteur et le cas où il y a coproduction d'un énoncé, alors la facette serait affectée à deux acteurs (professer ou élèves). En fait, dans le premier cas, il n'est pas toujours simple de décider de l'acteur principal (professeur ou élèves) mais nous pensons qu'il est essentiel de faire cette distinction pour pouvoir faire des liens entre les résultats quantitatifs du codage et la topogénèse, sinon la plupart des énoncés seront affectés à la fois au professeur et aux élèves et nous ne saurons pas qui assure la responsabilité des éléments de savoir en jeu dans les facettes. Nous donnons un exemple de la détermination de l'acteur principal : si le professeur pose aux élèves la question du sens d'une certaine action et que les élèves donnent son sens, la facette « l'action a un sens » sera supposée mise en jeu par les élèves ; les acteurs principaux sont les élèves dans la mise en jeu de cette facette. Cette différentiation des acteurs pourra alors enrichir la topogénèse. Ceci nous permettra également de voir si certains éléments de savoir ou même certains groupes de facettes sont plutôt du côté du professeur ou des élèves.

La liste des facettes que nous avons construite peut être améliorée afin de mieux rendre compte des différents aspects d'un concept et mieux différencier les pratiques de classes. Les performances des élèves aux questionnaires nous ont permis de nous rendre compte de l'insuffisance de la liste de nos facettes pour relier ces performances aux pratiques de classe. Notamment, la différence de performances de la classe 2 concernant les questions où la notation « force exercée par la Terre » a été employée et celle où la notation « poids » a été employée. L'absence de facette différenciant « poids » et « force exercée par la Terre » ne nous a pas permis d'expliquer cette différence par la continuité des facettes mais nous avons calculé à la place la fréquence du mot poids. Nous proposons de différencier les facettes « poids » et « force exercée par la Terre » et d'ajouter, en plus de la facette « la Terre exerce toujours une force sur les autres objets », la facette « le poids s'exerce toujours sur les objets ». De même, nous n'aurions pas pu interpréter le fait que la force exercée par l'air soit parfois prise en compte dans les réponses des élèves et d'autres fois non, si nous n'avions pas remarqué d'après l'analyse mésoscopique que des contrats étaient établis dans certaines classes, notamment celui établi dans la classe 2 et qui laisse aux élèves le choix de prendre en compte cette force ou non. Nous proposons donc d'ajouter la facette « la force exercée par l'air peut être négligée ».

Le codage des facettes n'a pas été réalisé par une autre personne afin de vérifier sa fiabilité. Nous proposons, au lieu de refaire un double codage et calculer un coefficient de fiabilité, une méthode qualitative qui prend en compte le sens des facettes. Nous proposons de prendre les extraits qui mettent en jeu une même facette (en étudiant le cas des plus réutilisées) et voir s'il y a une similarité suffisante entre eux du point de vue de leur sens. Si des énoncés E1, E2, E3, E4, etc. renvoient tous à la même facette F1, nous supposons qu'il doit y avoir une certaine équivalence entre eux du point de vue du sens.

2.3. Tâches épistémiques

Le codage des tâches épistémiques n'a pas non plus été réalisé par une autre personne afin de vérifier sa fiabilité. Nous proposons, comme pour les facettes, au lieu de refaire un double codage et calculer un coefficient de fiabilité, une méthode qualitative qui prend en compte le sens des énoncés qui mettent en jeu une tâche épistémique. Nous proposons de prendre les extraits qui mettent en jeu une même tâche et voir s'ils ont une similarité suffisante et s'ils expriment avec la même rigueur cette tâche, notamment dans le cas de l'interprétation qui est mise en jeu dans de nombreux énoncés. Cette méthode pourra nous aider à améliorer les définitions de nos tâches et donner plus d'indications pour les repérer avec plus d'exemples et contre exemples de ces tâches servant d'appui à leur détermination, ce qui permettra à d'autres personnes d'utiliser ces tâches sans difficultés majeures.

BIBLIOGRAPHIE

Altet, M. (2002). Les "pratiques enseignantes": une notion englobante opératoire pour la recherche ou "décrire, caractériser, expliquer et comprendre les pratiques avant de les évaluer." *Actes du Séminaire à l'université de Nantes*, 30 septembre 1er octobre 2002.

Altet, M. (1994). *La Formation Professionnelle des Enseignants*. Paris: PUF.

Amade-Escot, C. (2006). Student learning within the didactique tradition. In D. Kirk, M. O'Sullivan & D. Macdonald (Eds.), *Handbook of Research in Physical Education*, 347-365. London, Thousand Oaks, New Delhi: SAGE Publications Ltd.

Arsac, G., (1989). La transposition didactique en mathématiques. In Arsac, G., Develay, M. & Tiberghien, A. (Eds.), *La transposition didactique en mathématiques, en physique, en biologie,* 3-36. Lyon : IREM et LIRDIS.

Azouri, S., Ghalbouni, G. (1998). *Physique 2de (livre de l'élève)*. Librairie Samir, Collection Spectra.

Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.

Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. In P. Delattre & M. Thellier (Eds.), *Elaboration et justification des modèles*, 1, 3-19. Paris: Maloine S.A.

Bakhtin, M. M. (1986). *Speech genres & other late essays* (Caryl Emerson and Michael Holquist, Ed. and Vern W. McGee, trans). Austin: University of Texas Press.

Bange, P. (1992). *Analyse conversationnelle et théorie de l'action*. Paris: Hatier et Didier.

Bange, P. (2005). L'apprentissage d'une langue étrangère**.** *Cognition et interaction*. Paris: L'Harmattan.

Barbier, J-M. (dir.) (2000). *Analyse de la singularité de l'action*. Paris: PUF.

Bataille, M. & Clanet, J. (2001). Editorial: Les emplois-jeunes, leurs pratiques et leur professionnalisation. *Recherche et Formation*, 37, 5-10.

Bautier, E. & Goigoux, R. (2004). Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : une hypothèse rationnelle**.** *Revue française de pédagogie*, 148.

Beillerot, J. (1998). *Formes et formations du rapport au savoir*. Paris, L'Harmattan.

Blanchard-Laville, C. (2002). De la codisciplinarité en sciences de l'éducation. In Marcel, J-F., (Ed.) *Les sciences de l'éducation. Des recherches, une discipline*. Paris: L'Harmattan.

Bourdieu, P. (1980). *Le sens pratique*. Paris, Editions de Minuit.

Brophy, J. & Good, T. (1986). Teacher bahavior and student achievement. In M. C. Wittorck (Ed.), *Handbook of research on teaching*, 3rd ed., 328-375. New York: MacMillan.

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La pensée sauvage.
Brousseau, G. et Warfield, V. (2001). *Le cas de Gaël*. (http://perso.wanadoo.fr/daest/guy-brousseau/textes/CasdeGael.pdf)
Bru, M. (1991). *Les variations didactiques dans l'organisation des conditions d'apprentissage*. Toulouse: Editions universitaires du Sud.
Bru, M., & Talbot, L. (2001). Les pratiques enseignantes: une visée, des regards. *Les dossiers des sciences de l'éducation, 5*. Toulouse: Presses universitaires du Mirail.
Bruner, J. (1987). *Comment les enfants apprennent à parler*. Retz, Paris.
Budde, M., Niedderer, H., Scott, P. & Leach, J. (2002). The quantum atomic model 'Electronium': a successful teaching tool. *Physics Education*, 37, 204-210.
Bunge, M. (1973). *Method and matter*. Derdrecht-Holland.: D. Deidel publishing company.
Buty, C. (2000). *Etude d'un apprentissage dans une séquence d'enseignement en optique géométrique à l'aide d'une modélisation informatique*. Thèse, Université Lumière Lyon 2.
Calderhead, J. (1996). Teachers: Beliefs and knowledge. In D.C. Berliner & R.C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology*, 709-725. New York, NY: Prentice Hall International.
Champagne, A., Klopfer, L.E., Solomon, C.A. & Cahn, A.D. (1980). Factors influencing learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074-1079.
Chaussecourte, P., & Blanchard-Laville, C. (2000). Observations cliniques de pratiques enseignantes. *Perspectives psychiatriques*, 39 (5), 396-402.
Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique* (2ème ed.). Grenoble: La Pensée Sauvage.
Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique de didactique. *Recherches en didactique des mathématiques,* 19 (2), 221-266.
Chomat & al. (1992). Modèle particulaire et activités de modélisation. In *Enseignement et apprentissage de la modélisation*, 119-169. Paris : INRP.
Clanet, J. (2001). Etude des organisateurs des pratiques enseignantes à l'université. *Revue de sciences de l'éducation*, 27, 327-352.
Clark, C.M., & Peterson, P.L. (1986). Teachers thought processes. In M. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching*, 3rd ed., pp 255-296. New York: MacMillan.
Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50 (1), 66-71.
Cobb, P., Gresalfi, M. & , Hodge, L. L.(2006). An Interpretive Scheme for Analyzing the Identities that Students Develop in Mathematics Classrooms Cobb, P. (2006, April). *Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association*, San Francisco.
Collins, A. & Ferguson, W. (1993). Epistemic forms and epistemic games : Structures and strategies to guide inquiry. *Educational Psychologist*, 28 (1), 25-42.
Coulaud, M. (2005). *Evaluer la compréhension des concepts de mécanique chez des élèves de secondes : développement d'outils pour les enseignants.* Thèse. Université Lyon 2.
Durand, M. (1996). *L'enseignement en milieu scolaire*. Paris: PUF.
Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 5, 37-65. Strasbourg : IREM.
Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine, registres sémiotiques et apprentissage intellectuels* [Semiosis and human thought, semiotic registers and intellectual learning]. Berne: Peter Lang.
Dykstra, D. I. (1992). Studying conceptual change: Constructing new understandings. In R. Duit & F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Proceedings of an international workshop*, 40-58. Kiel: Institut für Die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
Filliettaz, L. (2001). *Les types de discours*. Círculo de lingüística aplicada a la comunicación (clac) (http://www.ucm.es/info/circulo/index.htm), 8 (1), http://www.ucm.es/info/circulo/no8/filliettaz.htm).
Fisher H., Duit, R. & Labudde, P. (2005). Video-studies on the Practice of Lower Secondary Physics Instruction in Germany and Switzerland – Design, Theoretical Frameworks, and a Summary of Major Findings. In R. Pintò & D. Couso (Eds.), *Proceedings of the fifth international ESERA conference on contributions of research to enhancing students' interest in learning science*, 830-834. Barcelona, Spain.

Gaidioz, P., Vince, J., & Tiberghien, A. (2004). Aider l'élève à comprendre le fonctionnement de la physique et son articulation avec la vie quotidienne. *Bulletin de l'union des physiciens*, 866, 1029-1042.

Galili, I., & Hazan, A. (2000). The influence of an historically oriented course on students' content knowledge in optics evaluated by means of facets-schemes analysis. *American Journal of Physics, 68 (Supplement)*, 7, S3-S15.

Givry, D. (2003). *Étude de l'évolution des idées des élèves de seconde durant une séquence d'enseignement sur les gaz*. Thèse. Université Lumière Lyon 2.

Halté, J. F. L'espace didactique et la transposition. *Pratiques*, 97-98, 171-192.

Halloun, I., & Hestenes, D. (1985). Common Sense Concepts about Motion. *American Journal of physics, 53*, 11, (1056-1065).

Hestenes, D., & Wells, M. (1992a). A Mechanics Baseline Test. *The physics Teacher*, 30, 159-166. (http://www.modeling.la.asu.edu/R&E/Mechbaseline.pdf)

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992b). Force Concept Inventory. *The physics Teacher*, 30, 141-158. (http://www.modeling.la.asu.edu/R&E/FCI.pdf)

Hatchuel, F. (1999). La construction du rapport au Savoir chez les élèves : processus socio-psychiques. *Revue Française de Pédagogie,* 127, 37-47.

Hidi, S. (2006). Interest: a unique motivational variable. *Educational Research Review*, 1 (2), 69-82.

Hiebert, J., Gallimore, R., Garnier, H., Giwin, K.B., Hollingsworth, H., Jacobs, J., et al. (2003a). *Teaching Mathematics in Seven Countries. Results from the TIMSS 1999 Video Study*. Washington, DC: National Center for Education Statistics (NCES) U.S. Department of Education.

Hiebert, J., Gallimore, R., Garnier, H., Giwin, K.B., Hollingsworth, H., Jacobs, J., et al. (2003b). *Highlights From the TIMSS 1999 Video Study of Eighth-Grade Mathematics Teaching.* Washington, DC: National Center for Education Statistics (NCES) U.S. Department of Education.

Jiménez, J.D., & Perales, F.J. (2001). Graphic representation of force in secondary education : analysis and alternative educational proposals. *Physics Education*, 36, 227-235.

Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: Presses universitaires de France.

Johsua, S., & Félix, C. (2002). Le travail des élèves à la maison : une analyse didactique en termes de milieu pour l'étude. *Revue Française de Pédagogie,* 141, 89-97.

Joshua, S. (1996). Le concept de transposition didactique n'est-il propre qu'au mathématiques ? In C., Raisky & M., Caillot (dir.): *Au-delà des didactiques, la didactique. Débats autour de concepts fédérateurs*, 61-73. Bruxelles : De Boeck.

Koyré, A. (1990). Physique moderne et physique artistotélicienne, Leçons de physique. *Aristote*, 380-386. Paris: Presses pocket.

Küçüközer, A. (2005). *L'étude de l'évolution de la compréhension conceptuelle des élèves avec un enseignement. Cas de la mécanique en 1ère S*. Thèse. Université Lumière Lyon 2.

Le Maréchal, J.-F., Clavel-Monin, C., Garcia, G., Miguet, A. M., Pruvot, H., & Vasseur, K. (2004). *Physique et Chimie en Seconde (2e Edition) (livre de l'élève)*. Paris: Hatier.

Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris : Hachette.

Lemke, J.L. (2000). Across the Scales of Time : Artifacts, Activities, and Meanings in Ecosocial Systems. *Mind, culture, and activity*, 7 (4), 273-290.

Lemke, J. L. (2001). The long and the short of it: comments on multiple timescale studies of human activities. *The Journal of the Learning Sciences,* 10 (1&2), 17-26.

Le Nouveau Petit Robert (2000). Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française. Paris : Dictionnaires Le Robert.

Maloney, D.P. (1984). Rule-governed approaches to physics-Newton's third law. *Physics Education, 19*, 37-42.

Marcel, J.F. (1998). Quand une théorie de l'action enseignante interroge la formation des enseignants. *Revue Penser l'Education*, 5, 85-112.

Martinand, J-L. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.

McCloskey, M. (1983). *L'intuition en physique*. Pour la science, 68, 68-76.

McDermott, L.C., Rosenquist, M.L., & Van Zee, E.H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples of kinematics. *American Journal of physics*, 55 (6), 503-513.
McDermott, L.C. (1991). Millikan lecture 1990: What we teach and what is learned: Closing the gap. *American Journal of physics* 59 (4), 301-315.
McDermott, L.C. (1998). Students' conceptions and problem solving in mechanics. In A. Tiberghien, L. Jossem & J. Barojas (Eds.), *Connecting Research in physics Education with Teacher Education: ICPE*. (http://www.physics.ohio-state.edu/~jossem/ICPE/BOOKS.html)
Meltzer, D.E. (2005). Relation between students' problem-solving performance and representational format. American Journal of physics, 73 (5), 463-478. (http://www.physics.iastate.edu/per/articles/index.html)
Mercier, A., Schauber-Leoni, M. L., & Sensevy, G. (2002). Vers une didactique comparée. *Revue Française de Pédagogie*, 141, 5-16.
Mercier, A., Schubauer-Leoni, M. L., Donck, E., & Amigues, R. (2005). The Intention to Teach and School Learning: The Role of Time. In A.-N. Perret-Clermont (Ed.), *Thinking Time A Multidisciplinary Perspective on Time*. USA, Canada, Switzerland: Hogrefe & Huber.
Minstrell, J. (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. In R. Duit & F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*, 110-128. Kiel: IPN.
Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classroom*. Milton Keynes: Open University Press.
Niedderer, H., Budde, M., Givry, D., Psillos, D., Tiberghien, A., & Mälardalens, H. (2005). Learning process studies. In R. Pintò & D. Couso (Eds.), *Proceedings of the fifth international ESERA conference on contributions of research to enhancing students' interest in learning science*, 451-463. Barcelona, Spain.
Niedderer, H., Budde, M., Givry, D., Psillos, D. & Tiberghien, A. (2007). Learning process studies. In Pinto and D. Couso (Eds.), *Contributions from Science Education Research*, 159-171.
Ohlsson, S. (1996). Learning to do and learning to understand: A lesson and a challenge for cognitive modeling. In P. Reiman & H. Spada (Eds.), *Learning in Humans and Machine*, 37-62. Oxford: Pergamon Elsevier Science.
OPEN. http://www.u-paris10.fr/11428558/0/fiche___pagelibre/
Petri, J., Niedderer, H. (1998). A Learning pathway in high-school level quantum atomic physics. International *Journal of Science Education*, 20 (8), 1075-1088.
Piaget, J. (1970). *L'épistémologie génétique*. Paris : PUF.
Oser, F., & Baeriswyl, F. (2002). Choreographies of teaching: bridging instruction to learning. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching* (Fourth ed.). Washington DC: American Educational research Association.
Paquay, L. & Dayez, J_B. (2006). Présentation de l'article de Fritz Oser et Franz Baeriswyl. Séminaire OPEN, novembre 2006, Paris.
RESEIDA. http://escol.univ-paris8.fr/rubrique.php3?id_rubrique=73
Rilhac, P. (2007). Pratiques enseignantes et apprentissages d'élèves: essai d'analyse comparative en situations de classes "ordinaries" d'escalade et de géométrie. *Colloque organisé par les IUFM du Pôle Nord-Est*. 14 et 15 mars 2007, Besançon.
Rimmele, R. (2002). Videograph. Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
Robert, A., & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et coherent des pratiques des enseignants de mathématiques: une double approche. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 2 (4), 505-528.
Rochex, J-Y. (2004). Adolescence et scolarisation secondaire en milieux populaires : épreuves intellectuelles et dynamiques subjectives. *Nouvelle Revue de l'AIS*, 25.
Rochex, J-Y. (2007). Etudier et analyser les pratiques enseignantes pour mieux comprendre la production des inégalités scolaires. *Colloque organisé par les IUFM du Pôle Nord-Est*. 14 et 15 mars 2007, Besançon.
Schubauer-Leoni & al. (2007). Un modèle de l'action conjointe professeur-élèves : les phénomènes didactiques qu'il peut/doit traiter. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds.), *Agir ensemble : Eléments*

de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves, 51-91. Rennes: Presses Universitaires de Rennes (PUR).
Scott, P. & Mortimer, E. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Wiley Interscience (www.interscience.wiley.com).*
Sensevy, G., Mercier, A., & Schauber-Leoni, M. L. (2000). Vers un modèle de l'action didactique du professeur. A propos de la course à 20. *Recherches en didactique des mathématiques*, 20 (3), 263-304.
Sensevy, G., & Quilio, S. (2002). Les discours du professeur. Vers une pragmatique didactique. *Revue Française de Pédagogie*, 141, 47-56.
Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds.), *Agir ensemble : Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*, 13-49. Rennes: Presses Universitaires de Rennes (PUR).
Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble : Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes (PUR).
SESAMES, (2006). http://www.pegase.inrp.fr.
Shavelson, R.J., & Stern, P. (1981). Research on pedagogical thoughts, judgements, decisions and behaviour. *Review of educational research*, 51 (4), 455-498.
Shulman, L.S. (1986). Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. In M.C. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching*, 3rd ed., 3-36. New York: MacMillan.
Sowayssi, N. (2005). Liens entre pratiques d'enseignement et acquisition des élèves. Analyse du point de vue du fonctionnement du savoir. Mémoire de master 2. Université Lyon 2.
Stigler, J.W., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, S., & Serrano, A. (1999). *The TIMSS Videotape Classroom Study: Methods and Findings from an Exploratory Research Project on Eighth-Grade Mathematics Instruction in Germany, Japan, and the United States*. Washington, DC: National Center for Education Statistics (NCES) U.S. Department of Education.
Suchman, L. (1987). *Plans and situated actions: the proble of human/machine communication*. Cambridge University Press.
Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4(1), 71-87.
Tiberghien, A. (1997). Learning and teaching: differentation and relation. *Research in Science Education*, 27(3), 359-382.
Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. In R. Millar & J. Leach & J. Osborne (Eds.), *Improving science education: The contribution of research*. 27-47. Buckingham, UK: Open University Press.
Tiberghien, A. (2003). Des connaissances naïves au savoir scientifique. In M. Kail & M. Fayol (Eds), *Les sciences cognitives de l'école. La question des apprentissage*. 333-443. Paris : PUF.
Tiberghien, A., & Vince, J. (2005). Étude de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. *Cahiers du Français Contemporain*, ENS Editions, 10(numéro coordonné par V. Pugibet et N. Gettliffe-Grant.), 153-176.
Tiberghien, A., Malkoun, L., Buty, C., Souassy, N., & Mortimer, E. (2007a). Analyse des savoirs en jeu en classe de physique à différentes échelles de temps. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds.), *Agir ensemble : Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. 93-122. Rennes: PUR.
Tiberghien, A., & Malkoun, L. (2007b). Différenciation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir. *Education et Didactique*, 1, 29-54.
Tiberghien, A., & Buty, C. (2007c). Studying science teaching practices in relation to learning. Times scales of teaching phenomena. In R. Pintó & D. Couso (Eds.), *ESERA Selected Contributions book*. 59-75. Berlin: Springer.
TLFI (*Trésor de la Langue Française Informatisé*) : http://www.tlfi.fr
Venturini, P. (2004). Attitudes des élèves envers les sciences: le point sur les recherches. *Revue Française de Pédagogie,* 149, 97-123.

Vergnaud, G. (1994). Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel. In M. Artigue et Coll (Eds.), Vingt ans de didactique des mathématiques en France – Hommage à Guy Brousseau et Gérard Vergnaud. 177-191. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Vergnaud, G. (2002). On n'a jamais fini de relire Vygotski et Piaget. In Y. Clot (Ed.). *Avec Vygotski*. 55-68. Paris: La Dispute.

Vergnaud, G. (2007). Qu'est-ce qu'apprendre ? Colloque organisé par les IUFM du Pôle Nord-Est les 14 et 15 mars 2007, Besançon.

Viennot, L. (1979). *Le Raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Hermann.

Viennot, L. (1996). *Raisonner en physique. La part du sens commun*. De Boeck & Larcier.

Vinatier, I. (2002). Activité, action, interaction; les points en tension. *Séminaire à l'université de Nantes*. 30 septembre 1er octobre 2002.

Vygotski, L. S. (1934/1997). *Pensée et langage* (3ème ed.). Paris: La Dispute.

Walberg, H.J., Wang, M.C., Haertel, G.D. (1993). *Toward a knowledge base for school learning*. Review of educational research.

White, B. (1983). Sources of difficulty in understanding Newtonian dynamics. *Cognitive Science*. 7 (1), 41-65.

Annexes de la thèse

De la caractérisation des pratiques de classes de physique à leur relation aux performances des élèves: étude de cas en France et au Liban

Présentée par Layal MALKOUN

Préparée sous la direction d'Andrée TIBERGHIEN et Jawad NIZAM

au sein de l'équipe ADIS-LST (groupe COAST)
de l'UMR 5191 ICAR (Université Lyon II, CNRS, ENS LSH, INRP)

TABLE DES MATIERES

ANNEXE 1 :
FACETTES DYNAMIQUES ET CINEMATIQUES

FACETTES

FACETTES DYNAMIQUE

1 Facettes Connaissances Conceptuelles		
1.1 Action- Interaction	1	Quand un objet A est en contact avec un objet B il agit sur lui (il y a interaction de contact entre A et B)
	2	Quand un objet A n'est plus en contact avec l'objet B il n'exerce plus une action sur lui
	3	Si un objet A agit sur un objet B, l'objet B agit sur l'objet A simultanément (on dit que A et B sont en interaction)
	4	L'action a un sens
	5	L'action a une direction
	6	L'action mécanique a une intensité
	7	L'action mécanique a un point d'application
	8	Une action mécanique produit un changement au niveau du mvt
	9	Une action mécanique produit un changement au niveau de la forme
	10	Il y a 2 types d'actions (interactions): à distance et de contact
	11	Il y a trois types d'interactions à distance: gravitationnelle, magnétique, électrique
	12	L'interaction magnétique est une interaction à distance
	13	Une action mécanique ne peut pas s'exercer par un corps sur lui-même mais par un corps sur un autre
	14	Un système qui agit (ou qui exerce une action) est l'agent
	15	Un système reçoit une action ou une force : c'est le receveur
	16	La Terre agit toujours sur (attire) les objets
	17	L'action de la Terre sur les objets est une action à distance
	18	L'action de la Terre est toujours verticale vers le bas
	19	La pesanteur (ou le poids) est le résultat de l'action de la Terre
	20	les objets tombent à cause de l'action de la Terre
	21	Ce n'est pas le centre de la Terre qui attire les objets mais chaque partie de la Terre
1.2 Vecteur Force	1	Une force est un vecteur
	2	Le vecteur force a une origine
	3	La force a une direction
	4	La force a un sens
	5	La force a une intensité
	6	Le point d'application d'une force de contact est n'importe quel point de contact
	7	Si les forces qui s'exercent sur un objet se compensent alors leur somme est nulle
	8	Deux forces qui se compensent ont même intensité et sont de sens opposés (Deux forces de même direction, de même intensité et de sens opposés se compensent)
	9	Si plusieurs forces colinéaires se compensent, la somme des forces dans une direction est égale à la somme des forces dans l'autre direction
	10	Si plusieurs forces non colinéaires se compensent alors les forces suivant les différentes directions doivent se compenser
	11	La force exercée par un solide sur un autre , quand il n'y a pas de frottements, est perpendiculaire à la surface du solide mais quand il y a des frottements elle ne l'est plus.
1.3 Force - Mouvement - Forme	1	La force qui s'exerce sur un objet peut le mettre en mouvement (effet)
	2	La force qui s'exerce sur un objet peut modifier le mouvement (effet)
	3	La force qui s'exerce sur un objet peut modifier la trajectoire (effet)
	4	La force qui s'exerce sur un objet peut modifier sa forme (effet)

	5	Pour un observateur terrestre tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne et uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent
	6	Si les forces qui s'exercent sur le système (objet) se compensent on peut affirmer que le système (l'objet) est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme
	7	Lorsqu'un système (objet) est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent.
	8	Si les forces qui s'exercent sur le système(objet) ne se compensent pas, on peut affirmer qu'il n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme
	9	Lorsqu'un système (objet) n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas.
	10	Les forces s'exerçant sur un système en équilibre se compensent
	11	Si un objet est immobile, les 2 forces s'exerçant sur lui (cas de 2 forces) ont même intensité et sont de sens opposés (ou l'inverse)
	12	La résultante des forces n'a pas nécessairement le sens du mvt.
	13	S'il y a mise en mouvement dans un sens la somme des forces est dans ce sens
	14	On a l'intuition qu'il y a une force à cause du mvt
1.4 Force - vitesse	1	Si la vitesse d'un objet est nulle, les forces exercées sur l'objet se compensent
1.5 Force - variation de la vitesse	1	Lorsque la valeur *et* la direction de la vitesse d'un système ne varient pas, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui se compensent. (somme des forces nulle)
	2	Lorsque les forces qui s'exercent sur un système se compensent (somme des forces nulle), on peut affirmer que la valeur et la direction de sa vitesse ne varient pas.
	3	Lorsque la valeur *et/ou* la direction de sa vitesse varient, on peut affirmer que les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas (somme des forces non nulle).
	4	Lorsque les forces qui s'exercent sur le système ne se compensent pas (somme des forces non nulle), on peut affirmer que la valeur *et/ou* la direction de sa vitesse varient.
	5	La force qui s'exerce sur un objet peut changer la vitesse (effet)
	6	Une modification de la vitesse d'un point doit être attribuée à une cause: la force agissant sur le point $\vec{F}$
	7	$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v} = ct\vec{e}$
1.6 Force - Accélération	1	Un point matériel, soumis à une force quelconque $\vec{F}$ (ou à un ensemble de forces de résultante $\vec{F}$), prend une accélération $\vec{a}$
	2	L'accélération et la somme des forces ont le même sens
	3	L'accélération a même direction et même sens que la force $\vec{F}$ et un module proportionnel à celui de $\vec{F}$
	4	Si la force est constante l'accélération est constante (ou l'inverse)
	5	S'il n'y a pas de force (ou si la somme des forces est nulle) il n'y a pas d'accélération (ou l'accélération est nulle)
	6	$\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}$
1.7 Force/action - masse	1	Une même action (force) exercée sur deux objets de masses différentes n'a pas le même effet sur le mouvement des objets: l'effet est plus important pour l'objet le plus léger
1.8 Forces - Interactions	1	La force « modélise » l'action d'un système (objet) sur un autre (L'action est représentée par une force)
	2	Quand un système X est en interaction avec un système A (ou agit sur un système A), on appelle force exercée par A sur X l'action de A sur X.
	3	Quand un objet est en contact avec d'autres alors il exerce une force sur ces objets
	4	Si un objet A exerce une force sur B, B exerce simultanément une force sur A (on dit que A et B sont en interaction)
	5	Une interaction est modélisée par deux forces qui sont, pour toutes les situations et dans tous les cas, d'intensités égales et de sens opposés
	6	Les intensités des forces modélisant une interaction sont égales

	7	Les vecteurs représentant les 2 forces d'une interaction sont sur la même droite (ont la même direction)
	8	Les sens des forces modélisant une interaction sont opposés
	9	Une force peut être attractive ou répulsive
	10	La force ne peut pas être par moments à distance et par moment de contact, elle est soit l'une soit l'autre
	11	La force (l'action) exercée par la Terre et la force (l'action) exercée par le sol ne sont pas les mêmes forces
	12	La force exercée par les fluides sur les objets immergés s'appelle la poussée d'Archimède (ou un corps immergé dans un fluide subit de la part de celui-ci une poussée vers le haut: c'est la poussée d'Archimède)
	13	La force exercée par un fil ou un ressort est appelée tension du fil ou du ressort
	14	La force exercée par un support est appelée réaction du support
	15	La réaction du support possède 2 composantes: normale au support et parallèle au support
	16	La composante normale (perpendiculaire) de la force exercée par un support est appelée réaction normale
	17	La composante parallèle au support de la force exercée par un support est appelée frottement
	18	$\vec{R} = \vec{N} + \vec{f}$
	19	L'interaction électrique peut être attractive ou répulsive selon le signe des charges en présence
	20	L'intensité de la force d'interaction électrique entre 2 charges est donnée par: $F = \frac{k \times \lvert q \rvert \times \lvert q \rvert}{d^2}$
Interaction gravitationnelle	1	La Terre exerce toujours une force sur les autres objets
	2	La force exercée par la Terre sur un objet est le poids de l'objet
	3	La force exercée par la Terre sur un objet est un vecteur vertical toujours dirigé vers le bas
	4	La résultante de toutes les forces exercées par les différentes parties de la Terre sur un objet est une force dont la direction passe par le centre de la Terre (verticale) et l'intensité dépend de l'objet de la masse de l'objet: c'est le poids
	5	le poids est une force gravitationnelle
	6	Le poids varie (ou diminue) avec l'altitude
	7	L'intensité du poids d'un corps de masse m est donnée par P=mxg
	8	Deux corps matériels A et B de masses m_A et m_B s'attirent (c'est l'interaction gravitationnelle)
	9	Deux corps matériels A et B de masses m_A et m_B s'attirent avec deux forces opposées dirigées suivant la droite AB
	10	L'intensité de la force gravitationnelle est donnée par: $F = \frac{G.M_A \times M_B}{d^2}$
	11	L'intensité de la force gravitationnelle est proportionnelle aux masses des 2 corps
	12	L'intensité de la force gravitationnelle est inversement proportionnelle au carré de la distance séparant les 2 corps
	13	L'interaction gravitationnelle est une interaction à distance
	14	L'interaction gravitationnelle est une interaction attractive
	15	L'interaction gravitationnelle se manifeste entre tous les corps de l'univers (d'où son nom d'attraction universelle)
	16	Pour que l'effet de la force gravitationnelle soit remarquable, il faut qu'une des 2 masses au moins soit relativement grande

	17	L'intensité de l'accélération de la pesanteur à la surface d'une planète est égale à la constante de gravitation G fois la masse de la planète sur le rayon de la planète au carré: $g_0 = \frac{G \times M_T}{(R_T)^2}$
	18	L'intensité de la pesanteur à une altitude z est donnée par $g_z = \frac{G \times M_T}{(R_T + z)^2}$
	19	g est proportionnelle à la masse de la planète
	20	g est inversement proportionnelle au carré de l'altitude (ou de la distance)
	21	g change lorsqu'on passe d'une position à une autre sur la Terre
	22	$\frac{g_z}{g_0} = \frac{R_T^{\,2}}{(R_T + z)^2}$
	23	$g = \frac{F_{Terre\ /\ corps}}{m}$
	24	G est une constante appelée constante de gravitation ou d'attraction universelle
	25	Pour chaque planète on a une intensité de pesanteur g différente
	26	L'intensité de pesanteur sur la surface de la Terre est à peu près 6 fois plus grande que l'intensité de pesanteur sur la surface de la Lune
1.9 Représentations - Unités	1	L'interaction de contact est représentée par une double flèche en traits pleins
	2	L'interaction à distance est représentée par une double flèche en pointillés
	3	L'action de A sur B est notée A/B
	4	Pour bien distinguer dans le diagramme le système choisi des autres systèmes on souligne son nom dans le diagramme
	5	Un objet est représenté par une bulle.
	6	La force est représentée par un vecteur
	7	L'objet est représenté par un point
	8	L'origine du vecteur force est le point représentant le système (l'objet) sur lequel s'exerce la force
	9	La longueur du vecteur (de la flèche) représente l'intensité de la force
	10	Le sens du vecteur (de la flèche) représente le sens de la force
	11	La direction du vecteur (de la flèche) représente la direction de la force
	12	L'intensité de la force se mesure avec un dynamomètre
	13	L'unité de la force est le Newton (N)
	14	La force (vecteur ou intensité) est représentée par FA/B
	15	le vecteur représentant la force exercée par A sur B va de A vers B
	16	Lorsque 2 forces exercées sur un objet ont le même sens on les représente l'une à côté de l'autre
	17	La force est représentée par une flèche en traits pleins à la fois pour représenter l'interaction à distance et de contact
	18	La somme des forces est l'addition vectorielle des forces exercées sur l'objet
	19	La somme de 2 forces non colinéaires est la diagonale du parallélogramme formé par ces 2 forces.
	20	L'unité de la masse dans le SI est le kg
	21	L'unité de la distance dans le SI est le mètre
	22	L'unité du temps dans le SI est la seconde
	23	L'unité de l'accélération dans le SI est le $m\ /\ s^2$
Interaction gravitationnelle	1	L'intensité de la pesanteur à la surface de la planète est notée g_0
	2	L'intensité de la pesanteur à une altitude z de la planète est notée g_z
	3	L'accélération de la pesanteur dans le SI s'exprime en N/kg
	4	La valeur de l'intensité de la pesanteur à la surface de la Terre est de 9,8 N/kg (ou à peu près 10)
	5	Dans le SI, unités SI $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$

1.10 Frottements	1	Dans le cas d'une surface lisse les frottements sont négligeables
	2	Dans le cas d'une surface rugueuse les frottements existent
	3	Pour modéliser les frottements d'un fluide (gaz ou liquide) ou d'un solide sur un système, le physicien utilise une force toujours de même direction que le mouvement et de sens opposé au mouvement.
	4	Dans le cas des frottements il y a une action qui résiste à l'avancement
	5	Les frottements de l'air ralentissent le mouvement
	6	Plus la valeur de la vitesse est importante plus l'action de l'air est importante
	7	La valeur de l'action de l'air sur un objet dépend de la surface de contact de cet objet avec l'air
	8	Il y a 2 genres de forces de frottements: statique et cinétique
2 Réalisation d'une représentation	1	Diagramme système interaction
	2	Force
3 Connaissance langagière	1	Force exercée par X sur Y
	2	L'inertie est la résistance au changement de mvt / Plus la masse est élevée plus l'objet est inerte
	3	une force motrice est une force dans le sens du mvt
	4	Un système isolé est un système qui ne subit aucune force extérieure
	5	Un système pseudo-isolé est un système qui subit des forces extérieurs qui se compensent (ou dont la somme est nulle)
4 Fonctionnement du savoir		
Général	1	En physique on étudie les causes du mvt (dynamique)
	2	En physique on décrit le mvt (cinématique)
	3	Une théorie (ou une hypothèse) est valable si les expériences sont en accord avec elle
	4	En physique une théorie ou une loi est susceptible d'évoluer dans le temps
	5	Une loi ou une théorie permet de prédire
	6	En science on fait des hypothèses et on teste leur validité
	7	Un principe est une règle qu'on ne démontre pas mais qui n'a jamais été mise en défaut
	8	En physique ce qui agit ce sont les objets
	9	Un phénomène ou un concept n'est pas un objet matériel et un objet matériel n'est pas un phénomène ou un concept
	10	Un événement n'est pas un objet et un objet n'est pas un évènement
	11	La 1ère et la 2ème loi de Newton permettent de prévoir la nature du mvt d'un objet
	12	Les lois de Newton sont valables dans un référentiel galiléen
	13	Sur Terre il ne peut pas y avoir de système isolé
	14	le modèle de la particule ou du point matériel est applicable si la forme et la dimension de l'objet n'ont pas un effet sur l'étude
Particulier	1	la force est un concept abstrait
	2	Quand on étudie les interactions avec un objet il est nécessaire de faire un choix des objets qu'on prend en compte (on se limite aux objets qui agissent directement sur lui)
	3	Le modèle choisi pour rendre compte des interactions n'est pas suffisant
	4	Pour des situations différentes on peut avoir le même diagramme système-interactions
5 Procédures		
Général	1	Dans une formule contenant des grandeurs physiques différentes il vaut mieux utiliser le même système d'unités
	2	Pour comparer 2 valeurs algébriques ou numériques on a 2 méthodes: soit on trouve leur différence soit leur quotient

	3	Dans un rapport entre 2 valeurs d'une même grandeur physique il suffit que les unités soient les mêmes et ce rapport n'a pas d'unités
Particulier	1	Il faut préciser le système à étudier avant de faire le bilan des forces
	2	Pour étudier un système il faut prendre l'ensemble des forces appliquées sur ce système (et non celle que le système exerce)
	3	Pour faire l'inventaire des forces on commence par les forces à distance ensuite par les forces de contact.
	4	Pour passer d'une relation vectorielle à une relation scalaire on projette les vecteurs suivant une direction et un sens convenables
	5	Pour empêcher un objet de s'enfoncer on exerce sur lui une action vers le haut (pour trouver le sens de l'action)
	6	Pour savoir si l'élastique agit on regarde s'il est tendu
	7	Vérifier si les conditions pour utiliser le principe d'inertie sont remplies
6 Phénomènes	1	On dit que le corps est en chute libre lorsque seul le poids s'exerce sur lui
	2	Quand la Lune s'approche de la Terre on la marée haute, et quand elle s'éloigne on a la marée basse
	3	Les corps tournant autour ou sur la Terre ne tombent pas s'ils ont une vitesse suffisante
	4	Sans frottement on ne peut pas marcher, rouler…
	5	Dans le vide il n'y a pas d'air, pas de matière
	6	Si une voiture démarre on a l'impression d'être poussé vers l'arrière
	7	Lorsque la voiture se déplace sur un virage on a l'impression qu'on sort du virage

FACETTES CINEMATIQUE

1 Facettes Connaissances Conceptuelles		
1.1 Mouvement	1	l'objet peut se représenter par un point auquel on attribue la masse de l'objet (centre de gravité)
	2	Le mouvement du point représentant un objet est caractérisé par : sa direction, son sens (à une direction correspond deux sens), la vitesse du point
	3	Le mouvement d'un point est rectiligne quand sa trajectoire est une ligne droite.
	4	Le mouvement d'un point est circulaire quand sa trajectoire est un cercle ou une portion de cercle
	5	Lorsque la valeur de la vitesse du point ne varie pas on dit que le mouvement est uniforme.
	6	la direction du mouvement du point ne change pas sur les parties rectilignes de sa trajectoire.
	7	Le mouvement d'un objet a une direction
	8	Le mouvement d'un objet a un sens
	9	Un mvt peut être décomposé en 2 mvt, suivant la verticale et l'horizontale
	10	L'équation horaire d'un mvt rectiligne uniformément varié est: $x = 1/2 \cdot a(t-t_0)^2 + v_0(t-t_0) + x_0$
1.2 Système	1	On appelle système un objet matériel, une partie d'objet ou un ensemble d'objets
1.3 Référentiel	1	Un référentiel est un objet qui permet de repérer les positions successives d'un point d'un solide dont on étudie le mouvement
	2	Un référentiel A est supposé galiléen par rapport à un référentiel B s'il est au repos ou en mvt rectiligne uniforme par rapport à B
1.4 Trajectoire	1	La trajectoire d'un point du solide est l'ensemble des positions occupées par le point au cours de son mouvement.

	2	L'ensemble des positions occupées par le centre de gravité est la trajectoire de l'objet
1.5 Distance	1	L'altitude à un point donné de la planète est la distance entre ce point et la surface de la planète
	2	Si on a 2 corps, la distance entre les 2 corps est égale à la distance séparant les centres de gravité des 2 corps
1.6 Verticalité	1	La direction verticale est celle qui passe par le centre de la Terre
1.7 Masse	1	La masse est une propriété invariante du corps
	2	Il y a 2 genres de masses: inertielle, qui s'oppose à la modification du mvt, et gravitationnelle, qui est à l'origine de l'interaction gravitationnelle qui sont égales
1.8 Vitesse moyenne	1	La vitesse moyenne du point entre A et B est égale à la longueur du trajet AB divisée par la durée τ nécessaire pour parcourir AB
1.9 Vitesse insatantanée	1	La vitesse instantanée est la vitesse à chaque instant
1.10 Vitesse moyenne - Vitesse instantanée	1	Quand la vitesse est constante sur un trajet, la vitesse instantanée en chaque point est égale à la vitesse moyenne sur ce trajet
1.11 Vitesse	1	Une vitesse a deux composantes horizontale et verticale
	2	La vitesse a un sens
	3	On calcule la vitesse d'un point en divisant la distance parcourue par le temps mis pour la parcourir
	4	La vitesse est toujours tangente à la trajectoire
1.12 Représentations-Unités	1	La vitesse se mesure (ou l'unité de la vitesse est) en mètre par seconde ($m.s^{-1}$)
	2	La conversion mm/s= 10^{-3} m/s
1.13 Variation de la vitesse	1	La valeur de la vitesse peut augmenter
	2	La valeur de la vitesse peut diminuer
	3	Aller à la vitesse constante est avoir toujours la même valeur au cours de la trajectoire
	4	Aller à la vitesse constante est mettre le même temps pour parcourir la même longueur de la trajectoire
	5	Si la direction du mouvement varie mais la valeur de la vitesse ne varie pas, il y a de changement de la vitesse
1.14 Accélération	1	L'accélération indique une variation de la vitesse
	2	Si l'accélération est nulle alors la vitesse est constante (ou l'inverse)
	3	S'il y a un changement au niveau du mvt donc il y a accélération (ou l'inverse)
	4	Si l'accélération est nulle alors le mvt est rectiligne uniforme (ou l'inverse)
	5	Si on a un mvt rectiligne uniformément varié alors l'accélération est constante
	6	L'accélération a un sens (vers le haut ou vers le bas)
	7	S'il y a mise en mouvement dans un sens l'accélération est dans ce sens
2 Connaissance langagière	1	Accélération veut dire augmentation de la valeur de la vitesse
	2	Décélération ou ralentissement veulent dire diminution de la valeur de la vitesse
3 Mesure	1	Pour obtenir la moyenne d'une grandeur on fait la somme des valeurs de cette grandeur et on divise par l'effectif
	2	Une valeur calculée s'écrit avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec les données : le résultat d'une multiplication ou d'une division ne doit pas avoir plus de chiffres significatifs que la donnée qui en comporte le moins.
	3	A cause des erreurs de lecture, de précision des instruments de mesure et de la manipulation, on doit effectuer plusieurs mesures d'une grandeur.

ANNEXE 2 :
SEQUENCE SESAMES

2de- Mécanique Partie 2 : *Activités*

Interaction et force

I. Introduction du modèle des interactions (1ère partie)

Activité 1. Introduction de la notion d'action

Vous disposez du matériel : support, élastique, pierre. Une pierre est suspendue à un fil élastique. Elle est immobile.

Questions

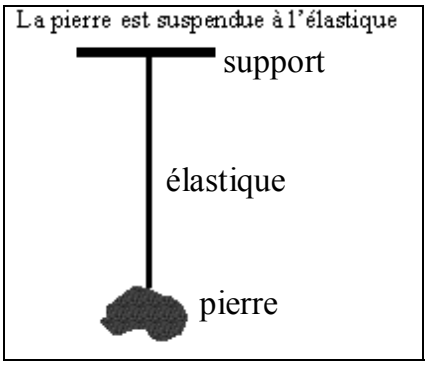
a) Quels sont les objets qui agissent sur la pierre ?

b) Sur quels objets agit la pierre ?

✂ - - - - - - - - - - - - - - ✂

Lire attentivement la 1ère partie du modèle des interactions et en discuter éventuellement avec votre voisin pour vérifier que vous avez compris ce qui est dit dans ce modèle. Coller-le éventuellement.

Activité 2. Première mise en œuvre du modèle des interactions.



Dans cette situation, chacun des objets de la situation étudiée peut-être pris comme système : la pierre, l'élastique, le support, la Terre. On choisit d'étudier le système pierre. Quels sont les systèmes qui sont en interaction avec ce système ?

Représenter le diagramme pierre-interactions.

Exercices : étude des interactions pour des situations variées

A l'aide du modèle des interactions, construire le diagramme système-interactions décrivant les situations suivantes. Le mot souligné désigne l'objet correspondant au système considéré.

1. a) Un objet posé sur une table. b) Une table sur laquelle est posé un objet.

2. La Terre, planète du Soleil et qui a elle-même un satellite naturel, la Lune (on néglige les interactions mettant en jeu les autres corps).

3. Un cerf-volant tenu par un fil.

4. a) Un motard circulant à vive allure sur sa moto.
4. b) Une moto conduite à vive allure par un motard.
✂ - - - - - - - - - - - - - - ✂

Activité 3. Différentes situations d'interaction pour un système choisi

On considère une pierre préalablement suspendue à un fil (comme dans les activités 1 et 2).
Le système considéré étant la pierre, construire à l'aide du modèle des interactions le diagramme système-interactions lorsque la pierre :
a) est maintenue par la main au-dessus de sa position initiale (élastique toujours tendu) ;
b) est maintenue par la main au-dessous de sa position initiale ;
c) vient d'être lâchée à partir de sa position haute ;
d) vient d'être lâchée à partir de sa position basse.

Dans le cas d), faire la liste de toutes les actions qui s'exercent sur le système (juste après qu'on ait lâché la pierre).

- Comparer les actions qui s'exercent sur le système : à votre avis, sont-elles égales, certaines sont-elles plus petites ou plus grandes que les autres ?

✂ - - - - - - - - - - - - - - ✂

Activité 4. Recherche de situations correspondant à un diagramme

Trouver une situation réelle différente de celles vues en cours (et qui ne fait pas intervenir un objet suspendu à un fil) correspondant à chacun des diagrammes ci-dessous.
Donner les éléments de la situation trouvée qui correspondent aux systèmes X, 1 et 2 en complétant le tableau.
Décrire la situation à l'aide d'une phrase.

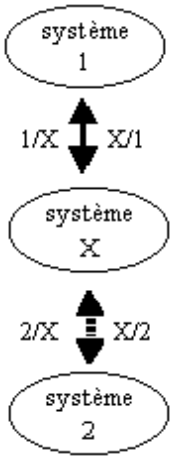
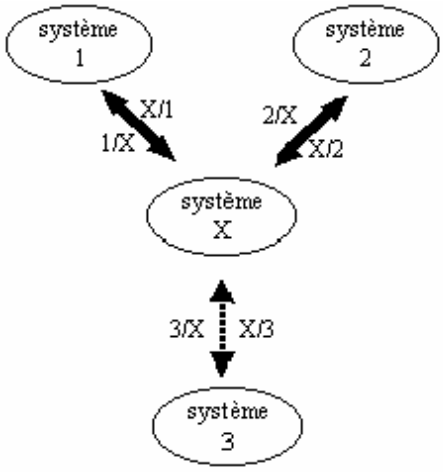
Diagramme 1	**Situation réelle**
	**Système X =** **Système 1 =** **Système 2 =**

Diagramme 2	**Situation réelle**

	**Système X =** **Système 1 =** **Système 2 =** **Système 3 =**

II. Introduction de la notion de force

Activité 5. Détermination des phases du mouvement d'un médecine-ball

Lancer le médecine-ball à la verticale et le rattraper.
Repérer et noter le (ou les) moment(s) où vous exercez une action sur le médecine-ball, préciser chaque fois dans quel sens s'exerce cette action sur le médecine-ball.

Repérer et décrire les différentes phases dans le mouvement du médecine-ball (on se contente d'étudier le mouvement de son centre). Pour chacune des phases, préciser comment varie la vitesse du médecine-ball.

✂ - - - - - - - - - - - - - ✂

Activité 6. Analyse des interactions lors du mouvement d'un médecine-ball

Pour chacune des phases du mouvement faire le diagramme médecine-ball interactions dans le cas du lancer vertical.

	Phase 1 : pendant	Phase 2 : pendant . . . . .
Diagramme médecine-ball - Interactions		
Comment varie la vitesse ?		

	Phase 3 : pendant	Phase 4 : pendant . . . . .
Diagramme médecine-ball - Interactions		
Comment varie la vitesse ?		

Lire attentivement la 2e partie du modèle des interactions et en discuter éventuellement avec votre voisin pour vérifier que vous avez compris ce qui est dit dans ce modèle. Coller-le éventuellement.

✂ - - - - - - - - - - - - - - ✂

Activité 7. Mise en œuvre de l'ensemble du modèle des interactions

1) A l'aide du modèle, compléter le tableau suivant.

Diagramme pierre-interaction (voir activité 2)	Représentation des forces modélisant l'interaction pierre-terre.	Représentation des forces modélisant l'interaction pierre-élastique.	Représentation des forces qui s'exercent sur la pierre
	pierre • terre •	élastique • pierre •	pierre •

2) A partir de la correction des diagrammes médecine-ball - interactions, et de l'ensemble du modèle des interactions (1ère et 2e partie), compléter le tableau pour les quatre phases dans le cas du lancer vertical (le modèle vous permet de répondre à toutes les questions sauf la dernière colonne).

	Faire la liste des forces qui s'exercent sur le médecine-ball	Représenter les forces qui s'exercent sur le médecine-ball (représenté par un point et noté M-B)	Représenter le sens du mouvement et rappeler la façon dont varie la vitesse du médecine-ball (activité 1 ci-dessus)	*A votre avis, les forces qui s'exercent sur le médecine-ball se compensent-elles ?*

Lancer		• M-B		
Montée		• M-B		
Descente		• M-B		
Réception		• M-B		

Modèle des interactions (1ère partie)

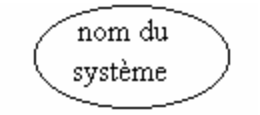
On appelle système un objet (matériel), une partie d'objet ou un ensemble d'objets (ce découpage de la réalité en systèmes est un choix fait par celui qui étudie la situation).

Interactions : quand un système A agit sur un système B, **simultanément** B agit sur A ; on dit que A et B sont en interaction. L'action de A sur B est notée A/B et l'action de B sur A est notée B/A.

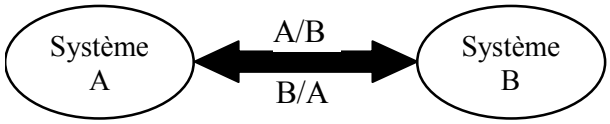
Cet énoncé est applicable dans <u>toutes</u> les situations, c'est-à-dire quand les systèmes sont au repos <u>et aussi</u> quand ils sont en mouvement.

Représentation

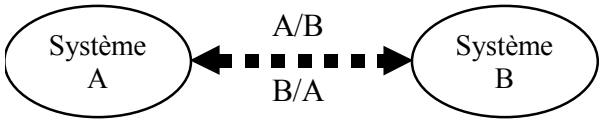
Représentation d'un système



Représentation d'une interaction "de contact"



Représentation d'une interaction "à distance"



Une fois un système choisi, on ne s'intéresse qu'à ses interactions avec les autres systèmes (systèmes extérieurs).

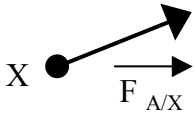
On représente ces interactions avec les autres systèmes sur le même schéma. Ce schéma s'appelle le diagramme *système*-interaction. Pour bien distinguer le système choisi des autres systèmes, on souligne son nom dans le diagramme.

Modèle des interactions (2e partie)

Quand un système X est en interaction avec un système A, on appelle ***force exercée par A sur X*** l'action de A sur X.
Pour représenter une force, on représente souvent le système sur lequel elle s'exerce par son centre de gravité auquel on attribue la masse du système.

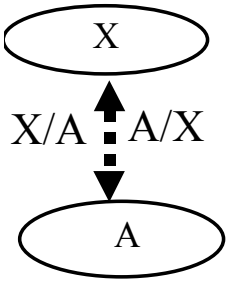
On fait figurer ensuite la force exercée par A sur X par le représentant d'un vecteur accompagné du symbole ci-contre et dont les caractéristiques sont les suivantes :
- son origine est le point représentant le système ;
- sa direction et son sens sont ceux de la force ;
- sa longueur est proportionnelle à la valeur de la force.

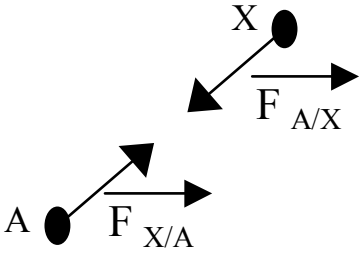
La valeur de la force s'exprime en newton (symbole : N).



Principe des actions réciproques

Quand deux systèmes A et X sont en interaction, la force exercée par A sur X et la force exercée par X sur A sont d'intensités égales et de sens opposé.
Une interaction est modélisée par deux forces qui sont, pour toutes les situations et dans tous les cas, d'intensités égales et de sens opposés. Les vecteurs qui les représentent sont sur la même droite ; cette droite dépend de la situation étudiée.



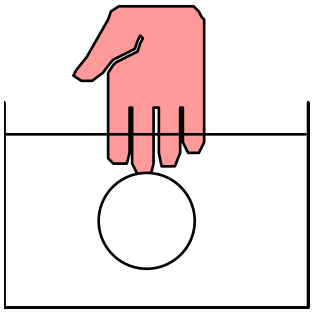


Principe d'inertie et autres lois de la mécanique

Activité 1. Introduction des lois de la mécanique et leur utilisation.

Réaliser les expériences et répondre aux questions correspondant aux situations 1 et 2 décrites ci-dessous.

Situation 1



■ Maintenir sous l'eau une balle de ping pong immobile.

1) A l'aide du modèle des interactions faire :
   - le diagramme balle-interactions.
   - l'inventaire des forces agissant sur le système balle.
2) Utiliser le modèle des lois de la mécanique pour interpréter le fait que la balle reste immobile
3) Représenter les forces qui s'exercent sur la balle.

Situation 2

■ Maintenir la balle sous l'eau, puis retirer la main.

4) Utiliser les modèles des lois de la mécanique pour interpréter le fait que la balle de ping-pong se mette en mouvement vers le haut quand on retire la main.
5) Représenter les forces qui s'exercent sur la balle en train de monter.

Activité 2. Quelles forces s'exercent sur une balle lancée à l'horizontale ?

1) Une balle est lancée à l'horizontale par un enfant immobile par rapport à la terre. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le système balle pendant le mouvement de chute. On ne tiendra pas compte de l'action de l'air sur la balle.

2) Reprendre les conclusions de l'activité 5 de la partie 1 et décrire l'évolution de la vitesse horizontale et de la vitesse verticale du centre de la balle.

3) Montrer que les lois de la mécanique sont vérifiées « selon chacune des directions » verticale et horizontale.

4) La balle est à présent lancée dans une direction quelconque par l'enfant immobile. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le système balle. En utilisant le résultat de la question précédente, prévoir comment vont évoluer la vitesse horizontale et la vitesse verticale du centre de la balle juste après qu'on l'ait lâchée.

Activité 3. Utilisation du logiciel "Interactive Physique".

En utilisant les résultats de l'activité 2 précédente, vérifiez que l'informaticien qui a conçu "Interactive Physique" utilise le même modèle physique que vous.

Activité 4. Influence de la masse sur le mouvement.

1) Prévoir s'il y a une différence de mouvement entre deux balles de masses différentes placées côte à côte si on souffle sur elles. On admet que lorsqu'on souffle, les forces exercées par l'air sur chacune des balles sont identiques.

2) Faire l'expérience, décrire la différence entre les mouvements des deux balles au démarrage et vérifier vos prévisions.

3) D'après vous, à quoi est due la différence entre les mouvements des deux balles ?

4) Lancer maintenant les deux balles devant vous et soufflez dans une direction perpendiculaire au mouvement. Pour quelle balle le mouvement est-il le plus modifié ?

Partie 3 : Modèle des lois de la mécanique

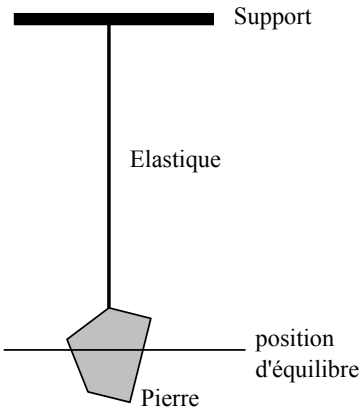
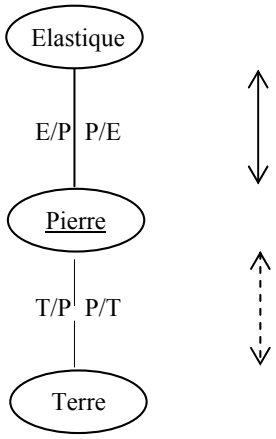
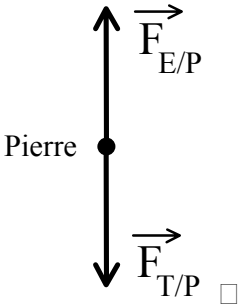
A. 1. Si la vitesse *et* la direction du mouvement d'un système ne varient pas (c'est à dire si le système est en équilibre ou en mouvement rectiligne uniforme), alors les forces qui s'exercent sur le système se compensent.

2. Inversement :

Si les forces qui s'exercent sur un système se compensent, alors la vitesse du système *et* la direction du mouvement ne varient pas.

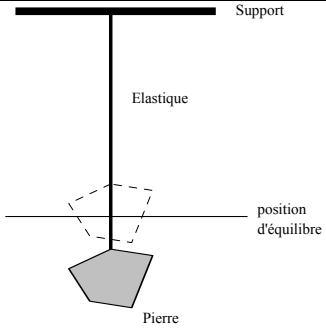
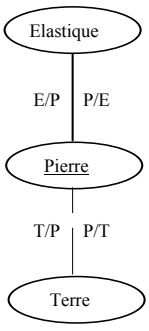
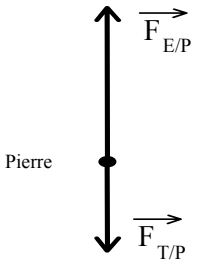
Cet énoncé est appelé principe d'inertie**.**

Exemple :

La pierre est dans sa position d'équilibre.	Diagramme pierre-interactions.	Les forces qui s'exercent sur la pierre se compensent.
		

B. 1. Si la vitesse *et/ou* la direction du mouvement d'un système varie, alors les forces qui s'exercent sur le système ne se compensent pas.

2. Inversement, si les forces qui s'exercent sur un système ne se compensent pas, alors la vitesse du système *et/ou* la direction de son mouvement varie.

La pierre est lâchée au-dessous de sa position d'équilibre : elle se met en mouvement vers le haut.	Diagramme pierre-interactions.	Les forces qui s'exercent sur la pierre ne se compensent pas.
		

Ces lois s'appliquent dans certains référentiels particuliers (appelés référentiels galiléens). Dans les situations étudiées cette année, elles s'appliqueront dans le référentiel proposé.

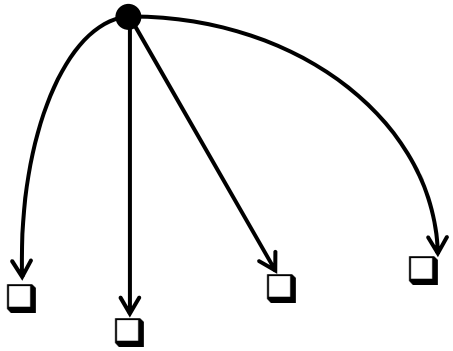
ANNEXE 3 : QUESTIONNAIRES AVANT ET APRES ENSEIGNEMENT

Question 1

Un personnage court en tenant une balle. Au moment où la photo ci-dessous est prise, il lâche la balle.

(a) Sur le schéma de droite, cocher le chemin approximatif de la balle que verra le photographe.





(b) Justifier la réponse :

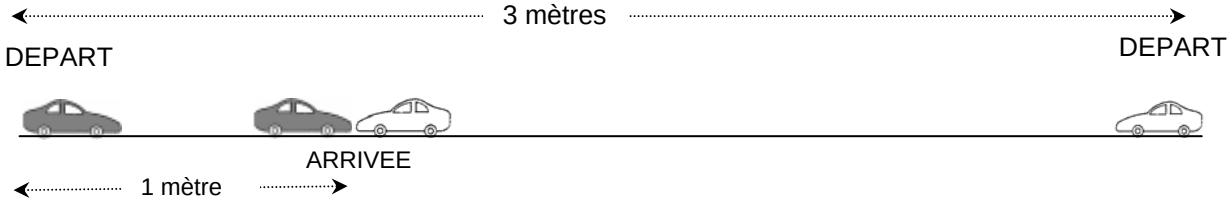
……
……
……

(c) Qu'est-ce qui agit sur la balle une fois qu'elle est lâchée (plusieurs réponses possibles) ?

……
……
……

Question 2

Deux voitures télécommandées, une grise et une blanche, se déplacent en ligne droite sur un rail de 3 mètres en partant chacune d'une extrémité.



Les deux voitures démarrent au même moment. Elles se rencontrent à une distance d'un mètre de l'extrémité gauche du rail, et s'arrêtent.

(a) Décrire ci-dessous en toutes lettres la trajectoire de la voiture blanche.

……
……

(b) Pour chaque voiture cocher la case qui correspond à la proposition que vous jugez correcte.

	Elle a un mouvement uniforme.	Elle a un mouvement non uniforme.
voiture grise	❒	❒
voiture blanche	❒	❒

(c) En moyenne, la voiture blanche a eu une vitesse plus grande que la voiture grise

Nous vous proposons des justifications données par des élèves. D'après vous quelle est la meilleure explication?

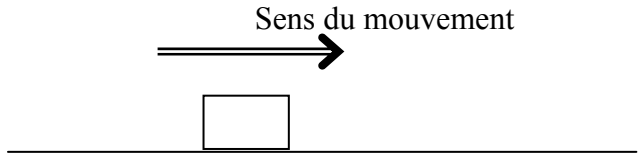
❒ La voiture grise a mis plus de temps à parcourir un mètre.

❒ La voiture blanche a parcouru deux fois plus de distance que la voiture grise en un temps identique.

❒ La voiture blanche et la voiture grise démarrent au même moment, la voiture blanche a fait un plus long trajet que la voiture grise donc la voiture blanche a une plus grande vitesse.

Question 3

Un joueur de hockey sur glace a lancé un palet. Une fois lancé, ce palet glisse sur la glace avec un mouvement rectiligne uniforme.



1. Qu'est-ce qu'un mouvement rectiligne ?

……
……
……

2. Qu'est-ce qu'un mouvement uniforme ?

……
……
……

3. Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le palet lorsqu'il glisse sur la glace :

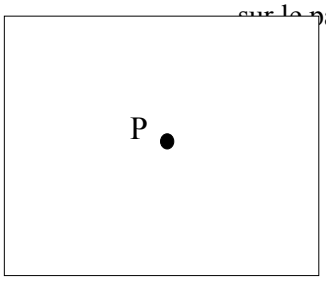
a) le poids. ❒

b) une force exercée par la glace. ❒

c) une force exercée par l'air ❒

d) une force dans la direction du mouvement. ❒

4. On a représenté ci-contre le palet par son centre P.
Complétez ce schéma en représentant à partir du point P toutes les forces qui s'exercent sur le palet.



Question 4 : VRAI ou FAUX

Les propositions suivantes sont-elles vraies ou fausses ? Justifier votre réponse.

1. Je pousse un stylo sur un bureau. Le stylo exerce une force sur moi pendant que je le pousse.

❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……

……
……

2. Je soulève un stylo du bureau. Le stylo exerce une force sur moi pendant que je le soulève.

❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

3. Un caillou se trouve sur le toit d'un camion. Le caillou exerce une force sur le camion.

❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

4. Un oiseau vole dans les airs. La Terre exerce une force sur lui.

❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

5. Un homme nage dans une piscine. La Terre exerce une force sur lui.

❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

6. Un tronc d'arbre flotte à la surface de l'eau. La Terre exerce une force sur lui.

❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

7. Je traîne une valise pleine. La valise exerce une force sur moi pendant que je la traîne.

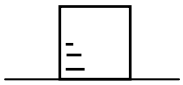
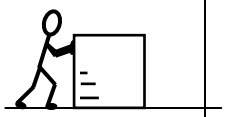
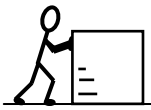
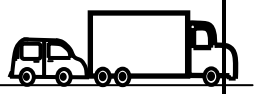
❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

Question 5

Remplir le tableau suivant :

	Une caisse est posée sur le sol  **Objet étudié : la caisse**	*Un homme pousse une caisse sans que celle-ci ne bouge.*  **Objet étudié : la caisse**	*Un homme pousse une caisse et la met en mouvement.*  **Objet étudié : la caisse**	*Un camion tire une voiture à vitesse constante sur une route droite.*  **Objet étudié : la voiture.**
Caractérisation du mouvement de l'objet étudié	❒ immobile ❒ rectiligne uniforme ❒ rectiligne non uniforme ❒ autre (préciser : ……..)	❒ immobile ❒ rectiligne uniforme ❒ rectiligne non uniforme ❒ autre (préciser : ……..)	❒ immobile ❒ rectiligne uniforme ❒ rectiligne non uniforme ❒ autre (préciser : ……..)	❒ immobile ❒ rectiligne uniforme ❒ rectiligne non uniforme ❒ autre (préciser : ……..)
Liste des forces exercées sur l'objet étudié				
Schéma légendé des forces exercées sur l'objet étudié *(dans les cases non barrées)*				

Question 6

Au début d'un match de basket l'arbitre prend le ballon et le jette à la verticale vers le haut.

1. Dans toute cette question, on s'intéresse à la montée du ballon, une fois que l'arbitre l'a lâché.
Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le ballon pendant cette phase :

a) une force verticale vers le haut exercée par l'air. ❒
b) une force verticale vers le bas exercée par l'air. ❒
c) une force verticale vers le haut exercée par la terre. ❒
d) une force verticale vers le bas exercée par la terre. ❒
e) une force verticale vers le haut exercée par la main de l'arbitre. ❒
f) une force verticale vers le bas exercée par la main de l'arbitre. ❒

2. Dans cette question, on s'intéresse encore à la montée du ballon, une fois que l'arbitre l'a lâché.
Pendant cette phase, la vitesse du ballon :

❒ augmente.
❒ diminue.
❒ ne varie pas.

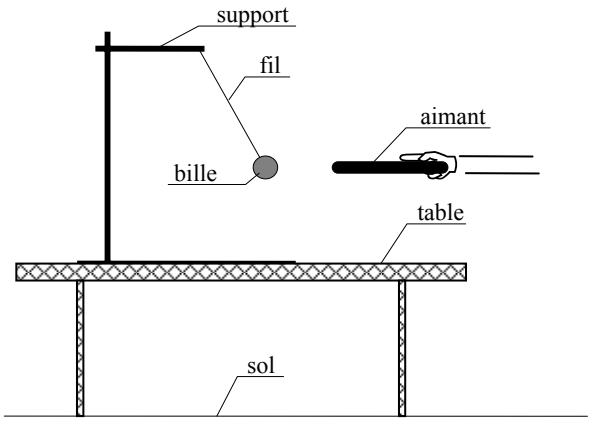
Justifiez par une ou deux phrases votre choix :

……

……

Question 7

On considère une bille d'acier suspendue par un fil en coton à un support en bois posé sur une table en bois dans une salle (comme représenté sur le schéma ci-contre). On approche un aimant du dispositif qui prend une nouvelle position d'équilibre stable, celle qui est représentée sur le schéma.



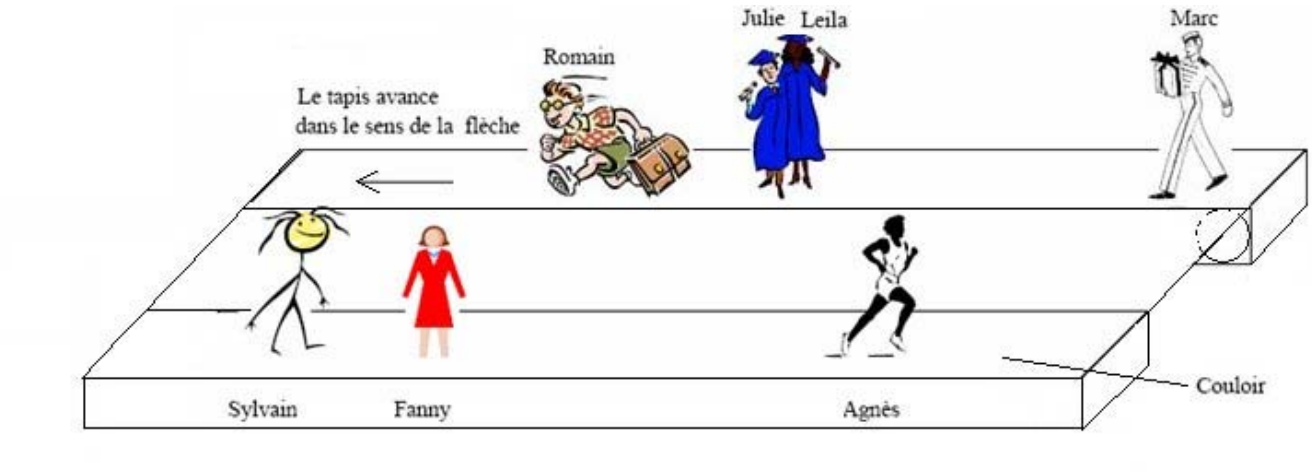
Cocher la case correspondant à la réponse pour chaque proposition.

	OUI	NON
1. L'aimant exerce une force sur la bille.	❒	❒
2. L'aimant exerce une force sur la main.	❒	❒
3. La Terre exerce une force sur le fil.	❒	❒
4. La Terre exerce une force sur la bille.	❒	❒
5. La Terre exerce une force sur la table.	❒	❒
6. Le fil exerce une force sur la Terre.	❒	❒
7. La Terre exerce une force sur l'aimant.	❒	❒
8. Le fil exerce une force sur le support.	❒	❒
9. Le fil exerce une force sur la bille.	❒	❒
10. La bille exerce une force sur le fil.	❒	❒

Question 8

Un tapis roulant est placé à côté d'un couloir. Le tapis est en mouvement par rapport au couloir dans le sens indiqué sur le schéma. Différentes personnes sont sur le tapis et d'autres personnes dans le couloir :

♦ **Julie et Leila** bavardent en se laissant transporter sur le tapis roulant.
♦ **Romain** court sur le tapis.
♦ **Marc** est sur le tapis et se déplace en marchant sur le tapis pour rejoindre les filles.
♦ **Fanny** est dans le couloir d'où elle regarde la scène.
♦ **Sylvain** marche dans le couloir.
♦ **Agnès** court dans le couloir.



On demande de déterminer le mouvement ou l'immobilité des personnes **les unes par rapport aux autres, à l'instant** qui correspond à la situation représentée sur le schéma.

COCHER *les cases du tableau qui correspondent à une réponse correcte.*

(La première ligne *du tableau est proposée en exemple : elle correspond à la situation de Leila)*

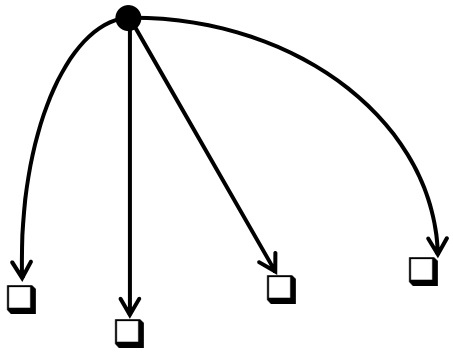
	Julie	Leila	Marc	Fanny	Romain	Sylvain	Agnès	Tous	Personne
Leila se rapproche de			x	x		x			
Julie est immobile par rapport à									
Julie s'éloigne de									
Sylvain s'éloigne de									
Fanny est immobile par rapport à									
Fanny s'éloigne de									
Marc s'éloigne de									

Question 1 :

Un personnage court en tenant une balle. Au moment où la photo ci-dessous est prise, il lâche la balle.

(a) Sur le schéma de droite, cocher le chemin approximatif de la balle que verra le photographe.





(b) Justifier la réponse :

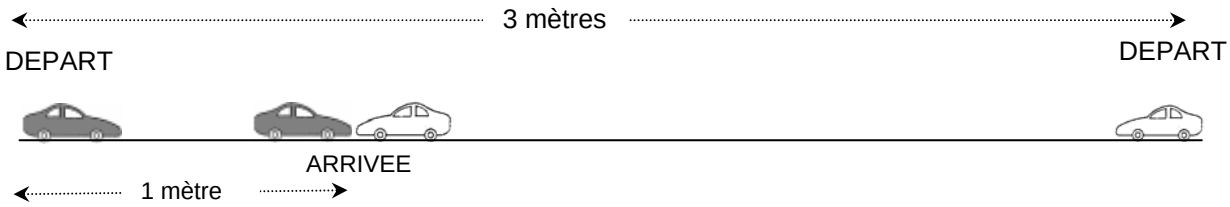
……
……
……

(c) Qu'est-ce qui agit sur la balle une fois qu'elle est lâchée (plusieurs réponses possibles) ?

……
……
……

Question 2

Deux voitures télécommandées, une grise et une blanche, se déplacent en ligne droite sur un rail de 3 mètres en partant chacune d'une extrémité.



Les deux voitures démarrent au même moment. Elles se rencontrent à une distance d'un mètre de l'extrémité gauche du rail, et s'arrêtent.

(a) Décrire ci-dessous en toutes lettres la trajectoire de la voiture blanche. 5

……
……

(b) Pour chaque voiture cocher la case qui correspond à la proposition que vous jugez correcte.

	Elle a un mouvement uniforme.	Elle a un mouvement non uniforme.
voiture grise	❒	❒
voiture blanche	❒	❒

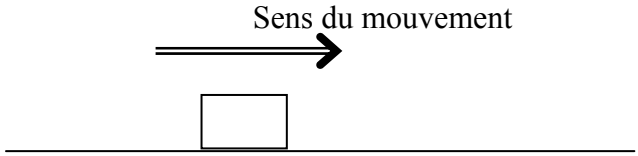
(c) En moyenne, la voiture blanche a eu une vitesse plus grande que la voiture grise

Nous vous proposons des justifications données par des élèves. D'après vous quelle est la meilleure explication?

❒ La voiture grise a mis plus de temps à parcourir un mètre.
❒ La voiture blanche a parcouru deux fois plus de distance que la voiture grise en un temps identique.
❒ La voiture blanche et la voiture grise démarrent au même moment, la voiture blanche a fait un plus long trajet que la voiture grise donc la voiture blanche a une plus grande vitesse.

Question 3

Un joueur de hockey sur glace a lancé un palet. Une fois lancé, ce palet glisse sur la glace avec un mouvement rectiligne uniforme.



1. Qu'est-ce qu'un mouvement rectiligne ?

……
……
……

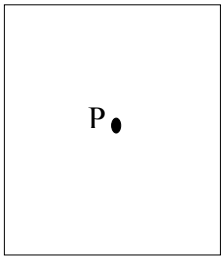
2. Qu'est-ce qu'un mouvement uniforme ?

……
……
……

3. Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le palet lorsqu'il glisse sur la glace :

a) le poids ❒
b) une force exercée par la glace. ❒
c) une force exercée par l'air ❒
d) une force dans la direction du mouvement. ❒

4. On a représenté ci-contre le palet par son centre P.



Complétez ce schéma en représentant à partir du point P toutes les forces qui s'exercent sur le palet.

Question 4 : VRAI ou FAUX

Les propositions suivantes sont-elles vraies ou fausses ? Justifier votre réponse.

1. Je pousse un stylo sur un bureau. Le stylo exerce une force sur moi pendant que je le pousse.

❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

2. Je soulève un stylo du bureau. Le stylo exerce une force sur moi pendant que je le soulève.

❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

3. Un caillou se trouve sur le toit d'un camion. Le caillou exerce une force sur le camion.

❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

4. Un oiseau vole dans les airs. La Terre exerce une force sur lui.

❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

5. Un homme nage dans une piscine. La Terre exerce une force sur lui.

❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

6. Un tronc d'arbre flotte à la surface de l'eau. La Terre exerce une force sur lui.

❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

7. Je traîne une valise pleine. La valise exerce une force sur moi pendant que je la traîne.

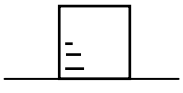
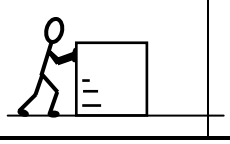
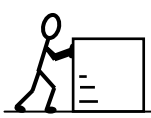
❒ VRAI ❒ FAUX ❒ on ne peut pas savoir

Justification :

……
……
……

Question 5

Remplir le tableau suivant :

	Une caisse est posée sur le sol	*Un homme pousse une caisse sans que celle-ci ne bouge.*	*Un homme pousse une caisse et la met en mouvement.*	*Un camion tire une voiture à vitesse constante sur une route droite.*
Objet étudié :				

	la caisse	**Objet étudié : la caisse**	**Objet étudié : la caisse**	**Objet étudié : la voiture.**
Caractérisation du mouvement de l'objet étudié	❒ immobile ❒ rectiligne uniforme ❒ rectiligne non uniforme ❒ autre (préciser : ……..)	❒ immobile ❒ rectiligne uniforme ❒ rectiligne non uniforme ❒ autre (préciser : ……..)	❒ immobile ❒ rectiligne uniforme ❒ rectiligne non uniforme ❒ autre (préciser : ……..)	❒ immobile ❒ rectiligne uniforme ❒ rectiligne non uniforme ❒ autre (préciser : ……..)
Liste des forces exercées sur l'objet étudié				
Les forces se compensent-elles ?	❒ oui ❒ non	❒ oui ❒ non	❒ oui ❒ non	❒ oui ❒ non
Schéma légendé des forces exercées sur l'objet étudié				

Question 6

Au début d'un match de basket l'arbitre prend le ballon et le jette à la verticale vers le haut.

1. Dans toute cette question, on s'intéresse à la montée du ballon, une fois que l'arbitre l'a lâché.
Parmi les forces ci-dessous cochez celles qui s'exercent sur le ballon pendant cette phase :

a) une force verticale vers le haut exercée par l'air. ❒
b) une force verticale vers le bas exercée par l'air. ❒
c) une force verticale vers le haut exercée par la terre. ❒
d) une force verticale vers le bas exercée par la terre. ❒
e) une force verticale vers le haut exercée par la main de l'arbitre. ❒
f) une force verticale vers le bas exercée par la main de l'arbitre. ❒

2. Dans cette question, on s'intéresse encore à la montée du ballon, une fois que l'arbitre l'a lâché.
Pendant cette phase, la vitesse du ballon :

❒ augmente.
❒ diminue.
❒ ne varie pas.

Justifiez par une ou deux phrases votre choix :

……

……

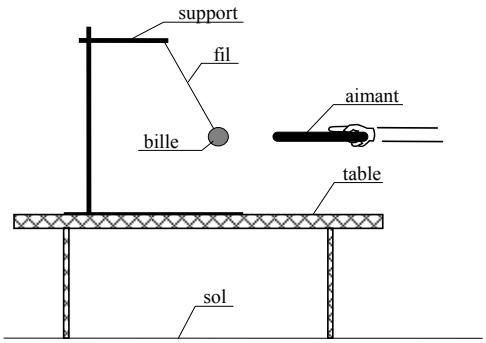
……

Question 7

On considère une bille d'acier suspendue par un fil en coton à un support en bois posé sur une table en bois dans une salle (comme représenté sur le schéma ci-contre). On approche un aimant du dispositif qui prend une nouvelle position d'équilibre stable, celle qui est représentée sur le schéma.

A- Cocher la case correspondant à la réponse pour chaque proposition.

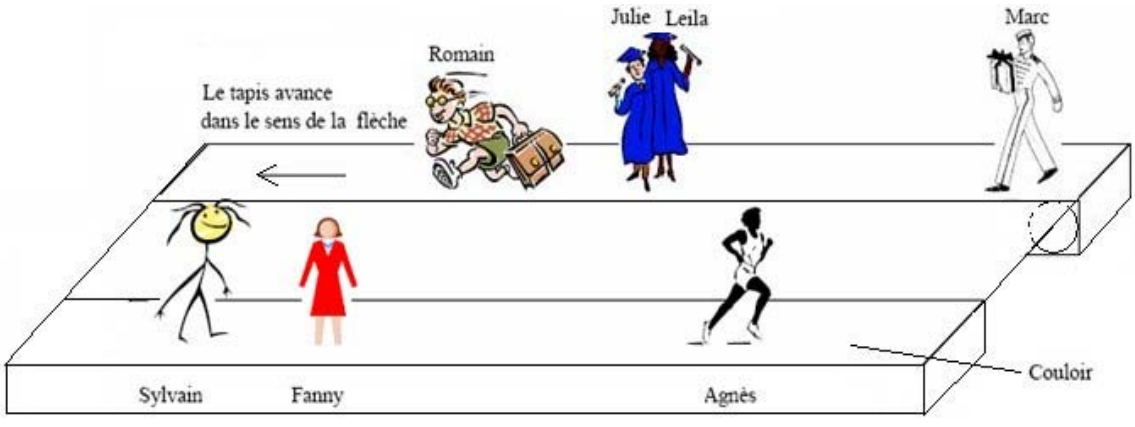
	OUI	NON
1. L'aimant exerce une force sur la bille.	❒	❒
2. L'aimant exerce une force sur la main.	❒	❒
3. La Terre exerce une force sur le fil.	❒	❒
4. La Terre exerce une force sur la bille.	❒	❒
5. La Terre exerce une force sur la table.	❒	❒
6. Le fil exerce une force sur la Terre.	❒	❒
7.La Terre exerce une force sur l'aimant.	❒	❒
8.Le fil exerce une force sur le support.	❒	❒
9.Le fil exerce une force sur la bille.	❒	❒
10.La bille exerce une force sur le fil.	❒	❒



B- Représenter les forces exercées sur la bille, qu'on a représentée ci-dessous :

●

Question 8



Un tapis roulant est placé à côté d'un couloir. Le tapis est en mouvement par rapport au couloir dans le sens indiqué sur le schéma. Différentes personnes sont sur le tapis et d'autres personnes dans le couloir :

♦ **Julie et Leila** bavardent en se laissant transporter sur le tapis roulant.
♦ **Romain** court sur le tapis.
♦ **Marc** est sur le tapis et se déplace en marchant sur le tapis pour rejoindre les filles.
♦ **Fanny** est dans le couloir d'où elle regarde la scène.
♦ **Sylvain** marche dans le couloir.
♦ **Agnès** court dans le couloir.

1. **On demande de déterminer** le mouvement ou l'immobilité des personnes **les unes par rapport aux autres, à l'instant** qui correspond à la situation représentée sur le schéma.
COCHER *les cases du tableau qui correspondent à une réponse correcte.*
(La première ligne *du tableau est proposée en exemple : elle correspond à la situation de Leila)*

	Julie	Leila	Marc	Fanny	Romain	Sylvain	Agnès	Tous	Personne
Leila se rapproche de			x	x		x			
Julie est immobile par rapport à									
Julie s'éloigne de									
Sylvain s'éloigne de									
Fanny est immobile par rapport à									
Fanny s'éloigne de									
Marc s'éloigne de									

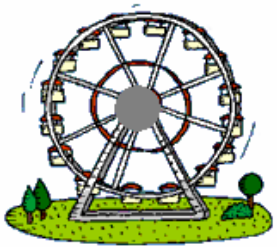
2. Parmi les sept personnages, citer ceux qui sont immobiles dans le référentiel "tapis roulant" :
……
……
3. Parmi les sept personnages, citer ceux qui sont en mouvement dans le référentiel "tapis roulant" :
……
……

Question 9

Dans une grande roue en train de tourner, un enfant est assis dans une nacelle.
1.Cocher la ou les case(s) adaptée(s) pour décrire le mouvement de l'enfant dans le référentiel Terre.

❒ Immobile
❒ Uniforme
❒ Rectiligne
❒ Circulaire
❒ Autre : . . . . . .

1.Donner la liste des forces qui s'exercent sur l'enfant.



2.Les forces qui s'exercent sur le système enfant se compensent-elles :

❒ oui ❒ non

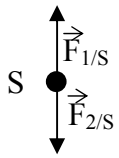
Justifiez.

……
……
……
……

Question 10

On a représenté ci-dessous deux schémas de toutes les forces qui s'exercent sur un système S à un moment donné. Pour chacun des schémas, indiquer si les propositions sont possibles, impossibles ou si on n'a pas assez d'informations pour choisir (pour chaque ligne une seule case doit être cochée). Le référentiel est la Terre.

Schéma n°1



❒ on ne peut pas ❒ impossible ❒ possible Le mouvement de S est rectiligne uniforme : choisir

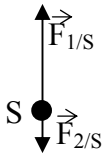
❒ on ne peut pas ❒ impossible ❒ possible Le mouvement de S est circulaire uniforme : choisir

❒ on ne peut pas ❒ impossible ❒ possible Le système S reste immobile : choisir

Justifier vos choix :

……
……
……
……
……
……

Schéma n°2



❒ on ne peut pas ❒ impossible ❒ possible Le mouvement de S est rectiligne uniforme : choisir

❒ on ne peut pas ❒ impossible ❒ possible Le mouvement de S est rectiligne non uniforme : choisir

❒ on ne peut pas ❒ impossible ❒ possible Le système S reste immobile : choisir

Justifier vos choix :

……
……
……
……
……

ANNEXE 4 :
SCHEMAS DES CLASSES

Schéma d'une salle de cours

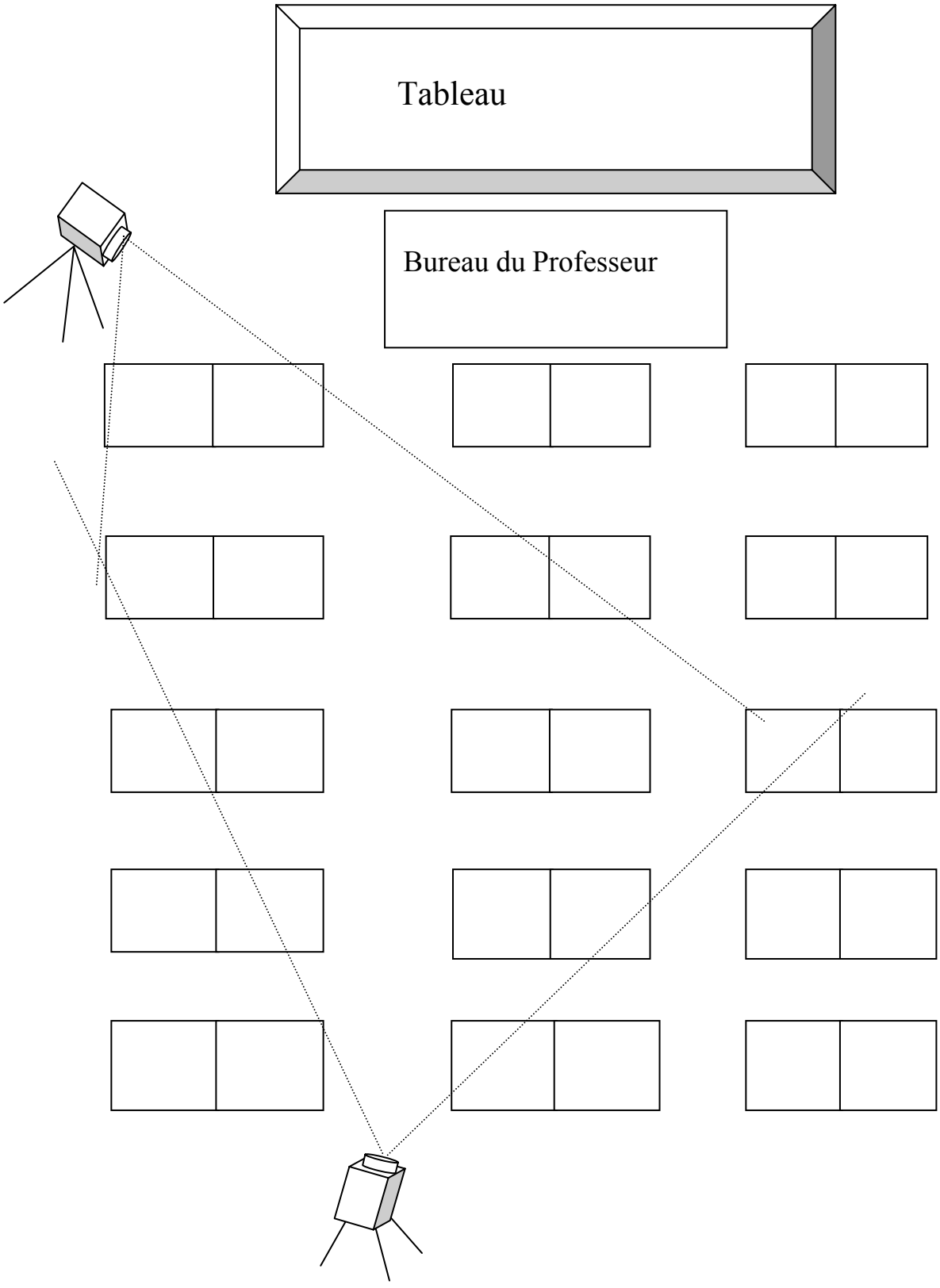
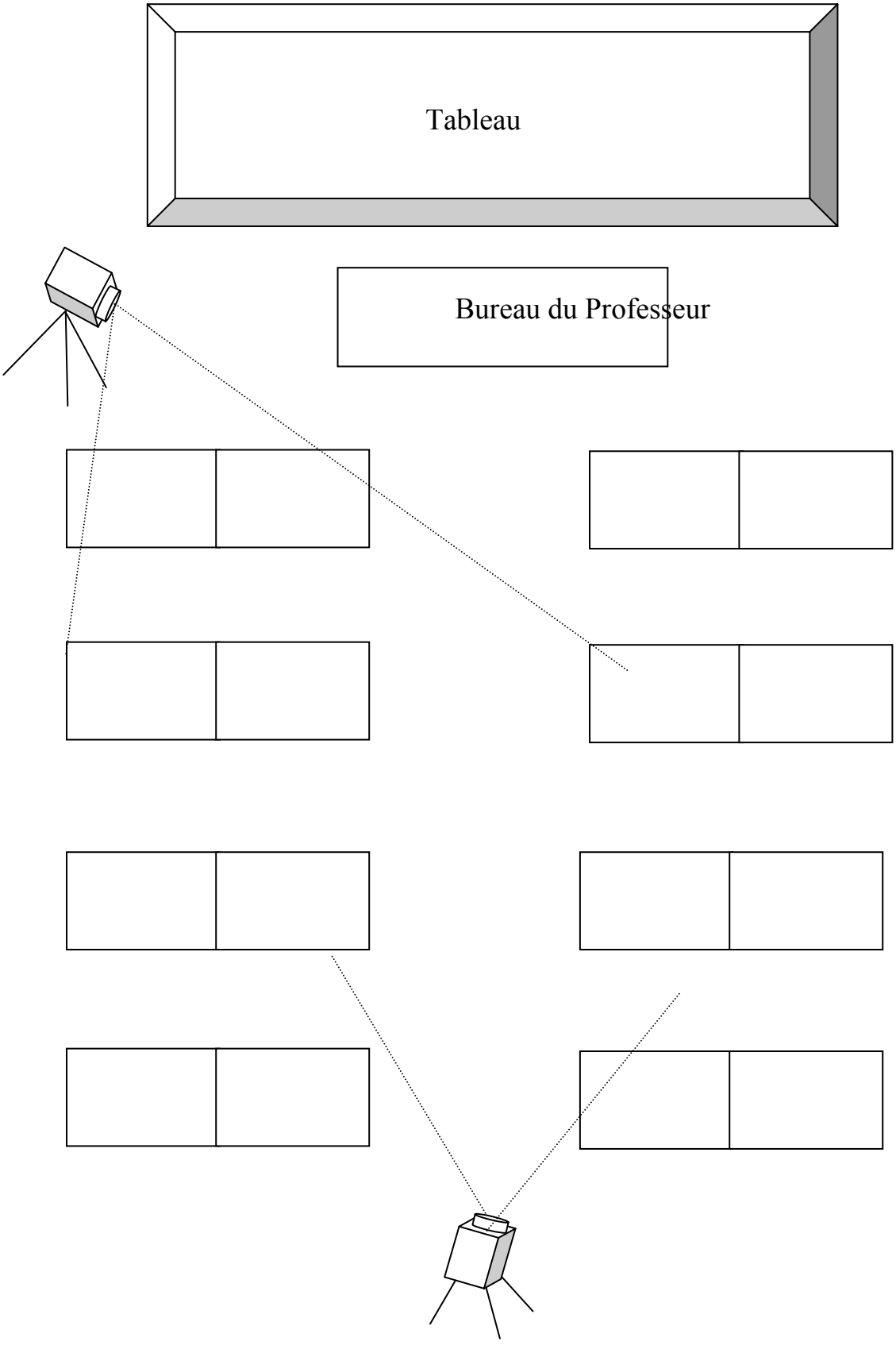


Schéma d'une salle de TP



ANNEXE 5 : TRANSCRIPTIONS CLASSE 1

Classe 1 séance 1 (3/03/05)

Thème 1 : effets d'une force

25 : 00 – 25 :30	alors je voudrais avec vous commencer à introduire la notion de force alors cette notion là vous la connaissez déjà depuis le collège mais on va essayer de revenir sur / tout d'abord les effets des forces bon première expérience très simple si on prend un objet
24 :28 - 42 :00	Expérience 1 : lance une éponge : on a un mouvement qui a une certaine forme Expérience 2 : donne une « baffe » dans un ballon de baudruche : trajectoire modifiée [27 :45 P impose d'employer le mot force (si on emploie le mot force dans la phrase puisque vous avez parlé de force au collège)] : l'effet d'une **force** ça peut être **modifier** le **mouvement** au sens large de l'objet mais aussi modifier la **forme** de l'objet . Expérience 3Bille et planche à où est accroché un aimant ***Les effets d'une force : une force s'exerçant sur un objet peut : -le déformer - le mettre en mouvement*** ***- modifier son mouvement qui peut avoir deux aspects/ changer sa vitesse et / ou sa trajectoire***

24 : 00	P	alors je voudrais avec vous là commencer à introduire la notion de vitesse euh
	E	force
	P	force d'accord bien alors cette notion là vous la connaissez déjà depuis le collège mais on va essayer de revenir sur / tout d'abord les effets des forces bon première expérience euh très simple si on prend un objet alors j'en ai toujours un dans la main … si on prend un objet on le lance (*P lance l'éponge*)
	E	ouah
24 :28	P	celle là je suis sûr de la réussir profitez en cette expérience si on le lance on s'aperçoit que on a … cet objet qui se déplace on a un mouvement qui a une certaine forme
	E	hum
	P	Bien là c'est une première chose deuxième chose deuxième objet j'essaye de pas marcher sur les fils (*prend un ballon gonflé*) alors l'objet
	E	.. crevé
(26 :14)	P	Je l'ai pas encore crevé
	E	Je pourrai
	P	alors cet objet là a un mouvement (*P met le ballon en haut en tirant son bras*) au départ je vais le lâcher et puis avec un peu de chance je vais pas le rater (*P lâche le ballon qui va de haut en bas puis le tape le ballon part à l'horizontale vers les élèves*)
(26 :23)	E	Ouaaaaaaih
		…..
(26 :30)	P	…. Non non j'ai fait ça c'est plus facile pour pas rater (*P rattrape le ballon renvoyé par des élèves*) merci donc deuxième chose alors avant de passer aux autres exemples celui là pour commencer le phénomène là qu'est ce qui se passe quand je donne une « baffe » à ce ballon qu'est ce qui se passe allez je vous écoute et puis on verra…. Gaelle
(26 :54)	G	Le mouvement est accéléré
	P	Tout d'abord tu considères le mouvement de quel objet ?
	G	Le ballon
25 :58 (27 :02)	P	Le ballon / son mouvement est
	El	Accéleré ??

	P	Accéleré ça veut dire que le ballon va
	E	…
	P	Chut (désigne un élève avec le doigt)
	E	Plus vite
	P	Alors il va plus vite quand Gaelle
	el	Dès que la main touche le ballon
	P	Est-ce que tu es d'accord
	el	Ben oui mais à la fin il est modifié aussi
		…
(27 :23)	P	(*P refait l'expérience : lâche le ballon puis le cogne*) alors à la fois on a vu .. vertical et puis la trajectoire est franchement modifiée et puis peut-être si j'ai tapé assez fort / j'aurai pu ne pas taper fort/
	E	…. Hum
26 :45	P	Peut-être j'ai tapé assez fort la vitesse a augmenté c'est le cas ici mais j'aurais pu juste à peine l'amortir à la limite ça n'a pas été le cas mais son mouvement Amélie
	A	Il est forcément modifié
(27 :44)	P	Il a été modifié donc si on prononce le mot de force Amélie dans une belle phrase dont tu as le secret qu'est ce que tu dirais ici … sur ce qu'on vient de voir
(26 :57)	A	Euh euh la trajectoire
	P	Vas-y vas-y ….
	A	*Rire* .. .
	P	C'est le trac ne t'inquiète pas ça s'arrange
	A	Non non non mais . au contact de la main la trajectoire a été modifiée
	P	La trajectoire a été modifiée
	R	Par la main
	P	bon mais encore Marine
	E à E	Vas-y prends …..
	M	Euh au contact de la main euh la trajectoire du ballon a été modifiée
	P	D'accord
27 30	P	ouais et elle a parlé de vitesse aussi
	E	La vitesse
(28 :35)	P	Est-ce que la vitesse a été modifiée
	E	Dans ce cas précis oui mais sinon
	P	la vitesse a été modifiée parlez plus fort parce que ceux du fond n'entendent pas Agathe par exemple
		….
27 :46 (28 :45)	P	Bien si on emploie le mot force dans la phrase puisque vous avez parlé de force au collège Vincent
(28 :55)	V (au fond)	La trajectoire de la… est déviée grâce à une force externe
(27 :57Elmvw)	El (devant)	(à mi-voix en regardant le professeur) Ah non pas moi
	P	Quelle force précise là
	V	Eh ben de la main
(29 :06)	P	La force de la main …exercée par la main sur le ballon on est d'accord La force exercée par la main sur le ballon a modifié la trajectoire de quel objet (?)
	E	Le ballon
(29 :18)	P	Le ballon bien
	E	…
28 :37	P	Est-ce qu'au moment du contact là j'ai pris exprès un ballon un peu mou est-ce qu'au moment du contact Adrien qui est un spécialiste du ballon j'en sais quelque chose peut-être qu'on se retrouvera au tournoi de foot au moment de la finale … on verra bien alors au moment du contact est-ce qu'il y a que le mouvement du ballon qui est modifié (?)
		….
		.. ;
(29 :46)	E	Non il y a le ballon lui-même

	P	Chut oui non euh Agathe
	P	…
	E	La forme
	P	écoutez ce qu'il dit là
		….
29 :08	P	La forme du ballon est ce qu'on est d'accord
	el	Oui
	P	J'ai pas pris un ballon de foot ou un ballon de basket très gonflé… un ballon comme ça quand vous le tapez vous devez concevoir que si on tape un peu fort il y a quand même une déformation
	El	Oui
29 :26	P	donc on voit déjà l'effet d'une force : l'effet d'une **force** ça peut être qu'est ce que ça peut être
29 :30		modifier le mouvement au sens large de l'objet mais aussi modifier la
(30 :40)	El	Forme
29 :40	P	La forme de l'objet bien est ce que dans le cas de la trajectoire parabolique de l'éponge est-ce qu'on a eu un phénomène de ce genre là (?)
	El	Non
	P	Stéphanie Est-ce que la trajectoire de l'éponge a été modifiée sous l'effet d'une force (?)
	P	Je le refais et je le réussis (*P lance l'éponge*)
	El	Non
	P	La trajectoire n'est pas modifiée sous l'effet d'une force
	El	Non
	P	bon
30 :15	El	Si la force de là si si la force de la la force de la Terre
30 :19	P	La force exercée par la
	El	Terre
(31 :25)	P	Sur
	El	
(31 :27)	P	Sur l'éponge parce que si la Terre n'était pas là
		..
(31 :32)	P	Je le lance la Terre n'est pas là près de nous près de cette éponge Marlène
	E	
	P….	Regarde je lance comme ça qu'est ce qu'elle ferait Marlène
	E	
	P	Elle flotterait … elle continuerait comment
		……
	El	Elle finirait jamais
	P	Elle continuerait comment
30 :51	El	dans la direction où on la lance
	P	dans la direction où on la lance
	..	….
	P	Elle ralentirait
	El	Non
		……
31 :02	P	Si il y a l'air ça peut ralentir
	P	Je continue je vais essayer de faire une petite expérience là mais je sais pas si je vais y arriver parce qu'il me faut des gens qui me ramassent les billes qui filent
		….
	P	Est-ce que vous avez vu quelque chose mis à part que tout le monde a rigolé ..
		(recommence l'expérience)
32 :20	P	Vous avez vu quelque chose
		. ;
	P	Encore une fois

		…
32 :53	P	Qu'est ce qui c'est passé pour la bille
		….
(34 :01)	P	En descendant vers la droite donc elle a subi (?)
	Es	?? une déviation
33 :05	P	Une déviation bien est-ce que son mouvement a été modifié
33 :24 (34 :24)	P	Ben si ça a continué à descendre vous avez vu ça a descendu mais au lieu de descendre suivant la ligne de plus grande pente
	E	Elle va vite
	P	il y a eu une déviation comme ça non . ..
	E	hum
(34 :35)	P	Donc le mouvement globalement a
33 :38		Changé bien donc finalement on s'aperçoit qu'une force peut modifier le mouvement d'un mobile peut être même qu'est ce que ça peut faire ça peut déformer ce mobile est ce que là on a vu la déformation (?)
	El	Non
	P	Non et puis puisqu'on y est (répète) ça peut aussi peut être (*P prend une bille et un aimant il lâche la bille qui se déplace vers l'aimant*) modifier j'arrive à faire des choses extraordinaires
	E	Rire bravo …
(35 :16)	P	Ça peut mettre aussi (*refait l'expérience aimant bille*) en mouvement un mobile
	E	
34 :24	P	Est ce que la mise en mouvement d'un mobile c'est quelque chose de vraiment différent de modification du mouvement d'un mobile (répète)
	E	J'ai pas compris ce que vous venez de dire …
(35 :35)	P	Chut je répète *Refait expérience* là si je bouge pas la bille que vous voyez peut être ici au départ est au repos par rapport à la salle et puis elle se met elle monte elle se met en mouvement donc la bille subit une force de la part de quoi (?)
(36 :00)		De l'aimant
35 :02	P	De l'aimant exercée par l'aimant sur la bille ça la met en mouvement est ce que c'est vraiment différent de modification de mouvement (?)
	El	Non
(36 :10)	P	Est-ce qu'au début elle était comment cette bille quel était Mohamed quel était le mouvement de la bille avant
	E	.. ; statique
(36 :19)	P	… Elle était au repos et statique comme tu as dit elle était au repos et ensuite elle est partie vers le haut donc il y a eu une vitesse qui a été acquise il y a une accélération vers le haut finalement on pourrait pratiquement dire que c'est le même genre de chose que modification de mouvement au début la vitesse était nulle la vitesse a changé bien on va noter tout ça
35 :51 (36 :53)		*P écrit au tableau*
(37 :07)	P	…alors les expériences qu'on a vu les expériences qu'on a vu alors qu'est ce qu'on a vu … (*P dessine et écrit au tableau*) ça c'était le mouvement d'une éponge il est parabolique quelle était la cause de la forme de ce mouvement
	E	
(37 :47)	P	On voyait ici l'action de quel objet sur quel objet .. Stéphanie
	E	
	P	… action de la Terre sur l'éponge qui était mise en valeur après on a euh travaillé avec le ballon là le ballon il allait recevoir un choc
(38 :26)	E	Une tarte (en privé)
	P	Au début il descendait et ensuite
	E	
(38 :32)	P	sa trajectoire avait franchement changé d'accord chut donc pour ce ballon qui a été dévié qui a reçu un choc donc là c'était l'action de la main sur le ballon ensuite dernière chose on avait l'aimant une ville d'acier pour qu'elle soit aimantable sa

		trajectoire était de ce type là … et là c'était l'action de l'aimant dur la bille …..
		….
(40 :50)	P	Allez on va noter ça rapidement
(41 :11)	P	Donc après ça on va marquer les effets d'une force… une force s'exerçant sur un objet peut alors qu'est on a dit déformer l'objet le déformer (*écrit au tableau*) le mettre en mouvement le dévier ça veut dire modifier sa trajectoire.. mais aussi peut être sa vitesse il pourrait aussi y avoir ce phénomène là donc de manière générale c'est modifier son mouvement modifier son mouvement ça peut être ça peut avoir deux aspects changer la vitesse et/ou la trajectoire (répète et écrit au tableau). Une force peut déformer l'objet modifier son mouvement et … modifier son mouvement c'est changer sa vitesse et/ou modifier sa trajectoire l'un ou l'autre ou les deux ça dépend des cas.
	P	*Professeur efface le tableau*
(43 :24)	P	Ça y est ensuite interactions (prof écrit au tableau) interaction alors au niveau des sensations là ...
		….

Thème 2:

Thème 2.a : actions réciproques

43:24 – 46:54	Prof écrit au tableau interaction (« ensuite interaction ») Au niveau des sensations (si on frappe un ballon de basket personnellement je sais que je vais le ressentir). Le mouvement de la main va changer de direction. Le ballon de basket exerce une force sur la main. Moralité (44 :44) si ma main agit sur le ballon sur le ballon de basket, le ballon de basket agit sur ma main 45 :08 prof dicte : **Lorsqu'un objet A agit sur un objet B alors simultanément l'objet B agit sur l'objet A**
46:54 – 51:04	Interaction à distance et interactions de contact

42 :27 (43 :30)		Ça y est ensuite Interactions *Prof écrit au tableau interaction)* interaction alors au niveau des au niveau des sensations là quand vous frappez ce ballon qui tombe vous ressentez pas grand chose maintenant vous le frappez et en fait c'est pas un ballon de baudruche c'est un médecine-ball ou bien c'est un ballon de basket
	E	(privé) ça fait mal
	P	il est en train de chuter vous lui donner une baffe
	E	C'est plus lourd
	P	personnellement je sais que je vais le ressentir
	E	ouais
		…
43 :22		Alors comme on a dit tout à l'heure si le ballon de basket par exemple si le ballon de basket a vu son mouvement modifier par cette baffe peut-être déjà que déjà le mouvement de ma main Marine
	E	… je réfléchis tout haut mais je sais pas
43 :46	P	Si c'est un ballon de basket est ce que quand .. il est en train de chuter je suis en train de lui donner une claque comme ça Geoffroy
		…
	P	Est ce que la main va avoir ce mouvement (*fait le mouvement de gauche à droite*) qui va être modifié par le choc avec le ballon de basket X
	E	.il va être modifié alors
	E	.. ; changer de direction
44 :10	P	… changer de direction le mouvement de la main c'est sûr le choc deuxièmement … la main parce que ça déforme la main aussi ça veut dire que le ballon de basket est-ce qu'il exerce une force sur la main (?)
	el	Oui
44 :22	P	Eh oui ça veut dire que même celui-là mais celui-là exerce une force qui me donne une

		sensation faible mais le ballon de basket on le sent bien moralité le ballon de basket il exerce aussi une force sur ma main lors du choc donc finalement si ma main agit sur le ballon de basket, le ballon de basket agit en même temps sur la main c'est la même chose pour le ballon de baudruche mais la sensation est plus faible donc on va marquer lorsqu'un objet A agit sur un objet B (répétition en 45 :18 (46 :15)) alors simultanément (repet) l'objet B agit sur l'objet A c'est réciproque d'accord

Thème 2.b : interaction à distance et interaction de contact et action réciproque

46:54 – 51 :04	Il existe des interactions à distance et des interactions de contact Donne des exemples : aimant qui agit sur la bille Terre attirée par l'éponge et l'éponge est attirée par la Terre Frapper le ballon : interaction de contact

45 :55 (46 :53)	P	Alors il existe des interactions à distance et des interactions de contact marquez interaction à distance dans les cas qu'on a étudiés X
		…. *Expérience avec aimant et bille*
45-57 (46 :54)		Alors il existe des interactions à distance et des interactions de contact marquez interaction à distance dans les cas qu'on a étudié là tout à l'heure
	E	L'aimant qui agit sur la bille
	P	L'aimant agit sur la bille mais est ce que la bille agit sur l'aimant
	E	Ouais …..
	P	Effectivement tout à l'heure tel que c'était il y avait du scotch il pouvait pas se déplacer mais vous savez qu'on peut approcher l'aimant comme ça en tenant la bille (fait l'expérience)
		…. *Expérience avec aimant et bille*
46 :45 46 :55 (47 :54)	P	En tenant la bille bon là si je la rapproche d'assez près vous voyez que l'aimant d'une certaine manière il est lourd quand même mais il va se soulever pour être accroché à la bille La bille agit sur l'aimant l'aimant en même temps agit sur la bille donc interaction à distance on avait l'interaction magnétique l'interaction magnétique en première et puis on en a vu une autre avec cette trajectoire d'éponge là Agathe
	el	. .terre
47 :16 (48 :15)	P	Eh oui est-ce que la Terre attire l'éponge oui mais est-ce que l'éponge attire la Terre Agathe
	El	Ben oui
		…
	E	Elle fait pas bouger la Terre mais
	P	Alors on n'a pas vu
		…
	P	Voilà il y a deux choses qui se distinguent tout d'abord il y a le mouvement qui se fait on est d'accord regarde Agathe on fait tomber l'éponge elle est attirée par la Terre bien est ce que la Terre est attirée par l'éponge (?)) en même temps
(48 :50)	P	Oui sauf que tout d'abord des éponges il y en a tout autour de la …Terre il y a toute sorte de choses alors elle a pas que ça à faire la Terre d'aller vers l'éponge
	E	
	P	Symétrique bien deuxièmement la Terre elle est un petit peu plus
(49 :03)	E	lourde
	P	Lourde que l'éponge un petit peu plus lourde et l'effet de l'attraction de l'éponge sur la Terre l'effet
	E	

	P	Est très petit .et comme tu as dit il est
	E	infime
(49 :17)	P	infime donc on a l'interaction entre la Terre et l'objet ça s'appelle une interaction gravitationnelle due aux masses (*P écrit au tableau*
	E	(privé) due aux masses
(49 :31)	P	Tout à l'heure on a dit interaction magnétique *P écrit au tableau*
	E	
	P	Chut il existe aussi l'interaction à distance laquelle ?
	P	Si on frotte une règle et si qu'on ramasse les petits morceaux de papier avec la règle frottée … interaction (?)
	E	?? statique
	P	Electrique
	P	Alors ça c'est à distance maintenant dans les exemples qu'on a montré tout à l'heure laquelle serait une interaction de contact (?)
	P	Lorsqu'on frappe le ballon au moment du choc … après il y a les interactions de contact *P écrit au tableau*) le ballon frappé par la main on pourrait dire … à l'envers
	E	La main frappée par le ballon
	P	La main frappée par le ballon ça serait vrai aussi bien
(51 :31)		Sonnerie
	P	Je veux vous rendre vos copies et demain je vous donnerai la correction (*Prof distribue les copies*)

Classe 1 séance 2 (4/03/05)

Thème 1 : rappel des interactions

0:50 (1 :10 prof) (0 :50Pw) 2 :16	P	…allez installez vous s'il vous plait alors on finit rapidement le paragraphe d'hier et ensuite on applique ça au ??? du livre donc hier on en était à grand 2 force grand 2 force on a montré quelques expériences et on a parlé des effets d'une force je répète (répète). Ensuite on a parlé des interactions je vous rappelle que si j'exerce une action sur une personne par exemple je pousse Marlène si je la pousse en même temps ma main elle va fléchir à la fois Marlène va peut-être se déplacer peut-être que les muscles vont être un petit peu écrasés et même temps ma main va fléchir (*fait un geste avec sa main*) en même temps que j'exerce une action sur elle, elle exerce une action sur moi il n'y a pas de retard c'est simultanée bien.
2 :18 (2 :24)	P	Maintenant on va parler de la notion de forces ces actions là on va les modéliser par des forces …

Thème 2 : Forces: modélisation des actions et représentation

2:24 (2 :24)	P	Maintenant on va parler de la notion de forces ces actions là on va les modéliser par des forces donc en est à 2 petit b représentation d'une force allez (*les élèves écrivent*) alors représentation d'une force il faut bien se rendre compte d'une chose c'est que quand on parle d'interaction quand on parle d'une interaction un objet A agit sur un objet B,
	El	(*privé*) hum
	P	et l'objet B en même temps agit sur A.
	El	(*privé*) oui
	°	Par exemple ici si je prends *(3 :16 bande prof) : le prof prend le dispositif support – élastique – boule et le met sur sa table*) : ce ce pendule là si je considère l'objet la boule elle est en contact avec le fil s'il n'y avait pas le fil qu'est ce qu'elle ferait
3 :26 (3 :32Pw)	E	Elle tomberait
3 :27	P	Elle tomberait donc le fil exerce une action
	E	Une force
	P	une force sur la boule … vers le
		Le fil exerce une action sur la boule vers le
	E	haut
		haut parce que sinon elle tomberait elle tomberait d'accord mais en même temps s'il n'y avait pas la boule le fil ne serait pas
(3 :55)	e	tendu
4 :00	P	Tendu ne serait pas tendu donc la boule exerce ainsi une force sur.
	E	La ficelle
4 :03Pwmv	P	le fil si maintenant je parle des forces il faut que je dise par exemple le système que je considère c'est la boule le système que je considère c'est la boule sur cette boule s'exerce une force de la part de quoi (?) de la part du fil cette force sera donc la force exercée par le fil sur la boule (*P touche la boule*). Il faut que je précise sur quel système elle s'exerce d'accord donc je parle toujours du système qui reçoit l'action donc ici c'est la boule donc ce qu'on va noter pour être assez rapide dans représentation d'une force *dicte* l'action exercée par un objet A sur un objet B peut être modélisée par la force par la force $F_{A/B}$ de A sur B par la force $F_{A/B}$ de A sur B … (*Prof écrit au tableau*) (répète) B c'est le receveur celui qui reçoit la force de la part de
6 :08Pwmv	E	A (privé)
6 :03 (6:10)	P	A alors cette force cette force travaillons sur un exemple celui qui était là (*Prof dessine au tableau)* on a un fil on a une boule *Prof se retourne devant le dispositif (6 :26 bande prof*) : si je dis le système que je considère c'est la boule si la boule c'est le système considéré (*écrit au tableau*)

		Ça veut dire
	P	Ça veut dire celui que j'étudie alors cette boule elle reçoit une force de la part
	E	Du fil
	P	Du fil c'est la force exercée par le fil sur la boule
		Sur la boule
7 :15 6 :57Pwmv	P	Sur la boule on va parler de la force exercée par le fil sur la boule (*écrit au tableau* $F_{fil/boule}$) la boule c'est le système qui reçoit (*écrit au tableau* : force exercée par le fil sur la boule (*P écrit au tableau*). bon on sait que la boule exerce aussi une force sur le fil mais quand j'écris ça je considère qu'une de ces deux forces j'ai bien précisé laquelle parce que j'ai dit le système considéré c'est la boule bon hein puisqu'on y est Elx cette force exercée par le fil sur la boule elle est vers le haut ou vers le bas (?)
7 :38	E	… force exercée par le fil (?) elle est vers le haut
	P	Est ce que elle va ?? une certaine direction . ;
	E	Moi je dis vers le bas (*doucement*)
	P	..dans quelle direction (?) suivant la
(7 :58Pwmv)	E	Euh Je comprends pas ….
7 :53	P	Vers le haut ça peut être comme ça (*fait un geste avec sa craie en biais*) ça c'est vers le haut (?) suivant la
		verticale
8 :02Pwmv	P	Verticale d'accord donc pour cette force-là il va y avoir un sens tu as dit
	E	oui
	P	vers le haut une direction
	E	verticale
	P	la verticale qu'est ce qu'il y a encore comme indication concernant cette force là (*8 :26 bande prof*) euh Elx…
8 :30Pwmv	P	où s'arrime cette force (?)
	E	
P (bande prof 8 :36)	P	:alors au point d'attache ici sur le dessus . elle s'applique au point d'attache d'accord donc c'est le point d'application puis cette force elle est plus au moins
	E	Forte (chuchoter)
8 :48	P	grande ça s'appelle
	P	non ça s'appelle pas la masse
	E	L'intensité
8 :57Pwnv	P	Bon l'intensité de la force je ne sais pas si en collège vous l'avez appris comme ça la grandeur de la force … on ne vous a pas parlé des forces en collège
	E	Si mais vraiment un peu
9 :10Pwmv	P	ou la mesure de la force non alors une force va avoir donc au niveau vectoriel quatre aspects puisque c'est un vecteur il y a à la fois une direction il y a un sens de force, un point d'application, et il y a une valeur numérique … on a dit intensité de la force bon alors l'intensité de la force une force comme ça on l'appelle F de A sur B et on enlève la flèche ça sera l'intensité (*inclusion nouveau thème 10 :07Pwmv*) au fait une force ça se mesure en quelle unité
		…
(10 :07Pwmv)	P	Au fait une force ça se mesure en quelle unité …. ça se mesure l'intensité d'une force Amélie
	E	…
10 :28	P	(*prend le dynamomètre*) Alors pour les adeptes du body building on a ici un appareil que vous avez peut-être vu en collège
	E	Ah oui
	P	peut-être qui permet de mesurer une force comment ça s'appelle (?) (*P montre le dynamomètre*)
	E	…
	E	Un forcomètre
10 :43Pwmv	P	Ça pourrait être un forcomètre voire un newtonmètre mais ça s'appelle un dynamomètre
	E	Ah …
	P	d'accord un dynamomètre. ça permet de mesurer l'intensité d'une force et .. unité qui

		est le Newton on est d'accord voilà donc l'intensité de la force se notera F de A sur B mais sans la flèche c'est mesuré en Newton symbole N majuscule mesurer par quoi ? par un appareil qui s'appelle un dynamomètre (*fin du thème « inclus »* en 11 :23Pwmv)
11 :33 (11 :42Pwmv)	P	Alors si je représente cette force sur le schéma qui est là si je représente cette force la force exercée par .. le fil sur la boule donc on a dit qu'elle était vers le haut verticale vers le haut point d'application point d'attache il est là elle est verticale vers le haut on la représente par un vecteur qui est le vecteur (*P dessine au tableau pendant toute l'intervention*)
12 :20 (12 :28)	P	la force exercée par le fil sur la boule et le système que je considère c'est la boule …d'accord voilà sa norme sa valeur numérique pouvant être mesurée par un dynamomètre bien (*prof s'éloigne du tableau et revient*) voilà comment on représente les forces / une dernière chose quand j'aurai noté ça on va travailler sur les forces (*prof prend l'effaceur et le garde en main*) et les masses alors même si ça sonne j'aimerais bien qu'on finisse ce paragraphe force et masse même si ça dépasse de trois minutes ….(*Prof prend un récipient sur le bureau et va devant le bureau*) alors vous avez sur vos tables des balles de ping-pong (?)

Thème 3 : force et masse

(13 :29 prof)	P	on va travailler sur les forces (*prof prend l'effaceur et le garde en main*) et les masses alors même si ça sonne j'aimerais bien qu'on finisse ce paragraphe force et masse même si ça dépasse de trois minutes ….(*Prof prend un récipient sur le bureau et va devant le bureau*) alors vous avez sur vos tables des balles de ping-pong (?)
El		Oui
		…
P (13 :40)		Je vous donne des balles de ping-pong un peu spéciales
		…
	El	remplies d'eau
		Prof se déplace dans les rangs et donne une balle à chaque groupe
		…
(14 :26)	P	Est-ce que tout le monde a les deux balles de ping-pong l'une avec de l'eau à l'intérieur et une sans eau [.. ;.] ce qui m'intéresse de voir l'effet d'une force sur la balle de ping-pong mais nous avons ici deux balles de ping-pong qui ont le même aspect le même volume […] et qu'est ce qu'elles ont de différent par contre (?)
	El	La masse
(14 :55) (15 :15)	P	La masse est différente on les pose […] toutes les deux sur la table et vous vous débrouillez pour souffler de la même manière sur les deux en même temps vous les mettez l'une à côté de l'autre et vous voyez ce que ça donne […]
		P prof se déplace dans les rangs élèves font l'expérience
(15 :25)	E	…. Il y en a une qui va vite et une qui va …
	E	… Comme il y a pas d'eau …
(15 :56)	P	Bon autre chose … vous allez faire rouler la balle de ping pong et elle va rouler comme ça (fait un geste en ligne droite) et vous allez souffler en travers alors vous essayez avec une balle vous voyez le résultat et vous essayez de souffler de la même manière avec l'autre balle et vous voyez le résultat mais en travers cette fois ci perpendiculairement
(16 : 27)		*Elèves commencent à le faire*
(16 :49)	P	Soufflez de la même manière pour les deux balles
	E	Celle-ci avance plus difficilement ……..
		..
(17 :42)	P	Bien tout le monde a fait l'expérience (?)
(17 :56)	P	[.. ;] vous allez me dire on écrira tout ça après la récréation en quelques mots qu'est ce que vous voyez comme phénomène comme différence Guenaelle (?)
	El	…. Celle qui avait la .. (?) .masse. l'eau elle avait plus de difficulté mais comparée à d'autre

		[. ;;] celle qui s'est vide [. ;;] elle va plus vite et plus loin …
		……..
	E	Quand la masse est supérieure ben il y a plus de force
	P	Est ce que je vous ai dit de souffler à peu près de la même manière
	E	Oui
(19 :06)	P	Donc la force exercée par l'air que vous soufflez… dans quelle mesure est-elle la même [...]
	P	Pareil et puis aussi pourquoi est-elle pareil
		….
(19 :28)	P	Regardez elles ont le même volume (*montre les deux balles*) donc c'est une force pressante l'air pousse dessus c'est la même force pressante qu'on exerce dessus on est d'accord mais l'une est plus lourde alors celle qui est plus lourde
	P	A la faire bouger c'est la première expérience […] celle qui est plus lourde va doucement et l'autre
	E	Part vite
	P	démarre vite d'accord et puis quand elle passe transversalement comme ça vous soufflez
	E	… ben elle est plus lourde
	P	[..] celle qui est plus lourde est plus difficile à
	E	A dévier oui
	P	à dévier c'est-à-dire changer son
	El	Direction /mouvement …
	P	Elx
	Elx	Son mouvement … rire
(20 :09)	P	Voilà celle qui est plus lourde il est plus difficile de changer son mouvement au sens large finalement c'est la dévier ou peut-être même la mettre en mouvement ou peut-être même l'arrêter … donc de manière générale plus elle est lourde plus c'est difficile de changer son mouvement.
20 :46 (20 :37)	P	Vous avez droit à vos 15 minutes à partir de maintenant
21 :13	P	bon on va … la conclusion de ce qu'on a vu précédemment c'est parti …. 2 force et masse
		….
(21 :29)	P	Chut petit e force et masse vous notez ce qu'on a dit tout à l'heure (*P dicte*). .. pour une même force pour une même force exercée sur des objets de masses différentes (répète) la modification du mouvement occasionnée (répète) est d'autant plus importante que la masse de l'objet est faible (répète) Bon bien entendu pour revenir là dessus
		…
22 :56	P	Ça veut dire une chose si vous faites du rugby et que vous avez un ailier léger qui court à une certaine vitesse sur l'aile et vous voulez le renvoyer en touche le pousser en touche c'est moins difficile pour un ailier euh de pousser en touche s'il est léger que si c'est un gros mastodonte de 130 kilos qui a atteint la même vitesse quand vous le poussez en touche ben vous avez du mal parce que lui il a une grande masse donc plus sa masse est grande plus c'est difficile de modifier son mouvement voilà c'est ça (*prof revient vers le tableau*) bien on va faire le TP on va passer dans le quatrièmement du cours le TP du livre qui est à la page 53 non 253 TP page 253
	E	… (demande de distribuer des papiers qui n'ont rien à voir avec le cours)
	P	… bien à 11h

Thème 4 : Inventaire des forces avec forces qui se compensent ou non

23 :26 (23 :31 el.mov)	P	Bien maintenant on va faire le TP qu'on va placer dans le quatrièmement du cours le TP du livre qui est à la page […] 253 […]
		…….
	P	Je vais vous expliquez on va modifier une chose ou deux
23 : 36	P	Donc introduction au principe de l'inertie (répète) […]
		Alors tout d'abord vous n'allez faire aujourd'hui que le premièrement et le

		deuxièmement, le troisièmement on devrait le faire en classe entière dans la semaine qui vient [.. .] Alors vous voyez qu'on va travailler avec une balle de ping-pong la balle de ping-pong / quand vous représenterez les forces qui s'exercent sur elle vous la représenterez simplement par un point qui est son centre vous avez compris au lieu de dessiner toute la balle le point qui est son centre ça va être la symbolisation de la balle de ping-pong et le centre de la balle de ping-pong c'est ce qu'on appelle aussi le centre de
	El	gravité
25 :35	P	De gravité bien / donc quand on aura des forces à représenter on les représentera pas à partir de son centre de gravité […] (dans) le premièrement le deuxièmement et même le troisièmement on vous demande à un certain moment [.. ;] établir le diagramme balle – interaction j'ai choisi de ne pas l'utiliser donc chaque fois dans le TP ou dans les exercices du livre où on vous demande de faire le diagramme balle – interaction vous ne vous en occupez pas d'accord […] … j'adopte pas exactement la même méthode que le livre [*donne exemple d'un diagramme*…]….ces diagrammes là je ne vous les demanderai jamais donc on revient au TP chaque fois qu'il est marqué diagramme interaction vous le faites pas comme dans tous les exo par contre vous ferez chaque fois ce qu'on appelle l'inventaire des forces exercées sur la balle en ?précisant ? leur direction et leur sens alors l'inventaire des forces c'est quoi (?) voyez ici on avait une force [*prof au tableau montre le schéma des forces fait pour la boule suspendue à un fil élastique*] [qu'on a étudié dans l'exemple qui est exercée sur le système étudié la boule ce qu'on a considéré c'est la force exercée par le fil sur la boule est-ce qu'il y en a une autre (?)
	El	Oui l'attraction terrestre Exercée par la Terre
	P	Chut X est ce qu'il y a une autre force qui s'exerce sur la boule (?)
	El X	Ben oui il y a l'attraction terrestre
		….
	P	l'attraction terrestre est ce qu'elle est à distance ou de contact
	E	A distance …
(28 :03 prof)	P	Elle est à distance ça veut dire [*Il prend en main un objet*] qu'un objet va tomber il va être attiré par la Terre même s'il n'est pas posé sur la Terre même s'il a pas contact d'accord donc il y a une interaction à distance et la force du fil sur la boule .. ; ça correspond à une action de contact ou à une action à distance
	El	de contact […]
	P	Là le fil s'il ne touche pas la boule il ne la retient pas on est d'accord donc quand vous aurez à faire ce qu'on appelle des inventaires de force … faire des inventaires c'est faire la liste
	E	
(28 :37prof)	P	Donc chaque fois que vous aurez à faire un inventaire des forces s'appliquant sur un objet (*écrit au tableau*) un système pour ne faut pas oublier vous commencerez toujours par les interactions comme elle l'a dit elx interaction à distance parce que des fois on peut les oublier on s'occupe en premier de l'interaction (*écrit au tableau*) pardon on va écrire plutôt sous cette forme là des forces à distance [*écrit au tableau force à distance*] comme elle l'a dit le poids ça en est une c'est une force à distance le poids hier on a parlé de trois interactions
(29 :33prof)	P	On a dit gravitationnelles on a écrit
	E	
	P	Les interactions gravitationnelles c'est les interactions qu'il y a entre les astres et les corps qui sont attirés par les astres par exemple la balle qui tombe là elle est attirée par un astre
	E	La Terre
(29 :49prof)		La Terre c'est une interaction à distance d'accord on avait dit qu'il y avait aussi les interactions magnétiques les interactions électrique ça peut être à

		distance bien Alors donc les forces en question vous avez les forces à distance vous donnez ben les exemples correspondant à ce qui est dans le cahier ??(inaud) et ensuite et ensuite une fois que vous avez mis çà vous regardez les forces de contact donc si je reprends cet exemple là si je vous dis faites l'inventaire des forces s'exerçant sur la boule en premier vous dites à distance qu'est ce qu'il y a
	El	…
	P	L'attraction terrestre son poids vous pourrez les représenter à partir de son centre de gravité cette force là serait vers
	P	Le bas (*marque au tableau* c'est la force exercée par quoi sur quoi le poids (?) exercée par la Terre sur la boule $F_{T/b}$
	P	De contact . c'était le fil . .. une force exercée par le fil sur la boule d'accord oui X
(31 :08 prof)	E	Le sol ??? c'est pareil pas que la Terre
	P	… ; le sol qu'est ce qu'il fait 1 il me freine deux il me soutient c'est pas la même chose que le fait qu'on est attiré par la Terre ….
		Echange avec élèves
(32 :00prof) (32 :35 pro.mov) (32 :14 el.mov)	P	Alors ce que vous allez faire maintenant eh bien c'est travailler dans le cas de la figure 20 vous avez une boule là une balle de ping-pong [*a un bocal dans une main et d'ans l'autre prend la balle*) vous devez la maintenir dans l'eau.. et posez vous la question quelles sont les forces qui s'appliquent sur la balle
32 :40el.mov (33 :00pro.mov)		*Début travail en groupe*
32 :45 (32 :35 prof)		Alors vous n'avez qu'à ressentir les choses faites-le vous-même … maintenez avec trois doigts ça suffira
		…
	El1	(en touchant sans appuyer la balle et les deux regardent balle dans bocal) il y a déjà une force de l'eau puisqu'elle la maintient en l'air maintenant j'appuie déjà il y a plus l'attraction terrestre parce que c'est dans l'eau du moins je crois parce que les poissons ils flottent ….
		…….
34 :40	Gr El1	(*Lit à hte voix*) faire l'inventaire des forces.. ;[…] ben y en pas pas à distance est-ce qu'il y a une force magnétique (?) non et l'autre force c'est quoi (?)
35 :26	EGR	Donc voilà il y a que les forces de contact
35 : 11	El1+2	Electrique [*relise cahier*] *écrivent*
		…….
		…….
	P	Voilà en premier on va s'occuper du système qu'on étudie (*P écrit au tableau*) [*fin travail en groupe*]
38 :18 (38 38 el.mov et 38 :58 prof.mov)	P	[*fin travail en groupe*] chut le système étudié c'est la balle donc à quel endroit ??, le système étudié il y a marqué dans petit b faire l'inventaire des forces exercées sur la balle quelles sont les forces exercées sur la balle ? et ne me dites pas comme je l'ai entendu une fois après la balle exerce une force sur la main etcetera ça ne nous intéresse pas on s'occupe
	El	Système
38 : 46	P	Que du système étudié balle quelles sont les forces qui s'exercent sur elle voilà
38 :56	Gr	Ben voilà c'est bon
		Début du thème inclus : attraction terrestre
39 :01 (39 : 25 el.mov)	P	Beaucoup d'élèves (?) s'interrogent si il y a toujours l'attraction terrestre est ce que la Terre attire toujours la balle vers le bas Amélie
39 :10	El1 Am	Non parce qu'il y a l'eau et les poissons dans l'eau eh ben ils sont pas attiré vers le bas
	P	Agathe
		[…]
39 :30	P	L'attraction terrestre s'exerce toujours sur la balle toujours

	P	L'eau au fait elle exerce sur la balle une force vers le haut ou vers le bas
	El	Vers le haut
	P	Vers le haut quand vous posez la balle comme ça on va pas s'occuper de l'enfoncer avec la main là regardez vous remarquez tout d'abord que quand la balle est posée sur l'eau elle s'enfonce sur une certaine profondeur il y a la partie émergée et la partie immergée d'accord donc là d'une certaine manière entre guillemets la balle s'arrange pour être en équilibre donc pour que la force vers le haut […]
	El	[…]
40 :20	P	La poussée d'Archimède … cette poussée d'Archimède va être vers le haut et là je ne la touche pas la balle si il n'y a que la poussée d'Archimède vers le haut qu'est ce qu'elle fait la balle elle monte
	El	….
	P	Or il y a peut-être une force vers le bas qui s'exerce sur la balle c'est quoi (?)
	E	L'attraction
	P	La force d'attraction terrestre c'est-à-dire son poids / son poids s'exerce toujours on est d'accord et maintenant si je pousse et je la maintiens immergée statique est-ce que le poids s'exerce encore
40 :59 (41 :14 prof)	El	Non …
	El	si
	P	?on peut ? vous faire dire n'importe quoi c'est ça qui est beau ! est ce que le poids s'exerce encore
	El	Oui
	el	Oui tout le temps
	P	[…] si vous on vous maintient sous l'eau […] dans la piscine est ce que votre poids a disparu eh ben c'est pas certain hein
		….
41 :23	El	… mais quand on se porte sur les épaules dans la piscine on est légér
	E	Mais [??] dans la piscine on est léger
	P .	… effectivement quand vous avez des cailloux à transporter … quand ils sont au fond de l'eau plutôt qu'en dehors de l'eau par exemple
		Fin du thème inclus : attraction terrestre
41 :38 (41 :58 prof) 42 :16 el.mov	P	Bien alors … l'inventaire des forces qu'est ce qu'on a donc à faire force à distance quelles sont les forces à distance (?)
		…
	P	On met la force exercée par la terre sur la balle et je ?? le système ? c'est la balle chaque fois il y aura marqué force exercée par quelque chose sur … alors effectivement ça s'appelle aussi le poids de la balle .. vous l'appelez P c'est la seule interaction à distance […] Ensuite force de contacts on en a peut-être plusieurs qu'est ce qu'on a comme force
		…..
42 :50	P	force exercée par l'eau sur la balle et comme dirait Melissa elle s'appelle
	El M	La poussée d'Archimède
	P	La poussée d'Archimède
		…..
	P	Après autre force de contact .. Marine
		….
		Des doigts sur ?,
43 :29	P	Voilà donc on va l'appeler la force exercée par la main sur la balle […]
	El	??,
44 :44 el.mov	P	Ensuite ben ensuite on va avoir un énoncé qui est proposé vous le lisez et

45 :18 Pr.mov		vous répondez à la question c lisez l'énoncé et vous répondez à la question c
	E	
(45 :32Pr.mov)	P	Direction et le sens alors le poids direction
44 : 25	P	Ah la direction et le sens oui oh oui on va le dire hein le poids direction (?)
	E	
	P	Verticale et il est vers
	El	Vers le bas
	P	le bas la poussée d'Archimède (?)
		….
	P	Verticale vers le haut
		…
44 :47	P	Et la force exercée par la main
	E	
(45 :56Pr.mov) (45 :35El.mov)	P	Verticale vers le bas pour l'autre verticale et vers le bas bien très juste
	E	
45 :03 (46 :10Pr.mov) (45 :46El.mov)	P	alors après vous lisez l'énoncé et vous essayez de voir si la situation que vous avez étudiée correspond à cet énoncé
		Travail en petit groupe
46 :13 46 :55El.mov) 47 :16Pr.mov	P Classe	…. Vous avez énoncé une proposition en quelque sorte …posez-vous la question est-ce que cette proposition correspond au cas que l'on étudie après on verra si on met des noms là dessus mais c'est une bonne remarque OK voilà
46 :37	P	Alors on va le détailler ensemble si la vitesse et la direction d'un objet ne varient pas alors les forces qui s'exercent sur cet objet se compensent est ce que ça correspond
	E	
	P	(près du tableau) Ça ressemble au principe d'inertie comme tu dis mais pour l'instant ce n'est pas notre problème alors on va le détailler ensemble si la vitesse et la direction d'un objet ne varie pas alors les forces qui s'exercent sur cet objet se compensent est-ce que ça correspond (?)
47 :56 Pr.mov 47 :32 E.mov	E	*Les élèves travaillent en petit groupe*
47 :52 48 :14Pr.mov 47 :53El.mov	P	Ça ne correspond pas (?)
	P	Ça correspond (?) Je t'écoute elx
	E	La balle ?,, elle peut pas rester immobile
47 : 26 (48 :04El.mov)	P	Alors la balle pendant qu'elle me dit ça je vais vous montrer on maintient la balle immergée statique dans l'eau d'accord et tu dis qu'elle est donc immobile elle ne bouge pas est ce qu'elle continue à ne pas bouger (?) oui
	P	Est-ce qu'on peut dire que sa vitesse n'est pas modifiée
	E	oui
	P	Quelle est sa vitesse Elx
	E	… nulle
47 :49	P	Elle est nulle [.. ;] donc son mouvement qui était inexistant ben il reste inexistant …. Alors les forces qui s'exercent sur la balle se compensent
		….
	P	Est ce que les conditions sont satisfaites
48 : 27	P	Donc question petit c les conditions sont satisfaites
	P	Oui pourquoi parce que la vitesse de la balle est nulle donc son mouvement qui était inexistant ben il reste inexistant donc il n'est pas modifié alors qu'est qu'il y a écrit (?) alors les forces qui s'exercent sur la balle se compensent

		tout d'abord est ce que les conditions de départ là dans cette phrase est ce que les conditions sont satisfaites (?-
		non. [….]
	P	La première partie de la phrase est ce qu'elle nous fournit des conditions qui sont satisfaites (?)
	E	Oui mais la deuxième non
49 : 02	P	Donc question petit c les conditions nécessaires pour utiliser l'énoncé sont-elles remplies
	E	
	P	Oui donc vous marquez oui pourquoi parce que sa vitesse la vitesse de la balle est
	E	nulle
	P	nulle et elle reste nulle donc c'est un mouvement qui reste toujours le même il est inexistant d'accord bien
	E	
	P	Alors si on applique l'énoncé question petit d si on applique l'énoncé Elx si on applique l'énoncé qu'est ce qui risque de s'ensuivre comme conclusion (?) donc les conditions sont satisfaites c'est-à-dire la balle a un mouvement qui est ben inexistant il reste inexistant ça veut dire que c'est nul qu'est ce qu'on peut en conclure (?)
	E	Inaud.
(50 :34)	P	.. que cette balle subit des forces
	E	inaud
	P	Attends mais j'interroge El peut-être merci
	El	Euh elles sont elles sont égales elles se compensent
	P	Elles se compensent ou elles sont égales (?)
	E	Inaud elles se compensent
(51 :01)	P	Vous savez ce que ça veut dire qui se compensent
	E	non
	P	Alors est que quelqu'un peut expliquer El est-ce que tu peux expliquer des forces qui se compensent ça serait quoi
	E	inaud
(51 :14)	P	On avait dessiné tout à l'heure le poids et la force exercée par le fil sur la boule là qu'est ce que ça serait donc deux forces qui se compensent tu dis
	E	Ça serait la force contraire
	P	Des forces contraires par exemple et puis qu'est ce qu'elles font encore pour être pour se compenser
	E	Inaud pareil
	P	Elles sont
	E	Elles sont pareilles
	P	Pareilles ça veut dire ça veut dire de même
		inaud
(51 :36)	P	Intensité de même mesure d'accord de même valeur bien et de sens
	E	inaud
	P	Opposé d'accord mais ici la ??? elle a
	E	Trois
	P	Trois il y enb a combien vers le haut (?)
	P	Combien vers le bas (?)
	E	inaud
(50 :48)	P	Eh bien dans le petit e vous dessinez dessinez dessinez (*revient vers le tableau*) donc à ce moment là la balle on a dit que c'était un point d'accord on la représente sous forme d'un point qui est son centre de gravité en fait puisqu'on y est on va matérialiser la balle par son centre de gravité un point vous représentez les trois forces qui sont là on a déjà toutes leurs caractéristiques verticales vers le haut ou vers le bas etcetera et vous essayez de satisfaire ce que l'on vient de dire
	Gr	inaud
	P	Inaud le petit d on l'a fait le petit d prenez des notes (*P prend le livre*) on en

		est au petit d là on vient de dire à l'aide de l'énoncé interprétez la mobilité de la balle si elle est immobile c'est qu'elle subit des forces donc qui se
(52 :48)	P	Compensent on est d'accord (?) puisque le petit c c'était les conditions nécessaires qui étaient les conditions nécessaires étaient
	P	Que le mouvement reste toujours le même c'est-à-dire inexistant il reste inexistant ça c'est petit c petit d conséquence
	E	
(53 :04)	P	C'est les forces qui se compensent . ;; vous dessinez ces forces là
		P va vers un groupe et parle avec lui
	P	…..… il y a combien de forces
	Egr	La somme des deux forces vers le haut soit égale
	P	Il y a combien de forces vers le haut
53 :30	P	La force la somme des deux forces vers le bas
53 :32	Egr	la somme des deux forces vers le bas sont égales à la force vers le haut
	P	parfait
		….
53 :07 (54 :17)	P	G c'est le centre de la balle c'est le centre de gravité
	El	centre de gravité
	P à un élève	. . parce que la balle a une symétrie sphérique le centre de la balle c'est le centre des masses
53 :44	P	Que les forces que vous dessinez satisfassent à ce que vous avez dit dans la question d […]
54 :45	P	Alors il y a quelque chose qui ne va pas dans ce que tu fais (*P va du groupe au tableau*) ces forces on va les dessinez avec un point d'application qui sera le point représentant la balle [.. ;] donc les forces c'est des vecteurs avec un début début des vecteurs qui est au niveau de G [..] c'est pas la point de la flèche […]
57 :17	P	Tout d'abord son on dessine le poids qui s'exerce sur l'objet le poids c'est une force verticale vers le bas […]
57 :30	P	Vous appuyez sur la balle avec vos trois doigts vous appuyez il s'exerce une force vers le bas verticale vers le bas quelle est sa valeur
	P	Cette flèche là c'est la force exercée par la main sur la balle […]
	P	Celle là c'est la poussée d'Archimède … elle est vers le haut
	P	.. elle va être égale à la somme des forces qui sont en bas vers le bas donc la somme des deux ça va être ce segment plus ça …
58 :39	P	Ça veut dire que la flèche vers le haut égale à la somme des deux .. longueurs vers le bas…
	GR	
59 :14	P	Finalement si on reprend tout ça j'aborde pas la question 1 que je laisserai sûrement pour lundi […] on a dit si la vitesse et la direction du mouvement d'un objet ne varient pas alors les forces qui s'exercent sur cet objet se compensent …. (*écrit au tableau*)
1 :00 :35	P	Donc alors la somme des trois vecteurs c'est quoi la somme des trois vecteurs (?)
		… ;

	P	Somme des forces elle est […] nulle
	P	La somme de ces trois forces est égale à quoi (?)
1 :01 :27	El	Zero
		….
1 :01 :40	P	Finalement c'est ça que ça veut dire les forces se compensent [.. ;]
	P	donc elles n'ont plus aucun effet elles n'engendrent plus aucun mouvement d'accord bien alors la question f on va la laisser en suspend …
	P	*…. [dit qu'il ne va pas faire la question f)….*
1 :02 :42	P	On va continuer avec le matériel qui est devant nous vous plongez la balle dans l'eau comme on a fait et puis vous retirez la main attention considérer la phase où la balle
	P	Attention la balle n'est plus en contact avec la main
1 :03 :44	GR	*(P remontre la manip et reprécise le moment étudié (quand la balle remonte*)
		[…]
1 :07 :26	P	Alors après énoncé numéro 2 nous dit si la vitesse ou si la direction du mouvement d'un objet varie alors les forces de l'objet ne se compensent pas alors est ce que la première partie de l'énoncé est valable
	El	Parce que la balle ??, forcément ???
	P	La situation initiale c'est quoi pour la balle (?)
		…
1 :08 :06	P	[…] oui il y a une accélération vers le haut .. ; au début c'était une vitesse nulle d'un seul coup c'était une vitesse (?) elle est vers le haut
1 :08 :13	P	[…] donc il y a une modification du mouvement donc de la vitesse en particulier bien ensuite donc on en est est ce que les conditions nécessaire sont remplies
1 :09 :16el.mov	P	Oui […] à ce moment-là petit e conséquence [.. ;] qu'est ce qu'on veut déduire (?)
	P	Du fait que ces conditions sont remplies X
1 :08 :39	X	Que les forces se compensent
	P	Que les force s'exerçant sur la balle ne se (?)
		Compensent plus
1 :08 : 43 1 :09 :44 el.mov sonnerie	P	ne se compensent pas on est d'accord (*sonnerie*) pour lundi

Classe 1 séance 3 (7/3/05)

Tps	Loc.	Discours	Thème
00:13	P	Bien alors 2 3 choses en silence s'il vous plaît, bon finis Marine parce que je voudrais aussi avoir la parole, ça fait 3 fois qu'on pose la question	Org. de la classe
	E	…	
	P	Tant que je vous ai rien dit y a pas grève, chut. Alors demain il y a le conseil de classe et je veux vérifier que vous ayez tous donné les fiches navettes, il doit m'en manquer 5, chut, Michael dépêche-toi… Bon maintenant écoutez-moi bien, vous n'avez pas encore eu un devoir de mécanique? Alors j'ai pas envie de vous en donner un à priori mais je vous demande du silence parce que je veux régler tout ce qui concerne le conseil de classe dans la tranquillité ça serait bien…Bon je crois qu'il y a tout le monde	
3:03	P	Bon maintenant faut du silence on va voir la fin de l'activité expérimentale de vendredi, il n'y avait pas grand chose à faire de plus et ensuite y avait un exercice à faire d'accord? Alors page 253 l'activité toujours et maintenant je ne veux plus vous entendre merci. Alors nous avons dans ce TP qui introduisait le principe d'inertie nous avons vu 2 situations une balle de ping-pong maintenue immobile au fond de l'eau, au passage vous remarquerez que dans la 1ère partie je n'ai pas abordé la question f on pourra en reparler peut-être en exercice, 2ème situation on a maintenu la balle de ping-pong au fond de l'eau et on la lâche et elle remonte et c'est cette situation où la balle remonte qu'on devrait étudier d'accord? Bien. On nous a donné 2 énoncés 1 pour chaque situation, pour notre situation si la vitesse et la direction du mouvement de l'objet ne varient pas, c'était le cas dans le 1er aspect expérimental puisqu'on avait maintenu la balle dans le 1èrement au fond statique ça veut dire que sa vitesse était nulle, mouvement inexistant et c'était resté comme ça donc nous avions une conséquence qui était que les forces qui s'exercent sur cet objet se compensent et c'est ce qu'on a remarqué, et on a traduit ça mathématiquement c'est les élèves qui l'ont proposé, les forces qui se compensent ça voulait dire la somme des forces était égale, lorsque les forces se compensaient Vincent	1. Compensation ou non des forces
	V	Est nulle	
6:00	P	était nulle, somme vectorielle des forces qui est égale au vecteur nul, voilà comment vous avez traduit vous-même la compensation de ces forces, ensuite 2èmement vous avez vu que quand la balle remonte on peut peut-être appliquer l'énoncé numéro 2 qui est si la vitesse ou la direction du mouvement d'un objet varient, et c'est le cas puisque vous avez vu que ça partait d'une vitesse nulle et que ça accélérait, l'accélération était vers le haut, une vitesse qui apparaissait vers le haut, on avait dû faire ensemble il me semble petit d) montrez que les conditions nécessaires pour utiliser l'énoncé 2 sont remplies par la balle au moment où on retire la main, pourquoi Eccc dans les conditions dans le 2 petit d pourquoi les conditions étaient remplies? Dans le 2 petit d pourquoi les conditions nécessaires pour utiliser l'énoncé 2 étaient remplies?	2. Utilisation de la relation somme des forces et variation de la vitesse dans le cas d'un objet en mvt
	E	Car la balle elle remonte à la surface et reste immobile	
6:39	P	Ah si tu as noté ça il y a problème. Amélie, pourquoi dans le 2-d les conditions nécessaires pour utiliser l'énoncé 2 étaient remplies?	
	A	Parce que avant qu'on enlève la main la balle était statique et quand on l'a enlevée la balle est remontée	
6:54 7:00	P	Voilà et nous on enlève la main donc la main n'existe plus dans le problème et ça remonte d'accord./ Interprétez la mise en mouvement de la balle à l'aide de l'énoncé 2, donc finalement qu'est-ce qu'on peut en tirer Gwanel dans le petit e là?	
	G	Bah que la force de l'eau sur la balle est égale à la somme des (inaud.)	
	P	Dans le 2 petit e?	
	G	oui	

	P	Est-ce que la main touche encore la balle?	
	Es	non	
7:22	P	Dans le 2 petit e la main ne touche plus la balle d'accord alors Marine dans le 2 petit e voilà la balle,la balle est en train de monter, le mouvement est comme ça, voilà le mouvement de la balle, on est d'accord? Au départ elle était statique et puis d'un seul coup elle se met à monter donc quelle est l'interprétation qu'on va donner à cette mise en mouvement de la balle?	
	M	Bah que les forces elles se compensent pas	
	A	Plus	
	M	Plus, parce que quand on enlève la main la force que la main exerce sur la balle et ben est que voilà (rire) et puis la balle elle remonte	
8:20	P	La balle remonte effectivement donc c'est que les 2 forces on interprète ça par le fait que les 2 forces ne se compensent pas,/ alors dans la question petit f on nous demande de dessiner ces forces, alors les forces je vous rappelle c'est les forces qui s'exercent sur la balle puisque le système étudié c'est toujours la balle, donc Maxime qu'est-ce qu'il y a comme forces qui s'exercent sur la balle?	3. Liste et représentation des forces et relation somme des forces et variation de la vitesse 3a. Cas de la situation balle de ping-pong dans l'eau
	Max	La force de l'eau sur la balle	
	P	Alors la force de l'eau sur la balle, elle est vers le haut ou vers le bas?	
	Max	Elle est vers le haut	
	P	Elle est vers le haut, la force exercée par l'eau sur la balle on l'a symbolisée comme ça l'autre jour, et puis qu'est-ce qu'il y a encore?	
	Max	Son poids	
	P	Son poids, je vous rappelle le poids c'est la force exercée par	
	Es	La Terre sur la balle	
	P	La Terre sur la balle. Y en a que deux	
	Max	oui	
	P	Là on a besoin de voir si ces forces se compensent, est-ce qu'elles se compensent?	
	Max	Non	
	P	Alors laquelle est la plus grande Maxime?	
	Max	La force de l'eau	
	P	Alors, ici c'est la force exercée par la Terre sur la balle et on a dit que c'était égal au poids d'accord? Laquelle des 2 est la plus grande? C'est celle qui est vers le haut. Quelle est la raison, Maxime tu peux répéter la raison que tu as donnée?	
	Max	Parce que elle monte	
	P	Alors pour Maxime la force exercée par l'eau sur la balle est plus grande que la force exercée par la Terre sur la balle parce que la balle monte, alors est-ce que c'est la réponse qui satisfait tout le monde? Adrien est-ce que c'est pour ça?	
		…	
	E	La balle est moins dense que l'eau	
	P	Oui mais ça ça peut ne pas être valable parce que tu prends la balle tu la lâches de très haut elle tombe dans l'eau elle peut très bien avec l'élan devenir comme une main (???) immergée puis ensuite remonter, est-ce qu'on est d'accord? Et là la densité de la balle ne joue par sur le fait que ça monte ou que ça descende, alors rien d'autre? Est-ce que c'est parce que la balle monte ou qu'elle s'est mise en mouvement vers le haut? C'est pas la même chose. La balle est en train de monter mais elle était au départ à l'arrêt, elle s'est mise en mouvement vers le haut c'est parce que les 2 forces ne se compensent pas et que globalement la résultante des 2 forces c'est vers le haut parce que celle vers le haut est plus grande que celle vers le bas. Maxime, si on prend un objet comme ça, supposons qu'on néglige les frottements de l'air et toute action de l'air sur	

		l'objet, je le lance vers le haut, tu ne vas considérer que la phase vers le haut d'accord? Là (il lance le crayon), donc tu vas considérer toute la phase de montée, quelle est la force qui s'exerce sur cet objet?	
	Max	La main	
	P	Attends regarde, que la phase de montée, je l'ai lâché, entre le moment où je lâche et que ça va jusqu'au sommet, alors quelle est la force qui s'exerce sur l'objet, Vincent	
	V	L'attraction terrestre	
	P	Voilà, l'attraction terrestre c.à.d le poids de l'objet puisqu'on a négligé toute action de l'air, et est-ce que la vitesse est vers le haut? Voilà le stylo, il est en train de monter (dessine au T) mais qu'est-ce qu'il fait?	
	V	Il ralentit	
	P	Voilà, il monte, si on fait une chronophotographie on va voir des espaces de plus en plus réduits entre 2 images espacées de la même durée, ça va de moins en moins vite, quelle est la force qu'il subit?	
	Es	Attraction terrestre; poids	
	P	Alors ici il va subir son poids, c'est tout. Alors si on revient sur ce qu'a dit Maxime, Maxime a dit les 2 forces ne se compensent pas parce que le mouvement est vers le haut d'accord? Et parce que la force la plus grande est vers le haut c.à.d que si j'additionne les 2 la somme est plutôt vers le haut alors qu'ici il n'y a qu'une force, elle est vers le bas et pourtant il est en train de monter… donc pourquoi ici il y a mise en mouvement vers le haut, c'est parce que la somme des forces n'est pas nulle, les 2 forces ne se compensent pas et y en a une qui est plus grande que l'autre qui est vers le haut, il y a mise en mouvement vers le haut et ici est-ce qu'il y a mise en mouvement vers le bas?	
	E	Après	
	P	Après, mais sur cette phase là?	
	E	Non	
	P	Y a juste un certain, Marie	
	M	Ralentissement	
15:03	P	Un certain ralentissement, donc c'est pas parce que ça monte que les forces qui agissent sur l'objet globalement donnent une résultante vers le haut, ça peut très bien monter alors que les forces qui s'exercent sur l'objet ont une résultante vers le bas, c'est parce qu'ici c'est une mise en mouvement qui est vers le haut, à partir de la situation statique de départ la mise en mouvement est vers le haut, il y a une accélération vers le haut, donc finalement on s'aperçoit qu'à la petit e la mise en mouvement est vers le haut, l'accélération est vers le haut en petit e donc ça veut dire que les 2 forces ne se compensent pas et que la résultante des forces…	
	E	Mais c'est quoi la résultante des forces?	
	P	On a parlé l'autre jour de la somme des vecteurs forces, la somme des 2 vecteurs elle est vers le haut ou vers le bas là?	
	E	Vers le haut	
	P	Vers le haut, donc la somme des 2 vecteurs forces est vers le haut. Bien, on en est donc ici au petit f en même temps	
17:40	P	Alors on va travailler un instant sur la situation proposée dans le grand 3, on n'a pas pu le faire en demi-classe mais vous allez pouvoir le voir ici autour de vous enfin près de vous, vous vous débrouillez… Faites le 3èmement là tous seuls (distribue la matériel)…	3b. Cas de la situation pierre-élastique
23:35	P	Bien, la 1ère question je pense que tout le monde a répondu, Laura, alors on a dit qu'on suspend la pierre à l'extrémité de l'élastique, on déplace la pierre de sa position d'équilibre, qu'est-ce que c'est la position d'équilibre est-ce que tu peux nous expliquer? Laura qu'est-ce que c'est la position d'équilibre de la pierre, ça correspond à quoi?	
	L	Quand elle bouge pas	
	P	Quand elle ne bouge pas par rapport à quoi? Quand on ne précise pas par rapport à quel référentiel, c'est lequel?	
	Es	terrestre	
	L	La Terre	

	P	Je préfère qu'on dise par rapport au sol, par rapport à la pièce ici, par rapport au labo, d'accord? Bon c'est ça quand il est en équilibre au départ, ensuite qu'est-ce qu'on fait, on dit qu'on va déplacer la pierre de sa position d'équilibre vers le bas, vous la tirez, elle est plus bas que sa position d'équilibre, vous la lâchez, et on considère que la phase où la pierre se met en mouvement, lorsqu'elle se met en mouvement alors qu'est-ce qu'elle fait la pierre dans ce cas-là Stéphanie?	
	S	Elle remonte	
	P	Elle remonte, est-ce qu'on va s'occuper dans cette phase-là de l'instant initial où on tient encore la pierre?	
	E	Non	
	P	Non, on l'a descendue par rapport à sa position d'équilibre, on a tiré le fil et on a lâché d'accord? Alors comme on a dit on va passer directement à l'inventaire des forces, quand vous faites l'inventaire des forces je vous rappelle tout d'abord il faut dire quel système on étudie, Sabrina quel est le système étudié dans ce cas-là? Puisqu'on va faire l'inventaire des forces exercées sur la pierre	
	S	C'est l'élastique euh	
	P	Tu dis l'élastique?	
	S	(inaud.)	
	P	Donc quel est le système qu'on étudie, l'élastique ou la pierre?	
	S	C'est la pierre	
	P	La pierre oui puisqu'on dit faire l'inventaire des forces exercées sur la pierre donc c'est la pierre, donc quand on va écrire les forces s'il y en a plusieurs, ce sera toujours des forces exercées par quelque chose sur la pierre. Laura pour commencer, qu'est-ce qu'il y a comme forces qui s'exercent sur la pierre?	
	L	La force terrestre	
	P	La force terrestre tu peux préciser ce que c'est? La force exercée par sur quoi?	
	L	Par la Terre sur la pierre	
	P	La force exercée par la Terre sur la pierre, comment s'appelle-t-elle?	
	L	L'attraction terrestre	
	P	Cette attraction terrestre s'appelle aussi le poids… Bien, ce poids au niveau caractéristiques il a une direction il a un sens Marine Berthelot, il est comment le poids direction et sens?	
	M	Vertical vers le bas	
	P	Il est vertical vers le bas d'accord, ensuite Charlotte qu'est-ce qu'il y a comme autres forces qui s'exercent sur la pierre?	
	C	l'élastique	
	P	Fais une phrase, je ne veux pas un mot comme réponse	
	C	L'élastique exerce une force sur la pierre	
	P	Alors on va commencer déjà par écrire ce que tu as dit, la force exercée par	
	C	L'élastique	
	P	L'élastique sur la pierre, on est d'accord, après Charlotte est-elle vers le haut ou vers le bas?	
	C	Vers le haut	
	P	Vers le haut est-ce que vous êtes d'accord?	
	Es	oui	
	P	L'élastique étant tendue on l'a rallongée vers le bas, ça va rappeler la pierre vers le haut, donc c'est une force qui est suivant la verticale et vers le haut, alors (lit) en utilisant les énoncés donnés précédemment justifier que les forces qui s'exercent sur la pierre lorsqu'on la lâche ne se compensent pas, Mohamed, question petit d, allez j'aimerai bien qu'on finisse cette partie-là, on a le temps mais tout le monde peut y réfléchir	
	Mo	En fait les forces ne se compensent pas parce que la pierre elle va de bas en haut, elle s'arrête pas, elle monte	
	P	Ça me rappelle ce qu'on a dit y a pas longtemps, Stéphanie est-ce que tu es d'accord avec ça? Quand on la lâche pourquoi la pierre subit des forces qui ne se compensent pas Stéphanie?	
	S	Parce qu'il y a un mouvement	
	P	Amélie	
	A	Parce que la vitesse a varié	

	P	La vitesse de quoi?	
	A	Bah de la pierre	
	P	La vitesse de la pierre a varié, elle a varié de quelle manière?	
	E	D'un état statique à	
	A	Bah elle remonte	
	P	Elle remonte d'accord donc il y a accélération qui est vers	
	Es	Le haut	
	P	Le haut, donc on va marquer ici dans la question petit d on va marquer que, quel est l'énoncé au fait le 1 ou le 2?	
	E	Le 2	
	P	Le 2 puisque si la vitesse ou la direction du mouvement de quoi de la pierre varient alors les forces qui s'exercent sur la pierre ne se compensent pas, on n'a qu'à l'écrire: si la direction ou la vitesse du mouvement de la pierre varient alors les forces qui s'exercent sur la pierre ne se compensent pas, bien de quelle manière voit-on donc que la vitesse ou le mouvement varient c'est parce qu'il y a une mise en mouvement vers le haut il y a une accélération vers le haut	
	E	Sur la fin y a aussi une décélération, elle ralentit	
	E'	Oui les forces elles se	
	P	Attends on va le laisser finir, vas-y, bon après ça ralentit c'est très juste ça ralentit oui	
	E	On peut dire qu'il y a accélération mais y a aussi une décélération	
34:16	P	Ça c'est intéressant on va essayer d'en discuter, qu'est-ce qui se passe si on prend donc la pierre? On va considérer le moment juste après l'avoir lâchée, donc y a une accélération vers le haut donc on a dit mise en mouvement vers le haut, alors les forces vous les représentez allez-y ça ne prend pas longtemps…Tiens au passage ce serait intéressant si on discute ensuite de la remarque d'Etienne, ici je vais marquer quelque part ici admettons on avait la position d'équilibre est-ce qu'on est d'accord? Je vais le marquer parce que ça va nous servir position d'équilibre ici, là ça montre qu'on l'avait étiré le fil avant, l'élastique on l'avait étiré juste avant et là on lâche,/ bien alors qu'est-ce que vous avez dessiné? Peut-être faut-il respecter certaines conditions dans le dessin…(discute avec les élèves qui travaillent)	
37:00	P	Allez, Gael le poids il est	
	G	Vers le bas	
	P	Vers le bas, la force exercée par l'élastique sur la pierre?	
	G	Vers le haut	
	P	Vers le haut, laquelle de ces 2 forces est la plus grande Gael? Amélie?	
	A	L'élastique, la force de l'élastique, exercée par l'élastique	
	P	La force exercée par l'élastique sur la pierre donc on va supposer que celle-là est plus grande, la force exercée par l'élastique sur la pierre, d'accord, alors pour quelle raison est-elle plus grande Michael? Tu ne sais pas? Gwanel	
	G		
	P	Ça me rappelle peut-être Maxime qui a dit parce qu'elle monte, maintenant si Maxime a compris ce que je lui ai dit tout à l'heure il va répondre	
	M	Il y a une mise en mouvement accélérée	
	P	C'est parce qu'elle est accélérée	
	M	Vers le haut	
38:42	P	Vers le haut, y a accélération de la pierre vers le haut la mise en mouvement est vers le haut, vous marquez que cette force vers le haut est plus grande que la force vers le bas et c'est pour ça qu'il y a mise en mouvement vers le haut./ Est-ce que ça ressemble à notre balle de ping-pong dans l'une des 2 situations qu'on a traitées juste avant, Marie?	3c. *Inclusion:* comparaison de deux sitatuions (balle de ping-pong et pierre élastique)
	Ma	Oui	
	P	A quel moment Marie?	
	Ma	Quand on avait mis la main	
	P	Fais une phrase, finis-la ta phrase	
	Ma	Quand on l'a enfoncée la balle	

39:10	P	Quand on a enfoncé la balle dans l'eau et à partir du moment où on l'a lâchée, / alors vous qui avez tiré sur la pierre vers le bas donc l'élastique a été étiré, plus on le tire vers le bas plus la force exercée par l'élastique sur la pierre Laura	Reprise 3b
	L	Est importante	
	P	Est importante bien, donc au fur et à mesure que cette pierre monte l'élastique devient de moins en moins, au fur et à mesure que la pierre monte, l'élastique il était allongé, Sael	
	S	Au fur et à mesure que la pierre monte la force devient moins importante	
	P	Exactement, la force exercée par l'élastique sur la pierre devient de moins en moins importante, bien à partir du moment où l'élastique commence à être réduit jusqu'à ce que la pierre repasse par la position d'équilibre, quand la pierre repasse au-dessus de la position d'équilibre Agathe qu'est-ce qui se passe?	
	Ag	Le fil il commence à	
	P	Le fil tout d'abord il n'est plus	
	Es	Tendu	
	P	Il n'est plus tendu, après qu'est-ce qu'elle fait la pierre Agathe?	
	Ag	Elle redescend	
	P	Elle redescend, quel est le rôle du fil dans ce cas-là dans la phase de descente?	
	Ag	De la retenir pour qu'elle remonte un peu	
	P	Ah comme tu as dit le fil il va la retenir, mais dans la phase où la pierre on tire et ici y a la position d'équilibre, phase montante ça dépasse la position d'équilibre et la phase montante à partir de la position d'équilibre qu'est-ce qui se passe?	
	Et	Ça décélère	
	P	Le fil est-ce qu'il est toujours tendu?	
	Es	non	
	P	Alors Marie	
	Ma	Il est plié	
	P	Il est plié	
	V	La force elle est égale à celle du poids	
	P	La phase montante à partir de la position d'équilibre, je vais peut-être vous l'appliquer un instant, la phase montante à partir de la position d'équilibre (manipule) on a dit que le fil n'était plus tendu donc ici position d'équilibre je tire ça remonte, qu'est-ce qui le fait remonter?	
	E	La force de l'élastique	
	P	La force exercée par l'élastique sur la pierre, et ensuite ça monte sur l'élan jusqu'au sommet, dans cette phase montante à partir de la position d'équilibre est-ce que le fil est tendu?	
	Es	Non	
	P	Est-ce qu'il a un rôle?	
	Es	Non	
	P	Non, c'est comme si ça montait	
	E	Comme si on la lançait	
	P	Comme si on la lançait, c.à.d le stylo là quand on le lance ici qu'est-ce qui fait que ça va jusqu'au sommet en ralentissant, qu'est-ce qui le fait ralentir pendant la montée?	
	E	Le poids	
	P	Le poids, et le fil quel est son rôle dans ce cas-là?	
	E	Aucun	
	P	Aucun et ça redescend?	
	E	Là il commence à tirer	
	P	Et le fil qu'est-ce qu'il fait dans la phase de redescente?	
	E	Il retient	
	P	Il retient effectivement l'objet tombant ok /	
42:55	P	On pourrait faire la correction de l'exercice 10 (p. 263) que je vous ai donné, puisqu'il neige on a un exercice sur un skieur, voilà donc un magnifique skieur sur une piste horizontale, alors après une descente le skieur évolue en ligne droite sur une portion de piste plane et horizontale, au bout de une dizaine de	4 . Nature du mvt et liste et compensation des forces

		mètres il s'arrête, donc quel est le type de mouvement que le skieur a juste avant l'arrêt dans cette phase avant l'arrêt, Andréa	4a. Nature du mvt
	An	C'est un mouvement linéaire	
	P	Alors mouvement linéaire tu dis	
	An	Oui	
	P	Mouvement linéaire on pourrait dire le mot	
	Es	rectiligne	
	P	Rectiligne, alors le mouvement est rectiligne d'accord, quand on dit rectiligne ça nous renseigne sur la géométrie du problème mais que peut-on dire encore Andréa? Sa vitesse on peut en dire un mot	
	An	Elle est constante	
	P	Mohamed	
	Mo	Elle est accélérée	
	P	Alors est-ce que son mouvement est accéléré?	
	Es	non	
	P	En langage courant on va dire qu'il est plutôt	
	Es	Uniforme ; ralenti	
45:34	P	Ça ralentit est-ce qu'on est d'accord? Donc il est plutôt soit vous dites freiné soit décéléré soit ralenti, admettons je vais employer le mot décéléré ou ralenti si vous voulez c'est pareil. / Alors on saute le diagramme skieur-interaction par contre on en vient aux forces qui s'exercent sur le skieur, quelles sont les forces qui s'exercent sur le skieur Camille?	4b. Liste des forces dans le cas où il y a frottement
	C	La descente	
	P	Attends reprends le début de ta phrase, tu as dit déjà	
		Y a la descente	
	P	Regarde là je marche sur l'horizontale on est d'accord? Est-ce que mon poids existe même si je marche sur l'horizontale?	
	Es	Oui	
	P	Oui, donc l'argument qui est la descente on va s'en passer donc on commence par dire forces à distance et on va commencer toujours par le poids qui est la force exercée par la Terre sur le skieur, bien, qu'est-ce que tu dis Etienne?	
	Et	On étudie les forces au moment où il glisse ou au moment où il est arrêté?	
	P	Quelle est la phase étudiée? Il évolue en ligne droite sur une portion plane et horizontale et au bout de 10 secondes il s'arrête, si on étudie le moment où il s'arrête où il est à l'arrêt on se fiche complètement de ce qui s'est passé avant donc on est en train d'étudier le mouvement où c'est en train de ralentir sur la piste horizontale en ligne droite, on est d'accord? Bien Marie continue	
	E	Là dans cette question on tient compte de la glace ou pas? La neige	
	P	Qu'est-ce qu'il y a comme force maintenant?	
	E	Frottement de la glace de la neige	
	P	Ah le frottement de la neige c'est intéressant, Marine finalement quand on est sur la piste de ski quand on est en train de subir cette phase de mouvement là quel est le rôle de la neige Marine?	
	M	Faire glisser le skieur	
	P	Alors ça permet de faire glisser le skieur, est-ce que ça fait glisser le skieur parfaitement?	
	M	J'ai jamais skié	
	P	T'as jamais skié mais peut-être tu as déjà vu ça à la télévision, alors est-ce que, on le vous dit que ça freine c'est sur l'horizontale, ça freine parce que la neige permet de glisser mais quand même pas aussi bien qu'une patinoire et même sur une patinoire si vous vous lancez même avec de très bon patins sur une patinoire très lisse, vous lancez très fort des fois vous n'arrivez pas à traverser toute la patinoire sur l'élan	
	E	Ça ralentit	
	P	Il y a toujours un ralentissement donc la neige oppose un certain frottement comme on a dit, bon encore quel est le rôle de la neige quand on est posé avec nos ski sur la neige?	
	E	Pour planter les bâtons	

	P	Planter les bâtons c'est quelque chose de très important dans notre culture mais moi je dirai que s'il n'y avait pas la neige on passe au travers, il faut bien un support pour rester posé quelque part, à la fois la neige permet de soutenir le skieur et en même temps quand il avance elle le ralentit, mais avec quoi le skieur est-il en contact? Il est en contact avec	
	E	La neige	
	P	La neige donc on va dire la force exercée par la neige sur le skieur	
	A	l'air aussi alors, la force de l'air nous freine aussi	
	P	L'air nous freine effectivement donc il y a la force exercée par l'air sur le skieur et je vous rappelle là aussi que le système étudié c'est	
	E	Le skieur	
49:54	P	Le skieur c'est le système étudié,/ bien terminons cet exercice, que peut-on dire des forces qui s'exercent sur le skieur Andréa?	4c. Compensation ou non des forces
	E	Elles ne se compensent pas puisqu'il est en mouvement	
	P	Elle est en train de dire elles ne se compensent pas ces forces car il est en mouvement, peut-être qu'on a quelque chose d'autre à dire, je crois que Maxime a compris son erreur on recommence	
	M	Elles se compensent puisque le skieur s'arrête	
	P	Donc il n'a pas compris mais c'est pas grave, non mais quand le skieur s'arrête c'est une autre situation quand il est arrêté non? Moi je veux qu'on s'occupe du mouvement en ralentissant, alors elle a dit les forces qui s'exercent sur le skieur ne se compensent pas	
	E	Il y a mise en mouvement	
	P	Quand tu dis il y a mise en mouvement il y a une sorte de changement de la valeur de la vitesse	
	E	oui	
51:20	P	La vitesse varie et il subit des forces qui ne se compensent pas car la vitesse varie, allez merci, et vous allez ramener les potences là-bas en les mettant bien l'une contre l'autre.	

Classe 1 séance 4 (10/3/05)

Tps	Loc.	Discours	
1:45	P	Donc l'autre jour on a fini… Donc l'autre jour on a vu la fin du TP et on a fait l'exercice, j'espère que vous êtes venus avec le livre quand même, et on a vu l'exercice où le skieur était sur une route plane horizontale le numéro 10 et donc on a dit qu'il ralentissait et ainsi on avait prouvé que comme il ralentissait il allait juste à s'arrêter ça voudrait dire que la somme des forces qui s'appliquaient sur lui n'était pas nulle, elles ne se compensaient pas, d'accord?	Rappel de la séance précédente
2:37	P	Bien, maintenant je vais voir avec vous, j'espère que ça a été réglé l'horizontalité de la table, on va profiter qu'on n'est pas nombreux pour voir ici, voilà venez ici profitons, venez par là… donc voilà, ici nous avons une table qui est assez bien horizontale elle a été réglée, cette table est table où le mobile qui a été posé dessus est sur un coussin d'air, ce qu'on entend là c'est le mobile qui pulse de l'air dessous et regardez il peut se déplacer avec vraiment un minimum de frottements sauf si des fois il arrive sur le bord et qu'il y a la feuille métallique là qui fait des plis ou qui se relève ça fait un peu plus de frottements mais globalement voyez ici la table est assez horizontale et ça peut se déplacer avec très peu de frottements. Bien, alors j'explique en gros comment ça marche, vous avez ici à la fois la soufflerie vers le bas donc ça s'échappe dessous l'air et ça fait une sorte de petit coussin d'air qui évite les frottements, vous avez une pointe métallique, voyez qu'elle est alimentée ici au niveau électrique et le papier est métallisé donc par suite vous avez un circuit électrique et la pointe ici métallique elle est très très proche du papier et lorsqu'on met en marche et qu'on appuie sur le bouton ici on peut avoir des étincelles alors, bon il avait parti un peu sur les côtés c'est pas toujours très très horizontal là, on va peut-être travailler dans la partie la plus horizontale, vous voyez qu'ici dans la partie centrale on a réussi à avoir des étincelles qu'est-ce que c'est? Donc c'est quand vous avez le mobile qui se déplace ici et qu'on appuie sur l'interrupteur, alors là c'est marqué 10 hertz c.à.d que 10 fois par seconde vous avez une étincelle, donc vous avez tous les un dixième de seconde la distance parcourue qui peut être représentée par un segment qui est entre 2 points, voilà, donc ici on arrive à matérialiser le mouvement du centre d'inertie ou du centre de gravité de ce mobile parce que son centre de gravité est situé sur l'axe vertical qui passe par l'étincelle, l'axe de symétrie. Bien, alors, supposons qu'on ait bien réussi à faire l'horizontalité, dans cette zone-là c'est pas trop mal, si sans même prendre de points ici, alors c'est en train de tourner un petit peu parce que bon je l'ai lâché ça doit sûrement un petit peu tourner, voyez ici en gros si c'est vraiment horizontal et qu'on enregistre, alors là il y a juste un tout petit point mais justement ça ne bougeait pas je peux le refaire, si on enregistre finalement la position du centre de gravité du mobile on trouve là une zone qui est quasi ponctuelle, normal, ça ne bougeait pas.	1. Description du mécanisme de la table à coussin d'air
6:32	P	Alors au passage qu'est-ce que ce mobile-là subit comme forces, Camille?	2. Relation somme des forces et nature du mvt (P.I) 2.a. Mvt rect. unif. ↔forces se compensent
	C	La force de l'air qui le soulève	
	P	Alors qu'est-ce qu'il fait l'air?	
	C	Il le soulève	

	P	Il joue le rôle de quoi?	
	E	Porteur	
	P	De porteur de support, d'accord? Bien, et puis qu'est-ce qu'il y a comme forces?	
	C	Son poids	
	P	Son poids, est-ce qu'il y a une force de frottement?	
	Es	non	
	A	Il est sur un coussin d'air	
	P	Voilà, donc on néglige là les forces de frottements, les 2 forces là , qu'est-ce qu'on a dit l'autre jour dans le 1er énoncé du TP quand on dit finalement que le mobile ici a une condition qui ne varie pas, il est en équilibre donc il subit des forces qui se	
	Es	Compensent	
	P	Compensent , bien, donc ces 2 forces qui sont le poids et la réaction de l'air vers le haut, ces 2 forces là se compensent. Si maintenant, alors supposez bien que la table soit horizontale, si je le lance maintenant, tiens tu vas profiter, quand je vais le lancer Camille là tu vas être prête à appuyer sur le bouton, tu appuies sur le bouton quand ça va aller un peu de là à là, pas trop sur les bords parce que je ne veux pas enregistrer ce qui se passe quand il y a le frottement ici et puis tu enregistres que quand je ne tiens plus le mobile d'accord? Bon (il lance le mobile) là il est allé un peu loin dans la zone où ça peut toucher mais globalement voilà ce qui se passe ici, alors si vous regardez là vous avez une trajectoire quasiment	
	Es	Rectiligne	
	P	Rectiligne, l'espace entre 2, est-ce que vous avez une règle? L'espace entre 2 points on a par exemple ici 2,5 cm ces 2, ici 2,5 cm entre ces 2, là aussi 2,5 etc., alors comment	
	Es	Uniforme	
	P	Uniforme le mouvement est uniforme c.à.d que la vitesse est	
	Es	Régulière	
	P	Régulière c.à.d	
	Es	Constante	
	A	proportionnelle	
	P	Tu dirais?	
	M	Constante	
	P	Et toi tu as dit?	
	A	Proportionnelle	
	P	Proportionnelle à quoi? Y a une idée de proportionnalité dedans mais ce n'est pas la vitesse qui est proportionnelle. Alors la vitesse est constante le mouvement est rectiligne on appelle ça mouvement rectiligne et	
	Es	Constant	
	P	Et uniforme, un mouvement rectiligne et uniforme. Bon là le mobile a son centre de gravité qui a un mouvement rectiligne et uniforme et comment sont les forces que subit le mobile?	
	E	Compensées	
	P	Voilà, elles se compensent, donc on s'aperçoit ici que le mouvement du centre de gravité là du mobile, globalement le mouvement du mobile, le mouvement du centre de gravité du mobile soit est à vitesse constante donc mouvement rectiligne uniforme soit comme on a dit au début là si je ne le bouge pas	
	E	Il bouge pas	
	P	Il bouge pas donc il persiste à rester immobile, d'accord? Donc soit il a un mouvement rectiligne uniforme soit il est immobile d'accord? Et ce qui intéressant de voir c'est que est-ce que pour un mouvement il faut qu'il y ait une résultante des forces qui soit non nulle?	
	E	Non	
	P	Regardez, la résultante des 2 forces, ces 2 forces-là se compensent, globalement c'est comme si	

	E	Comme si elles étaient nulles	
11:32	P	Comme si elles étaient nulles, comme si il n'y en avait pas, donc là les forces se compensent, le mouvement est rectiligne et uniforme./ Par contre si le mouvement n'est pas rectiligne et uniforme est-ce que ça veut dire que les forces se compensent?	2.b. Mvt non rect. unif.↔ forces ne se compensent pas
	E	Non	
	P	Alors on va un petit peu changer le réglage, avec un peu de chance on y arrive, voilà regardez, là on a changé le réglage, la réaction tout à l'heure de quelle direction était-elle, la réaction de l'air elle était comment?	
	E	Vers le haut	
12:05	P	Verticale ou?	
	E	Verticale	
	P	Verticale vers le haut, elle compensait tout simplement le	
	E	L'attraction terrestre	
	E	Le poids du	
	P	Oui l'attraction terrestre c.à.d le poids d'accord? Est-ce que là la réaction du coussin d'air va être verticale?	
	Es	Non	
	P	Regardez, je lâche pour l'instant est-ce que la réaction va être verticale? Tiens tu vas enregistrer comme tout à l'heure quand je vais lancer. Tiens regardez bien là un instant, regardez bien, tu n'enregistres pas pour l'instant, là je lâche regardez vous avez vu? Ça c'est la ligne de plus grande pente pourquoi de plus grande pente parce que regardez si je l'envoie comme ça, ça ce n'est pas la pente la plus forte, la pente la plus forte c'est celle-ci, d'accord? Bon, enregistrons tout de suite la pente la plus forte, quand je vais lâcher tu enregistres, on a appuyé très fort là, regardez, comment est le mouvement là, on va le qualifier, vas-y Amélie	
	A	Bah l'écart il s'agrandit	
	P	Il s'agrandit, comment on va qualifier ce mouvement par rapport à ce qu'on avait tout à l'heure?	
	A	Il est rectiligne mais il n'est pas uniforme	
	E	Il accélère en fait	
	P	C'est un mouvement?	
	E	Accéléré	
	P	Rectiligne accéléré, non mais c'est bien. Alors maintenant je vais essayer de l'envoyer en biais… Voyez joli mouvement de quelle forme en fait?	
	E	Demi-cercle	
	P	On l'a vu l'autre jour dans l'activité du livre	
	E	Parabolique	
	P	Parabolique, allez encore une fois je vais donner plus de force vas-y, regardez ici vous avez un mouvement parabolique, est-ce qu'il est uniforme?	
	E	Non	
	P	Uniforme ça veut dire quoi?	
	E	Qu'il est à la même vitesse	
14:34	P	Est-ce qu'il est à la même vitesse? Non on voit regardez ici c'est beaucoup plus rapproché entre 2 points donc ça va beaucoup plus lentement qu'ici, d'accord? Et en fait cet axe qui était là qui est la ligne de plus grande pente, si je prends le sommet de la parabole ça constitue l'axe de symétrie de la parabole mais bon sans rentrer dans trop de détails là-dessus. Bien finalement là on voit paraître l'énoncé du principe d'inertie que l'on va retenir, c'est finalement lorsque un mobile subit des forces qui se compensent son mouvement est rectiligne uniforme ou bien il reste	
	E	Parabolique	
	P	Non, les forces se compensent ici?	
	E	Non	
	P	Vas-y Marine	
	M	Le mouvement est parabolique donc les forces ne se compensent pas	

	P	Voilà et puis la réaction, est-ce que la réaction est verticale?	
	M	Non elle est penchée	
	P	La réaction elle est toujours dans quelle direction là s'il y a pas de frottements d'après vous?	
	E	La direction de l'inclinaison	
	E'	Verticale	
	P	Verticale est-ce que la réaction est verticale? La réaction en fait est orthogonale perpendiculaire à la surface de contact s'il n' y a pas de frottements, comme la surface on l'a inclinée la réaction est aussi autrement que verticale elle est inclinée, quand c'est horizontale la surface la réaction est verticale, quand c'est incliné la réaction est inclinée et elle ne peut pas compenser le poids qui lui est vertical, une force inclinée ne peut pas compenser à elle seule une force verticale. Je reprends une dernière fois, la réaction ici quand il n' y a pas de frottements elle est inclinée orthogonale à ce plan et à elle toute seule elle ne peut pas compenser une force verticale le poids, c'est impossible géométriquement, c'est pour ça que finalement la résultante de ces 2 forces fait que l'accélération est vers le bas, regardez, les 2 forces ne peuvent pas se compenser finalement ça accélère vers le bas, c'est du fait qu'il y a le poids et la réaction seulement qui s'appliquent sur le mobile	
17:07	P	Alors on va s'asseoir, on va noter le principe de l'inertie tel que on va le retenir, on doit mettre donc un grand 3 c'est ça? Grand 3 c'est ce qu'on avait fait, donc grand 4 principe de l'inertie et on va retenir l'énoncé de ce principe tel qu'il a été donné par Newton en 1686, alors vous notez l'énoncé: pour un observateur terrestre tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne et uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent, alors qu'est ce que ça veut dire dans cet énoncé un peu ancien, qu'est-ce que ça veut dire tout corps persévère dans son état de repos? Laura vas-y, il persévère dans son état de repos c.à.d qu'il	3. Principe d'inertie 3a. Enoncé du P.I
	L	Reste immobile	
20:40	P	Il reste immobile, ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent, ça correspond à ce qu'on a vu, bien,/alors ce qu'on va faire on va essayer de l'appliquer dans des exercices du livre, je vous propose l'exercice 11 page 263, alors on va faire des exercices d'application dans votre partie exercices, alors dans cet exercice-là on va travailler avec un référentiel bien particulier que l'on vous propose être la Terre, donc on va parler un instant de la lune on vous dit que la lune tourne à vitesse constante autour de la Terre, si on prend comme référentiel la Terre la trajectoire de la lune est un cercle donc quel est le mouvement de la lune dans le référentiel autour de la Terre? Camille	3b. Nature du mvt et compensation ou non des forces: Cas du mvt Lune dans référentiel Terre
	C	Circulaire et uniforme et constant	
	P	Alors c'est un mouvement qui est approximativement circulaire… Bien donc le mouvement de la lune autour de la Terre dans le référentiel Terre comme on a dit il est circulaire et approximativement uniforme donc il est circulaire	
	E	Il est constant ou pas constant?	
	P	Si tu marques circulaire uniforme ça veut dire que c'est constamment le même d'accord? Le mouvement de la lune dans ce référentiel est circulaire et uniforme. Bien, à ce moment-là est-ce que la lune est soumise à des forces qui se compensent? Maxime	
	M	D'abord parce qu'elle est constante, son mouvement est constant	
	P	Alors on a dit le mouvement est constant ça veut dire quoi? Est-ce qu'on a dit que le mouvement est constant? On a dit le mouvement est circulaire et uniforme, bon il est constamment celui-là si ça peut te faire plaisir mais j'aime pas le mot constant je l'évite si possible, Stéphanie	
	S	Je dirai qu'elles se compensent parce que dans l'énoncé de Newton ils disent que tout corps qui persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme, et bah non elles ne se compensent pas	

	P	Ah alors explique-nous ton non	
	S	Non parce qu'ils disent état de repos et là ce n'est pas le cas ou mouvement rectiligne et là il n'est pas en mouvement rectiligne il est en mouvement circulaire	
	P	Quand le mouvement est circulaire est-ce que les forces que subit l'objet qui est ici la lune peuvent se compenser?	
	E	Non	
	P	Puisque ça tourne comme tu dis non, puisque c'est ni le repos ni en mouvement rectiligne uniforme, on est d'accord? Alors on va le marquer, donc la lune n'est pas soumise à des forces qui se compensent car son mouvement n'est pas rectiligne et uniforme et aussi elle n'est pas au repos, alors pour aller plus loin dans ce qu'on venait de dire vous allez faire tout de suite l'exercice 12 qui suit, oui je t'écoute Vincent	
	V	Quand c'est un mouvement rectiligne les forces elles se compensent?	
27:12	P	Bon vous venez d'arriver en retard, je vais t'expliquer dans un instant, je vais venir te montrer, tu vas noter le principe qui a été écrit par Jules et ensuite on y réfléchit ensemble… Allez faites l'exercice 12 page 263 pour réfléchir sur ce qu'on vient de dire précédemment. Bon venez voir tous les 2, puisque vous êtes arrivés en retard je vais bichonner les manifestants là…/ Donc quand on a fait l'horizontalité de la table ici on a un mobile qui ici on peut avoir l'impact qui peut nous donner la position de l'objet et il y a un éclair toutes les un dixième de seconde, donc quand on a fait l'horizontalité avant on l'a lancé comme ça quand c'était horizontal, quand il subissait son poids et la force du coussin d'air verticale vers le haut qui compensait le poids, soit quand il était horizontal ça bougeait pas soit le mouvement était rectiligne et uniforme ça veut dire à vitesse constante et après j'ai changé je l'ai rendue non horizontale et là on a vu que le mouvement quand ça ne se compense pas le mouvement est rectiligne accéléré quand je le lâche et si je le lance ici on voit que le mouvement est parabolique	3c. *Inclusion*. Réexplication de l'expérience à un groupe
	V, M	Ouais	
	P	Avec un mouvement qui n'est pas à vitesse constante puisque ça va plus vite ici qu'ici, d'accord? Donc comme on l'a dit pour la lune, si le mouvement de la lune n'est pas rectiligne uniforme ou bien si elle n'est pas au repos ça veut dire qu'elle subit des forces qui ne se compensent pas	
	V	Et pourtant puisqu'il avance	
30:12	P	Ah comme on a dit il peut y avoir mouvement sans que l'objet subisse des forces qui ne se compensent pas, en quelque sorte ça continue sur l'élan, sur une patinoire les forces qui s'exercent sur toi se compensent et si c'est une super patinoire et des super patins tu démarres et tu pourrais traverser toute la patinoire sur l'élan sans que il y ait des forces qui ne se compensent pas qui agissent dessus on est d'accord? Donc en fait le mouvement peut avoir lieu sans que la somme des forces ne se compense pas, si les forces se compensent le mouvement continue en mouvement rectiligne et uniforme, ok? Allez./ Vous avez répondu à la question petit a? Elle est assez facile cette question-là la 1ère , quel est le mouvement du centre du palet? On écoute un instant la réponse de Laura	3d. Nature du mouvement et compensation ou non des forces : situation palet sur de la glace 3d1. Nature du mvt
	L	Circulaire uniforme	
	P	Mouvement circulaire et uniforme, est-ce que vous êtes d'accord?	
	Es	oui	
	P	Donc le mouvement du palet était circulaire et uniforme avec le fil, d'accord? Ça veut dire que la vitesse est constante mais le mouvement est	

		de rotation	
	A	Là sur le dessin elle est constante mais sur la feuille il s'arrête quand même	
Coupure du son (31:06 - 34:54) Bande élèves(30:55 - 35:50)	P	Ah on va écouter un instant Amélie et puis on va donner les commentaires sur sa question, recommence Amélie	
	A	Si on le lance au bout d'un moment il va s'arrêter quand même	
	P	Pourquoi?	
	A	Avec l'air les frottements de l'air	
	P	Exactement, ici on a idéalisé le mouvement, on a dit c'est une … en gros le frottement est très très faible sur le palet et donc on estime que en gros ça ralentit très très peu donc pour l'exercice on fait comme ça mais tu as raison dans la réalité on peut pas faire faire à ce palet un nombre de tours infini, au bout de quelques tours il va s'arrêter, 10 20	
	E	Et s'il fait un tour?	
	P	Sur le tour si le tour n'est pas très grand il est possible que ça ralentisse très peu d'accord? Donc disons que là on est en train d'idéaliser un peu la situation, Amélie on idéalise la situation ok?	
	A	Ouais	
32:09 (prof) 31:58 (élèves)	P	On admet que le poids du palet et de la force exercée par la glace sur le palet se compensent, est-ce que ça correspond à ce qu'on a vu il n'y a pas longtemps là sur la table à coussin d'air là-bas? On admet que le poids du palet et la force exercée par la glace sur le palet se compensent. Voilà la glace, le palet est un palet de hockey sur la glace, la patinoire est horizontale?	3d2. Inventaire et représentation des forces
	Es	Oui	
	P	Ça c'est son centre de gravité que vous notiez déjà G en 3ème, quelles sont les forces que subit le palet, Camille?	
	C	La force du fil	
	P	Donc on va toujours commencer par les forces , alors le système c'est quoi ici?	
	E	Le palet	
	P	Le palet, donc une fois qu'on a dit ça quelles sont les forces s'exerçant sur le palet? Donc inventaire des forces s'exerçant sur le palet, on commence toujours Camille par quelles forces pour ne pas les oublier?	
	A	A distance	
	P	Forces à distance, alors allez-y quelle est la 1ère force distance?	
	C	La Terre	
	P	Le poids, son poids P qui est égal à la force exercée par quoi sur quoi?	
	C	Le poids sur la masse, le poids sur le palet, non la Terre sur	
	P	Laura	
	L	Par la Terre sur le palet	
	P	La force exercée par la Terre sur le palet, bien, alors comment est cette force?	
	L	Elle est verticale et vers le bas	
	P	Elle est verticale et vers le bas, c'est toujours pareil, très bien après, Camille continue puisque tu y étais, quelles sont les forces de contact?	
	C	La glace?	
	P	On va faire une belle phrase, on va pas dire la glace le fil on va dire force exercée par	
	C	la glace sur le palet	
	P	Force exercée par la glace sur le palet on va l'écrire et puis l'autre c'est	
	C	Force du fil sur le palet	
	P	La force exercée par le fil sur le palet, d'accord. Alors la force exercée par la glace sur le palet elle est comment géométriquement? Vas-y Vincent	

	V	Verticale	
	P	Elle est verticale	
	V	Vers le haut	
	P	Vers le haut, est-ce qu'on a un autre renseignement par l'énoncé, Nicolas? En ce qui concerne les 2 1ère forces est-ce qu'on a un autre renseignement par l'énoncé Nicolas? Marine?	
	N	Elles se compensent	
	P	Elles se compensent, qu'est-ce que ça veut dire au niveau de leur valeur Nicolas	
	N	Elles sont nulles	
	P	Ah, Marine qu'est-ce que t'en penses?	
	M	Elles sont égales	
	P	Voilà, la force exercée par la glace sur le palet est verticale vers le bas et a la même valeur même intensité que le poids, ok, alors ces valeurs se compensent, si on les dessine par exemple donc elle-là vers le bas c'est laquelle?	
	E	Le poids	
	P	Son poids, et celle vers le haut la force exercée par	
	E	La glace	
	P	La glace sur le palet. Ces 2 forces se compensent donc elles sont de même	
	E	Taille	
	P	Taille, ces 2 vecteurs sont de même taille, et la force exercée par le fil sur le palet supposons que le fil soit comme ça, allons-y, Mélissa la force exercée par le fil sur le palet elle va être dans quelle direction?	
	Mé	Bah vers l'extérieur	
	P	Alors le fil c'est ça d'accord? Alors vers la gauche ou vers la droite?	
	Mé	Vers la droite	
	P	Vers la droite? Au passage le fil est accroché quelque part, est-ce que vous êtes d'accord que le fil est accroché au point A	
	Es	Oui	
	P	Alors je vais marquer ici que A c'est un point fixe il ne bouge pas ce point-là, bien, la force ici Vincent?	
	V	Vers le point A	
	P	Elle est vers le point A?	
	V	oui	
38:03	P	Voyez que le point A il retient le fil et quelque part le fil retient le palet, s'il le retient c'est qu'il le tient de ce côté, donc l force exercée par le fil est dans ce sens. / Est-ce que ces 3 forces peuvent se compenser?	3d3. Utilisation du principe d'inertie
	V	Non, il en faut encore une	
	P	Est-ce qu'elles se compensent ces 3 forces Sophie? Regarde-les telles qu'elles sont est-ce qu'elles se compensent déjà géométriquement?	
	S	Non, elles partent pas du même point	
	P	C'est pour ça qu'elles ne se compensent pas?	
	S	Non	
	P	Je vous écoute, est-ce qu'elles se compensent?	
	V	Non parce qu'il n'y a pas de mouvement rectiligne	
	P	Alors tout d'abord en utilisant le principe d'inertie est-ce que le mouvement du palet est rectiligne et uniforme?	
	Es	Non	
40:40	P	Donc il subit des forces qui ne se compensent pas. Vous marquez, le mouvement du palet n'étant pas rectiligne et uniforme il subit donc des forces qui ne se compensent pas. Est-ce qu'on a répondu à la suite de la question b, montrez en utilisant le principe d'inertie dans ce qu'on vient de dire qu'il existe au moins une autre force qui agit sur le palet, bah oui, le fil sur le palet, puisqu'elle n'est pas verticale elle ne peut pas compenser les autres, vous êtes d'accord? Parce que celle-là elle tire latéralement, bien donc effectivement grâce au fil il existe une force qui	3e. Nature du mvt et compensation des forces:

		peut pas être compensée,/ ah chose importante, si le fil casse qu'est-ce qui va se passer?	Cas du fil qui casse
	A	Il va partir comme ça (spirales)	
	P	Voilà regardez, le palet se trouve là, le fil est par là, le fil à un moment donné casse ici, vas-y Amélie on t'écoute	
	A	Bah après le palet il va partir en circulaire comme ça et il va tourner sur lui-même aussi	
	P	Ce qu'on va faire d'abord on va considérer le palet tellement petit qu'on va même pas considérer le fait qu'il tourne sur lui-même ou qu'il puisse tourner, on va simplifier on va faire comme si c'était un point donc on va pas voir le problème de tourner ou non sur lui-même, Stéphanie	
	S	Moi je pense qu'il va d'abord tourner ensuite il va aller tout droit	
	P	Après il va aller tout droit?	
	S	Ouais	
	P	De quelle manière? Est-ce que le mouvement sera uniforme ou non? Vincent	
	V	Ça va directement en rectiligne, un mouvement rectiligne	
	P	Bon regarde, là ça va tourner dans ce sens, le palet est là, il tournait comme ça d'accord? Ça casse là, tu dis ça va partir en mouvement rectiligne	
	V	Oui	
	P	Viens dessiner allez	
	V	Je sais pas comment ça va partir mais ça fait un mouvement rectiligne, ça veut que cette cassure le fil quel est son rôle à partir de là?	
	E	Il va partir comme ça	
	P	Vas-y, c'est en train de casser là, top départ ça casse, que fait le palet?	
	V	Je ne sais pas s'il part comme ça	
	P	Dessine-le	
	E	Il va partir là-bas	
	P	Attend montre-nous où ça partait, dessine-le, mets la trajectoire et ça ça sera préconisé par Vincent et ensuite Stéphanie va passer. Stéphanie (Elle dessine), c'est pas mal y a une idée là-dessous, est-ce que tu peux nous expliquer géométriquement comment ça marche?	
	S	Ça va faire la tangente	
	P	C'est bien c'est bien, alors il va partir tu as dit suivant la	
	S	tangente	
	P	Et le mouvement sera de quelle manière, de quel type? Est-ce qu'il sera accéléré freiné?	
	E	Accéléré	
	S	Bah il va accélérer parce qu'il va justement plus vite	
	P	Ça va plus vite tu dis?	
	S	ouais	
	P	Nicolas	
	N	Le palet une fois que le fil va casser au début il va partir avec de la vitesse et ensuite la vitesse diminue jusque	
	P	Pour quelle raison? On est sur la glace	
	N	Parce que le palet sur la glace il glisse et au bout d'un moment il va s'arrêter	
	P	Et pour quelle raison? Parce qu'il y a	
	Es	Du frottement	
	P	Du frottement. Si on idéalise le problème et qu'on dit la glace est toute neuve on vient de l'écrémer juste avant l'épreuve du patinage artistique, on refait la surface de la glace et ça glisse super bien, le palet est très très lisse et supposons que les frottements soient négligeables, très faibles, infiniment faibles, comment partirait le palet? On a dit suivant la tangente au cercle et en plus est-ce qu'il serait freiné?	
	Es	(inaud.)	
	P	Bon peut-être qu'on va faire l'analyse des forces, avant que ça casse ces 3 forces s'exerçaient sur le palet, le fil casse, Amélie	

	A	Les forces se compensent	
	P	Les 2 forces, quelles forces restent?	
	A	Le poids et la force de la glace sur le palet	
46:30	P	Ces 2 forces sont les seules qui restent est-ce qu'on est d'accord? Donc vous marquez qu'il ne reste plus que ces 2 forces-là qui sont P le poids et la force exercée par la glace sur le palet, il ne reste plus que ça le fil ne sert plus à rien, ces 2 forces c'est écrit qu'elles se compensent donc son mouvement est rectiligne et uniforme c.à.d le corps persévère dans son mouvement rectiligne et uniforme d'accord? Et ça ça suppose que la glace est idéale c.à.d qu'elle n'oppose aucun frottement, comme ça ça ralentit pas./ Bien, donc demain on applique ça dans un TP, alors les élèves qui ne font pas théâtre vont faire le TP, les élèves qui font théâtre font théâtre puis on fera le bilan lundi, alors par contre je vais donner des exercices à faire, alors vous faites pour lundi les exercices 8, 9 et 21 page 263 et 266, voilà donc à demain pour ceux qui ne font pas théâtre.	

Classe 1 séance 5 (11/3/05)

Tps	Loc.	Discours	Thème
00:45 1:53 2:20 5:10	P Gr- M Gr	Alors qui n'était pas là hier? Ça c'est pas bien agréable. Alors là je vous donne le protocole pour un groupe, de toute façon vous allez faire directement le TP à partir du protocole… Bien maintenant écoutez-moi bien, Mohamed, donc vous êtes, il faut que je gère le fait qu'il y ait des élèves qui n'ont pas fait le cours hier d'accord? Donc je vais essayer de vous aider un petit peu bien que vous auriez dû venir parce que si je dis que je fais pas grève vous vous débrouillez pour venir, la plupart vous devez venir./ Vous allez donc faire aujourd'hui l'étude de la chute d'une goutte d'eau colorée dans de l'huile, au départ vous lisez bien le texte-là, on vous demande de prévoir ce qui se passe à priori, bon je vais vous laisser travailler tranquillement tous seuls, chut, allez maintenant vous vous taisez, au travail!/ Marie tu n'es pas toute seule, allez vous y êtes? C'est parti. Levez le doigt, qui n'était pas là hier? Bon on va marquer au tableau l'énoncé du principe d'inertie et vous allez l'appliquer ici d'accord? Avant ça je vais quand même faire l'appel, chut Gael maintenant tu te mets au travail, tout le monde se met au travail allez… Chut Sophie au travail, allez Sophie… Alors vous avez, oui en fait effectivement on peut prendre du permanganate ou du bleu de méthylène, on a pris une solution aqueuse de bleu de méthylène, donc au lieu que ce soit violet bien c'est bleu, mais vous allez travailler avec d'accord c'est pareil, c'est une goutte d'eau colorée, je viens vous voir un peu plus tard… Vous m'entendez, en premier vous remarquez qu'on vous demande avant de réaliser l'expérience de prévoir quel sera le mouvement de la goutte, donc je vous demande de pas de commencer par réaliser l'expérience, en premier vous allez prévoir, vous avez compris? Et après vous faites l'expérience mais quand vous prévoyez vous discutez entre vous et vous écrivez simplement ce que vous prévoyez d'accord? /Bien, je vais enlever le chiffon parce que sinon on voit derrière le chiffon et il est pas très chic, celui-là qui était sur le robinet, c'est pas très chic… Qu'est ce que tu veux savoir?	Introduction de la séance et organisation 1. Caractéristiques du mvt d'une goutte d'eau colorée dans l'huile (prévisions, observations et mesures) 1a. Prévision et réalisation de l'expérience, observations et mesures
	E	Je veux aller boire	
	P	Boire, oui mais pas ici	
	E	Bah non	
	P	Allez…Est-ce que tu pourrais me dire où est-ce qu'on s'est arrêté exactement?	
	V	…	
	P	Comment? Ah tu n'étais pas là? Où est-ce qu'on s'est arrêté exactement? Donc on a fait principe d'inertie et 2 exercices d'application, les exercices tu ne les as pas mis dedans	
	E	Bah si	
	P	D'accord	
	E	Quand les forces se compensent on a dit que c'était l'inertie ça faisait rectiligne et uniforme	
	P	Le principe d'inertie oui	
	E	… quand il y avait mise en mouvement, c'était ça voulait dire que	
	P	Les forces ne se compensaient pas, mise en mouvement	
	E	La mise en mouvement ça veut dire qu'elles ne se compensent pas	
	P	Parce que mise en mouvement il y a accélération, du moment où il y a accélération non nulle	
	E	Donc pour la balle	
   9:08 10:00	P GR- M GR	Oui, quand elle se mettait en mouvement c'est que la somme des forces était pas nulle, elles ne se compensaient pas, quand elle se mettait en mouvement, compris, quand elle se mettait en mouvement…(écrit le PI au tableau) Donc bien nous avons donné l'énoncé du principe d'inertie qui va être appliqué aujourd'hui, donc ceux qui n'étaient pas là le rattrapent, le réécrivent et ça va être appliqué aujourd'hui dans ce TP, je vous laisse	

		réfléchir… Bon alors qu'est ce qu'on va prévoir pour ce mouvement à priori avant de faire l'expérience?	
	E	Ça va être rectiligne	
	P	Rectiligne c'est pas mal, après?	
	A	uniforme	
	P	Uniforme	
	C	Comment on fait monsieur avec la pipette et ça?	
	P	Alors on va voir, on va tester un petit peu regarde	
	A	Ça fait une goutte	
	P	Est-ce que la goutte elle peut tomber toute seule? La pipette on en a une mais est-ce qu'elle peut, regarde	
	A	Tu vois je t'avais dit, pas besoin de la pipette	
	P	Est-ce qu'on peut faire des gouttes toutes de même taille, des plus petites des plus grosses à voir? Tu peux prévoir avec celle-là fais voir si on peut faire mieux, dans ce cas-là peut être il faudrait ouvrir, attention tu n'as pas la blouse. Est-ce qu'on peut faire de petites? On peut faire mieux que ça peut-être, je vais voir si on n'a pas de quoi faire mieux mais sinon là vous arrivez à faire des petites et des moyennes, vous arrivez à des tailles, chut Adrien tu travailles là?	
	Ad	Oui j'explique	
	P	Regardez, je vais voir si on pourrait faire mieux pour les pipettes, chut	
	E	On essaie avec ça?	
	P	Est-ce qu'on utilise ça?	
	E	ouais	
11:22	P	On peut oui oui… Chut, on peut essayer avec ça aussi, si vous avez besoin de faire des gouttes de taille différente ça peut aider aussi, si vous avez besoin de faire des gouttes de tailles différentes. Alors t'avais fait ta prévision avant?	
	V	Oui oui on avait dit mouvement rectiligne uniforme	
	P	C'est tout? Oui mais vous pouvez utiliser cette pipette, vous avez la fine, et surtout vous avez ici la possibilité de verser en pressant dessus, chut vous êtes trop bruyant… Mais surtout vous avez ici de quoi faire tomber les gouttes avec ça, j'ai dit que vous pouvez faire des gouttes de tailles différentes avec ça ça avec celle-là, ok? Chut allez Marine tu te calmes un peu	
	E	C'est quoi ça?	
	P	Comment?	
	E	C'est quoi les prédictions?	
	P	Prédictions c'est ce qu'on prédit, qu'est ce qu'on prédit c'est savoir à l'avance, imaginer à l'avance ce qui va se passer. Vous avez déjà fait vos expériences?	
	E	Non	
	P	Alors comment vont tomber ces gouttes? C'est ça la question	
	E	Dans l'huile	
	E	Dans l'éprouvette	
	P	Dans l'huile oui	
	E	Ça va pas se mélanger	
	P	Ah, ça va pas se mélanger, déjà l'huile et l'eau c'est non miscible on est d'accord, bah c'est mieux, parce que vous allez voir tomber les gouttes, imagine une goutte d'eau colorée dans l'eau ça va se dissoudre ça va partir	
	E	Elle va flotter la goutte	
15:10	P	Elle va flotter, peut-être que oui peut-être que non. Oui vas-y	
	E	Comparer les observations et les prévisions sans effectuer de mesures c'est comparer	
	P	Qu'est ce que t'as prévu, t'as prévu quelque chose?	
	E	On a prévu que c'était rectiligne uniforme et vertical vers le bas	
	P	D'accord très bien, alors tu as fait une 1ère manip? Alors comment vous voyez ce mouvement finalement?	
	E	Il est comme on a dit, on a observé	

	P	Regarde, ta goutte c'est pas tombé au début non?	
	E	Et bah non elle est pas assez grosse	
	P	Tu l'aide, elle démarre regarde, est-ce que ça ressemble à ce que vous avez prévu?	
	E	La vitesse paraît constante au début	
	P	Sur la fin est-ce qu'elle va ralentir?	
	E	Ouais, là parce qu'il y a la poussée non?	
	P	Ah c'est pas mal, tu as dit des choses…ça marche là, est-ce que vous avez prédit?	
	E	Ouais	
	P	Vous avez déjà fait tomber des gouttes?	
	E	ouais	
	P	Est-ce que ce que vous avez vu correspond à ce que vous avez imaginé à l'avance?	
	E	Ouais	
	P	Oui, absolument? Tout? Tout le mouvement avait été prévu?	
	E	Oui	
	P	Toutes les caractéristiques du mouvement?	
	E	Bah je pense oui	
	P	Alors comment il est ce mouvement que vous avez observé?	
	E	Rectiligne uniforme	
	P	Il est rectiligne uniforme, pensez-vous?	
	E	Ah oui	
	E'	Vertical de bas en haut	
	P	Vertical de bas en haut ou de haut en bas?	
	E	De haut en bas	
	E'	Uniforme et la vitesse elle est constante	
	P	La vitesse est constante?	
	E	Ouais	
	P	Chut, Marie tu peux être un peu discrète? Regarde cette goutte, on prend une grosse, tiens y en a qui sont en train de descendre là, allez on va prendre une grosse et on va se poser la question qu'est-ce qui se passe	
	E	Elle va descendre plus vite	
	P	Celle-là au début elle veut pas descendre, poussons-la, il faut savoir parler aux gouttes	
	E	Elle descend plus vite que la petite	
	P	Elle est en train de rattraper les autres non?	
	E	Oui	
	P	Ça faisait partie de vos prévisions ça?	
	E	non	
	P	Regardez bien comment elle descend, regardez-la bien du début jusqu'à la fin. Chut, qu'est-ce que tu cherches?	
	E	Pipette	
	E'	Pour mesurer on mesurer toutes les 10 …?	
	P	Tu en es à quelle question?	
	E	La c	
	P	Alors d'abord vous avez prévu, après vous avez observé, vous avez décrit le mouvement	
	E	Ouais	
	P	Qu'est-ce que vous avez écrit, qu'est-ce que vous avez dit?	
	E	Mouvement rectiligne uniforme, vertical de haut en bas	
	P	C'est tout ce que vous avez vu, je répète la question b. Marie, tu es vraiment d'une discrétion absolue, qu'est-ce qui t'arrives?	
	E	J'ai mal	
	P	Pourquoi?	
	E	Je ne sais pas j'ai mal, je peux retourner boire encore?	
	P	Oui vas-y. Vous avez écrit les prédictions, qu'est-ce que vous avez dit?	
	E	Que ce sera un mouvement uniforme et rectiligne	

	P	Bon admettons, pourquoi vous avez écrit ça?	
	E	Parce qu'il va être rectiligne et uniforme	
	P	Rectiligne j'imagine mais pourquoi uniforme?... uniforme ça veut dire quoi?	
	E	Rectiligne c.à.d que ça n'a pas de ronds	
	P	Rectiligne ça veut dire en	
	E	En ligne droite	
	P	Très bien et uniforme ça veut dire à vitesse	
	E	constante	
	P	Constante. Est-ce que vous avez vu si c'était uniforme ou non?	
20:00	E	Oui, bah si parce quand vous avez fait la grosse goutte elle allait plus vite et bah c'est c'est pas uniforme ça accélère à la fin	
	P	Alors à la fin ça accélère, quand tu dis le mot accélère ça veut dire que ça va plus vite?	
	E	Oui	
	P	Tu peux en faire une qu'on revoit ensemble?	
	A	C'est léger en fait c'est pas	
	P	Non mais fait une goutte carrément avec le bec verseur là, ah oui, attends stop, tout d'abord comment elle est cette goutte-là, qu'est-ce qu'elle fait?	
	A	Elle est à la surface immobile, elle n'arrive pas	
	P	Elle est immobile 1, elle est immobile d'accord très bien, et bah aider-la, il faut lui parler méchamment, voilà ça démarre, et là comment t'as trouvé le mouvement là déjà au départ entre le départ et maintenant comment vous trouvez?	
	C	Elle accélère un petit peu là non?	
	A	Ah non là elle ralentit	
	P	Et maintenant qu'est-ce qu'elle fait cette goutte?	
	C	Elle accélère là, elle accélère là, et là elle ralentit	
	P	Alors, là sur la fin en fait j'ai vu des mouvements un peu inhabituels mais, alors au début tu as dit ça	
	C	Ça accélère au début	
	P	Quelle est la vitesse de départ initiale?	
	A	Nulle, elle a été annulée	
	P	Quand on fait une goutte comme ça	
	A	Le mouvement change en fait	
	P	On fait une goutte comme ça, imaginons on va la faire descendre mais on ne lui donne pas de l'élan, juste on la tient un petit peu sous le niveau et ça démarre d'accord? Donc on la tient immobile et elle démarre, vous l'avez vue démarrer là?	
	C	Oui	
	P	Donc il y a une phase du mouvement, maintenant vous la voyez tomber et sur la fin comment l'avez-vous vue arriver en bas?	
	C	Elle accélère un tout petit peu avant	
	P	Accélère ça veut dire plus vite?	
	C	Ouais	
	A	Non elle modifie son mouvement	
	P	Mais de quelle manière?...Tu la lâches voilà, là tu soulève ta pipette elle devrait tomber. 1ère phase donc on a dit	
	A	Elle est immobile mais après le mouvement change	
	P	Là il est de quelle forme ce mouvement géométriquement?	
	A	Rectiligne	
	P	Rectiligne, la vitesse à priori sans faire de mesures?	
	A	uniforme	
	P	Uniforme et sur la fin est-ce que c'est uniforme, est-ce que c'est à vitesse constante?	
	A	Non	
	C	A la fin elle change un peu de direction, elle est partie de là	
	P	Est-ce qu'elle augmente ou elle diminue à la fin?	

	A	Moi je pense qu'elle diminue	
	P	Moi aussi	
	A	Parce qu'elle rencontre là donc je pense qu'elle diminue, je ne sais pas j'arrive pas à expliquer	
	C	Elle va continuer elle a un instinct de survie alors elle ralentit sa chute avant, non?	
	P	C'est marrant, oui c'est un instinct de survie de la goutte, moi je dirai la goutte je la vois plutôt comme tu dis ralentir sa chute	
	A	ouais	
	P	Donc je la vois aller plus sur la fin	
	C	lentement	
	P	Plus lentement, vous l'avez vu comme ça plus lentement, alors qu'est-ce qu'il y a entre la goutte et vous avez vu qu'au fond les gouttes d'eau ça cumulait les gouttes colorées	
	A	Ouais	
	P	Qu'est-ce qu'il y a quand elle arrive sur la fin entre la goutte et	
	A	Mais il y a l'huile	
	P	Et l'huile qui est au fond	
	A	Mais y a l'huile quand elle arrive	
	P	Y a encore de l'huile qu'est-ce qui peut se passer?	
	C	Elle se pose	
	P	Vous imaginez pourquoi à la fin ça a changé d'aspect son mouvement? Bon enfin c'est pas mal, avancez là, c'est pas mal	
	E	Moi je trouve pas ce que vous dites là, je trouve que ça va vite	
	P	Vous avez pas trouvé ce que je dis, vous avez à constater vous-même, alors au départ comment c'est le mouvement?	
	E	Bah il est rectiligne mais il n'est pas uniforme	
	P	Au démarrage?	
	E	Oui	
	P	Qu'est-ce qui se passe au démarrage, admettons, enfin expliquez-moi ce qui se passe, je vous écoute	
	Mo	Au démarrage elle freine	
	P	Elle freine?	
	Mo	Ouais	
	P	Vous avez trouvé qu'elle freinait?	
	Mo	Non non non elle augmente, sa vitesse augmente	
	P	Sa vitesse augmente au démarrage Mohamed?	
	V	Non elle	
	E	Elle va plus vite	
	P	Bon j'en fais une devant vous	
	Mo	Non elle freine elle freine	
	P	Regardez, voilà elle est là, je vais juste la maintenir sous la surface de l'huile pour qu'elle démarre d'accord? Des fois quand elle a pas envie hein, voilà là qu'est-ce qu'elle fait au démarrage?	
	Mo	Elle met plus de temps	
	P	Elle démarre doucement et après qu'est-ce qu'elle fait?	
	V	Après elle accélère	
	P	Sa vitesse?	
	E+V	Elle augmente	
	P	Elle augmente, et maintenant est-ce qu'elle augmente?	
	V	Très peu	
	P	A priori?	
	Mo	Elle freine	
	E	Elle diminue	
	V	Là on dirait pas mais elle augmente	
	E	Là elle diminue	
	P	T'as l'impression qu'elle diminue?	
	V	Non elle augmente elle augmente, on a calculé on a fait le calcul	

	P	Et sur la fin, est-ce que c'est?	
	E	Sur la fin elle accélère après elle s'arrête	
	P	c.à.d sur la fin elle va plus vite? Sophie sur la fin?	
	S	Bah elle, ça accélère	
	P	Est-ce que si ça c'est l'obstacle c.à.d la couche d'eau colorée en bas, est-ce que la goutte si elle arrive là comme ça elle arrive avec impact comme ça ou elle fait autrement? Comment est-ce qu'elle se pose ?	
	E	Doucement	
	P	En douceur ou non?	
	E	En douceur	
	P	Si elle se pose en douceur, donc son mouvement	
	Mo	Elle freine	
	E	Est uniforme	
26:08	P	Mvt uniforme donc c'est que la vitesse est constante, est-ce que la vitesse est constante sur la fin?	
	E	(inaud.)	
	P	Bah d'après toi? Parce que tu as dit qu'elle se posait en douceur alors	
	V	Ça décélère	
26:20	E'	Monsieur confronter ça veut dire comparer, c'est ça confronter comparer	
	P	Oui, qu'est-ce que vous avez vu et qu'est-ce que vous avez prévu	
	E'	Oui c'est ça on compare ce qu'on a dit et ce qu'on a vu	
	P	Oui oui, Mohammed Mohammed chut doucement. Bon Nicolas ça avance?	
	N	Ouais ouais (inaud.)	
	P	Qu'est-ce que tu fais là?	
	Ma	Je descends à l'infirmerie là je ne peux plus	
	E	Je peux la descendre?	
	P	Non elle y va toute seule	
	E	Et ça c'est entre 2 graduation	
	P	Mais non	
	E	ou quand elle est en haut et quand elle est en bas?	
	P	Quelle question tu me demandes?	
	E	Pour la b et c	
	P	La question est, vous avez prévu qu'elle descendait de manière	
	E	Rectiligne uniforme	
	P	Rectiligne uniforme, est-ce que vous l'avez observé comme ça?	
	E	Ouais	
	N	Ouais	
	P	Oui? C.à.d c'est toujours rectiligne uniforme	
	E	Uniforme c'est pas sûr	
	E'	(inaud.)	
	P	Bon donc	
	E'	Je l'ai marqué	
	P	Après, donc c'est pas exactement ce que vous avez prévu	
	E'	Ouais	
	P	Après, vérifier par les mesures, par des mesures, quel genre de mesures on peut faire? C'est à vous de	
	E	(inaud.)	
	E'	Moitié moitié	
	P	Tu veux vérifier quoi? Ce que tu viens d'observer visuellement, tu veux vérifier ce que tu viens d'observer visuellement, qu'est-ce que t'as dit tout d'abord ça accélère au départ, enfin c'est ce qu'il a dit, accélère au départ, après vous avez dit la vitesse est constante, et après la vitesse qu'est-ce qu'elle fait sur la fin juste à la fin?	
	E	Elle ralentit	
	P	Elle ralentit donc vous pouvez faire de petites mesures vous pouvez essayer de vérifier ce qu'on vient de dire là, vous avez un chrono, vous avez les graduations, vous pouvez peut-être vous débrouiller. Ici, on en est où? Alors vous avez identifié les phases du mvt?	

	A	Ouais	
	C	Au début elle est immobile après elle descend lentement et puis après elle accélère un petit peu puis elle ralentit un petit peu	
	P	Donc quand elle descend lentement sa vitesse est comment?	
	C	Constante	
	A	Hm	
	P	Constante, et sa direction de déplacement	
	A	Rectiligne	
	C	Rectiligne	
	P	Elle a un mvt	
	C	Uniforme	
	P	Rectiligne	
	C	Uniforme	
	P	Et uniforme d'accord, ensuite vous l'avez vue accélérer juste avant de freiner là?	
	C	Oui je trouve elle accélère un petit peu par et après elle freine	
	P	Bon alors vous avez le chrono	
	A	On prend les phases	
	P	Vous l'essayer, vous pouvez essayer de prendre quelques mesures permettant de	
	A	Moi je comprends pas pourquoi elle ralentit à la fin, peut-être c'est le changement huile eau?	
	C	Parce qu'il y a pas, des petits (inaud.)	
	A	Si ouais des particules	
	C	Des particules qui font que ça l'empêche de descendre alors elle ralentit	
	P	Moi je dis que la goutte quand elle arrive elle va arriver sur d'autres gouttes sur de l'eau colorée	
	A	Ouais	
	P	Il faut qu'elle prenne sa place, quand la goutte arrive là elle va se poser là, faudrait bien qu'elle prenne la place de quoi?	
	A	De l'huile	
	C	De l'huile	
	P	De l'huile	
	A	Donc le niveau va monter	
	C	Donc l'huile faut qu'il fasse comme ça en fait	
	P	Voilà donc comme tu dis qu'est-ce qu'elle fait l'huile?	
	C	L'huile il fait comme ça, il laisse la place	
	P	On le trouve comme ça, ça prend de l'énergie, ça prend du temps de l'énergie, la goutte elle dit à l'huile pousse-toi, ça prend du temps et d'autant plus que 2èmement quand la goutte tombe elle risque d'écraser de l'huile	
	A	De l'huile ouais	
	P	Et ça fait une sorte de petit	
	A	Frottement	
	C	Ah ça fait oui freinage	
	P	Un matelas d'huile	
	A	ouais	
	P	Y a à la fois vous chasser l'huile et en même temps ça fait un matelas d'huile, donc ça fait un certain, au niveau de la vitesse on s'aperçoit que ça	
	C	freinage	
	A	Ça ralentit	
	C	Ça freine	
	P	Ça ralentit, la goutte elle ralentit parce que il faut qu'elle prenne sa place, y a une sorte de matelas en plus à la fin. Gael, allez vas-y	
	G	Comment on pourra faire des calculs?	
	P	Des mesures avant de faire des calculs	
	G	Ouais des mesures là	
	P	Si tu dis dans la partie centrale la vitesse est , dans la partie au milieu là de la chute la vitesse est	

	G	Constante	
	P	Constante, qu'est-ce qui se passe quand tu vas à vitesse constante?	
	G	Bah elle reste la même	
	P	Bon regarde, imaginons, imaginons que tu fais Lyon-Marseille à vitesse constante, imaginons que tu fais du 100 km/h, 100 km/h, bon Lyon-Marseille 300 km, admettons on va dire Lyon-Valence 100 km, Valence-Avignon 100 km, Avignon-Marseille 100 km, d'accord t'as 3 intervalles de 100 km; si ton compteur est toujours bloqué à 100 km/h, si tu regardes la distance parcourue Lyon-Valence, pendant combien de temps tu vas la parcourir? 100 km/h a vitesse donc tu vas le faire en 1h ce parcours; après Valence-Avignon tu vas le faire en combien de temps	
	G	1h	
	P	En 1h, puis Avignon-Marseille	
	G	1h	
	P	En 1h, pourquoi? Parce que la vitesse était constante, tu as roulé en mvt rectiligne sur l'autoroute en gros c'est ça. Bien maintenant c'est pareil, qu'est-ce qui est équivalent aux positions Valence, Avignon, Marseille, là sur ton mvt, sur le mvt de la goutte, où trouve-t-on des repérages comme ça dans l'espace? Attends, comment on peut repérer le mvt de la goutte? Ici y a des points de repères, c'est pas Valence, Avignon, non c'est les graduations par exemple.	
	V	On n'a pas compris le 2	
	P	Bon le 2? Déterminer la vitesse, j'arrive j'arrive, j'arrive Maxime	
	Max	Juste pour les mesures on a pris 1 44 et 1 56 et (inaud.) il a accéléré	
	P	Attends j'arrive dans 1 seconde. C'est toute la différence entre vitesse à un moment donné et vitesse moyenne, comme j'ai dit à Gael, si tu roules avec ton compteur vitesse toujours à 100, ta vitesse moyenne c'est combien?	
	V	100	
	P	100 km/h, et à chaque instant elle est égale à combien ta vitesse?	
	Mo	(inaud.)	
	P	Dans ce cas ta vitesse à chaque instant ta vitesse instantanée elle est	
	Mo	(inaud.)	
	P	Et elle est égale à ta vitesse	
	Mo	Moyenne	
	P	Là la goutte va passer par la graduation 150	
	V	On fait 270, 130 (inaud.)	
	Mo	Non mais pour calculer la vitesse il faut qu'elle soit constante	
	P	Si la vitesse est constante, à la graduation 150	
	V	Elle est pas constante	
	Mo	Moyenne donc, bah ça veut dire que la vitesse est la même	
	P	Elle est pas constante sur l'ensemble du mvt	
	V	Bah oui	
	P	mais est-ce que dans une certaine zone elle est constante?	
	V	Bah à peu près parce ça ne décélère pas non plus	
	P	Montrez-moi d'où à où ça semble constant?	
	Mo	De 16 à	
	V	Attends 1- c'est là	
	Mo	De 150 à 90 environ	
	P	De 150 à 90, d'accord. En général on la trouve souvent constante au-dessus de 150 déjà mais bon si vous avez trouvé ça	
	Mo	170 à 110	
	P	170 à 110?	
	Mo	Ouais	
	P	Et bah là vous avez tout pour vérifier ça, donc finalement qu'est-ce qu'on peut dire de la vitesse disons à 150 par rapport à la vitesse moyenne dans cette phase du mvt?	
	V	(inaud.)	
	P	Si votre compteur de vitesse est bloqué sur toujours la même valeur?	
	Mo	C.à.d que la vitesse à 150 est égale à cette valeur	

35:37 (C-E)	P	Exactement tout est dit, donc ça correspond à ce que vous êtes en train de faire (…) On va faire un peu le point sur ce que vous avez trouvé d'accord? Chut, allez, s'il vous plaît quelques instants là, tiens Jules vous allez faire ça dans un instant après, alors vous avez essayé de prévoir ce qui s'est passé, donc je ne veux pas savoir ce que vous avez prévu pour l'instant finalement qu'est-ce que l'on a observé Sabrina qu'est-ce que l'on a observé comme mvt? A partir du départ où l'on arrive à mettre la goutte sous la surface de l'huile et elle démarre sans vitesse initiale, vous ne lui avez pas donné de l'élan elle a démarré, Sabrina qu'est-ce qu'on voit comme phases du mvt?	1b. Description du mvt
	S	A partir du départ?	
	P	Oui démarrage, chut Mohamed silence s'il te plaît, vas-y	
	S	rectiligne	
	P	Est-ce qu'il est rectiligne tout le temps? Je suis d'accord, parce que j'ai vu en gros c'est ça, après au niveau de la vitesse qu'est-ce qu'elle fait cette vitesse	
	S	Elle est constante au début et après à la fin elle ralentit	
	P	Alors attention, est-ce que c'est la vitesse qui ralentit? Non c'est la goutte qui ralentit. Bon est-ce qu'au début elle est constante la vitesse Nicolas?	
	N	Au début bah une fois que la goutte descend elle accélère mais après la vitesse est elle diminue jusqu'à la fin, elle a été carrément ralentie	
	P	On va pas dire la vitesse ralentit c'est la goutte qui ralentit. Alors on va écouter un instant Camille	
	C	Au début la vitesse elle est constante puis après elle prend de la vitesse et après elle diminue vers 100 ml	
	P	Bon si on pose la question comme ça, dans le 1er cm de chute Vincent que devient la vitesse dans le 1er cm de chute, comment est le mvt de la goutte?	
	V	Bah il est rectiligne (inaud.)	
	P	Bon regardez, vous avez mis la goutte sous la surface d'eau on est d'accord? Vous avez mis la goutte sous la surface de l'huile et elle se met en route cette, au début la goutte elle est sous la surface, écoutez ça c'est la surface de l'huile, bon, ici vous avez un petit tapis de soit vous avez, si c'est la 1ère goutte dans l'huile si c'est la 1ère goutte dans l'huile ici vous avez de l'huile au fond, si c'est la 25ème que vous mettez vous avez un petit tapis d'eau colorée, bon alors au départ au début ça fait ça la goutte d'eau colorée est-ce que vous êtes d'accord? Elle est là, qu'est-ce que vous faites après, qu'est-ce que vous faites?	
	E	On la pousse un petit peu	
	P	Vous la poussez un petit peu parce que là elle reste bloquée, alors qu'est-ce qui se passe? Vous la poussez jusque là, là vous l'avez poussée grâce à la pipette par exemple	
	E	Ça va prendre de l'élan	
	P	Vous essayer de ne pas lui donner de l'élan, vous la mettez sous la surface de l'huile et vous lui dites maintenant vas-y ma cocotte, donc à partir de là elle démarre sa chute, quelle est sa vitesse là à ce moment-là? vous ne lui avez pas donné de l'élan	
	E	Elle est nulle	
38:54	P	Voilà vous l'avez maintenu sous la surface de l'huile et vous lâchez elle y va, la vitesse au départ vous avez trouvé qu'elle était ici nulle d'accord la vitesse est nulle ici / et puis ensuite vous avez trouvé que la vitesse était comment sur la partie centrale?	1c. Mesures et calcul de vitesse
	Mo	Constante	
	P	Vous la trouvez constante à peu près?	
	Es	ouais	
	P	Alors si vous l'avez trouvée constante à peu près sur la partie centrale, au passage Vincent y a une chose quand on fait des mesures comme ça, vous avez vu que c'est pas facile de se mettre en face des graduations	
	V	Ouais	
	P	Peut-être que pour avoir une conviction bien confirmée et bien il faut peut-	

		être faire et refaire les mesures, à une fois des fois on a du mal mais enfin peu importe, en tout cas ici vous avez vu que vous avez une phase sur le 1er cm par exemple où la vitesse augmente, donc on va dire qu'il y a une phase de quoi?	
	E	D'accélération	
	P	D'accélération d'accord, ensuite qu'est-ce que vous avez comme phase admettons à peu près jusque là?	
	E	Constante	
	E'	Accélérée	
	E	Ça va être constant	
	E'	accéléré	
	P	Alors y en a qui ont trouvé on Vincent toi tu as trouvé avec Mohammed que c'était sur 170, 110 mais bon y en a qui ont trouvé que pratiquement la vitesse était constante presque jusqu'à la fin non?	
	E	Non	
	P	Qui est-ce qui a trouvé ça?	
	E	Personne	
	P	Personne? Jusqu'où à peu près vous trouvez que la vitesse était constante?	
	E	100	
	P	Jusqu'à 100?	
	E	oui	
	P	D'accord alors admettons que pour ce qui concerne le groupe Camille Amélie vous avez trouvé jusqu'à 100	
	C	De 170 à 100	
40:30	P	Voilà bon admettons. Donc ici jusque là mettons, jusque vers 100 vous avez un mvt comment est ce mvt?	1c. inclusion: nature du mouvement
	E	Constant	
	E	Uniforme	
	P	Vous avez dit rectiligne uniforme donc la vitesse est constante, et puis après qu'avez-vous trouvé vers la fin là?	
	E	Décéléré	
	E	Elle ralentit	
	P	Voilà elle ralentit et c'est décéléré, donc ici ça c'est la phase d'accélération ça c'est la phase 1 accélération, phase 2 mvt rectiligne uniforme vitesse constante et phase 3 mais tous vous ne la trouvez pas au même endroit phase 3, remarquez c'est normal parce que toutes vos gouttes n'ont pas la même	
	E	taille	
41:38	P	Taille. La phase 3 en bas vous avez un mvt rectiligne décéléré ou freiné, d'accord? Bien ensuite	Reprise 1c
	E	(inaud.)	
	P	Est-ce que vous avez trouvé, qui a fait des mesures là parce que il faut se dépêcher un petit peu, alors comment on voit Vincent que la vitesse est à peu près constante chez toi de 170 à 110?	
	V	Parce que le temps entre (inaud.)	
	P	La durée du trajet de la goutte pour un intervalle entre par exemple de 40 ml	
	Mo	(inaud.)	
	V	4,5 s	
	P	4,5 s pour une goutte, si vous prenez une autre goutte est-ce qu'elle tombe à la même vitesse	
	V	(inaud.)	
	P	Donc t'es obligé de le faire chaque fois en raisonnant sur la même goutte parce que les gouttes on aura du mal à comparer entre elles	
	E	Si c'est la même goutte ça sera pareil	

	P	Est-ce qu'on arrive à faire la même? Fais gaffe quand tu te mets comme ça, si derrière il y a de l'huile, si tu te retournes Sophie par exemple avec le bras tes copains vont être contents, d'accord? Bon écoutez ce qu'on va faire, on va dire simplement parce que j'aimerai qu'on se concentre sur la 3ème partie le 3èmement qui sera l'application de ce qui est écrit là d'accord? Alors on va dire comme ça oralement là parce qu'il ne reste plus que 25 minutes, on va dire ce qui correspond à la question 2.a, déterminer la vitesse à la graduation 150, 150 c'est à peu près au milieu là, 150 ml, bon, alors on a discuté avec pas mal de monde là, comment on peut faire pour trouver la vitesse à la graduation 150 ml?	
	E	(inaud.)	
	P	Oui, c.à.d c'est comme si sur un parcours, sur le parcours, c'est comme si on avait mis un radar et on veut savoir la vitesse là pas la vitesse moyenne sur le trajet, la vitesse de la goutte à cet endroit, comment on va faire?	
	E	On la calcule entre 140 et 160 ml	
	P	Alors on va calculer cette vitesse sur l'intervalle	
	E	140 à 160	
	P	J'aimerai mieux 160 à 140 est-ce que ça te va?	
	E	Ouais	
	P	Bon peut-être 160 140 c'est un peu court non? On risque d'avoir des petits problèmes de chronométrage, alors est-ce qu'on va faire une grosse erreur si on prend sur 170 ml et	
	Mo	130 ml	
	P	Et 130 ml, est-ce qu'on va faire une grosse erreur?	
	Mo	non	
	P	Par rapport à 160 140?	
	Mo	non	
	P	Pourquoi ça ne va pas être une grosse erreur Mohammed?	
	Mo	Parce que ce sera la durée sera plus longue	
	P	La durée sera plus longue on est d'accord sur une distance plus longue d'accord mais pourquoi ça ne va pas être une grosse erreur si on veut évaluer la vitesse à la graduation 150 ml?	
	Mo	C'est assez précis, il n'y aura pas de problème	
	E	Non ça va pas être, ça va pas être une grosse erreur	
	P	Pourquoi ça ne va pas être une grosse erreur de calculer la vitesse au passage par la graduation 150 ml en prenant un intervalle assez grand 170 130 plutôt que de prendre 160 140 comme elle a dit? Pourquoi ça ne fait pas une grosse erreur sur le calcul de vitesse Andréa? Vincent?	
	V	La vitesse entre 170 et 110 était constante, c'est la même chose	
	P	Oui, quand vous calculez la vitesse moyenne sur une période du mvt où la vitesse est à peu près constante, sur tous les intervalles la vitesse moyenne est	
	V	La même	
	P	La même, et la vitesse moyenne comme on a dit avec Vincent tout à l'heure, la vitesse moyenne si vous avez le compteur de vitesse sur votre voiture, si vous restez toujours à la même valeur de la vitesse votre vitesse moyenne c'est pareil que la valeur de la vitesse à chaque instant, c'est la même que la vitesse instantanée d'accord? Donc qu'on fasse le calcul sur l'intervalle 170 130 ou bien sur l'intervalle 160 140 dans l'esprit on se trompe pas et 2èmement pour le chronométrage c'est plus précis sur un intervalle assez grand, vous avez compris? Au passage attention à la vitesse, quelle est son unité unité de la vitesse?	
	E	Mètres seconde	
	P	C'est le m/s donc ça va pas être des ml/s on est d'accord? Donc il va falloir peut-être faire une petite conversion, au lieu de dire ça a parcouru la goutte a parcouru les 40 ml en je vais dire n'importe quoi 1s et demi, il va falloir peut-être prendre une	
	E	Règle	
46:51	P	Bien oui une règle pour mesurer la distance qu'il y a et bah entre 170 et 130	

46:55 47:23 49:07 51:23	Gr-M Gr GR	non? Allez je vous donne 3 minutes et après on s'occupe de la dernière partie qui est la plus importante pour nous aujourd'hui / (…) il est possible que vous n'ayez pas tous les mêmes éprouvettes hein vous n'allez pas comparer avec les copains, vous avez compris ce que je veux dire? Je pense qu'il y en a des plus hautes que d'autres / (…) Allez comme c'est la dernière séance de TP sur ce chapitre j'aimerai bien qu'on avance, est-ce que vous avez trouvé une valeur de vitesse? Sophie vous avez trouvé une valeur de vitesse? (…) alors comment vous avez trouvé la vitesse moyenne? Maxime on t'écoute	
	Max	On a mesuré la distance entre 130 ml et 170	
	P	Alors on a trouvé la distance entre 170 et 130	
	Max	On a trouvé 4,3	
	P	Alors tu as trouvé 4,3 chez toi, ce n'est pas la même valeur pour tout le monde, vous n'avez pas tous la même éprouvette	
	Max	Après on a mesuré chronométré le temps entre 170 et 130, c'est 5,56 s	
	P	Alors ça c'est la durée donc le temps mis pour la chute donc 5,56s donc ça nous donne comme tu dis comme vitesse moyenne comme vitesse instantanée	
	Max	0,77 cm/s	
53:23	P	Oui ou bien 7,7 dix exposant moins 3 m/s, 7,7 mm/s. Attention la valeur qui est là ce n'est pas la votre que vous trouvez parce vous n'avez pas pris la même goutte et il y a pas automatiquement la même distance entre 2 graduations, vous n'avez pas tous les mêmes éprouvettes, vous travaillez avec vos chiffres, c'est ce que vous avez déjà fait une bonne partie du groupe. Adrien, quels paramètres peuvent influencer cette vitesse? Vous comprenez ce que ça veut dire les paramètres? En gros ça veut dire la question c'est de quoi dépend la valeur de la vitesse? Chut on va laisser Adrien répondre ensuite c'est toi d'accord? Allez Adrien de quoi dépend la valeur de la vitesse lors de la chute quand la vitesse est à peu près constante au milieu, de quoi dépend la vitesse? Pas d'idée? Gaël	1d. Paramètres influençant la vitesse
	G	De son poids	
	P	De son poids, donc finalement aussi de sa	
	E	Taille	
	P	De sa taille, ça va ensemble, effectivement les gouttes les plus lourdes Camille, les gouttes les plus lourdes vont plus vite, est-ce qu'on peut imaginer un autre paramètre?	
	Max	Les frottements, les frottements de l'huile?	
	P	Ah vas-y expliques-moi ,où?	
	Max	les frottements de l'huile sur la goutte, sur son poids	
	P	Oui mais ça va avec, ça va avec le problème du poids et puis, est-ce qu'une goutte qui est posée au centre va plus vite ou moins vite qu'une goutte qui serait juste au bord près de la paroi?	
	C	Sur la paroi elle va plus vite non?	
	P	Faut essayer, si par hasard il y a 2 gouttes à peu près identiques qui peuvent être comparées, une qui est posée au centre et une qui est posée près de la paroi, c'est pas toujours évident hein, je ne suis pas certain qu'on arrive, près près près hein de la paroi (…) ce qui n'est pas évident là on a essayé avec Sophie un instant, c'est de faire 2 gouttes pile les mêmes	
	Es	Ouais	
	P	Le mieux c'est de faire tomber avec l'agitateur de verre, la baguette de verre	
	Max	La goutte est obligée d'aller vers le bas?	
	P	Y a un phénomène assez complexe sur le bord. T'as 2 valeurs de vitesse?	
	E	Oui	
	P	Vas-y combien t'as trouvé?	
	E	13,4 (inaud.)	
	P	Toi t'as trouvé quand même que ça allait vite puisque ça fait 13,4 dixièmes de mètres ça fait 13 cm virgule 4 par seconde, ça fait pas 13 cm par seconde donc tu t'es trompée où? Tu t'es trompé, ça par ça divisé par ça c'est possible, là ça fait 1,34, tu t'es trompée là, 1,34 vérifie, cm/s donc 1,34	

		dix moins 2	
	V	J'ai eu 0,2 par dix moins 3	
56:40	P	Oui mais vous ne pouvez pas comparer vos gouttes elles sont toutes de tailles différentes. Alors, est-ce que vous l'avez essayé des gouttes qui étaient une au centre et une sur le bord?	
	C	Celle au centre elle va plus vite que celle sur le bord	
	E	ouais	
	P	Si elle sont de tailles comparables?	
	E	Ouais	
57:08 57:23	P	Est-ce que vous l'avez remarqué c'est bon, y en a qui l'ont vu? Moi pour moi c'est un paramètre, est-ce qu'il y en a d'autres? La couleur de la goutte? Mince pas de chance on n'a pris qu'une couleur, est-ce qu'il y en a d'autres? / Bon alors ce qu'on va faire maintenant on va se focaliser sur la 3ème partie il reste une vingtaine de minutes et c'est l'application de ce qu'on a vu dans le principe de l'inertie, allez chut grand 3 un travail de réflexion sur les forces, c'est parti	2. Bilan des forces et application du principe d'inertie sur le mvt d'une goutte d'eau colorée dans l'huile
	E	(inaud.)	
	P	Bah c'est ce qui a été dit par les uns et les autres, le 1er paramètre le 1er donné par Gaël la taille surtout en fait bon finalement son poids, taille et poids ça va ensemble ici et puis ensuite moi j'ai pensé qu'il pouvait y avoir aussi l'éloignement par rapport au centre, au centre la plupart ont trouvé que ça allait plus vite que sur le bord mais pour 2 gouttes identiques bien entendu et après donc dernière partie étude des forces, allez.	
	E	L'inertie (inaud.)	
	P	C'est marqué où l'inertie?	
	E	Au tableau	
59:40	P CE	Ah le principe de l'inertie? Ça c'est le problème des élèves qui n'étaient pas là hier, en tout cas en fait on y reviendra lundi, en fait l'inertie ça veut dire la résistance au changement de mvt, autrement dit quand tu as une grande masse il est très difficile de changer ton mvt, d'accord? Donc inertie c'est ça, et finalement on voit ici que tout corps persiste persévère dans son état de mvt rectiligne uniforme c.à.d toujours à la même vitesse et en ligne droite si les forces qui s'exercent sur lui se compensent c.à.d sur son élan il va garder toujours le même mvt la même vitesse si finalement les forces qui s'exercent sur lui se compensent, d'accord? Alors pour l'instant on va garder cet énoncé-là, bon avec les grèves et ceux qui veulent pas venir même s'ils peuvent venir, voyez ce que je veux dire? Après on a du mal à avoir un suivi. Donc demain lundi on reprendra ça encore. /Quand on a trouvé par exemple, la valeur de Maxime là ou de Jules, quand on a trouvé la valeur de la vitesse, cette vitesse-là il est sous-entendu qu'on l'a trouvée en ayant utilisé un référentiel d'études, le mvt de la goutte vous l'étudiez dans quel référentiel, quel est l'objet de référence? Je parlais tout à l'heure avec Gaël et Ma, je disais une voiture roule à 100 km/h entre Lyon et Marseille, l'objet de référence c'est quoi le référentiel quand vous dites ça roule à 100 km/h?	
	E	La voiture	
	P	Quand vous roulez à 100 km/h sous-entendu c'est par rapport à quoi?	
	E	La vitesse de la voiture	
	E'	dehors	
	P	Dehors c'est quoi dehors par exemple?	
	E	Les arbres	
	P	Un arbre, la route, ça c'est le référentiel d'études qu'on appelle un référentiel terrestre lié au sol, bon là quand vous dites la goutte tombe à par exemple 7,7 mm/s , c'est par rapport à quel objet ? Marie puisque tu as des éclairs d'énergie là	

	Ma	(inaud.)	
	P	Par rapport?	
	Ma	Au référentiel terrestre	
	P	Oui alors citez un référentiel terrestre	
	Ma	Bah nous	
	P	Ah nous, vous êtes tellement agités que je ne sais pas si c'est le meilleur référentiel	
	Ma	La table	
	P	Alors la table et j'ai entendu l'huile, j'aime pas beaucoup parce que l'huile descend euh la goutte descend comme on a dit avec Camille y a un instant, quand la goutte descend l'huile qu'est-ce qu'elle fait?	
	E	Elle la bouge	
	P	Elle bouge, non parce que ça ça va à l'eau, donc je ne préfère pas dire l'huile je préfère dire elle descend à cette vitesse la goutte par exemple par rapport au référentiel d'études qui est admettons la table	
	E	L'éprouvette	
62:08	P	Le laboratoire, l'éprouvette, on est d'accord ? Par rapport à un référentiel terrestre lié au sol, vous avez noté? Allez. Par rapport à un référentiel terrestre lié au sol, la table, l'éprouvette. Chut, donc à quelles forces est soumise la goutte entre l'instant où elle est lâchée dans l'air et l'instant où elle rentre dans l'huile, donc c.à.d vous prenez votre compte-goutte là et vous faites tomber la goutte dans l'air, c'est ça qu'on étudie dans le petit b, alors vous l'écrivez. Tu dis le poids et quoi?	
	E	L'attraction terrestre	
	P	L'attraction terrestre qui s'exerce sur la goutte c'est son poids. Maxime?	
	Max	(inaud.)	
	P	Si vous voulez, en chute dans l'air est-ce qu'il y a des frottements? Quand on est en chute dans l'air est-ce qu'on subit des frottements?	
	Max	Oui	
	P	Donc vous pouvez le dire même si des fois il est plus ou moins négligeable, vous pouvez en parler. Alors qu'est-ce que vous avez marqué comme forces?	
	A et C	La force du poids et l'huile sur la goutte	
	P	Non non non, vous avez mal compris. A quelles forces est soumise la goutte entre l'instant où vous la lâchez dans l'air au-dessus de la surface de l'huile et ici tu fais la goutte avec le compte-goutte	
	C	Là y a le poids	
	P	c.à.d de là à là avant de rentrer dans l'huile, donc vous avez dit	
	C	Y a la force du jet	
	A	Ouais où on la lâche	
	P	Regarde regarde regarde, ça correspond au moment où j'appuie, elle tombe, elle n'est pas encore arrivée dans l'huile	
	A	Ouais	
	P	Donc qu'est-ce qu'elle subit comme forces?	
	A	Son poids	
	C	La force de l'air aussi	
	P	Je l'ai, elle est déjà partie, je ne m'intéresse pas au contact avec le bouchon	
	A	A son poids	
	P	A son poids et peut-être comme a dit Maxime	
	C	L'air, l'air	
	P	La force de l'air sur la goutte	
	A	Frottements	
	P	c.à.d les frottements par exemple, d'accord? T'es au petit c Mohammed? b ou c?	
	Mo	c	
	P	c, alors qu'est-ce que vous avez dit?	
	V	Les forces se compensent parce qu'elle a un mvt rectiligne uniforme, c'est	

		le principe d'inertie	
	P	absolument	
	V	Mais monsieur moi ce que je ne c'est que quand ça s'enfonce c'est pareil parce que	
	P	Quelle que soit la direction, que ce soit horizontale, verticale, en biais,peu importe. .. Lorsque la goutte reste accrochée à la surface de contact huile air c'est ce qu'on a vu, est-ce qu'on peut affirmer, qu'est-ce qu'on peut affirmer sur la goutte? Allez. Qu'est-ce que vous avez mis à la question c? Tu étais là toi Sophie	
	S	oui	
	P	Alors lorsque ça passe par la graduation 150 comment est le mvt?	
	S	Il est constant	
	P	La vitesse est constante, bon rectiligne uniforme. Qu'est-ce qu'on peut dire des forces qui agissent sur la goutte? Regardez le principe d'inertie	
	S	Bah elles se compensent	
	P	Alors quelles sont ces forces?	
	S	L'air , le poids	
	P	Attention à la graduation 150 la goutte n'est plus en contact avec l'air, c'est dans l'huile	
	S	C'est le poids	
	P	Puis	
	S	L'huile	
	P	L'huile, tu dis la force exercée	
	S	l'huile sur la goutte	
	P	sur la goutte. Alors, chut, allez il nous reste 10 minutes maximum, chut, qu'est-ce qu'on a dit? Dans l'air la goutte est, voilà quand elle tombe dans l'air là quelle est la force qui s'exerce sur la goutte? Que dans l'air	
	E	Le poids	
	E	L'air	
	E	Le frottement de l'air	
	P	Alors qu'est-ce qu'on étudie?	
	E	La goutte	
	P	La goutte, système étudié c'est la goutte, le système c'est la goutte, donc quelles sont les forces qui s'exercent sur la goutte?	
	E	Le poids	
	P	Alors tout d'abord son poids qui est la force exercée par la goutte, la force exercée pardon par la Terre sur la goutte, c'est ça le poids, bon qu'est-ce qu'il y a d'autre encore?	
	E	Il y a l'air	
	E	Frottements de l'air	
	P	Alors effectivement, donc c'est la force exercée par l'air sur la goutte, on est d'accord, est-ce qu'il y a autre chose?	
	E	Oui, l'huile	
	P	Non c'est dans l'air, dans l'air, dans l'air seulement. Dans l'air l'huile ne touche pas à la goutte, donc c'est terminé. Alors son mvt là est-ce qu'il est à vitesse constante, est-ce que c'est un mvt uniforme?	
	E	Ouais	
	P	Est-ce que la goutte tombe de manière uniforme?	
	E	Quand?	
	P	Est-ce qu'on en a une idée? C'est pas évident, on sait pas si la force exercée par l'air sur la goutte qui est vers le haut ou vers le bas? L'air	
	Es	Vers le haut	
	Es	bas	
	P	Oui mais	
	Mo	En fait c'est à l'inverse à l'opposé	
	P	A l'opposé de quoi?	
	Mo	De la goutte	
	P	Comment est	

	Mo	Du bas vers le haut	
	P	Du bas vers le haut, est-ce que ça compense? On sait pas trop, on n'a pas fait assez de mesures pour ça c'est dur à voir, par contre question suivante, question suivante, qu'est-ce qu'on peut dire dans cette phase-là où ça passe où ça passe aux alentours de la graduation 150 ml? Chut, Vincent	
	V	Les forces se compensent puisqu'on a un mvt rectiligne uniforme	
68:13	P	Très bien, chut, alors comme a dit Vincent dans la question d je crois, non c, à la graduation 150 ml la goutte subit des forces qui se compensent donc pour quelles raison? Parce que son mvt est rectiligne uniforme, car son mvt est rectiligne uniforme, c'est la … du principe d'inertie. Quelles sont les forces qui s'exercent sur la goutte Amélie? Pense à la graduation 150 ml	
	A	Et bah y a le poids de la goutte	
	P	Le poids il est dans quel sens?	
	A	Vers le bas	
	P	Vers le bas, et puis?	
	A	Et puis y a l'huile sur la goutte	
	P	La force exercée par l'huile sur la goutte, c'est vers le haut ou vers le bas?	
	A	Vers le haut	
	P	Vers le haut, de quelle taille je la fais cette force exercée par l'huile sur la goutte?	
	E	Moins moins	
	P	Chut, Amélie	
	A	Moins grande que celle du poids	
	P	Moins grande que le poids en intensité?	
	A	Oui	
	P	Camille, on vient de dire que les forces qui s'exercent sur la goutte se compensent, quelles sont les forces qui s'exercent sur la goutte?	
	A	Ah oui bah non elles sont égales	
	C	Elles sont égales	
	P	Son poids et la force exercée par l'huile sur la goutte, d'accord? Alors la force exercée par l'huile sur la goutte Amélie?	
	A	Elles sont égales, elle sera égale	
	P	Elle est égale au poids pourquoi?	
	A	Parce que si elles se compensent	
	P	Elles se compensent, ça c'est la force exercée par l'huile sur la goutte d'accord? Ça fait que la goutte descend à vitesse constante effectivement. Ensuite, allez il nous reste 3 minutes, pourquoi fait-on en sorte que la surface de l'huile se situe au moins 2 cm au-dessus du trait des…?	
	C	Car en fait on a de la goutte à … donc on la met à 250 et à 250 elle tombe	
	P	Par exemple oui on peut dire ça, euh Mohammed	
	Mo	Pour éviter de donner une vitesse à la goutte	
	P	Peut-être, tout d'abord la 1ère remarque de Camille est bonne c.à.d qu'en gros on est en train de la pousser avec la baguette, d'accord? 2èmement on peut s'intéresser si on veut à la phase où la vitesse est constante située quelques 1 ou 2 cm en dessous de la surface huile-air, bon mais sinon la réponse de Camille allait très bien je pense. Bien et pour terminer la question e, au début la goutte reste accrochée à la surface alors est-ce que exactement comme ça on dit sous la surface? Moi je pense qu'elle est à peu près comme ça, elle est un peu comme un… voyez, elle reste comme ça, une partie immergée et une partie émergée, peu importe. Qu'est-ce qu'on peut dire des forces qui s'exercent sur la goutte? Allez vous y réfléchissez là, dans cette 1ère partie de notre étude, qu'est-ce qu'on peut dire des forces qui s'exercent sur la goutte? (…) Au début quand la goutte est bloquée en surface qu'est-ce qu'on peut dire Andréa? Andréa qu'est-ce qu'on peut dire des forces qui s'exercent sur la goutte?	
	A	Elles se compensent parce que la goutte elle est en équilibre	
	P	Alors la goutte est en équilibre, elle est donc immobile, et on voit que ce corps qui persévère ou qui persiste dans son état de	
	E	Repos	

	P	Repos qu'est-ce qu'il fait	
	C	Les forces se compensent	
	P	Il subit des forces qui se compensent, donc effectivement si on reprend la question e je crois, au début il y a donc la goutte est au repos donc elle subit des forces qui se compensent, voilà, donc qu'est-ce qu'on va trouver comme forces? Là c'est la surface de l'huile avec l'air, c'est la surface huile-air, la goutte est là, alors quelles forces subit-elle Gael?	
	G	Force de l'air sur la goutte	
	P	Ah remarquez, supposons supposons que, parce qu'on a eu du mal à le voir, est-ce que la goutte était vraiment complètement dans l'huile? Dans le texte on nous dit que la goutte est juste située juste sous la surface, remarquez ça nous facilite beaucoup les choses si c'est exactement le cas, si elle est située juste sous la surface c'est beaucoup plus facile vous allez comprendre pourquoi, tout d'abord on met les forces à distance, quelles sont les forces qui s'exercent sur elles, forces à distance?	
	Max	Le poids	
	P	Son poids d'accord, et supposons qu'elle soit située sous la surface, on a du mal à le voir au départ	
	Max	La force de l'huile	
	P	La force exercée par	
	Max	L'huile	
	P	L'huile sur la goutte, force exercée par l'huile sur la goutte, est-ce que ces 2 forces sont de même intensité?	
	Max	Oui parce qu'elles se compensent	
1:14:16	P	Oui parce qu'elles se compensent, y a une vers le bas et une vers le haut, on est d'accord? Bon je me suis un peu dépêché qu'on arrive à le faire dans la séance et vous avez tous ces exercices pour lundi, alors y en a qui les ont pas notés hier parce qu'ils étaient pas là ils auraient dû, les exercices rappelez-moi le numéro c'était le 8, 9 et 21 page 263 et 266, parfait ça c'est pour lundi	

Classe 1 séance 6 (14/3/05)

Tps	Loc.	Discours	Thème
00:13	P	Chut, est-ce qu'il y a des absents aujourd'hui? Chut, Agathe est-ce qu'elle est là? Prenez les exercices qui étaient à faire pour aujourd'hui	Introduction de la séance
	E	Oui	
00:26 2:30	P	Donc vous prenez les exercices qui étaient à faire pour aujourd'hui, alors est-ce que ceux qui étaient en sortie théâtre et aussi en grève jeudi ont rattrapé? Alors écoutez-moi bien, aujourd'hui à priori c'est la dernière séance, lundi prochain je vous fait un DS là-dessus, donc vous allez vous concentrer, y a quelques élèves qui n'ont pas rattrapé, sachez que jeudi on a énoncé le principe d'inertie qui est là, donc ceux qui n'ont pas rattrapé dans leur cours le notent, et on va ensemble voir des exercices qui étaient à faire pour aujourd'hui et compléter nos connaissances, donc approchez-vous un peu surtout ceux qui n'étaient pas là, ça y est? Alors qui n'était pas là la nuit jeudi vendredi? Bien alors donc le principe de l'inertie dans le cours fait l'objet du 4èmement là, d'accord? Alors vous allez le noter et ensemble on va l'appliquer dans les exercices qui étaient à faire pour aujourd'hui, ça y est? / Alors pour aujourd'hui il y a avait à faire le 8, le 9 et le 21 là sur le skieur, alors exercice 8 page 263, alors le propriétaire d'une moto en panne pousse son véhicule pour le faire démarrer, la moto initialement arrêtée se met à rouler. En poussant avec la même force une mobylette, la vitesse acquise par la mobylette est plus importante, bon en poussant une voiture avec la même force la vitesse est plus faible. Interprétez la différence de ces 3 situations. Ça n'a rien de très sorcier, c'est quelque chose que tout le monde peut ressentir sans avoir fait des études sur ce chapitre là. Etienne, chut, vas-y vas-y ne t'occupe pas de celles qui arrivent en retard	1. Influence de la masse sur le mouvement à force constatnte): Cas de véhicule et moto poussés avec la même force (exo) et de deux balles de ping-pong (l'une plein d'eau)
	E	Dans les… y a le poids de la voiture, la force de l'homme sur le véhicule, mais ce qui change c'est la force qui s'exerce sur l'homme par la voiture enfin, la force exercée par le véhicule sur l'homme	
	M	Bah le poids, c'est le poids qui change	
	P	Alors, dans les 3 cas cités Amélie, dans les 3 cas cités, et tu parles pour tout le monde, dans les 3 cas cités il y a quelque chose de constant et il y a quelque chose de différent	
	A	Ce qui est différent c'est le poids du véhicule	
	P	Le poids du véhicule on est d'accord après, ce qui est identique	
	A	Ce qui est identique c'est la force de l'homme sur le véhicule	
	P	D'accord alors écoutez je vais simplifier les choses, il est d'accord que là on est en train de faire les comparaisons, imaginez qu'en fait vous poussiez le véhicule de toute vos forces comme on dit, de toutes vos forces ça veut dire avec votre force maximale, on est d'accord? Voilà, donc vous poussez le véhicule avec votre force maximale, hein je suis dans l'horizontale Etienne, c'est celle-là qui m'intéresse, et qu'est-ce qui va être différent quand à l'effet Amélie?	
	A	Bah comme le poids il n'est pas pareil l'effet de la force sur le véhicule ne sera pas le même	
	P	Voilà, plus le véhicule est lourd	
	A	Ah oui plus le véhicule est lourd moins la force va être	
	M	Suffisante	
	A	Ouais suffisante, enfin je sais pas si c'est le bon	
	P	Alors moins la force va être suffisante elle a dit, Andréa plus le véhicule est lourd	
	An	Plus le véhicule est lourd…sa vitesse	
	P	Andréa bien fort, fais une belle phrase	
	An	Plus le véhicule est lourd moins il avancera	
	P	Moins il avancera. L'heure c'est l'heure hein, installez-vous. Bon qu'est-ce que tu voulais dire? On t'écoute	
	E	Plus le véhicule est lourd moins le déplacement sera important	
	P	Je vais revenir à Amélie qui avait dit quelque chose qui était peut-être le mieux	

		sur la fin, vas-y encore une fois	
	A	C'est le mvt qui n'est pas le même	
	Max	Plus le véhicule est lourd moins la vitesse est importante	
	P	Bon bah on y est à peu près,	
		Moi j'ai envie de parler de mise en mvt, de mise en mvt qu'est-ce que vous diriez si vous mettiez cette expression dans une phrase?	
	E	Plus le véhicule est lourd plus la mise en mvt sera difficile	
	P	Est-ce que ça vous va?	
	Es	oui	
	P	Plus le véhicule est lourd plus la mise en mvt sera difficile, d'accord? Bien est-ce que cela ressemble à une expérience que vous avez réalisée en classe? Alors	
	Es	Oui, balle de ping-pong	
	P	Alors on va écouter Mélissa, les autres se taisent merci, vas-y Mélissa	
	Mé	C'était pas avec les balles de ping-pong?	
	P	Oui on t'écoute, décris tout ça	
	Mé	Bah il y en avait une elle avait de l'eau dedans, quand on la faisait roulait, comme elle était plus lourde elle allait moins vite, alors que l'autre elle était vide et bah quand on lui soufflait dessus elle allait plus vite	
	P	Alors on a soufflé dessus, vas-y Agathe	
	Ag	Quand on soufflait dessus on avait le même souffle et celle qui était plus légère elle partait plus vite alors que l'autre elle roulait plus difficilement	
	P	Voilà donc la balle la plus lourde subissant la même force que la plus légère, la balle la plus lourde c'était celle qui subissait un changement de mvt, la balle la plus lourde subissait un changement de mvt	
	E	Le plus petit	
	P	le plus faible pour une même force appliquée, est-ce qu'on est d'accord?	
	E	Oui	
	P	Bien, finalement si j'employais le mot inertie, je ne sais pas si vous le connaissez dans la vie courante le mot inertie, est-ce que vous pourriez le placer dans une phrase où on compare admettons bah la voiture et la mobylette ou bien la balle lourde et la balle légère? Vous voyez ce que je veux dire? Le mot inertie, est-ce que ça c'est un mot qui est familier pour vous? Vas-y Gael	2. Introduction de la notion d'inertie (exo)
	G	La balle lourde est plus inerte que la balle la plus légère	
	P	La balle lourde est plus inerte que la balle la plus légère, c'est pas une mauvaise expression, c'est peut-être une expression qu'on n'emploie pas trop de nos jours mais c'est bien c'est bien c'est juste en fait, mais l'inertie, parlez de l'inertie des balles, l'inertie des balles est-ce que vous serez capables de citez ça, bah vas-y continue Gael, l'inertie des balles, la balle la plus lourde	
	G	oui	
	P	Alors qu'est-ce que tu dirais par rapport à ce que tu as dit?	
	G	Bah elle est inerte	
	P	La balle la plus, place le mot inertie, on va voir si tu, parce que t'as dit le mot inerte donc tu pourras peut-être placer le mot inertie, c'est la qualité d'être inerte, non?	
	G	L'inertie de la balle la plus lourde	
	P	Alors l'inertie de la balle la plus lourde, elle a commencé par ça, Marine l'inertie de la balle la plus lourde	
	M	L'inertie est plus élevée	
	P	Alors Amélie	
	A	Est plus importante que l'inertie de la balle la plus légère	
	P	L'inertie de la balle la plus lourde est plus importante que l'inertie de la balle la plus légère, on va le marquer, on va profiter de l'exercice pour le marquer, alors aussi bien pendant l'exercice qu'est-ce qu'on a remarqué? L'inertie de la balle pas la plus lourde mais de la voiture non? L'inertie de la voiture est plus grande que l'inertie	
	E	De la mobylette	
	P	De la mobylette, ça vous va? Bon, je ne sais pas si c'est quelque chose qui vous paraît être du langage courant, c'est pas certain, alors comment on pourrait maintenant définir la notion d'inertie où l'inertie de la voiture est plus grande	

		que l'inertie de la mobylette? Comment on pourrait définir le mot inertie à ce moment-là d'après ce que j'ai dit juste avant dans l'exercice? De la mob oui c'est très bien, si jamais tu dis ça tu suis. Qu'est-ce que c'est l'inertie? C'est la capacité par exemple de l'objet du véhicule à	
	E	Se mettre en mvt?	
	P	A se mettre en mvt vous croyez?	
	G	Non	
	P	Gael	
	G	A ne pas se mettre en mvt	
12:23	P	C'est la capacité du véhicule à ne pas se mettre en mvt c.à.d à résister à la mise en mvt, alors on va le marquer en dessous on va profiter dans l'exercice, l'inertie d'un objet, toujours dans l'exercice 8, l'inertie d'un objet est la capacité de cet objet à résister à quoi? Est la capacité de l'objet s'i vous plaît, alors l'inertie d'un objet est la capacité de l'objet à résister à la variation ou au changement de mvt, à résister au changement de mvt, l'inertie d'un objet est la capacité de l'objet à résister au changement de mvt pour une même force exercée sur lui, pour une même force exercée sur lui. Alors on avait un petit peu parlé, on avait un petit peu parlé quand on a samedi y a avait un match de rugby encore, vous savez que quand vous devez arrêter un rugby man qui fait 130 kg et qui court à une certaine vitesse, c'est beaucoup plus difficile de l'arrêter ou de le pousser en touche que si c'était un autre rugby man qui court à la même vitesse mais qui est plus léger, le plus lourd a une plus grande	
	Es	Inertie	
	P	Inertie, le plus lourd a une plus grande inertie. Alors ce mot inertie c'est donc de manière générale donc la capacité à résister à tout changement, d'accord? C'est un mot qui est employé on pourrait même dire tiens cet élève a une grande inertie dans le domaine du travail, imaginons par exemple Marie	
	Ma	J'étais sûre	
	P	Chacun pense la même chose, alors Marie par exemple au début de l'année elle a pas envie de travailler, bon y en a d'autres, elle a pas envie de travailler, elle est dure à se mettre en route, elle a une grande inertie parce qu'elle arrive de vacances, elle était tellement bien en vacances qu'elle a du mal à se mettre au boulot et puis petit à petit elle s'y met et après on n'arrive plus à l'arrêter c.à.d les vacances prochaines arrivent on n'arrive pas à la faire arrêter de travailler, elle a une grande inertie au travail n'est-ce pas Marie?	
	Ma	Inertie au travail?	
	P	Oui inertie au travail c.à.d que une grande capacité de changer de rythme de travail	
	E	Je croyais qu'inertie c'était immobile	
	P	Est-ce que j'ai dit qu'inertie c'était immobilité?	
	Es	non	
	P	Alors justement le mot employé par Gael était intéressant, elle a dit le mot inerte, dans le langage courant inerte ça veut dire immobile et donc dans le sens donné par les physiciens là c'est celui, capacité à ne pas changer de mvt, donc imaginer quelqu'un qui est très lourd, très très lourd par terre il est inerte, vous voulez le bouger c'est très très dur parce qu'il a une grande inertie, à ce moment-là le mot inerte colle bien avec le sens habituel mais l'inertie en physique c'est la capacité à résister au changement, par exemple le mvt	
	E	Plus la masse est élevée	
	P	Plus la masse est élevée pour un objet	
	E	Plus il serait inerte	
	P	Plus l'objet a, quand tu parles c'est pour tout le monde, plus la masse de l'objet est élevée plus l'objet	
	E	Est inerte	
	P	A d'inertie?	
	E	Ouais ouais	
	P	D'accord? Bien, exercice 9, une voiture se déplace en ligne droite à vitesse constante sur une route plane et horizontale, quel est le mvt de la voiture Sabrina?	3. Différentes notions de cinématique et

			de dynamique (exos) 3a. Cas du mvt d'une voiture: Application du principe d'inertie
	S	Il est rectiligne uniforme	
	P	Mvt rectiligne et uniforme, alors rectiligne ça veut dire qu'il se déplace en	
	Es	Ligne droite	
	P	Ligne droite, uniforme Sabrina ça veut dire	
	S	Vitesse constante	
	P	A vitesse constante, d'accord? Bien. D'après le principe d'inertie qui est écrit là, et il y a toujours des élèves qui n'ont pas rattrapé les jours de grève voire donc la journée théâtre, donc c'est écrit ici c'est 4èmement du cours et c'est à savoir par cœur et surtout à savoir appliquer, bien alors si on revient là-dessus, petit b d'après le principe d'inertie que peut-on dire quant aux forces qui s'exercent sur la voiture Sabrina?	
	S	Elles se compensent, les forces se compensent	
	P	Pourquoi? Parce qu'elle est en mvt rectiligne uniforme elle subit des forces qui se	
	Es	compensent	
16:16	P	Compensent, elle subit des forces qui se compensent. Bien, alors puisque c'est la saison parlons du skieur sur le téléski dans l'exercice 21, comment? Je t'écoute Charlotte, est-ce qu'on a déjà fait le 9, qu'est-ce que tu dis? (…) je veux juste entendre ce que tu dis	
	C	(…)	
	P	Ah faut suivre, alors l'exercice 9 on répète Charlotte, la voiture se déplace en ligne droite à vitesse constante sur une route plane et horizontale a un mvt rectiligne et uniforme donc ça veut dire qu'elle subit des forces qui se	
	Es	Se compensent	
16:52	P	Se compensent, voilà. Allez exercice 21, Marine on t'écoute, enfin je vais peut-être lire un peu l'énoncé puis tu vas répondre. Alors vous avez le skieur qui subit 2 phases de mvt, alors au départ il est sur le tire fesse le téléski et la piste est horizontale, il subit un mvt qui est rectiligne mais la vitesse qu'est-ce qu'elle fait Marine dans la 1ère phase puisqu'il est au démarrage?	3b. Cas d'un skieur sur un téléski: Nature du mvt, Bilan et caractéristiques des forces, Application du principe d'inertie 3b1. Nature du mvt
	M	Elle accélère	
	P	Plus fort	
	M	Elle accélère	
	P	Elle accélère, c'est quoi elle accélère?	
	M	La vitesse	
	P	Est-ce que c'est la vitesse qui accélère? Essayons de bien employer le bon mot, chut, quel est le système étudié?	
	M	Le skieur	
	P	Le skieur, bon ce skieur a une vitesse qui	
	Es	Augmente	
	P	Augmente dans la 1ère phase qui s'appelle donc dans la phase qu'on peut appeler	
	E	Une	
	P	Oui mais on peut l'appeler la phase démarrage si vous voulez, la phase démarrage, le skieur c'est le système qu'on étudie, a une vitesse qui augmente, de combien à combien? De quelle vitesse à quelle vitesse Marine?	
	M	De 0 à 8 m/s	

	P	Qui a dit à 8 m/s? T'as écouté ce qu'a dit Etienne?	
	M	Non	
	P	Alors?	
	M	A 2 m/s	
	P	Oui de 0 de 0 m/s à 2 m/s, est-ce qu'on est d'accord? Bien, alors il y a donc une vitesse qui varie, de manière générale comment peut-on qualifier son mvt Marine?	
	M	Rectiligne	
	P	C'est un mvt rectiligne	
	M	Accéléré	
	P	Accéléré, donc le mvt du skieur est rectiligne et accéléré, très bien, est-ce que vous avez trouvé ça?	
	Es	Oui	
19:48	P	Ensuite petit b, euh on va changer un petit peu, euh Jules, petit b, tu vas faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le skieur lors de la phase de démarrage. Allez c'est parti, alors tu vas parler bien fort, je vais noter tout ce que tu dis, donc système étudié le skieur, c'est toi qui parles bien fort c'est pas les autres merci, bien continue	3b2. Bilan et caractéristiques des forces
	J	(inaud.)	
	P	Je ne t'entends pas j'entends que les copines, recommence	
	J	F de Terre sur le skieur	
	P	La force exercée, alors dans l'ordre on va commencer par les forces à distance et ensuite les forces de contact, d'accord? Alors Jules, forces à distance, et ben la 1ère et la seule est donc le poids d'accord le poids, et au passage on peut dire qu'il est comment le poids?	
	J	Lourd	
	P	Ah non le poids n'est pas lourd, le skieur est peut-être lourd mais pas le poids	
	J	Vertical	
	P	Vertical, on le demande pas je crois peu importe, et il est	
	Es	Vers le bas	
	P	Vers le bas, très bien, ensuite, toujours Jules, forces de contact, vas-y on t'écoute	
	J	F de neige sur le skieur	
	P	La force exercée par la neige sur le skieur, bon force exercée par la neige sur le skieur, on va détailler après pour voir si on des renseignements dessus d'accord? Est-ce qu'il y en a d'autres Jules?	
	J	F du câble sur le skieur	
	P	Oui on l'appelle perche non?	
	E	La force de la perche sur le skieur	
	P	Je préfère dire perche parce que y a la perche ici le câble est un peu plus loin d'accord? Donc force exercée par la perche sur le skieur, d'accord, chut,on continue avec Jules finis	
	J	F air sur le skieur	
	P	La force exercée par l'air sur le skieur, bon pourquoi pas, est-ce que vous voyez autre chose? Stéphanie est-ce que tu vois autre chose comme force?	
	S	La force de traction	
	P	La force de traction c'est celle qui est exercée par quoi sur quoi?	
	S	La perche	
	P	Voilà la force qui est exercée par la perche sur le skieur c'est pareil, absolument, on est d'accord, Vincent est-ce que tu as autre chose à dire?	
	V	Non	
	P	Bon alors regardez, on va faire une chose, on va essayer de voir quelles sont les directions de ces forces et on va voir ce que ça donne, alors, et le sens, c'est pas demandé mais ça ne fait rien on peut quand même le faire. Force exercée par la neige sur le skieur, Agathe la force exercée par la neige sur le skieur, comment tu vois ça?	
	Ag	La force exercée par la neige sur le skieur, elle va vers le haut	
	P	Alors elle va vers le haut oui, c'est très bien, on écoute Agathe	
	Ag	Elle est très faible	

	P	Elle est très faible?	
	Ag	Elle est forte	
	P	Alors, est-ce qu'il y en a d'autres qui pensent qu'elle n'est pas vers le haut?	
	E	Vers le haut il y a les frottements	
	P	Voilà, effectivement ça peut être compliqué, mais bon le skieur est posé sur la neige avec ses skis, d'accord? On considère l'ensemble skieur plus équipement, d'accord, l'ensemble, bon le skieur plus équipement il est posé sur la neige, bien la neige quel est son rôle?	
	Es	Elle soutient le skieur	
	P	De soutenir le skieur pour pas qu'il tombe vers le centre de la Terre en quelque sorte ou vers les rochers qui sont dessous. 2èmement quand il avance j'ai entendu qu'il y avait aussi	
	M	frottement	
	P	Du frottement de quoi?	
	E	(inaud.)	
	P	Mais non (inaud.) la neige frotte aussi non? Sur les skis. Donc elle est vers le haut, on est d'accord qu'elle est vers le haut, et s'il y a du frottement elle est vers le haut et est-ce qu'elle est vers l'avant ou vers l'arrière?	
	V	Vers l'arrière	
	P	Vincent	
	V	Vers l'arrière	
	P	Elle est vers l'arrière parce que son rôle à la neige, quand le skieur il tirait là sur la neige quel est le rôle de la neige? Elle doit en même temps soutenir et au niveau de la vitesse, du mvt	
	E	Freiner	
	P	Elle freine, elle freine non? On est d'accord? Elle freine parce que sinon une fois que le skieur est lancé sur la piste horizontale, il pourrait continuer indéfiniment s'il n'y a pas de frottements, il y a du frottement, donc vers le haut et vers l'arrière c.à.d opposée au mvt. Bon après, la force exercée par la perche sur le skieur elle est? Dans quelle direction? Marlène. La force exercée par la perche sur la skieur, elle est là la perche	
	Mar	Vers l'avant	
	P	Vers la (inaud.), dans quelle direction exactement? On t'entend pas	
	Mar	En diagonale	
	P	En diagonale en suivant quelle droite? Laquelle? Celle	
	E	De la perche	
	P	Celle de la perche, bon direction celle de la perche et vers le haut ou vers le bas?	
	E	Vers le haut	
	P	Vers le haut,c.à.d suivant la perche mais vers le haut, allez ok. Maxime, la force exercée par l'air sur le skieur	
	Max	Elle est vers l'arrière	
	P	Vers l'arrière, en biais, inclinée, verticale, horizontale?	
	Max	horizontale	
27:00	P	Horizontale vers l'arrière horizontale, bon alors on va pas pour l'instant rentrer trop dans les détails, on va voir si on peut aller plus loin après, en tout cas nous avons tous ces renseignements-là, bien, on est allé un peu plus loin de l'exercice là pour l'instant. Chut, petit c, appliquez le principe d'inertie au skieur, Mohammed, appliquez le principe d'inertie au skieur, que peut-on dire des forces qui s'exercent sur le skieur pendant la phase de démarrage?	3b3. Application du principe d'inertie
	Mo	Bah elles se compensent	
	P	Fais une phrase complète, chut pour quelle raison?	
	Mo	Parce que elle est en mvt	
	P	Pas parce qu'elle est en mvt. Stéphanie	
	S	Elles ne se compensent pas, elles ne se compensent pas	
	P	Elles ne se compensent pas pourquoi?	
	S	Parce que elle accélère	
	P	Chut, laissez finir Stéphanie	
	S	La vitesse elle accélère	

	P	Le skieur accélère	
	S	Le skieur mais c'est pareil	
	P	Non c'est pas pareil	
	S	La vitesse augmente et on peut dire d'après le principe d'inertie qu'elles se compensent pas	
	P	Le mvt du skieur n'est pas	
	E	Constant	
	E	(inaud.)	
	P	Plus fort	
	E	(inaud.)	
	P	n'est pas rectiligne et uniforme, il est que rectiligne mais il est accéléré, le mvt du skieur n'est pas rectiligne et uniforme donc	
	E	Il subit des forces qui ne se compensent pas	
	P	Il subit des forces qui ne se compensent pas, le mvt du skieur n'est pas rectiligne et uniforme donc il subit des forces qui ne se compensent pas. Mohammed je pense que tu as dis des bêtises?	
	Mo	(inaud.)	
	P	Ah d'accord, il me semblait. Le mvt du skieur n'est pas rectiligne et uniforme donc il subit des forces qui ne se compensent pas. Donc une fois on a dit ça il faut que ça aille beaucoup plus vite pour la 2ème partie, la 2ème partie, donc on avait la phase suivante qui (inaud.), bon c'est la montrée là on est d'accord? La 2ème phase la montée, bien, quels sont les renseignements que l'on a sur son mvt Marie?	
	Ma	La vitesse est constante	
	P	Fais une belle phrase, la vitesse est constante et la direction de son mvt?	
	Ma	Il monte	
	P	Il monte et c'est rectiligne donc	
	Ma	Uniforme	
	P	Uniforme, le mvt du skieur est rectiligne et uniforme, le mvt du skieur est rectiligne et uniforme, vous le notez, le mvt du skieur est rectiligne et uniforme et donc dans la question b?	
	A	Elles se compensent	
	P	Amélie bien fort, donc	
	A	Elles se compensent	
	P	Donc il subit des forces qui se	
	A	Compensent	
	P	Compensent , donc il subit des forces qui se compensent. Bien on va se passer de faire le diagramme des interactions comme on a dit, d'accord? Maintenant on va appliquer tout ce qu'on vient de voir à l'exercice numéro 14 parce qu'il est avantageux ce 14 c'est qu'il fait rattraper le TP aux élèves qui ne l'ont pas fait et ça fait réviser le TP à ceux qui l'ont fait, exercice 14 page 264, je vous laisse réfléchir, je corrigerai à l'issue du 1èrement dans 5 minutes (…) alors une chronophotographie qu'est-ce que c'est? Guanael qu'est-ce que ça va être une chronophotographie? Guanael (inaud.)	3c. Cas de l'Etude d'une chrono de la chute d'une bille dans l'air: Variation de la vitesse, Application du principe d'inertie, Bilan et représentation des forces
	G	Ah chronophotographie	
38:40	P	Une chronophotographie vous en avez une dans le document 1 à la page 255, sur la même image on voit la photographie des positions des diverses positions du mobile au cours du temps et il s'est passé une même durée entre 2 photographies, c'est une même durée entre 2 photographies, entre 2 positions, d'accord? Allez. (…, 4 min). Bien, alors Andréa tu vas nous expliquer quand on étudie la chronophotographie de la chute de cette bille dans l'air, d'accord? Au passage on vous dit qu'elle est lâchée sans vitesse initiale dans l'air donc on la fait comme ça on la met dans la main on a ouvert c'est tombé tout seul on l'a pas	3c1. Variation de la vitesse

		lancée d'accord? Lâcher c'est ça, alors, comment évolue la vitesse de la bille au cours du temps? Chut, Andréa	
	An	Elle augmente	
	P	Fais une belle phrase avec tout ce qu'il faut dedans	
	An	Alors, la vitesse de la bile augmente au cours du temps	
	P	Car	
	An	Car elle parcourt une grande distance en une même durée de temps	
	P	Oui, les distances parcourues pendant les mêmes durées sont toujours de plus en plus grandes. La vitesse de la bille en chute dans l'air augmente au cours du temps car la bille parcours des distances de plus en plus grandes pour des mêmes durées, car la bille parcours des distances de plus en plus grandes pour des mêmes durées, ça vous va? Bien, en vertu du principe d'inertie, que peut-on dire des forces qui s'exercent sur la bille? Mélissa	3c2. Application du principe d'inertie
	Mé	Bah les forces ne se compensent pas car la vitesse n'est pas constante	
40:00	P	les forces qui s'exercent sur la bille ne se compensent pas car la vitesse, car le mvt c'est pareil, car le mvt n'est pas rectiligne et uniforme, on est d'accord? Les forces s'exerçant sur la bille ne se compensent pas car le mvt de la bille n'est pas rectiligne et uniforme, est-ce que vous suivez au fond?	
	Es	Oui	
	E	Monsieur il est rectiligne	
	P	Car le mvt de la bille n'est pas rectiligne ET uniforme, ça vous va? Il est rectiligne, vertical rectiligne mais il n'est pas uniforme, la vitesse change, je répète? Les forces s'exerçant sur la bille ne se compensent pas car son mvt n'est pas rectiligne et uniforme	
	E	Monsieur	
	P	Oui	
	E	Si en DS on marque juste que les forces ne se compensent pas parce que la vitesse n'est pas constante, uniforme constante	
	P	Le mvt uniforme ça veut dire à vitesse constante	
	E	C'est juste ou pas? Ou il faut dire rectiligne constante?	
	P	Si tu disais à vitesse constante, imaginons un mvt à vitesse constante, ça c'est un mot qui est, c'est une expression qui demande des précisions, un mvt à vitesse constante. Imagine-toi tu te mets dans la voiture, tu conduis ta voiture et le compteur vitesse est par exemple fixé il ne bouge pas, l'aiguille ne bouge pas de 60 km/h, bon tu prends des virages, des ronds-points, des lignes droites, t'es toujours à 60 km/h, chut, oui elle n'a pas peur mais un rond-point peut-être très très grand elle pouvait peut-être arriver à le négocier, alors chut écoute bien, Karine est-ce que, le mvt est-ce qu'il serait uniforme si tu roulais si la voiture était toujours avec une vitesse de 60 km/h dans ce cas-là? Est-ce qu'il serait uniforme le mvt? Est-ce que la vitesse serait constante?	
	K	Oui	
	P	Oui, en valeur numérique	
	K	Oui	
	P	D'accord? Mais est-ce que le mvt serait rectiligne et uniforme?	
	K	Bah non	
42:38 44:34	P	Non, donc dans ce cas-là la voiture ne subirait pas des forces qui se compensent, elle ne subit des forces qui se compensent que si le mvt est rectiligne uniforme ou bien s'il est au repos l'objet comme c'était (inaud.). Bien, faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la bille et les représenter sur un schéma, allez, bah vous représenter la bille par une bille ce qui est assez facile et vous dessinez les forces qui s'exercent sur la bille après avoir fait l'inventaire, allez,chut, faites l'inventaire en 1er , Camille c'est toi qui va être interrogée allez, donc dans une minute tu es interrogée, allez je veux qu'on finisse cet exercice il nous reste 5 minutes, pratiquement on doit y arriver. Alors Camille, si la bille à un instant elle est là, à un certain instant d'accord? Quelles forces subit-elle? Je t'écoute Camille	3c3. Bilan et représentation des forces
	C	Son poids	
	P	Alors le système étudié c'est la bille, bon en 1er forces à distance son poids, ok	

		son poids P, comment il est son poids au niveau directionnel	
	C	Vers le bas	
	P	Vertical vers le bas on est d'accord, voilà son poids. Est-ce qu'il y a autre chose comme forces qui s'exercent sur la bille Camille?	
	C	L'eau	
	P	Non non non, là on étudie la chute dans l'air	
	C	Et bah l'air alors	
	P	La force exercée par	
	C	Par l'air sur la bille	
	P	La force exercée par l'air sur la bille, bon. Lorsque la bille descend il y a un certain frottement, donc cette force on pourra l'appeler force de	
	E	frottement	
	P	Frottement si vous voulez pour simplifier et cette force est vers	
	E	Le haut	
	P	Le haut parce qu'elle est toujours opposée à quoi?	
	E	A la direction de	
	P	Marie	
	Ma	A la direction de l'objet	
	P	Bien fort, cette force elle est opposée à la direction de quoi?	
	Ma	De l'objet	
	E	du système	
	P	Bon attendez, alors cette force est la force exercée par l'air sur la bille, force exercée par l'air sur la bille et c'est vers le haut. Bon regarde, quand tu fais du vélo et que tu veux aller de plus en plus vite, tu pédales tu pédales et à un moment donné tu vois bien que tu n'arrives pas à dépasser une certaine limite, donc tu subis un certain frottement, le frottement est-ce qu'il est? Si toi, toi tu vas vers l'avant, est-ce qu'il est plutôt (inaud.) vers l'avant ou vers l'arrière?	
	Ma	Vers l'arrière	
	P	Vers l'arrière, donc ici la force exercée par l'air sur la bille	
	Ma	Opposée	
	P	Opposée à quoi?	
	Ma	A la direction	
	P	A la direction au sens du	
	Ma	Mvt	
	P	A la direction au sens du mvt, opposée au sens du mvt, on est d'accord?	
	Ma	oui	
	P	Le sens, c.à.d le mvt est de haut en bas, la force	
	Ma	C'est pas la direction?	
47:04	P	Non la direction c'est la verticale ici, c'est pas opposé à la verticale, ça ne veut rien dire. Allez il nous reste 3 minutes on va le finir l'exercice, je vais te répondre dans un instant. Donc ensuite pendant que vous regardez la 2ème partie, vous avez la chronophotographie de la chute de la bille qui cette fois-ci se fait dans la glycérine qui est un liquide très visqueux d'accord? Bien, vous voyez qu'il y a 2 phases dans ce schéma montrant la chronophotographie, 2 phases du mvt, vous allez essayer de voir ça et j'écoute Marlène	3d. Cas de la chrono. de la chute d'une bille dans la glycérine: Bilan des forces, Nature du mvt, Application du principe d'inertie
	Mar	Pourquoi il n'y a plus la force terrestre?	
48:10	P	La force que t'appelles terrestre c'est quoi? Son poids on l'a déjà dit, mais on va quand même le répéter puis on va l'étudier dans le cours qui vient juste après, le poids c'est la force exercée par la Terre sur la bille, c'est le poids de la bille, une force à distance, on est d'accord? Après les forces de contact, elle est en contact avec quoi la bille? Avec l'air en chutant d'accord? Allez Nicolas, est-ce qu'on voit qu'il y a 2 phases dans ce mvt? On t'écoute	

	N	(inaud.)	
	P	Alors jusque là, de là à là que fait la bille?	
	E	Elle accélère	
	P	Donc de là à là accélération, donc comment est le mvt précisément? Au niveau directionnel il est?	
	Es	Rectiligne	
	P	Alors 1ère phase donc tu as dit mvt rectiligne	
	N	Accéléré	
	P	Accéléré très bien, 2ème phase on la voit où?	
	N	Bah c'est après la phase d'accélération	
	P	Juste en bas, comment est le mvt ici?	
	V	Uniforme	
	P	Il est toujours rectiligne et uniforme, mvt rectiligne et uniforme on est d'accord? MORU oui tiens MORU, mvt rectiligne uniforme, bien on termine, on étudie la 2nde phase du mvt petit b, qu'est-ce qu'on peut dire Marlène des forces qui s'exercent sur la bille dans la 2ème phase? Chut, qu'est-ce qu'on peut dire Marlène des forces qui s'exercent sur la bille dans la 2ème phase?	
	Mar	Elles se compensent?	
	P	Elles se compensent, le mvt de la bille est rectiligne uniforme donc elle subit des forces qui se	
	Es	Compensent	
	P	Compensent. Ah, on les a pas citées je crois ces forces, alors on se dépêche un peu, on a dit qu'on avait par exemple ici son poids et la force exercée par quoi sur quoi?	
		La glycérine sur la bille	
		La force exercée par la glycérine sur la bille et les 2 se compensent et au total ça fait vecteur	
		Nul	
		Nul. Au passage dernière chose avant que vous partiez, regardez l'exercice 17, en un mot, ça prend quelques secondes, exercice 17, vous avez une enseigne, l'enseigne c'est le plateau circulaire d'accord? Bien, attends je vais pas le faire, c'est pas au programme. Donc cette enseigne-là est en équilibre je vous dit est en équilibre, qu'est-ce qu'on peut dire des forces qui s'exercent sur elle?	3e. Cas d'une enseigne en équilibre: Application du PI
		Elles se compensent	
		D'après le principe d'inertie si elle est au repos elle reste au repos, ça veut dire qu'elle subit des forces qui se compensent, d'accord? Je vous laisse réviser tout ça, on change de chapitre jeudi, lundi prochain il y a un DS là-dessus, lundi prochain, euh je ramasse les fiches navette	

ANNEXE 6 : TRANSCRIPTIONS CLASSE 2

Classe 2 séance 1 (04/02/05)

Tps	Loc.	Discours	Thème
00:00	P	Donc nous avons fini le 1er chapitre, comme vous l'avez remarqué on a mis en place un certain nombre/ d'outils de vocabulaire, mvt circulaire, mvt uniforme, mvt rectiligne, qu'est-ce qu'une trajectoire, qu'est-ce qu'un référentiel, donc on a du vocabulaire et on a des outils pour analyser plutôt pour décrire un mvt, d'accord? Donc ça c'est du vocabulaire que vous n'oubliez pas, c'est pas parce qu'on n'est plus dans le chapitre méca 1 que vous oubliez ce vocabulaire, vous ne revenez pas à votre vocabulaire ancien. Et nous allons passer maintenant à la partie 2 donc comme d'habitude vous prenez une feuille, vous avez de la colle à portée de la main et vous allez coller la petite bande que je vous donne. On n'a pas besoin du livre, on n'a pas besoin du reste pour le moment, du cahier, allez ça y est tout est en place? Ça vous savez bien que vous me rendrez la feuille	1. Introduction de la notion d'action
	E	On la colle à la suite de l'exercice?	
	P	Il faudra le coller avec ça hein?	
	E	Avec?	
	P	Avec l'exercice là, je vous l'ai donné ou pas?	
	E	non	
1:32 2:04	P	Dites-moi je remarque quelque chose là, y en a qui ne sont pas authentiques, ça fait plusieurs fois que pour vous faciliter les choses je vous dis, je vous l'ai dit par exemple avant hier euh hier, je le dis demain, ce n'est pas la peine d'apporter le livre, alors, ça ne me gène pas que vous l'apportiez mais en fait quand même ça veut dire que vous n'avez pas vraiment écouté ce que je vous ai dit. Alors vous avez devant vous pour 4 ou par table, vous allez vous mettre par 4, vous avez devant vous un support auquel vous allez suspendre l'élastique qui est auquel est attachée une pierre	
	E	On l'a pas	
	P	Vous n'avez pas quoi?	
	E	La pierre	
3:17	P	Vous n'avez pas de pierre (leur donne une). Vous suspendez l'élastique et la pierre et vous placez le support de telle sorte que vous soyez 4 à pouvoir travailler dessus, donc vous mettez ça ici, allez. C'est bon? Alexandre vous mettez derrière de façon à ce que en vous retournant vous travaillez avec vos camarades derrière, allez. Bon alors maintenant je vais vous demander de vous taire, ça y est tout est en place? On lit l'activité 1 introduction, bon ne vous laissez pas fasciner par cette pierre, et là un doute c'est pour réfléchir sur la mécanique, donc vous y êtes? Donc grand 1 introduction du modèle des interactions 1ère partie, activité 1 introduction de la notion d'action, alors qu'est-ce que c'est que ce mot action, il va avec quel verbe?	
	E	Actionner	
	P	Actionner, quand vous dites je fais une action vous dites je m'actionne?	
	E	Je fais une action	
	E	Activer	
5:12	P	Activer? Bon on y reviendra. Vous disposez du matériel suivant, un support, un élastique, une pierre, une pierre est suspendue à un fil élastique elle est immobile, elle est immobile, question, Arthur la pierre est immobile, petit a quels sont les objets qui agissent sur la pierre? Il va falloir vous interroger sur le sens du mot agir, et quand vous aurez bien répondu à la question petit a on inverse, petit b sur quels objets agit la pierre? Alors vous avez le droit de toucher, bien sûr au contraire, mais vous ne, le problème ce n'est pas de jouer avec la pierre hein c'est de répondre à la question. Vous il faut que vous montiez le support un peu plus haut parce que si la pierre appuie sur le support (ajuste le support), voilà. Allez, et on se met au travail. On avance? Il faut que vous lisiez mieux la question, quels sont les objets? La?	
	E	La Terre	
	P	oui	
	E	La Terre ça attire la pierre (inaud.) oui la gravité	
	P	La gravité est-ce que c'est un objet?	

	E	Non c'est un phénomène	
	P	Alors	
	E	Non ça doit être aussi le support	
	P	Est-ce que le support agit directement, sur quoi il agit le support?	
	E	Sur l'élastique	
	P	Il agit sur l'élastique oui	
	Mi	Mais on peut pas dire que si la pierre agit sur l'élastique et l'élastique agit sur le support le support agit sur la pierre?	
	P	C'est vrai, mais si on se limite pas on va jamais s'arrêter, donc là on va se limiter disons au (inaud.) direct, vous voyez ce que je veux dire Michael?	
	Mi	Ouais	
	P	Parce qu'après on va dire et la table sur le support et le sol sur la table etc., donc même le physicien effectivement il va se limiter hein, bon alors vous avez tout ce qu'il faut pour répondre à la question petit a	
	C	Madame	
7:10	P	Oui	
	M	Il y a que l'élastique qui agit euh?	
	C	Quand on regarde les 2 questions, nous ce qu'on (inaud.) c'est que la pierre agit sur l'élastique et le support puisque l'élastique il est accroché au support	
	M	Enfin pas directement	
	P	Il faut il faut que vous distinguiez bien les 2 questions, commencez par répondre clairement au petit a puis après vous passerez au petit b	
	M	Et quel est l'objet?	
	P	Alors petit a sont les objets qui agissent uniquement sur la pierre	
	C	Et bah c'est l'élastique	
	P	Il n'y a que l'élastique?	
	M	Bah comme un objet proprement parlé enfin	
	P	Oui, est-ce que	
	C	Il y a le poids et la gravité de la Terre qui agissent sur la pierre	
	P	Alors, ce ne sont pas des objets ça	
	C	Bah oui c'est pour ça	
	P	Bon, et qu'est-ce que c'est le poids pour vous?	
	C	C'est la masse de la Terre, le volume, le poids la masse je sais pas, taille	
	P	Non, et la gravité qu'est-ce que c'est?	
	C	C'est la force qu'exerce la Terre sur la pierre	
	P	Bon alors, c'est pas très exactement ça, mais qu'est-ce que vous êtes en train de me dire? Vous me dites c'est la force qui est exercée par qui?	
	C	La Terre	
	P	Donc alors vous avez	
	C	Y a la Terre et l'élastique	
	P	Voilà. Ça y est? Vous avez rédigé normalement le petit a bientôt	
8:27	E	L'élastique et la pesanteur	
	P	Est-ce que la pesanteur est un objet?	
	E'	Il dit n'importe quoi on dit pas la pesanteur	
	P	C'est pas n'importe quoi, c'est pas n'importe quoi, simplement il faut peut-être formuler les choses autrement	
	E'	Une pierre c'est trop lourd, la pesanteur c'est petit	
	E	Oh non	
	P	Si je coupe l'élastique	
	E	Elle tombe	
	E'	Ah oui elle tombe	
	P	Alors, comment ça se fait qu'elle tombe?	
	E'	Elle est attirée par le sol	
	P	Le sol?	
	E	C'est la Terre la Terre	
	P	Par la Terre	
	E'	Donc il y a la Terre et l'élastique	
	P	Voilà, et ce qu'il exprimait par pesanteur c'était cette idée-là, mais si on parle	

		d'objet on va dire la Terre	
	E'	Ah d'accord	
	P	Et puis vous ne me dites pas vous ne comprenez rien avant même d'avoir réfléchi.	
9:12	E	Madame	
	P	Oui	
	E	Il n'y a pas beaucoup il n'y a qu'un objet qui agit sur la pierre	
	P	Lequel?	
	E	C'est l'élastique	
	P	Oui, c'est tout? Les autres?	
	E	Bah le support oui mais sinon on peut dire aussi qu'il y a la table qu'il y a le bâtiment	
	P	Oui d'accord bon, mais quand même si je coupe l'élastique	
	E'	La pierre elle tombe	
	P	Donc alors pourquoi est-ce qu'elle tombe? A ce moment-là il y a sûrement quelque chose qui agit sur elle	
	E	L'attraction terrestre	
	P	Je veux l'objet qui agit sur elle à ce moment-là	
	E	La Terre?	
	P	Bah oui	
	E	Alors il faut compter la Terre	
	P	Pourquoi pas? Vous ne trouvez pas qu'elle est assez grosse?	
	E	Si mais je ne sais pas à ce moment-là la table le support	
	P	Ah non non non, vous avez raison la table elle agit mais est-ce qu'elle agit directement sur la pierre?	
	E	Non	
	P	Non elle agit sur le support	
	E	Oui	
	P	Et le support il agit	
	E	Sur l'élastique	
10:17	P	Sur l'élastique, donc si vous voulez on va se cantonner hein, à l'environnement immédiat disons de la pierre mais n'empêche que la Terre c'est quand même fondamental puisque tout objet sur Terre il tombe si, hein? Alors vous avez répondu? Vous deviez être dans la question petit b maintenant	
	E	La pierre elle agit sur (inaud.)	
	P	Alors l'objet	
	E	C'est sûr qu'elle agit sur l'élastique	
	P	Qu'est-ce que vous avez écrit? Ah l'élastique	
	E	La pierre qui agit c'est sur l'élastique (inaud.)	
	P	La potence qui agirait sur qui?	
	E	Sur la pierre	
	P	Pourquoi vous n'êtes pas sûrs?	
	E	L'élastique c'est sûr mais est-ce que	
	E'	L'élastique si on le lâche	
	E	Est-ce qu'il faut qu'on prenne en compte que la potence?	
	P	La potence est-ce qu'elle agit sur la pierre? Ce que vous êtes en train de me dire c'est qu'elle agit sur	
	E	L'élastique	
	E"	Directement elle agit sur l'élastique	
	P	L'élastique, on va se cantonner à l'élastique, mais il n'y a que l'élastique qui agit sur la pierre?	
	E'"	Comme objet oui	
	P	Comme objet oui, parce qu'il y a autre chose à part des objets qui agissent?	
	E	Il y a la pesanteur	
	P	Ah et la pesanteur, mais la pesanteur c'est quoi?	
	E"	Et bah la force qui agit	
	P	Force, c'est quoi?	
	E	Quelque chose qui n'est pas un objet et qui agit sur	

	P	Ah ah c'est quelque chose qui, et bah en fait en physique ce qui agit ce sont les objets, alors c'est quelque chose qui agit et que vous vous qualifier de pesanteur, c'est le résultat de l'action de quel objet la pesanteur?	
	E	De la Terre	
	P	Alors quel est l'autre objet qui ?	
	E'''	La Terre	
12:00	P	Oui	
	E	La pierre agit sur le support et l'élastique	
	P	La pierre elle agit sur le support directement? Oui oui	
12:08	E	La Terre agit sur la pierre la pierre agit sur la Terre aussi	
	P	Et bah oui	
12:18	E	Madame, sur la b on compte le support ou pas?	
	P	Qui agirait sur quoi, sur la pierre? Vous l'aviez compté tout à l'heure le support?	
	E'	Non	
	P	Pourquoi?	
	E'	Parce que sinon on peut pas s'arrêter	
	E	Oui, après le support il sera posé sur la table	
	P	Bon, est-ce qu'on peut pas faire le raisonnement dans l'autre sens alors	
	E'	Mais vous avez mis un pluriel	
	P	Ah j'ai mis un pluriel, et alors y avait un pluriel aussi dans petit a mais ça ne vous a pas gênés vous n'avez mis qu'une réponse pour le petit a, vous avez mis seulement l'élastique?	
	E'	Bah ouais	
	P	Pourtant y avait aussi un pluriel dans le petit a, alors intéressons-nous d'abord au pluriel du petit a	
	E	Bah nous on avait dit au départ l'élastique et la Terre	
	P	oui	
	E	Mais après vous avez dit qu'on s'arrêterait jamais, c'était pas direct	
	P	Ah ça n'est pas direct mais quand même là si je coupe l'élastique	
	E'	La pierre tombe	
	E	Bah la pierre elle tombe	
	P	La pierre tombe, qu'est-ce qui agit à ce moment-là sur elle?	
	E'	La Terre	
13:40	P	C'est la Terre effectivement. Bon je crois que nous allons corriger, alors vous êtes silencieux, vous arrêter de toucher les pierres, on prend nos réponses, alors vous voyez que c'est une question qui peut paraître relativement simple mais qui vous a	
	E	Piégés	
	P	Non pas piégés pas du tout mais qui a été source de beaucoup de débats en fait. Alors je pense qu'il y a un objet pour lequel vraiment vous êtes tous d'accord, Arthur quel est citez l'un des objets qui agissent sur la pierre	
	Ar	Bah l'élastique	
	P	L'élastique, là il n'y a pas de problème tout le monde a vu que l'élastique agit sur la pierre. Alors après certains ont dit bon alors l'élastique est accroché au support donc on va dire que le support agit sur la pierre, alors quel est le raisonnement que vous avez tenu Alexandre à ce propos?	
	Al	Je pensais au début je pensais que la potence agissait sur la pierre	
	P	Oui	
	Al	(inaud.) la pierre n'est pas en contact avec la potence	
	P	Alors elle n'est pas en contact avec ça ne suffit pas comme argument, oui Nicolas	
	N	La potence elle n'agit pas directement sur la pierre	
	P	Alors sur quoi elle agit la potence?	
	N	Sur l'élastique	
	P	Elle agit sur l'élastique, alors voyez là on va faire un choix parce que l'élastique enfin la potence agit sur l'élastique, la table agit sur la potence, le sol agit sur la table etc. donc là le physicien il faut bien qu'il s'arrête à un moment ou un autre	

		hein, donc on va s'intéresser aux objets qui agissent, voyez ce terme agir qui est lié au terme d'action c'est pas forcément un terme qui est lié au mvt hein, un film d'action c'est un film où il y a beaucoup d'actions beaucoup où ça bouge beaucoup, bon là c'est pas forcément le cas hein, donc on va se contenir on va faire le choix de dire bon on va pas plus loin que l'élastique, donc l'élastique agit sur la pierre, y a-t-il un autre objet d'autres objets qui agissent sur la pierre Michael?	
	N	Bah la Terre	
	P	La Terre, en effet qu'est-ce qui te permet de dire ça?	
	N	Bah parce que si on coupe l'élastique la pierre elle tombe	
	P	Elle tombe sous l'action sous l'influence de la Terre	
	E	De la pesanteur	
	P	Non, on a parlé d'objets donc on dit la Terre	
	E	Oui	
	P	On ne parle pas de gravité on ne parle pas de pesanteur on ne parle pas d'attraction terrestre, Arthur posez cette pierre	
	E	Mais c'est la Terre qui agit à cause de	
16:52	P	Non mais on vous demande quels sont les objets qui agissent sur la pierre donc vous répondez en termes d'objets, alors bien sûr c'est pas toujours facile de s'imaginer la Terre comme un objet, bon enfin ce n'est pas un objet de la vie quotidienne mais on l'a quand même tout le temps sous les pieds, c'est un gros objet mais on peut considérer que c'est un objet. Vous avez tous répondu correctement ou corrigé si c'était pas correct? Donc il y a 2 objets qui agissent sur la pierre, l'élastique et la Terre et maintenant on passe à la question b, sur quels objets agit la pierre? Xavier	
	X	La pierre agit sur le support et l'élastique	
	P	Alors qu'est-ce que vous pensez de sa réponse? Xavier dit c'est l'élastique et le support, oui	
	M	Parce que si on n'a pas mis le support dans la 1ère question c'est pas très logique de le mettre dans la 2ème question	
	P	Tout à fait, si on a renoncé à mettre le support dans la 1ère question il faut renoncer à le mettre aussi dans la 2ème , donc la pierre agit sur l'élastique, et si on reste dans la cohérence comme le dit Marlène, oui Tristan	
	T	Elle agit sur la Terre aussi	
	P	Elle agit aussi sur la Terre, ça ne saute pas aux yeux mais si l'élastique agit sur la pierre, vous êtes bien d'accord? Après vous avez dit la pierre agit sur l'élastique, ça vous semble toujours cohérent, ensuite vous avez dit la Terre agit sur la pierre, logiquement on complète avec la pierre agit sur la Terre, d'accord? Alors pourquoi est-ce qu'on le voit pas?	
	E	Parce que la force est insignifiante	
19:30 22:26	P	Parce que la force enfin la force,on sait pas trop ce que c'est mais en tout cas l'action elle n'est pas visible, on ne voit pas l'action de la pierre sur la Terre mais c'est pas pour ça qu'elle n'existe pas, on arrête de toucher aux pierres, je ne vais quand même pas vous les enlever comme à des gamins parce que vous n'êtes pas capables d'arrêter de jouer. Allez vous avez complété? Donc dans le petit b la pierre agit sur l'élastique et sur la Terre (…) Alors vous prenez une nouvelle feuille pour coller le modèle que je suis en train de vous distribuer, vous vous souvenez? Ecoutez-moi vous cessez de parler dès que moi je me tais, vous pouvez le coller si vous voulez au dos de l'autre, ce sera une feuille réservée au modèle comme ça, vous collez la feuille du modèle allez, allez vous vous tournez maintenant. Bon s'il vous plaît vous êtes en train de coller cette feuille de modèle sur une feuille ou sur le dos de l'autre modèle, vous vous dépêchez de le faire et je ne veux pas que vous vous mettiez à parler si je ne prends pas la parole, d'autre part vous vous souvenez que pour distinguer les modèles on l'entoure d'une couleur qui est propre au modèle donc ça doit être la même couleur que le modèle qui a permis de décrire le mvt, chut. Est-ce que ce modèle est collé? Ce que je vous donne ensuite c'est l'activité 2, vous ne la collez pas bien sûr avec le modèle, vous la collez en dessous de l'activité 1, allez vous collez l'activité 2. Nous lisons ensemble le modèle, nous allons nous occuper uniquement de la	2. Introduction du modèle des interactions

		1ère partie pour le moment. Sébastien, modèle des interactions 1ère partie, on appelle système un objet matériel, une partie d'objet ou un ensemble d'objets, ce découpage de la réalité en système est un choix fait de la situation et donc nous allons nous allons nous intéresser, donc on va utiliser ce mot système sans arrêt donc il faut bien que vous sachiez ce que ça veut dire et on va s'intéresser maintenant à ce qu'on appelle les interactions, quand un système A agit sur un système B simultanément B agit sur A, on dit que A et B sont en interaction. L'action de A sur B est notée A/B et l'action de B sur A est notée B/A. Si je reprends la 1ère phrase quand un système A agit sur un système B simultanément B agit sur A on dit que A et B sont en interaction, donnez-moi un exemple d'interaction que nous venons de voir	
	E	La pierre et la Terre	
	P	La pierre et la Terre ou bien	
	E	La pierre et l'élastique	
26:15 27:04 28:12	P	La pierre et l'élastique. Cet énoncé, c.à.d ce que nous venons de dire, est applicable dans toutes les situations, y en tout à l'heure parmi vous qui commençaient à appliquer ça à plein plein d'objets, et bah oui c'est applicable dans toutes les situations c.à.d quand les systèmes sont au repos et aussi quand ils sont en mvt donc on élargit un petit peu par rapport à la situation de tout à l'heure où on avait des objets qui étaient au repos. Pour se représenter cette interaction on va adopter un outil qui s'appelle un diagramme interactions, alors comment on va représenter cette interaction, d'abord notre système on va toujours écrire son nom en l'entourant d'une bulle voyez, ensuite si 2 systèmes A et B sont en interaction par contact on mettra entre les 2 une flèche pleine, double flèche même voyez, et on écrira sur la flèche A agit sur B B agit sur A avec les slash, voyez? Et puis si l'interaction par contre est une interaction à distance c.à.d sans contact, on fera la même chose mais au lieu de mettre une double flèche pleine on mettra une double flèche en pointillé. Une fois un système choisi on ne s'intéresse qu'à ses interactions avec les autres systèmes, on représente ses interactions avec les autres systèmes sur le même schéma et ce schéma va s'appeler diagramme système-interactions, et pour bien distinguer dans le diagramme le système choisi des autres systèmes on souligne son nom dans le diagramme, c'est beaucoup de règles ça hein mais vous allez voir que c'est très facile, on va l'appliquer tout de suite dans l'activité 2, alors vous avez l'activité 2? 1ère mise en œuvre du modèle des interactions, on vous a schématisé la situation que vous venez d'étudier et on vous dit dans cette situation chacun des objets peut être pris comme système, on peut choisir le système pierre, on peut choisir le système élastique, on peut choisir le système support le système Terre, maintenant on choisit d'étudier le système pierre, quels sont les systèmes qui sont en interaction avec ce système, vous allez l'écrire et quand vous l'aurez écrit, en-dessous, vous allez représenter le diagramme pierre-interactions, c.à.d vous allez reprendre le modèle, regarder les règles qui vous sont données et puis faire le diagramme pierre-interactions, allez au travail. Alors, c'est complètement lié à l'activité 1.	3. Première mise en œuvre du modèle des interactions
28:28	C	Madame, le diagramme on le représente là-dedans?	
	P	Oui si c'est trop petit représentez-le de côté	
	C	Mais y en a 2	
	P	Non	
	C	Ah alors on fait un et on fait 2 flèches	
	P	voilà	
29:10	E	Le système agit sur la pierre direct ?	
	P	oui	
	E	ou	
	P	Et bah en interaction, regardez, voilà c'est ce qui agit	
29:25	E	Madame	
	P	Oui	
	E	On représente toutes les interactions?	
	P	Oui	

	E	Donc aussi avec le support	
	P	Ah non on a fait le choix, voilà avec le choix qu'on a fait tout à l'heure	
29:45	E	Madame, (inaud.)	
	P	Alors, vous avez mal interprété euh quelque chose dans le modèle, quand on a un , représenter sur le même, ces interactions avec le système sur le même schéma, vous vous avez fait au fait 3 schémas donc vous avez un système central qui est la pierre hein puisque nous on a dit qu'on s'intéresse au système pierre, donc déjà celle-ci elle ne nous intéresse pas et là vous allez écrire simplement une fois le système pierre et puis marquer les interactions ensuite, et puis là il y a une autre erreur, il y a cette interaction, vous croyez qu'il faut la représenter comme ça?	
	E	Ah oui (inaud.)	
31:15	E'	Madame, faut mettre à chaque fois la Terre ou pas dans l'exercice?	
	P	Vous êtes où? Ah vous êtes dans les exercices? Mais vous avez fini ça?	
	E	Faut mettre entourer	
	E'	Et on peut mettre comme ça en bas?	
	P	Oui oui absolument	
32:05	E	Là on met pas A/B on met pierre	
	P	Oui voilà, mais ça c'est pierre que vous avez écrit là?	
	E	Oui	
	P	Vous le mettrez qu'une fois c.à.d que l'action avec la Terre vous allez la représenter sur le même diagramme, c'est pierre que vous avez écrit là	
	E	Oui	
	P	Voilà, donc vous allez faire une autre flèche pour montrer l'action de la Terre, n'allez pas écrire 2 fois le système pierre	
	E	Donc là je fais une flèche	
33:24	P	Oui voilà Alors il y a une petite chose que vous n'avez pas vue c'est qu'on ne représente pas de la même façon les interactions de contact et	
	C	La terre elle n'est pas en contact avec la pierre?	
	P	Avec la pierre?	
	M	Bah non	
33:41	P	Bon nous corrigeons? Alors qui est-ce qui passe au tableau représenter? Michael? Allez. Alors pendant que Michael passe au tableau Meggy quels sont les systèmes qui agissent sur la pierre?	
	Me	La Terre et l'élastique	
	P	La Terre et l'élastique donc on va faire maintenant ce qu'on appelle le diagramme système-interactions donc ici le diagramme pierre-interactions. Alors le système auquel on s'intéresse c'est lequel?	
	Mi	C'est le système pierre	
	P	Alors vous l'écrivez vous commencez par lui, et pour le distinguer des autres qu'est-ce qu'on fait?	
	E	On le souligne	
	P	On souligne, tout le monde vérifie qu'il a bien souligné pierre, alors lui il a écrit système pierre vous pouvez écrire pierre si vous voulez mais il est très bien d'écrire comme ça aussi, ensuite	
	Mi	Bah A c'est le système pierre et B c'est le système élastique	
	P	Bon bah allez-y montrez-nous l'interaction avec le système élastique, de quel système vous parlez là?	
	Mi	Du système pierre	
	P	Le système pierre vous l'avez déjà marqué	
	Mi	Ouais mais c'est A (inaud.)	
	P	Bah ça y est il est marqué là-haut	
	Mi	Mais on peut avoir là système pierre et là système (inaud.)	
	P	Bah c'est pas la peine de le marquer 2 fois	
	Mi	Tu mets juste A?	
	P	Non système pierre ça y est il est marqué donc maintenant vous allez faire une 2ème bulle, n'effacez pas tout effacez dans le 2ème vous effacez pierre et vous mettez	

	Mi	Elastique	
	P	Elastique hein, oui en avance vous allez comprendre, montrez-nous l'interaction maintenant entre le système pierre et le système élastique, mais non ça y est ils sont dessinés tous les 2 les systèmes	
	E	Après tu relies le système pierre au système élastique	
	Mi	Ah ouais	
	P	Voilà très bien et on écrit les interactions sur la flèche donc on met les 2 l'action de	
	E	(inaud.) Le système c'est le titre?	
	P	Ah c'est pas le titre, il représente chaque système par une bulle	
	E	(inaud.)	
	P	Non regardez, ça ça va avec ça et ça ça va avec ça	
	E	C'est pas un titre	
	P	C'est pas un titre ça	
	E	Ah ok	
36:34	P	Très bien, alors quel est l'autre système qui agit sur le	
	M	Madame on les appelle A B et B A on les appelle pas	
	P	Ah non non non non effectivement on va plus précis que ça Michael, qui sont A et B?	
	Mi	Pierre élastique	
	P	Pierre élastique, à la limite je veux bien que vous mettiez P E mais A et B non puisqu'on ne sait pas là qui sont A et B	
	Mi	Bah on met A et	
	P	Non non non non non on est dans le concret pierre élastique élastique pierre, allez effacer ce A B	
37:14	E	Là il faut que j'enlève pierre non?	
38:14	P	Oui. Allez P/E et E/P et c'est pas la même chose que A/B parce que A et B je ne sais pas qui c'est alors que là tout le monde a compris P c'est l'abréviation de pierre et E l'abréviation d'élastique hein. Bien voilà 2ème interaction, très bien, vous pouvez aller à votre place. Qu'est-ce que j'entends là-bas? Des choses que je ne devrai pas entendre. Bien est-ce que c'est clair pour tous la façon dont on fait ce diagramme? Et bien vous allez maintenant traiter dans l'exercice qui est en dessous des situations plus variées de celle qu'on vient de voir, donc exercice, vous lisez avec moi? Etude des interactions pour des situations variées, à l'aide du modèle des interactions construire le diagramme système-interactions décrivant les situations suivantes, donc vous allez reprendre exactement la même activité pour des situations nouvelles, le mot souligné dans la phrase désigne l'objet correspondant au système considéré, donc 1 petit a vous allez faire le diagramme interactions pour un objet posé sur une table en prenant comme système	4. Etude des interactions pour des situations variées
	E	L'objet	
	P	L'objet, puis vous allez faire représenter un autre diagramme des interactions une table sur laquelle est posé un objet en choisissant cette fois-ci le système table d'accord? Et vous continuez comme ça, allez.	
40:00	E	On va faire un diagramme pour A et un diagramme pour B?	
	P	Ah non non non, un diagramme par situation hein, ça va être confus si vous	
40:08	C	Donc on en fait pour le grand 1 on en fait 2	
	P	Voilà c'est ça oui oui sinon ça va être très compliqué	
	C	Et on en fait juste une flèche, une flèche dans un seul sens, dans le sens de l'objet sur la table ou dans l'autre c'est la table qui agit sur l'objet	
	P	Que signifiait cette double flèche là?	
	C	Ça veut dire que l'un agissait sur l'autre	
	P	Et l'autre agissait sur l'un	
	M	Donc on fera une flèche unique	
	P	Qu'est-ce que vous voulez dire une flèche seulement dans un sens?	
	C	Ah non non non c'est obligatoire si l'un agit sur quelqu'un l'autre agit obligatoirement sur lui	
	P	Voilà donc on prend l'objet	

	M	C'est pas pareil ça sera pas le même mot souligné	
	P	Oui peut-être, enfin pratiquement semblables oui il y aura des éléments pareils mais tout ne sera pas semblable	
	M	On parle que de la table sur l'objet ou on parle aussi de la table qui est posée sur la Terre	
	P	Ah, oui bien sûr, toutes les interactions, est-ce qu'il est posé sur la Terre?	
	M	Sur le sol	
	P	Ah, elle est posée sur le sol oui. Allez ça y est? Allez on avance?	
41:11	E	Madame	
	P	Oui	
	E	La Terre agit là	
41:17	P	Oui. De quoi vous discutez là? Allez on avance, mais où est le diagramme?	
	T	Je ne sais pas, je ne sais pas ce que c'est le diagramme	
	P	Non mais attendez, ce que Michael a corrigé au tableau là	
	T	C'est le diagramme?	
	P	Dépêchez-vous de prendre la correction, vous n'avez rien fait dans l'activité 2	
	T	Je comprends pas	
	P	Qu'est-ce que vous ne comprenez pas?	
	T	Le système	
	P	Ce que tu avais à faire?	
	T	Le mot système	
	P	Où est votre modèle? Vous l'avez rangé? Mais on ne distribue pas un modèle pour qu'on le range, en plus je vous avais dit de ne pas le mettre (inaud.), mais où est l'activité 1? Comment se fait-il qu'elle ne soit pas avant l'activité 2?	
	T	Euh	
	P	Mais enfin Tibault, les activités qu'on fait elles se elles sont liées les unes aux autres, l'activité 2 elle s'appuie elle utilise d'une façon ou d'une autre l'activité1, y a un enchaînement logique dans tout ça hein, alors vous gardez (inaud.), vous collez ça ici de façon à avoir l'activité 2 après l'activité 1 d'accord?	
	T	C'est ça l'activité 1?	
	P	Ça c'est bien l'activité 1	
	T	Ah oui d'accord	
	P	Bon ça c'est l'activité 2 donc on la met ici	
	T	D'accord	
42:46	P	Et il faut que vous preniez la correction de ça, recopiez le tout de suite parce que pour pouvoir faire la suite il faut que vous ayez compris ça. Alors ça y est c'est parti?	
	E	hm	
	E'	Moi je (inaud.)	
	P	Celle qui est le 1er c'est la table?	
	E'	Non c'est l'objet	
	P	L'objet	
	E'	Ah non il est là	
	P	Et bah oui	
	E'	Je me suis trompé	
43:05	P	Bah c'était peut-être le 2 celui-là en fait. Alors montrez un peu, alors il n'y a que la table qui agit sur l'objet?	
	E	Bah après il y a la table elle agit sur la Terre	
43:19	P	Ah oui oui oui, non mais sur l'objet sur l'objet, réfléchissez bien. Oui	
	E'	Faut toujours mettre la Terre?	
	P	Bah qu'est-ce que vous en pensez? Est-ce que le fait que l'objet soit posé sur la table fait que la Terre n'agit plus? La Terre se dit tiens il est posé sur la table oh je fais plus rien moi je n'agis plus	
	E	La table elle agit sur la Terre mais elle agit en même temps sur l'objet en fait là on peut mettre la Terre	
	P	Non non on pourrait mais on ne s'intéresse qu'à l'objet	
	E	(inaud.)	

	P	Voilà en pointillé, oui oui très bien	
43:48	E	Madame y a toujours la Terre	
		Oui oui	
43:58	E	Madame faut mettre le soleil?	
	P	Pardon	
	E	Faut mettre le soleil?	
	P	Et bien oui bien sûr oui oui	
	E	On néglige	
	P	On néglige quoi?	
	E	Les autres corps (inaud.)	
	P	Oui oui faut le mettre vous avez raison puisqu'on le néglige pas lui	
44:14	E	Est-ce que le vent c'est une force le vent c'est un système le vent ou c'est l'air?	
	P	Alors là c'est pas les forces qu'on représente là c'est des objets donc où il est l'objet qui	
	E	L'air	
44:31	P	C'est l'air hein qui agit sur . Dites vous avancez? Comment ce fait-il que vous n'ayez rien fait là, je vous vois parler de loin moi je croyais que vous parliez de physique, ah vous avez avancé un petit peu quand même et vous où c'est ? Bon	
44:43	E	(inaud.) la table est-ce qu'elle est en contact direct avec la Terre ou pas?	
	P	Ecoutez je sais pas moi cette table-là j'ai pas l'impression qu'elle soit posée sur la Terre	
	E	Bah oui mais on peut poser une table	
	P	Bah elle pouvait, enfin elle n'y est pas	
	E	(inaud.)	
	P	Bon imaginez que cette table soit posée dans un jardin hein bon	
	E	Sur la Terre	
	P	Elle est posée sur la Terre, est-ce que la Terre sur laquelle est posé cet objet agit par exemple comme la Terre agissait sur la pierre?	
	E	La Terre agit toujours sur les objets	
	P	La Terre agit comment est-ce qu'elle agit?	
	E	Bah elle attire	
	P	En attirant vers le bas, et la Terre du jardin elle agit comme ça? Elle agit comment?	
	E	Elle attire pas?	
	P	Et non qu'est-ce qu'elle fait au contraire?	
	E	Ah elle est attirée	
	E'	Non elle empêche	
	P	Oui elle l'empêche de s'enfoncer, bon maintenant pour plus de simplicité mettons-nous ici, hein le sol qu'est-ce qu'il fait?	
	E'	(inaud.)	
	P	Voilà, et par contre vous avez aussi	
	E	La Terre qui exerce une force	
	P	(inaud.) qui agit voilà il y a les 2	
	E'	(inaud.)	
	E	Il y a 4 bulles alors	
	P	Pour?	
	E	Pour la table	
	P	Oui c'est ça, (inaud.) en pointillé hein	
46:28	C	Dans le petit 3	
	P	Oui	
	C	Le cerf-volant ne vole pas s'il n'y a pas de	
	M	Vent	
	C	D'air ou de vent	
	P	Oui	
	C	Comment il faut le mettre comme objet?	
	M	Parce que le vent c'est pas un objet	
	P	Alors le vent c'est pas un objet mais vous avez dit autre chose là tout à l'heure,	

		qu'est-ce que c'est que le vent en fait? Pourquoi est-ce que ça pousse le cerf-volant, pourquoi est-ce que ça pousse le cerf-volant? Qu'est-ce qui pousse les cerf-volants?	
	M	C'est les courants d'air	
	P	C'est les courants d'air donc	
	C	L'air?	
	P	C'est l'air qui pousse le cerf-volant, de quoi est constitué l'air? De petites particules en fait donc ça vous pouvez le considérer comme objet	
	M	Et madame, la Terre elle a avoir quelque chose	
	P	Bien sûr sauf que c'est toujours en pointillé	
47:15	E	Il se peut qu'il y en ait 3?	
	P	Bien sûr pourquoi pas?	
	E	Parce que le cerf-volant pour qu'il va faut qu'il y ait du vent	
	P	Oui	
	E	Donc il y a fil Terre et vent	
	P	oui	
47:26	E	Madame le vent il pousse	
47:37	P	Le vent c'est pas, c'est plutôt un phénomène, mais le vent il est associé à quoi? Qu'est-ce qui pousse le cerf-volant? (sonnerie) Ecoutez-moi, vous terminez ces exercices pour mardi, c'est noté? Bien sûr avant on relit le reste on voit le modèle pour se souvenir de tout ça. Oui quelle était votre question? Qu'est-ce qui pousse le cerf-volant? Qu'est-ce qui pousse sur le cerf-volant? Le vent n'est pas un objet vous avez raison, qu'est-ce qui pousse en fait? Quand vous courez qu'est-ce que vous sentez sur votre visage? L'air c'est l'air qui pousse, ça c'est un objet.	

Classe 2 séance 2 (08/02/05)

Tps	Loc.	Discours	Thème
00:00	P	En mathématiques en particulier et en sciences physiques et en SVT on a des exigences qui peuvent différer un petit peu sur le tracé d'un graphique, certaines exigences sont communes, d'autres sont différentes, nous avons rassemblé donc tout ça là-dessus, vous l'étudierez vous le gardez précieusement, toujours pas trop loin à votre portée hein, vous pouvez aller le chercher si vous avez un graphe à faire pour le regarder le relire, et une fois que vous avez eu ça ça veut dire que vous ne devez plus faire d'erreur sur le tracé d'un graphique, alors on va le lire ensemble et puis une fois qu'on l'aura lu vous allez vérifier que sur le graphe que vous avez tracé sur la feuille que vous allez me rendre à l'instant tout est bien et puis après je ramasse la petite feuille d'accord? Alors, réaliser un graphique, consigne à suivre en math en sciences physiques et en SVT et c'est valable aussi en économie par exemple, il faut distinguer 2 types de courbes à tracer, cas 1 courbe résultant d'une série de mesures, cas 2 les courbes définies par une équation, dans tous les cas choisir du papier millimétré, à la rigueur du papier à petits carreaux, vous savez que les grands carreaux c'est pas du tout commode d'usage parce que ça ne fait pas 1 cm donc c'est très imprécis, orienter les axes, faire figurer les grandeurs portées en abscisses et en ordonnées avec les unités hein physiques, faire apparaître quelques points de repère bien choisis sur chacun des axes, ne pas surcharger le graphique avec des pointillés lors du tracé, ils sont réservés aux résolutions graphiques, titrer les graphiques, telle grandeur en fonction de telle autre, vous allez le faire après, alors regardons le cas de la physique, cas numéro 1 courbe résultant d'une série de mesures, vous suivez sur la feuille, les mesures sont toujours entachées d'incertitude, quand on fait des mesures en physique ou en chimie y a toujours une erreur due à la lecture due à l'appareil de mesure, il s'agit donc de donner l'allure de la courbe, certains points peuvent ne pas figurer sur la courbe, en principe le choix des valeurs pertinentes a été fait au cours des mesures, alors on vous a fait un exemple ici hein , on a mesuré la tension aux bornes d'une photopile, le courant qui la traverse et on a mis les points sur du	1. Représentation d'un graphe
4:00		papier millimétré, donc exemple tension aux bornes d'une vous barrez lampe et vous mettez photopile, regardez il y a eu une erreur, en fonction de l'intensité du courant qui la traverse, alors dans le cas	
6:13		2 qui est réservé aux maths, courbe définie par son équation, placez l'origine le vecteur unitaire choisir des points pertinents, pour construire une droite 2 points suffisent un 3ème permet une vérification et tracez tous les éléments géométriques qui accompagnent la courbe, alors peut-être que pour vous c'est encore un peu inconnu tout ça et vous avez en dessous des exemples de courbes tracées à partir d'une équation, donc je vous donne 3 minutes pour vérifier que la courbe que vous avez le graphique que vous avez fait sur la feuille que je vais ramasser dans un instant est bien conforme aux consignes données ici, vous vérifier vous corrigez si vous avez faux et après je ramasse vos feuilles d'exercices, allez vous vérifiez je ramasse ensuite, non vous vous occupez de ça d'abord, ne faites pas 2 choses à la fois… Allez dès que c'est fini vous me la donner… Alors vous reprenez donc maintenant, j'ai tout? Vous sortez votre cours la partie 2 de mécanique, merci, alors Zinga? Vous aviez donc, mettez-la là-bas, vous aviez des diagrammes à faire vous en aviez exactement 6, alors Clément vous allez quand même passer au tableau faire le 1.a, Stéphane vous allez faire le 1.b à côté et Nicolas le 2, euh les craies sont là, bon si Clément se termine plus à	2. Etude des interactions pour des situations variées

		gauche ça ne fait rien, non non Stéphane mettez-vous non non sinon on va se, voilà, si on se met pas dans l'ordre on va se perdre. Alors chacun vérifie que les diagrammes représentés au tableau et bah sont exacts et que ça correspond bien à ce que vous avez fait sur votre feuille. Alors Clément un objet posé sur une table, il s'agit donc du diagramme objet-interactions. Alors attendez Nicolas c'était lequel, la Terre planète du soleil qui a elle-même un satellite, attendez vous restez à vos places qu'on vérifie, alors nous regardons ce qu'a écrit Nicolas, la Terre planète du soleil qui a elle-même un satellite naturel la Lune, on néglige les interactions mettant en jeu les autres corps et on s'intéressait au système Terre, est-ce que vous êtes d'accord avec ce qu'il a fait? Oui, c'est bon pour le 3ème, enfin question 2 plutôt? Bien alors Clément, qu'est-ce qui manque dans le diagramme de Clément?	
	E	Il a oublié de souligner	
	E'	Souligner	
9:36	P	Voilà il faut bien souligner le système étudié c.à.d l'objet. Vous êtes d'accord avec ce diagramme? Oui? 2 interactions objet-table table-objet et puis objet-Terre Terre-objet. Stéphane, alors, une table sur laquelle est posé un objet, donc la table interagit avec la Terre, interagit avec l'objet, est-ce que vous êtes d'accord avec ce diagramme? Est-ce que c'est ce diagramme que vous avez dessiné?	
	M	Entre la table et la Terre on met une flèche de contact	
	P	Ah d'accord	
	M	parce que la Terre enfin la table est posée sur	
	P	Alors Marlène a dit la table est posée sur quelque chose, vous non vous restez au tableau, la table est posée sur quelque chose, Marlène dit elle doit être posée sur la Terre donc elle fait, vous avez compris ce qu'elle a fait Marlène? Elle a ici tracé un trait plein au lieu de tracer un trait en pointillés, les autres qu'est-ce que vous pensez de ça?	
	E	Oui mais si on fait ça pour la table on peut le faire pour l'objet aussi	
	P	On fait ça	
	E'	Parce que l'objet il touche la table (inaud.)	
	E	Si on fait ça	
	P	Ah je ne pense pas que c'est elle ait voulu dire	
	M	Bah non parce que si on regarde l'objet il est posé sur la table et c'est la table qui est sur la Terre donc c'est pas direct alors que la table elle va forcément toucher quelque chose	
	P	Ah alors elle dit la table elle va forcément toucher quelque chose, elle touche la Terre	
	M	Si elle est dans un jardin	
	P	Si elle est dans un jardin oui, et alors si elle est là?	
	M et C	Elle touche le sol	
	P	Elle touche le sol, le sol et la Terre c'est la même chose?	
	E	non	
	P	L'action de la Terre sur la table vous l'imaginez comment? Qu'est-ce qu'elle a tendance à faire pour la table?	
	M	(inaud.) une force	
	P	C'est une action qui attire la table vers où?	
	M	Bah vers le bas	
	E	Vers le centre	
	P	Vers le centre de la Terre bien, et l'action du sol sur la table?	
	E	(inaud.)	
	P	Qu'est-ce qu'elle a tendance qu'est-ce qu'elle?	
	E'	Elle bouge pas	
	P	Oui, elle empêche l'objet de tomber c.à.d qu'elle empêche l'objet de s'enfoncer au contraire hein, comment agit le sol sur mes pieds là?	

		Il attire mes pieds? Non au contraire il agit vers le haut le sol, alors qu'est-ce que ça veut dire? Y a un 3ème système ici qui est lequel? Stéphane vous allez noter	
	E	Le sol	
13:03	P	Le sol, alors ce sera peut-être la terre du jardin mais même si c'est la terre du jardin ça n'est pas la Terre en tant qu'objet. L'action du sol empêche la table de s'enfoncer alors que la Terre au contraire attire vers son centre. Qui avait pensé à ces 3 systèmes en interaction avec la table? Vous ne l'aviez pas fait, non? Est-ce que vous voyez maintenant pourquoi il faut l'écrire ce sol? Est-ce que vous voyez qu'il n'a pas le même type d'action que la Terre? C'est bon? Sébastien oui? Ça vous semble clair même si vous n'y aviez pas pensé? Alors on passe maintenant au 3, alors Solaine vous allez passer tracer le diagramme cerf-volant-interactions, Emmanuel le motard circulant à vive allure sur sa moto et Zinga la moto conduite à vive allure par le motard, normalement ça devrait être fait Zinga, allez bah prenez au moins la petite feuille pour avoir l'énoncé sous les yeux. Oh on voit pas du tout ce que vous écrivez Solaine, faut que vous appuyez davantage, allez Zinga vous effacez d'abord ce qu'a écrit Nicolas, allez vous vous mettez à droite Zinga. Vous comparez tout ce qui est écrit au tableau à ce que vous avez écrit vous sur vos feuilles. Alors Solaine vous avez terminé? Alors qu'est-ce que vous pensez de ce qu'a écrit Solaine?	
14:53	E	C'est juste	
	P	C'est juste?	
	E	Y a l'air	
	P	Il y a oui qu'est-ce qui agit aussi? oui l'air l'air qui agit sur la toile du cerf-volant hein, vous restez là, et qui est une action par contact ou à distance?	
	E	Par contact	
	E'	Par contact	
	P	Par contact hein, ce sont les petites particules qui constituent l'air qui poussent qui gonflent la toile, bien alors pour le cerf-volant c'est bon, regardons ce qu'a fait Emmanuel, alors un motard circule à vive allure sur sa moto, alors le motard est en contact avec la moto on est d'accord, action indirecte sans contact avec la Terre, est-ce que vous êtes d'accord avec ça, est-ce que vous auriez mis autre chose?	
	E	Non mais il y a là	
	E'	(inaud.)	
	E	Oui enfin l'aérodynamisme, y a un air qui force sur la moto	
	P	Ah alors vous parlez de l'air	
	E	Qui force sur la moto	
15 :57	P	La résistance de l'air alors l'air il agit d'après vous ou pas? Lisez bien l'énoncé	
	E	Ça fait forcer	
	P	Un motard circulant	
	E	A vive allure	
	P	A vive allure sur sa moto, donc à vive allure, selon toute probabilité on va sentir l'action de	
	E	L'air	
	P	L'air hein, très bien, bah attendez, euh oui c'est bon. Alors maintenant Zinga, maintenant c'est la moto conduite à vive allure par un motard, alors le système choisi c'est la moto, il faut souligner le système, les autres, motard vous allez mettre un d, ça n'a pas d'importance mais vous allez quand même écrire comme il faut, alors il manque	
	E	La Terre	

	P	La Terre, il manque l'air. Donc le motard, tout le monde est d'accord? Le motard il est assis sur la moto donc interaction de contact, le sol c'est très bien vous n'avez pas oublié, à ne pas confondre avec	
	E	La Terre	
	P	La Terre, ce sont 2 actions différentes, on l'a vu tout à l'heure pour la table, et l'air puisque le système moto va à vive allure. Donc avec la Terre c'est une interaction de contact ou à distance?	
	E	A distance	
	P	A distance donc voilà en pointillé, donc vous mettez sur la flèche les interactions Terre-moto sur la flèche, oui Terre-moto	
	E	Madame, le motard il est en enfin il rentre en contact avec la Terre aussi s'il est (inaud.)	
	P	Ah non il est sur la moto il a pas les pieds, si il est à vive allure il traîne pas les pieds par Terre	
	E	Non mais la moto justement, elle est sur la Terre	
	P	Elle est sur le sol	
	E	Oui mais c'est sur la Terre puisque	
	P	Oui mais ce sont 2 interactions, vous terminez Zinga avec l'air là, ce sont 2 interactions différentes, pourquoi parce que la Terre comment est-ce qu'elle agit sur la moto elle attire la moto vers son centre alors que le sol	
	E	Il repousse	
19:42 19:48 23:28	P	Il repousse il résiste hein, il résiste à l'enfoncement de la moto. Très bien, bon alors Zinga il a pris une petite méthode à lui là, il a mis petit a petit b petit c petit d, c'est pas très parlant hein, donc moi je suis pas très d'accord avec ça, donc vous allez corriger, je veux bien que vous mettiez des initiales mais au moins que ça soit parlant, donc air moto, l'intérêt de ce diagramme c'est de s'imaginer de représenter toutes les actions, alors si on commence à mettre des symboles on n'imagine plus rien. Allez Zinga, et ben vous mettez ce que vous aviez fait la même chose mais au lieu d'utiliser des symboles vous mettez des mots. Bon allez sol moto moto sol, c'est bon? Alors maintenant vous voyez que, vous pouvez aller à votre place, ce qu'on a vu là c'est qu'il faut que parce vous fassiez attention à cette histoire de sol parce que ça peut être une source d'erreur hein. J'ai mis sur vos tables l'activité 3, ah j'ai oublié les pierres, vous collez l'activité 3, je vais vous donner les pierres et les élastiques, allez ça y est l'activité est collée? Activité 3 à la suite là? Vous avez bien tous corrigé l'exercice? Allez, on lit ensemble? Différentes situations d'interactions pour un système choisi, nous allons reprendre le système pierre-élastique je vais vous les redonner tout de suite hein. On considère la pierre préalablement suspendue à un fil comme dans les activités 1 et 2, le système considéré est la pierre, donc c'est à ce système-là qu'on s'intéresse en particulier. Je vous demande de construire à l'aide du modèle des interactions, comme jusque maintenant, le diagramme système-interactions toujours pour la pierre mais dans différentes situations, alors situation a la pierre est maintenue par la main au-dessus de sa position initiale élastique toujours tendu, petit b elle est maintenue par la main au-dessous de sa position initiale, petit c elle vient d'être lâchée à partir de sa position haute et petit d elle vient d'être lâchée à partir de sa position basse. On va (inaud.) et vous allez réfléchir, vous pouvez commencer vos diagrammes je suis sûre, vous pouvez commencer à réfléchir quand même. Tenez vous pouvez venir chercher les pierres, allez chacun vient chercher une pierre (…) Allez dépêchez-vous de vous installer. Allez ça y est la pierre est installée? Alors qui est-ce qui disait que, c'est vous qui disiez que… Alors regardez, élastique encore tendu au-dessus de sa position initiale, où est sa position initiale elle est	3. Différentes situations d'interaction pour un système choisi

		là, donc en position au-dessus mais l'élastique encore tendu, alors comment on fait?	
	E	Comme ça	
	P	Un petit peu dessus oui mais l'élastique étant encore un petit peu tendu, comme ça il serait plus tendu hein, comme ça il est encore un peu tendu, allez. Non non non non non vous avancez le diagramme, je veux pas (inaud.), on s'amuse pas à faire les (inaud.) on trace les diagrammes hein	
	E	Ouais, c'est Tibault	
	P	Pardon	
24:27	E	C'est Tibault	
25:46	P	Ah bah c'est un objet de débat vous avez raison d'y penser, vous décidez	
25:50	C	Madame, est-ce qu'on a un symbole pour dire en fait que	
	P	Pardon	
	C	Est-ce qu'on a un symbole une flèche pour dire que l'élastique là il est en contact avec la pierre mais il fait rien dessus puisque c'est nous qui agissons	
	P	Ah non on n'a rien pour le moment, c'est bien un des problèmes	
	C	On écrit qu'il y a l'élastique mais qu'il y a pas de contact entre les 2 enfin pas de frottement?	
	P	Non vous êtes sensés faire un diagramme, vous êtes dans quelle situation là?	
	C	La 1ère	
	P	La 1ère, mais l'élastique il est encore tendu alors	
	C	Ça veut dire qu'il tient encore un tout petit peu dessus	
	P	oui	
	C	Et madame la 2ème position? C'est juste pour vérifier, ils disent est maintenue par le dessus de la position initiale donc au-dessus de la pierre c'est bien ça?	
	P	Non pas par le dessus, au-dessus de sa position initiale, c'est au-dessus, c'est maintenu par la main au-dessus de sa position initiale c.à.d qu'on ne demande pas à la main de se mettre au-dessus de la position initiale, c'est la pierre qui est au-dessus de la position initiale	
	M	Et après elle est en dessous	
27:10 27:25	P	après oui, mais votre main vous pouvez la mettre où vous voulez ça ne changera rien d'ailleurs au diagramme. Allez, voilà exactement. Alors?	
	E	Ça dépend comment on la prend la pierre aussi	
	P	Ah mais attendez, vous êtes dans quelle situation là?	
	E	B	
	P	B? Alors, est maintenue au-dessous de sa position initiale oui	
	E	(inaud.)	
	P	Vous croyez? Elle ne tire pas? Tiens bien vous le sentez bien vous votre bras	
	E	Mais si on est en dessus	
28:20	P	Ah c'est autre chose, ça va dépendre si l'élastique est encore tendu ou pas et là on est dans le cas a, l'élastique est encore tendu donc vous avez raison l'élastique agit encore, on vous met dans des situations qui sont bien bien définies là. Alors Stéphane? Vous notez bien petit a petit b petit c petit d pour qu'on repère	
29:12	M	Madame le a et le b c'est pareil	
	P	Qu'est-ce que vous entendez par pareil?	
	C,M	Le même diagramme	
	P	Vous obtenez le même diagramme?	

	C	Oui	
	P	Ah bah c'est bien possible	
	C	C'est juste parce que la force en fait c'est pas la même	
	P	L'action l'action	
	C	Là l'élastique ne tire pas de la même manière que là	
	P	Oui mais c'est possible que et ça va bien l'être un problème qu'on va élucider plus tard	
	M	Et si on, non c'est le même en fait	
29:42	P	Qu'on peut obtenir pour des situations différentes le même diagramme. Oui vous avez fini? Alors, à partir de cette position haute, tiens élastique ça s'écrit q u e	
	E	(inaud.)	
	P	Il est dans sa position haute	
	E	Il est lâché tout en haut donc il y a plus (l'élastique)	
	P	Ça je suis d'accord avec vous	
	E'	Mais si il est lâché de haut là	
	E	Arrête de prendre la tête	
	P	Bah assez vite il va quand même y avoir l'élastique hein	
	E'	Bah il vient, il vient d'être lâché	
	E	L'élastique il a perdu son effet	
	P	Il vient d'être lâché	
	E'	(inaud.) y a plus l'élastique	
	E	Mais si	
	E'	Oui il est toujours mais y a plus de force	
	P	A partir de sa position haute	
	E'	Y a plus de force	
	E	c.à.d il est quand même il vient d'être lâché l'élastique, il est pas encore	
	E'	Il n'est pas encore en action? Il y a pas de force	
	P	Oui on n'est pas très clair sur la position là	
	E'	Vous pensez que l'élastique est encore?	
	P	Bah c.à.d que oui, si vous le mettez là il va quand même y avoir très vite l'élastique non?	
	E'	Oui mais c'est	
	E	C'est marqué vient d'être lâché, on vient de la lâcher, elle n'est pas encore	
	P	Et bah il va falloir qu'on s'exprime autrement alors	
31:06	E	B c'est en dessous	
	E'	Non ça n'existe pas	
	P	L'élastique?	
	E	Non le	
	P	Le support?	
	E	Ça a une interaction sur l'élastique mais pas directement	
	P	Voilà il joue sur l'élastique c'est ce que vous avez dit, donc il joue pas sur la pierre directement	
31:28	E	Madame	
	P	Oui	
	E	Est-ce qu'on peut considérer (inaud.) l'air?	
	P	Alors est-ce que vous voulez dire quand vous dites que y en a vraiment pas beaucoup?	
	E	La moto ne va très vite	
31:54	P	Voilà donc faut le mettre mais on peut aussi le négliger hein, tout à fait. Peut-on corriger? Alors il va falloir qu'on se mette d'accord, prenons d'abord les cas a et le cas b, qui est-ce qui va nous écrire au tableau? Euh Xavier allez-y et son voisin va nous faire le b, (…) allez vous allez noter a et b, alors vos camarades vont s'occuper du	

34:28		diagramme pierre-interactions lorsque la pierre est maintenue par la main au-dessus de sa position initiale ou au-dessous de sa position initiale, tout le monde pense maintenant à souligner le système étudié. Alors quels sont les systèmes qui agissent? La main par contact, tout le monde est bien d'accord? Alors 3 systèmes agissent sur la pierre, la Terre on l'oublie pas elle y est toujours à distance, la main et l'élastique dans les 2 cas, donc vous constatez effectivement que les diagrammes obtenus sont, vous pouvez revenir à vos places, sont identiques, tiens mais ça peut peut-être être un problème ça, voilà 2 situations qui sont différentes hein puisque dans un cas on est au-dessus de la position de repos dans l'autre cas on est en dessous donc on n'est pas dans les mêmes situations du point de vue de la physique hein et pourtant on a la même représentation bah le même diagramme des interactions. Pour les 2 suivants le petit c et le petit d alors qui va passer au tableau? Marlène? Et puis qui est-ce qui peut passer, Tibault, vous n'êtes pas encore passé au tableau vous, allez. Alors, y avait un petit débat là dans le coin parce que vient d'être lâchée à partir de sa position haute, alors tout dépend de ce qu'on appelle position haute et puis ce qu'on appelle vient d'être lâchée hein, mais quand même il me semble que très très vite on va se mettre d'accord sur le choix,très très vite quand même, la pierre elle est sous l'action de l'élastique hein même quand elle vient d'être lâchée, bon ceci dit ce n'est pas c'était pas complètement faux ce que vous disiez. Mais qu'est-ce que vous faites Tibault? Et ben vous corrigez l'exercice, vous effacez le petit b c'est fini, oui, vous mettez petit d puisque c'est ce que vous êtes chargé et vous faites le diagramme pierre-interactions pour le cas où la pierre vient d'être lâchée à partir de sa position basse, bon ça va formuler autrement, voilà d'accord, on y pensera. Etes-vous d'accord avec le diagramme de Marlène?	
	Es	Oui	
	E	On n'a pas le choix	
	P	Donc avec réserve si vous n'avez pas le choix. Vous pouvez allez à votre place. Allez on va dire que c'est quand l'élastique commence, on va dire bon juste pas juste juste après mais quelques fractions de seconde. Alors peut-on mettre l'air, doit-on mettre l'air? Là aussi hein il y a débat, ce qui est sûr sûr sûr c'est qu'il faut pas mettre quoi?	
	E	Le sol	
	E'	Le sol	
	M	La main	
	P	Le sol et la main, tout le monde est bien d'accord là-dessus? Dès que vous avez lâché la pierre	
	E	La main n'est plus	
	P	Votre main n'agit plus sur la pierre, alors maintenant le problème de l'air, quelqu'un, attends je vais répondre après, quelqu'un soulève Nicolas soulève le problème de l'air, qu'est-ce que vous en pensez? Est-ce que l'air agit sur la pierre?	
	E	Seulement au petit d	
	C	J'aurai dit que l'air en fait à la vitesse à laquelle elle allait c'était trop mignon pour que l'ait ait un impact dessus	
37:50	P	Voilà, alors si vous le mettez ça n'est pas absurde, mais c'est vrai que là l'action de l'air dépend de la vitesse, bon là nous sommes dans un cas où la vitesse de la pierre est quand même relativement faible donc on fait le choix, après tout c'est un choix que nous faisons de dire bon bah l'action de l'air est très petite donc on l'écrit pas, mais si vous l'écrivez bah c'est pas faux mais vraiment ça va être très très peu dans ce cas-là, c'est bon? Alors vous prenez vos cahiers de texte et vous notez pour jeudi vous finirez la question l'activité 3 il y a une petite question encore que vous finirez et vous	

	P	ferez l'activité 4 que j'ai mise sur vos tables, vous notez finir l'activité 3 et faire l'activité 4, vous collez l'activité 4 avant de passer à l'activité 5 que je suis en train de vous distribuer, vous collez l'activité 4 et l'activité 5 en dessous, est-ce que c'est collé c'est bon? Allez allez allez allez, on peut passer à la suite? Vous avez collé l'activité 4 que vous ferez chez vous et on passe à l'activité 5. (suite dans Branly intrigue)	
		Collage d'intrigue	
40 :20 41 :50	P	ça y est vous y êtes vous êtes prêts à m'écouter alors après l'exercice que vous venez de faire on vient de se rendre compte que pour des situations différentes eh bien on avait les mêmes diagrammes pierre interaction ça ça choque un petit peu le physicien de se dire qu'il a pas de différence entre les diagrammes or la situation n'est pas la même donc ça veut dire que ce modèle que nous avons choisi de rendre compte des interactions en faisant un diagramme comme on vient de l'apprendre eh bien il est très intéressant parce qu'il nous permet de bien se représenter … quels sont les objets qui agissent sur l'objet qui nous intéresse mais que quand même il n'est pas tout à fait suffisant puisque pour des situations différentes on ne voit pas de différence sur le diagramme on va passer donc à une autre notion qu'on va introduire donc dans le grand 2 que vous avez sous les yeux introduction de la notion de force (Prof lit) vous avez peut-être des vagues idées sur ce qu'est une force je vous demande d'être souple dans votre esprit et de faire ce qu'il vous ait demandé ici fin introduction thème general	
		Collage theme 5	
41 53	P	Activité 5 (lit) Détermination des phases du mouvement d'un médecine-ball vous allez vous mettre debout pas maintenant mais vous m'écoutez d'abord ensuite lancer le ….. (lit voit ci-dessous) fin lecture en 42 :46	
42 :48 (42 :39)	P	Donc voyez il faut bien …. Vous relisez ce qu'il y a à faire mettez vous debout c'est mieux	
43 :00		Début travail groupe	
52:53	P	Tant qu'il est en contact avec la main ça s'appelle comment ça cette phase là ?	
53:00	P	Pendant le lancer hein Pendant le lancer que fait la vitesse	
	E	Ben elle augmente	
	P	Puis alors après	
	E	Elle diminue (à verifier)	
53:08	P	Ça ça s'appelle comment?	
	E	Le ralentissage	
	P	Non non non attendez que fait qu'est ce qu'on voit que fait le ballon?	
	E	Il ralentit	
	E	Il ralentit	
	P	Ça c'est le mouvement vitesse….	
	E	Il monte	
	P	Il monte bon alors il y a le lancer la montée ensuite	
	E	Ben il s'arrete	
	P	Oui si vous voulez ensuite	
	E1et2	Il redescend	
	P	oui	
	E		
	E	Atterisse?	

53:34	P	… on le rattrape	
		Classe entière corecction	
56 :40	P	Bon nous corrigeons (?) alors première question repérer et notez les moments où vous exercez / les médecine-ball sont posés là vous exercez une action sur les médecine-ball El X quand est-ce que vous exercez une action sur le médecine-ball	
	El	lorsqu'on le lance et lorsqu'on le rattrape	
57 :04	P	lorsqu'on le lance et lorsqu'on le rattrape lorsque vous lancez le médecine-ball l'action de vos mains ou votre action sur le médecine-ball elle est orientée comment (?)	
	El	Vers le haut	
	P	Vers le haut tout le monde est d'accord	
	P	Et maintenant X lorsque vous rattrapez le médecine-ball (?)	
	El	Vers le haut	
57:28	P	c'est vers le haut aussi est ce que tout le monde a bien vu cela (?) pour éviter que le médecine-ball ne descende vers le sol qu'est ce que vous faites avec vos mains vous le poussez vers le haut donc dans les deux cas l'action que vous exercez au lancer et à la réception est une action vers le haut.vous avez vé&rifié vous avez corrigé . qu'est ce qui avait dit vers le bas pour la deuxième	
58 :05	P	Alors repérer et décrire les différentes phases dans le mouvement du médecine-ball ça peut être c'est un peu compliqué ça peut être objet de débat. .. ce que nous voulons … il faut qu'on essaye de cerner les phases qui diffèrent pour le mouvement… pour lesquelles le mouvement du médecine-ball semble différent alors Sébastien qu'est ce que vous avez choisi comme phase	
	El	Le lancer l'arrêt tout en haut ….	
	P	… votre camarade a choisi le lancer l'arrêt tout en haut la descente et le rattrapage ….Est ce que c'est cohérent son histoire là	
		…	
	P	Eh oui il manque un petit morceau donc (P va au tableau et écrit) donc première phase lancer deuxième phase montée troisième phase arrêt ensuite descente et ensuite rattrapage réception comme vous voulez Thibault vous avez fait tout ça si c'était pas parfait vous corrigez Pour chacune des phases précisez comment varie la vitesse du médecine-ball Thibaut au cours du lancé que fait la vitesse	
	E	Elle augmente	
	P	Elle augmente (P écrit) bien sur vous partez d'une vitesse nulle donc vous allez faire augmenter la vitesse Noe au cours de la montée que fait la vitesse ?	
	P	Elle diminue (P écrit) Stéphane que peut-on dire de la vitesse à l'arrêt ?	
		Elle est nulle	
	P	Elle est nulle (P écrit) …. Elle diminue jusqu'à zéro en fait	
1 :00 :20	P	Ensuite Thibaut au cours de la descente que fait la vitesse	
		Elle augmente	
	P	Elle augmente et quand on rattrape le médecine-ball toujours vous	
		Elle diminue	
1 :00 :48	P	Elle diminue bien jusqu'à être nulle (P quitte le tableau) c'est bon alors vous allez rendre compte de tout ce qu'on vient de dire ici encore avec des diagrammes je vous distribue l'activité suivant l'activité 6 analyse des interactions lors du mouvement du médecine-ball (prof lit) ……faire le diagramme médecine-ball	Theme 6

		interaction dans le cas du lancer vertical vous voyez que là on ne vous propose que quatre phases en fait il y en a une qui nous a sembé moins intéressante que les autres on l'a laissée tomber mais ce n'est pas très important ……(montre au tableau la phase arrêt) donc les quatre phases que nous choisissons d'étudier phase 1 ce sera le lancer… montée phase 3 descente et phase 4 rattrapage …	
1 :02 :10 – 1:02:20	P	allez il s'agit là de repensez tout ce que vous venez d'analyser et de le mettre sous une autre forme les diagrammes et on précise encore comment varie la vitesse et … on vient de le voir	
		Travail en groupe 1 :02 :20 à 1 :07 :17	
1 :07 :17	P	Bon nous corrigeons? Alors, donc je constate on ne va pas le faire au tableau parce que vous avez bien travaillé tout le monde vérifie quand même jette un peitt oeil sur ses diagrammes Vous avez tous bien souligné le système médecine-ball alors dans tous les cas qu'est ce qui agit sur le médecine-ball (?)	
	El	La Terre	
1 :07 :44	P	La Terre elle agit dans tous les cas … et puis vous constatez que vos diagrammes dans vos diagrammes ils sont identiques deux par deux c'est ça alors X quels sont ceux qui sont identiques (?)	
	C		
	P	Voilà	
	P	Alors le lancer et le rattrapage vous avez la Terre qui agit sur le medecine ball ainsi que les mains action à distance pour la Terre action de contact pour les mains ensuite euh	
1 :08 :25	P	X	
	X		
	P	Oui c'est à dire au cours de la montée et au cours de la descente qu'est ce qui agit sur le médicine ball	
		…	
	P	Alors la terre bon et votre camarade X là il introduit lui autre chose un nouvel objet l'air alors pour le moment on va parler de l'air dans un instant Tout le monde a mis la Terre partout	
1 :08 :50	P	Tout le monde a mis les mains uniquement au lancer et à la réception hein pendant que le médecine-ball monte ou descend les mains n'agissent plus sur lui alors maintenant on revient au problème de l'air qu'est ce que vous en pensez comme tout à l'heure ?	
		..	
	P	Alors vous pouvez considérez l'action de l'air ceci dit elle est relativement faible parce que le médecine-ball ne va pas très vite bon par contre on peut en débattre heu parce que là on a quand même une grande surface si vous parlez de l'air vous pouvez les mettre mais à ce moment là il faut le mettre dans toutes les phases	
1 :09 :42	P	Quand est-ce que la vitesse est la plus grande (?)	
	El		
	P	A la fin du lancer	
1 :09 :54	P	Et à la fin de la descente c'est le début de la réception et la fin du lancé c'est le début de la montée hein donc il faut que vous le mettiez partout si vous le mettez d'accord alors nous on va assez vite faire le choix de le laisser tomber mais ce n'est pas faux alors il y a vos ? quatre diagrammes comme tout à l'heure on constate qu'on a des situations le lancer et la réception qui sont des situations différentes et en plus la vitesse au cours du lancer elle	

1 :10 :55		augmente au cours de la réception elle diminue voilà deux situations qui du point de vue de la physique sont différentes puisque la vitesse n'évolue pas de la même façon et ont le même diagramme même chose pour la montée et la descente regardez les diagrammes ils sont absolument identiques et pourtant au cours de la montée la vitesse diminue et au cours de la descente la vitesse augmente donc voilà des situations différentes dont le diagramme système interaction ne rend pas compte de la différence on se dit là eh bien le modèle (1 :11 :18) du diagramme des interactions il est très intéressant mais on en peut pas s'arrêter là c'est pas suffisant puisque il y a des choses dont il ne rend pas compte .. ; donc on va passer à un autre	
1 :11 :30		***FIN CORRECTION***	
		1 :11 :30 - 1 :16 :10 (durée 4 :40) en classe entière	
1 :11 :30 (1 :12 :05)		Vous revenez sur le modèle que je vous ai distribué il y a quelques jours sur la deuxième partie vous l'avez sous les yeux ….	Thème 7
	P	Alors que nous dit ce modèle (lit) quand un système X est en interaction avec un système A, on appelle force exercée par A sur X l'action de A sur X vous avez commencé à réaliser ce que c'est qu'une action l'action d'un système sur un autre eh bien voilà nous apprenons maintenant à représenter cette action d'abord comme on la nomme cette action on la nomme une force et puis maintenant comment on va la représenter (lit pour représente une force….. déjà l'objet on va le représenter par un point on l'a déjà vu…. (continue à lire) s'exprime en Newton	
1 :13 :14	P	Donc ce sont des règles précises qui sont nécessaires pour pouvoir représenter l'action de A sur X …… point suivant maintenant. on sait donc qu'une action va être appelée une force on précisera toujours de qui sur qui et comment on la représente puis dernier point dans ce modèle le principe des actions réciproques est ce que vous savez ce que c'est qu'un principe (?)	
1 :13 :51	El	Non	
	P	Alors un principe c'est une règle qu'on ne démontre pas mais qui n'a jamais été mise en défaut ça marche tout le temps mais ça ne se démontre pas alors que nous dit ce principe des actions réciproques il faudra que vous le connaissiez par cœur (lit : quand deux systèmes…de sens opposé. Une interaction est donc modélisée par deux forces …. (lit). Regardez donc première partie de la représentation le diagramme interaction que vous connaissez X agit sur A A agit sur X avec les patates puis quand on représente les forces c'est-à-dire les actions eh bien on représente la force exercée par X sur A on la représente en partant de A donc sur A par une flèche orientée vers X et puis l'action de A sur X c'est un vecteur qui part de X vers A et qui aura la même longueur vous voyez donc que la force exercée par A sur X et la force exercée par X sur A sont représentées par deux vecteurs qui ont la même direction qui ont la même valeur mais qui sont de sens opposés d'accord	
1 :16 :10	P	alors vous relisez ça tranquillement pendant que je vous distribue l'activité suivant où vous allez mettre en œuvre ce modèle bien entendu vous allez garder absolument ce modèle sous les yeux pour pouvoir l'utiliser maintenant (P distribue) donc vous collez ça à la suite	
1 :16 :51	P	Alors nous sommes toujours dans la situation de la pierre accrochée au bout de son élastique alors regardez ce que vous allez	

		faire dans le tableau 1ère colonne vous devez faire le diagramme système interaction alors là ça doit aller vite parce que maintenant vous en avez l'habitude hein ensuite 2ème colonne vous allez représenter les forces modélisant l'interaction pierre Terre puis les forces modélisant l'interaction pierre élastique puis vous allez représenter les forces qui s'exercent sur la pierre.	
1 :17 :48	P	Allez au travail vous ne vous occupez pas de ce qu'il y a après	
		Thème 8	
1 :16 :10	P	Alors vous relisez ça tranquillement pendant que je vous distribue l'activité suivante où vous allez mettre en œuvre ce modèle bien entendu vous allez garder ce modèle sous les yeux pour pouvoir l'utiliser maintenant (P distribue)	Thème 8
1 :16 :51	P	Alors nous sommes toujours dans la situation de la pierre accrochée au bout de son élastique alors regardez ce que vous allez faire dans le tableau 1ère colonne vous devez faire le diagramme système interaction alors là ça doit aller vite parce que maintenant vous en avez l'habitude hein ensuite 2ème colonne vous allez représenter les forces modélisant l'interaction pierre Terre puis les forces modélisant l'interaction pierre élastique puis vous allez représenter les forces qui s'exercent sur la pierre.	
1 :17 :48	P	Allez au travail vous ne vous occupez pas de ce qu'il y a après	
		Travail en groupe de 1 :17 :48 à 1 :25 :34	
1 :25 :34	P	Bon alors avant de sortir vous m'écoutez bien .. pour les deux colonnes centrales c'est-à-dire les interactions entre la pierre et la Terre et entre l'élastique et la pierre vous veillez à bien appliquer le modèle je vous rappelle c'est écrit dans le modèle c'est vraiment important que si vous faites une flèche sur un schéma que vous ne nommez pas ce que c'est à côté cette flèche reste une flèche c'est-à-dire . elle ne représente pas une action si vous ne la nommez pas dans la dernière colonne vous cherchez les actions qui s'exercent sur la pierre si vous avez bien travaillé dans les deux précédentes vous allez les retrouver ces actions elles y sont donc vous les prendrez et vous les mettrez sur la pierre d'accord c'est à terminer ce tableau là simplement pas la question 2 pour jeudi et tout ce que nous avons fait aujourd'hui vous le révisez de façon à être à l'aise avec ..	

Classe 2 séance 3 (10/02/05)

2 :50	P	*Alors vous aviez une activité à faire à la maison qui consistait à compléter …..*
3 :38	P	*Bon allez silence ça y est vous êtes prêts …*
	E	*murmure*
	P	*il s'agissait donc de l'activité 4 vous l'avez tous sous les yeux recherche de situations correspondant à un diagramme donc c'était l'activité inverse de celle qu'on avait faite en classe où on vous donnait une situation matérielle par exemple l'élastique accrochée à la pierre ou bien le médecine-ball au cours du lancer ou et on vous donnait là un diagramme et on vous demandait de trouver des systèmes qui pouvaient correspondre alors C diagramme 1 vous aviez les interactions entre un système X et deux systèmes le système 1 et le système 2 qu'avez-vous choisi comme exemple ….……..*
	C	*Inaud une balle et pour les deux autres systèmes une main et la Terre*
	P	*La main et une Terre ça vous convient . ;; elX toujours pour celui là un autre exemple*
4 :44	elX	*Moi j'ai mis un hélicoptère avec l'air .. ; et la Terre*
	P	*Oui M*
	M	*Moi j'ai mis La chaise ??? et après j'ai mis le sol et la Terre*
	P	*Très bien vous avez tous trouvé un exemple El Y?*
	Y	*Système X une étagère système 1 un livre et système 2 le sol*
5 :11	P	*Ah alors qu'est ce que vous pensez ? .. qu'est ce qui manque Y il manque*
	Y	*La Terre*
	P	*La Terre donc cet exemple là*
	El	*Et la Terre est ??inaud*
5 : 22	P	*Ah qu'est ce qu'on a dit la dernière fois ?*
	Els	
	P	*Alors M expliquez-vous ?*
	M	*Le sol ça permettait de tenir de tenir l'objet*
	P	*oui*
5 :31	M	*Et que la terre eh ben en fait ça ça la tirait ou (l'attirait ?) sur le sol*
	P	*oui*
	E	*Plusieurs élèves inaud*
	P	*Alors vous avez deux objets la Terre elle a pour action donc une action vers le bas*
	E	
	P	*Vers son centre alors que quand l'étagère est posée sur le sol quelle est l'action du sol ? est ce qu'il contribue à enfoncer l'étagère*
	E	*non*
	P	*Non au contraire il contribue à l'empêcher de s'enfoncer hein donc votre exemple il est bon pour le diagramme 2 où vous auriez X étagère 1 vous avez dit le livre, 2*
	E	*Le sol … [la Terre]*

6 :13	P	*Et 3*
	Els	
	P	*La Terre El Z un autre exemple pour le diagramme 2*
6 :21	Z	*alors une chaise avec un chat dessus*
	P	*Très bien ça ressemble à l'étagère quelque chose d'un petit peu différent D ?*
	D	*Une feuille de papier avec l'air la Terre le sol*
	P	*Alors elle est où elle est en train de voler ou elle est posée par Terre*
6 :40	D	*Au moment où elle touche*
	P	*Ah au moment où elle touche après avoir volé*
	D	
6 :46	P	*Bon alors une feuille après avoir volé touche le sol donc juste à l'instant où elle touche le sol*
	D	*Inaud elle tombe pas à plat (inaud.) … la Terre et en même temps elle est bloquée par le sol*
	P	*Ben oui oui M*
	M	*Moi j'ai mis le système X l'homme après le sol l'air et la Terre*
7 :12	P	*Et il est dans ma position là l'homme et l'air agit sur moi ?*
	M	*en fait je me suis dis donc sans l'air il respire pas l'homme*
	Cl	*Brouhaha de réaction*
	P	*Ah c'est vrai*
		…
	P	*Alors pour que ce soit plus simple pour bien s'imaginer l'action de l'air pour qu'elle ne soit pas négligeable par rapport aux autres il faudrait que cet homme il soit en train de quoi*
	E	*De courir*
7 :37	P	*En train de courir par exemple alors là les molécules qui constituent l'air fouette son visage son corps donc c'est bien .. oui*
	E	*… la voiture l'air et la Terre*
	P	*Vous avez dit la voiture recommencez j'ai pas entendu le début*
		Inaud ;
7 :57	P	*Un pilote oui alors la voiture*
	E	*….la voiture Il y a l'air inaud*
		Suite pas transcrite

9 :34	P	*Voilà c'est la 7 alors Qu'est ce qui va corriger ElS vous allez représenter au tableau (P va au tableau) les interactions pierre terre*
		E va au tableau
	P	*Alors l'exercice était le suivant (P lit) représentation des forces modélisant l'interaction pierre terre on avait étudié le modèle des interactions qui vous dit comment procéder*
		E écrit au tableau
	P	*On vous écoute*

	E(dans la classe)	*On n'entend rien*
10 :17	P	*Si vous écoutiez un peu de patiente allez-y laissez là et taisez-vous on vous écoute*
	E	*inaud*
	P	*Que veux dire ce F de e sur T là*
	E	*Alors çà c'est la force exercée par la pierre sur l'élastique*
10 :39	P	*Alors là nous cherchons à représenter l'interaction pierre terre regardez le point à côté duquel j'ai écrit P c'est le point qui représente l'objet pierre hein et en bas c'est le point qui représente l'objet terre donc est-ce que l'élastique est un système étudié en ce moment (?)*
	E	*inaud*
	P	*La Terre sur la pierre qu'est ce que vous pensez de ce qu'elle a écrit là … ElM(?)*
	M	*inaud*
11 :17	P	*(élève fait un schéma au tableau) l'action qu'on représente par une force partant de la Terre c'est l'action sur la Terre bien vous pouvez aller à votre place alors tout le monde a bien deux forces pour représenter l'interaction, El X*
	P	*Ensuite ces deux forces sont bien sur la même droite, de même valeur mais de sens opposés (montre du doigt le schéma des forces fait par un élève au tableau) alors Solène a pratiquement arrêté ses forces au milieu là hein à mi distance entre P et T Est-ce qu'il y a une raison particulière de faire comme ça (?)*
11 :	El	
11 :58	P	Il n'y a pas de raison particulière c'est-à-dire qu'elle aurait pu il n'y a aucune raison pour que la représentation de la force fasse la moitié de cette distance étant donné que.. avec une échelle quelconque ça se sont des newtons ça ce sont des centimètres ou des mètres donc aucune raison / Nicolas vous allez maintenant représenter l'interaction élastique pierre
	El X	Au tableau écrit au tableau jusqu'en 12 : 58
12 : 58	P	Restez là (au tableau) qu'est ce que vous pensez de ça Baptiste
	ElB	Je pense aussi qu'il a inversé en fait
13 :08	P	Il a inversé quoi (?) […] qu'est ce que vous voulez dire par il a inversé
	E	…
	P	Il a inversé le sens
	P	des forces regardez (P va au tableau) ElN
13 :27	P	Ça c'est la pierre c'est le point qui représente la pierre l'élastique lorsqu'il agit sur la pierre il tire comme ça vers le bas (fait un geste avec son bras)

	P	Et ici c'est le point qui représente l'élastique (montre le point) est-ce que la pierre agissant sur l'élastique agit (fait un geste vers le haut) vers le haut
13 :48	P	Alors vous corrigez
	E	E corrige au tableau
	P	Revient vers le rang du milieu
	E dans la classe	La terre elle agit pas en faisant remonter la pierre
	P	Non non c'est cette force là (montre sur le cahier de cet élève)
	E	Ouais mais la terre
	P	Non la force exercée par la terre sur la pierre elle est représentée par ce vecteur (montre sur le cahier) donc elle est bien vers le bas
14:17	E	Ouais mais la terre
	P	Non mais vous vous trompez regardez ce n'est pas ce qui est au tableau
	E	Eh bein oui mais justement je comprends pas
	P	Alors ça c'est le modèle des interactions où il est votre modèle … si A agit sur X et X agit sur A alors regardez (montre le cahier) il se passe toujours là aussi vous vous êtes trompé vous avez fait la même erreur dans les deux cas les actions sont de sens contraire (P va vers le tableau) alors si vous avez du mal à vous imaginez les choses vous avez toujours le support du modèle vous appliquez le modèle avec soin et là vous êtes sûr de ne pas vous tromper
14 :54	P	Alors dernier point on représente la pierre par un point El R vous allez représenter on vous demandait de représenter les forces qui s'exercent sur la pierre alors on a fait un certain nombre de choses avant vous n'oubliez pas de faire des relations entre ce qui a été fait et ce qu'on fait dans un même exercice hein
	ElR	Va au tableau
	P	Allez-y on vous demande les forces de représenter les forces qui s'exercent sur la pierre rappelez-vous quelques activités plus haut on a fait le diagramme pierre interaction je ne vous demande pas de représenter d'autres objets simplement les forces qui s'exercent sur la pierre
15 :44	P	Alors quelle est la méthode (?) dans votre tête vous vous dites je fais un petit diagramme pierre interaction quels sont les objets qui agissent elX sur la pierre (?)

15 :54	E	Euh l'élastique et la Terre
	P	l'élastique et la terre donc voilà les deux objets qui agissent donc ces actions on les représentera donc par deux forces la force exercée par quoi Rémi
	E	.. l'élastique sur la pierre
16 :09	P	Oui et la force exercée par
	E	….
	P	La Terre sur la pierre voilà alors vous effacez le point qui représente l'élastique et vous nous représentez maintenant ces deux forces
	E	Dessine
16 :26	P	Regardez (rire) regardez ce que vous avez fait avant vous venez de dire il faut qu'on représente la force exercée par la terre sur la pierre allez regardez où elle est là bas dans le schéma de gauche la force exercée par la Terre sur la pierre montrez là montrez là
	E	montre
16 :47	P	Bon alors représentez là
	E	Dessine au tableau
	P	Bien alors vous mettez son nom à côté force
	P	Tiens pourquoi la flèche ben R vous n'avez pas travaillé le modèle non le F il se met sous la flèche P va au tableau
17 :16	P	R il faut travailler le modèle hein (P écrit au tableau) alors F de quoi sur quoi ?
	E	De la Terre sur la pierre
	P	De la Terre sur la pierre
	E	Ecrit au tableau
17 :25	P	Bon alors vous avez dit qu'on pouvait représenter une deuxième force qui est la force exercée par l'élastique sur la pierre regardez le deuxième diagramme
	E	Montrer le diagramme c'est celle là
17 :37	P	Voilà la pierre est toujours représentée par le même point bon alors
	E	(Un El dans la classe)… ???…

.	P	Bon
	E	….
17 :53	P	alors c'est la question que j'allais vous poser Rémi a heu fait la force exercée par la Terre de plus petite intensité que la force exercée par l'élastique alors Cindy vous vous auriez plutôt mis les deux égales (?)
	E	Inaud
	P	Pourquoi (?)
	ElR	
	P	Alors vous l'avez pas fait exprès ben la prochaine fois il faudra vous posez la question ElC
	ElC	Inaud
	P	Alors pourquoi est ce que ElC pense qu'il faut équilibrer les forces (?) les autres est-ce que vous êtes d'accord (?)
	E	Inaud bouge pas c'est que les forces sont équilibrées
18 :33	P	Bon alors si est-ce qu'on nous dit quelque chose (regarde le cahier d'un élève) non c'est pas précisé alors si on considère que la pierre ne bouge pas on a tendance à penser que les deux forces doivent
		inaud
	P	Etre égales en intensité hein se compenser bon alors vous les faites égales
	E	(E au tableau fait les vecteurs égaux)
18 :58	P	C'est un point sur lequel on reviendra hein parce que vous voyez on a quand même posé l'hypothèse que les forces sont égales parce que la pierre est immobile est ce que vous aviez pensé à ça Tristan …
	E	
19 :20	P	Vous les aviez fait […] Alors pourquoi (?)
	E	
	E	Ben si la Terre est plus grande
	P	Attendez la Terre

	E	La force de la Terre est plus grande
	P	Et alors pourquoi vous avez fait celle de l'élastique plus grande (?)
	E	Parce que ça retient
	P	Parce que ça retient bon et ben on en reparlera
19 :45	P	Revient vers le bureau Bien nous allons passer à la dernière partie de l'activité 7 vous êtes attentifs à partir de la correction des diagrammes
19 :42 21 :11	P	Bien alors nous allons passer à la dernière partie de l'activité 7 vous êtes attentifs à partir de la correction des diagrammes médecine-ball interactions c'est ce que vous avez fait dans l'activité 6 hein et de l'ensemble du modèle des interactions ce modèle vous l'avez quelque part sous les yeux et nous venons de faire connaissance avec ce modèle par l'exercice qu'on vient de corriger complétez le tableau pour les quatre phases dans le cas du lancer vertical donc nous reprenons la même situation qu'avant hier lancer vertical du médecine-ball on a repris quatre phases comme l'autre jour hein on a éliminé l'arrêt en haut donc quatre phases lancer montée descente réception et on vous demande grâce aux diagrammes et grâce au modèle de répondre aux questions dans les trois premières colonnes vous voyez c'est les en têtes qui sont écrits en caractères normaux et en italique à droite vous allez répondre mais non pas en vous appuyant sur le modèle mais là en en cherchant un petit peu dans votre tête avec votre intuition hein mais vous ne pouvez pas vous appuyer sur un modèle pour le moments alors les questions sont je vous demande de faire les choses en horizontal c'est-à-dire que vous tracez vous vous occupez du lancer par exemple entièrement du lancer alors le lancer faire la liste des forces qui s'exercent sur le médecine-ball représentez les forces qui s'exercent sur le médecine-ball représentez le sens du mouvement et rappelez la façon dont varie la vitesse du médecine ball et dernière question à votre avis les forces qui s'exercent sur le médecin-ball se compensent-elles (?) allez
21 :50	E	??? travail en groupe
	P	….

23 :49 El.wmv	Edroite	Alors la main elle fait quoi sur le medecine ball elle le pousse Donc c'est vers le haut
	Egouche	Ouais
23 :57	Ed	Et donc force main sur medecine ball et la terre elle pousse vers le bas (écrit)
	Eg	en fait la Terre c'est toujours vers le bas (écrit) c
	Ed	(lit) Représentez le sens du mouvement inaud façon dont varie la vitesse du medecine-ball donc
24 :22	Eg	ben attends on l'a fait ça (regarde ses feuilles) lancer (lève le doigt)
		Lancer inaud comment varie la vitesse
24 :31	Eg	C'est marqué là lancer augment (montre la feuille) voir activité 1

	Ed	Activité 1 (en manipulant ses feuilles)
24 :37	Eg	activité 1 on parlait pas du médecine-ball c'est la première activité de ça regarde c'est ça là (montre sur la feuille de Ed) tu vois ça augment et on l'a mis là aussi
24 :48	Ed	Oui mais comme là

31 :08	P	Bon alors (P va au tableau et efface puis écrit)
31 :35	P	Alors vous allez passer à quatre au tableau hein on va les laisser faire et puis on corrigera quand ils auront un petit peu avancé allez Michael le lancer …..
		Les quatre élèves sont au tableau
32 :17	P	Alors d'abord la liste des forces qui s'exercent sur le médecine-ball alors là je voudrais vous mettre en garde tout le monde m'écoute bien (?) quand on vous demande la liste des forces exercées sur le médecine-ball qu'est ce que vous azvez écrit par exemple Baptiste sur votre feuille pour la montée (?)
	E	???
	P	Je vous demande ce que vous avez écrit dans la case liste des forces qui s'exercent sur le médecine-ball
	E	?, terre
	P	Alors est-ce que la Terre est une force (?)
	E	En fin non c'est ??,
	P	Alors il faut que vous écriviez force exercée par la Terre hein allez vous faites tous attention à ça et vous tous vous corrigez sur vos tableaux alors c'est vrai que souvent quand on va un peu vite on oublie de dire les choses aussi bien ça vous arrive et moi ça m'arrive aussi
	E	Inaud
	P	Ben non c'est sous-entendu mais c'est inexact quand on vous demande la liste des forces et que vous écrivez la Terre c'est faux même si votre idée est bonne hein
	E	
33 :46	P	Ben oui on est rigoureux
		Les 4 élèves au tableau écrivent
	E	
	P	Bien sûr allez y allez chacun compare avec ce qu'il a écrit
		[….]

34 :42	P	Bon pour la dernière colonne je vous dispense de l'écrire au tableau on va en discuter tous ensemble
		[…]
35 :35	P	Alors vous n'écrivez rien pour le moment on va commencer par regarder ce qu'il se passe au lancer alors vous vous poussez Michael Baptiste aussi parce que vous êtes devant là alors au lancer force exercée par la Terre force exercée par la main je crois que je l'ai vu sur toutes vos feuilles alors certains ont mis la force exercée par l'air on en a parlé mardi longuement vous la mettez ou vous ne la mettez pas mais si vous la mettez on a dit qu'il faut la mettre partout alors ensuite Michael donc on a représenté le médecine-ball par un point ensuite
	E	…
36 :31	P	Attendez attendez on y vient la force exercée par la Terre sur le médecine-ball vous êtes tous d'accord vous l'avez bien tous représentée comme ça ensuite on avait parlé du sens de la force exercée par la main sur le médecine-ball par les mains sur le médecine-ball au moment du lancer est ce que vous êtes d'accord avec ce qu'il a représenté là (?)
	E	….
	P	Non non le problème ce n'est pas de représenter la main on est bien sur la force exercée par les mains sur le médecine-ball cette force quel est son sens rappelez-vous
		. ; vers le haut
37 :07	P	elle est vers le haut vous effacez et vous la représentez correctement
		..
	P	On l'a écrit mardi et on s'est posé la question et on l'a écrit et je crois même qu'au lancer ça ne vous a pas posé de problème dans l'ensemble hein bon alors maintenant
37 :36		… si vous mettez dans la liste la force exercée par l'air il faut la représenter Alors le mouvement est vers le haut vous avez écrit le sens …. C'aurait été bien d'écrire le sens du mouvement (va au tableau et dessine) ici là alors le sens du mouvement est vers le haut la force exercée par l'air Baptiste dit vers le bas alors vous représentez cette force pourquoi elle est sur le côté comme ça
	E	Pour qu'on la distingue
38 :13	P	Pour qu'on la distingue non alors si vous dites qu'elle est vers le bas vous la représentez vers le bas vous la faites juste à côté ou vous prenez une autre craie de couleur …. ..
		Elève ecrit au tableau
38 :38	P	je suis embêtante j'aurais préféré qu'elle soit un peu plus contre l'autre pour qu'on

		voit bien qu'elle parte du même point vous la mettez juste contre …
38 :56	P	Bon alors vous les avez fait de même longueur (?) et il y a une raison (?)
	E	[…]
	P	Non alors vous ne les faites pas de même longueur .. ; a priori on pourrait la faire plutôt plus courte ou plus longue (?)
	E	
	P	on avait dit qu'elle était qu'elle était très petite donc vous pourriez la faire plutôt plus courte
	P	Est-ce que vous êtes persuadé de ce que je vous dis Michael
	E	Non rire
	P	Pourquoi est-ce qu'on l'a fait plus petite que l'autre
	E	. ;;
	P	Quand même l'action de la Terre sur le médecine-ball est importante pourquoi elle est importante (?)
	E	
39 :52	P	Oui c'est surtout parce que le médecine-ball il est lourd hein l'action de l'air on a hésité à la dessiner hein certains ont même choisi de ne pas la dessiner donc quand même on peut pas la faire plus grande que les autres bien alors on est toujours sur le cas du lancer donc le mouvement est bien vers le haut et la vitesse augmente ça on l'avait vu mardi alors maintenant Michael d'après vous est-ce que les forces ces trois forces est-ce qu'elles se compensent (?) qu'est ce que ça voudra dire elles se compensent (?)
	E	
40 :32	E	Qu'elles sont devenues égales
	P	.. égales là il y en a deux vers le bas et une vers le haut oui (?)
	E	
	P	Oui disons que celles qui vont vers le bas équilibrent compensent celle qui va vers le haut alors qu'est ce que vous en pensez (?)

40 :56	P	Est-ce qu'elles se compensent d'après vous (?)
	E	
	P	Alors a priori (?) vous pensez que (?)
	E	
41 :15	P	C'est une intuition on n'est pas sûr qu'on a raison il faudra en reparler est ce que vous aviez mis autre chose (?) julien
	E	J'avais pas mi l'aire
	P	Vous n'aviez pas mis l'air et sur les forces qui se compensent qu'est ce que vous aviez dit (?)
41 :41	E	Que la force exercée par la main était plus importante que la force exercée par la ?
	P	A priori on peut se dire puisqu'il y a un mouvement vers le haut c'est sûrement que la force qui la force exercée vers le haut est plus importante que les autres bon c'est un a priori bon alors Michael vous pouvez allez à votre place
42 :12	P	Alors regardons ce qu'a écrit Baptiste pendant ce temps il a parlé de la force exercée par la Terre et celle exercée par l'air certains n'ont peut-être pas parlé de celle exercée par l'air alors la force exercée par la Terre sur le médecine-ball elle est bien orientée toujours de la même façon vers le bas et là il représente la force exercée par l'air sur le médecine-ball comme tout à l'heure puisque le médecine-ball est en train de monter la force exercée par l'air entrave la montée donc elle est vers le bas … alors le sens du mouvement est vers le haut la vitesse diminue elX est-ce que les forces se compensent d'après vous dans ce cas là (?)
	E	Non
43 :16	P	Non pour quelle raison simple (?)
	P	Voilà donc ça peut pas se compenser bien vous pouvez aller à votre place
43 :29	P	Alors pour la descente on vous écoute

	P	Oui
43 :48	P	Alors attendez avant de passer aux forces qui se compensent ou pas pour ceux qui ont représenté la force exercée par l'air … la balle est en train descencdre alors la force elle sera
	P	Voilà alors je répète c'est pour ceux qui ont tenu compte de l'action de l'air vous mettez partout ou nulle part et la force plus petite / alors d'après vous est-ce que les forces se compensent (?) alors évidemment s'il n'y a pas la force exercée par l'air le problème ne se pose pas hein
	P	Si elles étaient égales (?)
	P	Ça ne bougerait pas vous croyez eh bien on en reparlera bientôt
45 :12	P	Mais le poids du médecine-ball c'est la force exercée par la Terre hein
	E	. .. la force exercée par la Terre est plus forte
45 :27	P	Voilà bon alors en fait ce qu'on peut dire c'est que bon votre intuition c'est en fait c'est que comme il y a un mouvement vers le bas il y a une force vers le bas c'est ça hein bon alors
	E	
45 :44	P	Bon alors je dirais le mouvement est vers le bas et la vitesse augmente parce que quand même pour que la vitesse augment eh ben peut-être qu'effectivement il faut que la force exercée vers le bas soit plus grande on reparlera de ça dans un chapitre bientôt parce que c'est pas si simple en fait vous pouvez allez à votre place alors on écoute Marlène pour terminer alors est ce qu'on est d'accord avec ce qu'elle a écrit
46 :13	P	Tout le monde se rappelle que la force exercée par la main à la réception elle est bien vers le haut hein alors la force exercée par l'air elle serait comment (?)

	P	Rajoutez là vous n'êtes pas obligé de la rajouter on a bien dit que c'est comme vous vouliez mais si vous en mettez une vous mettez les quatre alors mouvement au cours de la réception vous avez dit qu'il était vers le bas hein donc la force elle est toujours l'air s'oppose au mouvement bien
	P	Voilà l'air s'oppose au mouvement hein
46 :43		bien … toutes les forces pour tous vous avez bien vérifié sur vos schémas elles partent du point qui représente le médecine-ball bien et là est-ce qu'on peut savoir si les forces se compensent ou ne se compensent pas dans ce cas là Noé qu'est ce que vous en pensez
	P	Les forces vont se .. ;
	P	. ; vons se compensez quand al balle est arretée …
	P	Matthieu
47 :57	P	Alors mais ces trois forces est ce qu'elles vont se compenser est ce que les deux forces vers le haut vont compenser la force vers le bas Noé dit ben oui je pense qu'elles vont se compenser parce que la balle s'arrete et vous vous dites quoi (?)
48 :20	P	Bon ben le débat est ouvert on en reparlera plus tard hein
4 !:25	P	Ben ce qu'on peut dire c'est que c'est pas simple et qu'on a pas pour le moment d'outils pour répondre à ça
	P	Sinon votre intuition

	P	Oui mais ce n'est pas si simple Matthieu puisque vous n'êtes pas tous d'accord donc ça veut dire qu'on va avoir besoin
	P	…. On est d'accord sur le fait que vous pouvez ne pas représenter l'action de l'air mais il y a quand même l'action de la Terre aussi
	P	
	P	Bon taisez vous laissez Matthieu parlez … allez sites
49 :18	P	Elles sont pareilles bon d'accord
49 :31	P	Alors pour le moment on ne juge pas là dessus mais si vous affirmez que comme certains l'on dit les forces se compensent ça voudrait dire qu'il faudrait les représenter comment (?)
	E	
49 :49	P	Quoi de la même longueur (?)
	E	
	P	Celle-ci égale à celle-l) (montre au tableau) cette longueur égale à celle-ci plus celle-là si on affirme qu'elles se compensent quand on sera dans cette situation be on fera cette longueur là égale à celle-là plus celle-là hein ça viendra bientôt / bien alors je vais vous dicter un petit exerci à commencer maintenant ou à faire pour .. ;
50: 34	P	Vous notez rapidement partie exercice … c'est un exercice d'application que nous venons de faire pour toutes les situations décrites ci-dessous … petit a établir le diagramme système interactions …. Petit b faire la liste des forces qui s'exercent sur le système petit c …..il nous reste très peu de temps je vais vous donnez une situation que vous ferez pour demain obélisque porte son menhir et vous soulignez menhir ……

Classe 2 séance 4 (11/02/05)

Tps	Loc	Discours
0 :00 :00	P	faire pour aujourd'hui (élève arrive en retard)
		silence
		P alors
		Silence
00 :43	P	Obelix porte son menhir (P écrit au tableau)
01 :05	P	vous y êtes pour ceux qui n'étaient pas là vous passez dans les exercices vous notez Obelix porte son menhir vous soulignez menhir et les questions étaient les suivantes établir le diagramme système interaction Tristan vite vous allez faire ça au tableau
		(P va dans le rang et E va au tableau)
01 :48		*E commence à écrire au tableau*
01 :51	P	les autres vous vérifiez ceux qui n'étaient pas là vous notez diagramme interaction
		E continue à écrire au tableau
02 :40	P	bien deuxième question faire la liste des forces qui s'exercent sur le système vous allez le faire oralement
02 :47	E	il y a la force que Obelix exerce sur le menhir
	P	oui
02 :53	E	et la force que la Terre exerce sur le menhir
	P	très bien tout le monde l'écrit ou vérifie et maintenant représentez ces forces sur un schéma
		E écrit au tableau
03 :08	P	alors il a représenté le menhir par un point
…		
03 :37	P	et les deux forces qu'il représente sur les schémas sont des forces qui s'exercent sur le menhir alors dernière question que je ne vous avais pas fait écrire à votre avis est-ce que les deux forces qui s'exercent sur le système se compensent ?
03 :51	E	oui
	P	alors qu'est ce qui vous ferait dire oui
	E	ben le menhir il bouge pas enfin
	P	ah alors vous supposez qu'Obelix et son menhir sont immobiles
04 :02	E	ben je veux dire il monte pas il descend pas si la force d'Obelix était plus grande il il monterait si elle était [??] il descendrait
	P	c'est une raison valable d'accord (?) vous pouvez allez à votre place alors[P va au tableau] vous allez faire le même exercice c'est-à-dire avec le même énoncé l'énoncé je vais le marquer là (elle montre le coin haut gauche du tableau) pour ceux qui n'étaient pas ici hier pour les situations suivantes situation 2 un vieil homme s'appuie sur son bâton (P écrit au tableau) situation 3 un élève porte son cartable et situation 4 un élève est en train de soulever son cartable Alors pour ceux qui n'étaient pas là dans tous les cas vous allez faire le diagramme système interaction tout le monde s'y met euh vous allez faire la liste des forces qui s'exercent sur le système puis vous allez représentez ces forces sur un schéma allez ça ne doit pas vous prendre énormément de temps
06 :13		*Début de travail en petit groupe*
06 :22		*P efface le tableau à droite et reste devant sa table pour vérifier les présences les élèves travaillent de façon autonome*
07 :11	P	Guillaume est absent
E		Jérémie Jean-David et Steven ….
		P passe dans les rangs va voir un élève pour le carnet de correspondance ….. Alexandre Quentin Antony etc.…..
09 :23	P	allez ça y est ça avance (?) Tomy /… oui vous vous étiez absent depuis
.		*Un élève demande au prof P répond puis un autre, etc*
13 :09	P	allez vous avez bientôt terminé maintenant ça doit devenir très très systématique hein [un élève rentre avec son carnet de correspondance) …
		P au tableau commence à effacer
13 :40	P	je peux effacer vous avez fini
E	non	

…		
		P retourne dans les rangs
….		
14 :43	P	c'est fini (?)
14 :57	P	dans la situation 4 il peut y avoir deux possibilités vous noterez si vous avez vous en choisissez une
		P dans les rangs
15 :56	P	bon allez (P retourne vers le tableau puis efface et écrit des titres
16 :23	P	alors ceux qui vont passer au tableau vous allez passer pour les trois situations en même temps vous allez représenter le diagramme et puis le schéma des forces la liste on la dira oralement qu'est ce qui veut passer au tableau pour la situation 2 allez y Quentin Antony la situation 3 Mathieu la situation 4 allez
16 :53		*Fin travail en petit groupe Les élèves nommés vont au tableau*
17 : 03 18 :13	P	allez vous vous mettez vite au travail allez Quentin la situation 3 c'est un élève porte son cartable et c'est le cartable qui nous intéresse la situation 2 c'est le vieil homme qui appuie sur son bâton et la situation 4 l'élève soulève son cartable . .. alors maintenant ça doit être rapide sans erreur le système étudié est souligné tout le monde vérifie que vous avez bien souligné le système les pointillés rendent compte d'interactions à distance les traits pleins d'interaction de contact et on écrit les interactions les deux interactions sur la double flèche / allez Antony vous passez au schéma des forces / (*12 secondes*) c'est-à-dire il a une erreur et un oubli avant de passer aux forces Quentin il y a une erreur et un oubli / les autres vous continuez vous vous occupez pas de lui / Alors essayer déjà l'erreur elle est facile à corriger Quentin dans vos doubles flèches là regardez il y en a une qui n'est pas tout à fait exacte
…		
19 :01	P	Nicolas
	N	c'est le ??,
19 :06	P	elle devrait être en pointillé parce que c'est une interaction à distance sauf que Quentin il y a peut-être une raison pour laquelle vous l'avez fait en trait plein
	Q	Parce que lui (???) ….
	P	voilà alors votre camarade si je l'ai fait en trait plein il est logique hein avec lui même il dit je l'ai fait en trait plein parce que l'homme
…		
	P	il est sur la Terre et en fait l'action de la Terre est ce que c'est une action c'est une action dans quel sens (?)
	E	??,
19 :40	p	voilà qui attire vers le centre de la Terre et l'homme il est posé il a les pieds sur le sol le sol il l'attire aussi
	E	non
	P	non donc ce sont deux systèmes différents il faut que vous rajoutiez le système sol .. bon pendant que Quentin termine on regarde ce qu'a fait Anthony .. est-ce que vous êtes d'accord avec ce qu'il a fait
	E	
20 :13	p	oui est ce qu'il y a une raison particulière pour laquelle vous avez fait les deux forces de même intensité
	E	
	P	il est toujours en même position
	E	ben l'élève il fournit la même force que la Terre …
	P	pour le maintenir bon on peut dire comme ça vous pouvez aller à votre place c'est bon la situation 4 alors le cartable la Terre elle elle agit toujours l'enfant peut-être certains ont-ils mis un autre système encore
	E	
20 :56	P	le sol c'est-à-dire qu'il est pas précisé dans l'énoncé si on est en train de soulever et qu'on est encore sur le sol hein si c'est ça la situation que vous avez imaginé au moment où on soulève il y a le système sol en plus hein sinon pourquoi est-ce que vous avez fait la force exercée par l'enfant plus grande
21 :18	E	parce qu'il le soulève
	P	parce qu'il est en train de le soulever si certains vous pouvez aller à votre place si

		certains ont rajouté ici dans le diagramme une force exercée par le sol elle doit se retrouver ici et elle est verticale vers le haut ou vers le bas (?)
	E	
21 :37	P	la force exercée par le sol elle est vers le haut hein alors revenons à Quentin bon c'est bien vous avez bien trois systèmes alors nous nous intéressons aux forces exercées sur qui
21 :56	E	sur l'homme
	P	sur l'homme là vous avez marqué force exercée de l'homme sur la Terre hein
	E	..
	P	donc c'est la Terre sur l'homme bon ensuite la force exercée par le sol sur l'homme c'est une force on a dit qui l'empêche de s'enfoncer elle est donc vers le haut ou vers le bas
22 :17	E (plusieurs)	vers le haut
	P	aux pieds … voilà ici (E écrit au tableau en corrigeant ses forces) allez vous la notez F de
	E	
	P	quoi sur quoi
E écrit		
	P	oui
E écrit		
22 :34	P	oui … sur H très bien bon il en reste une troisième le bâton comment agit le bâton sur l'homme
	E	
	P	il lui permet de descendre ou au contraire
	E	il le soutient enfin
22 :56	P	il le soutient donc sa force elle est vers le haut ou vers le bas
	E	vers le haut
	P	oui donc vous allez l'ajouter très bien
	E	
23 :06	P	oui colinéaire à l'autre elle est plous grande peut-être voilà pour qu'on fasse la différence vous mettez son non F du bâton sur l'homme très bien voilà vous pouvez aller à votre place
		E retourne à sa place
23 :31 23 :40	P	bon alors nous avons fini cette partie là de mécanique sur laquelle on s'appuiera complètement pour faire la partie 3 mais comme vous savez on alterne toujours la physique et la chimie donc là maintenant on va commencer hein la chimie pendant quelques semaines. .. ; vous allez prendre votre cahier de texte pour qu'on marque le programme du devoir que vous faites la semaine de l'évaluation
24 :15		*fin bande*

Classe 2 séance 5 (22/03/05)

00 :52	P	? commencé dans ce cours à (vous m'avez sorti vos autorisations ….
01 :10		Alors je commence pour cette partie là par vous distribuez un modèle donc vous vous rappelez le modèle on le colle sur une feuille à part (*distribue*)
		…..
01 :41		Et vous vous souvenez vous l'entourez d'une couleur qui est propre au modèle pour bien reconnaître que c'est un texte qui a une propriété particulière
		……
02 :30	P	Allez pendant que vous collez le modèle je vous mets ensuite sur votre table la première activité allez …(*distribue*) alors l'activité 1 vous la collez sur une autre page vous vous souvenez le modèle il est tout seul sur sa page ……
	P	*Distribue* matériel
4 :06	P	Oh j'ai quelque chose à vous dire … une petite parenthèse de la part du professeur de ?, prenez vos cahiers de texte (P écrit au tableau pour vendredi 21 à 11h …)
		……
4 :55	P	Je reviens à notre partie 3 ….
5 :17	P	Alors partie 3 vous y êtes (lis) Principe d'inertie et lois de la mécanique activité 1 introduction des lois ……(*lit*) .. maintenir sous l'eau la balle immobile à l'aide du modèle des interactions (lit)
6 :20	P	Alors on va s'occuper uniquement de la situation 1 … on va regarder le modèle de la partie 3 alors je lis ce modèle faites bien attention à son contenu c'est vraiment un point très très important de la mécanique. Grand 1 si la vitesse vous imaginez bien de quoi il s'agit si la vitesse et et la direction d'un mouvement du système ne varient pas c'est-à-dire si le système est en équilibre … c'est qu'il y a un mouvement rectiligne et uniforme alors les forces qui s'exercent sur le système se compensent est ce que vous voyez ce que ça veut dire se compensent ?
		……
	El	En équilibre
7 :29	P	Voilà elles sont égales en valeur …… (*continue à lire*) inversement si les forces qui s'exercent sur un système se compensent alors la vitesse du système et la direction du ….. cet énoncé s'appelle le principe d'inertie je vous ai déjà dit ce que c'était un principe on a jamais trouvé de moyen de le contredire donc c'est un principe … si les forces qui s'exercent sur un système se compensent c'est comme si rien n'agissait sur le système si rien n'agit sur le système eh bien rien de change la direction du mouvement ne change pas et la valeur de la vitesse soit le système est immobile soit il est en mouvement est rectiligne uniforme alors on a mis un modèle un exemple dans le modèle par exemple la pierre . . élastique dans sa position qu'on appelle position d'équilibre le diagramme interaction nous montre la pierre sous l'action de l'élastique et de la Terre les deux forces vous savez les représenter la force exercée la Terre sur la pierre est vers le bas la force exercée par l'élastique sur la pierre est vers le haut eh bien puisque la pierre est immobile les forces exercées sur elles se compensent les deux forces ont la même valeur
9 :41	P	Grand B si sa vitesse *et/ou* l'un ou l'autre sa direction varient, alors les forces qui s'exercent sur le système ne se compensent pas inversement, si les forces qui s'exercent sur un système ne se compensent pas, alors la vitesse du système varie la direction du mouvement varie ou les deux varient d'accord si les forces ne se compensent pas il y a quelque chose qui change dans le mouvement d'un système soit c'est la vitesse qui varie soit c'est la direction du mouvement soit c'est les deux d'accord alors ces lois hein ces mêmes lois sous différentes formes s'appellent donc le principe d'inertie
10 :38		vous allez appliquer cette loi . ; vous allez commencer à vous familiariser avec la situation … situation 1 pour le moment allez

10:53		
		Travail en groupe (P ramasse les autorisations)
12 :31	P	Allez … il faut que vous fassiez l'expérience
12 51	P	Il faut que chacun la fasse pour percevoir

Travail en groupe ou individuellement de 12 : 56 à 25 : 02

12 : 56	P	il faut que chacun fasse l'expérience
25 :03	P	bon alors nous regardons un petit peu ce qu'on peut penser de tout çà le diagramme des interactions le diagramme balle interaction je crois que ce n'est pas la peine de le corriger vous l'avez tous bien fait donc vous avez représenté quatre systèmes balle qui est souligné puis les systèmes eau Terre et main chacune en interaction avec la balle la terre étant l'interaction à distance et les autres en interaction par contact
25 :46	P	ensuite quel est l'inventaire des forces agissant sur le système balle El X (prof va au tableau) et écrit agissent sur la balle je vous écoute
26 : 04	El	la main
	P	la main
	El	la terre et l'eau
	P	la Terre et l'eau donc combien de forces va-t-on représenter pour montrer ces actions el X
	El x	trois forces ….
26 27	P	Trois forces d'accord d'après le modèle des lois de la mécanique utilisons ce modèle pour interpréter le fait que la balle reste immobile …. El X qu'avez-vous écrit
	El	La force exercée par la main et la Terre se compensent et ????
26 56	P	Alors vous allez écrire (*dicte*) les forces exercées par la main et la Terre compensent la force exercée par l'eau car ou donc on peut dire dans les deux sens la balle est immobile ne bouge plus allez El X vous allez passer au tableau nous représenter ces trois forces vous n'hésitez pas à prendre des traits de couleur de façon à ce qu'on les différencie bien
		…. (El X au tableau
27 56	P	Que représente ce point ?
	P	La balle vous marquez tous ensuite
		…. el dessine au tableau et la prof explicite ..
29 :21	P	Pour terminer la force exercée par la main sur la balle alors comment avez-vous choisi sa valeur de cette dernière force là
	El	Immobile
29 :54	P	Pourquoi vous avez choisi la valeur de la force exercée par la main égale à la force exercée par la Terre est-ce qu'il y a une raison pour ça
	El	Ouais …….
	P	Alors qu'est ce qui compense quoi qu'est ce qu'il a dit ElX tout à l'heure c'est la force exercée par la Terre et force exercée par la main qui sont compensée par force exercée par (?)
	P	L'eau donc quelles sont les longueurs qui doivent être égales ?
		….
30 :	El	La force exercée par l'eau elle doit être égale à force exercée par la Terre plus force exercée par la main

31 :02	P	Il faut que la somme de ces deux valeurs soit égale à cette valeur là pour compenser est-ce qu'il y a une raison quelconque pour que ces deux forces aient la même valeur
	P	Non il n'y a aucune raison pour cela
31 :50	P	Est-ce que vous avez tous compris cela je reprends en termes de force la force exercée par l'eau sur la balle compense deux forces la somme des deux exercée par la main exercée par la Terre donc en valeur cette force là soit avoir comme valeur la somme des deux autres et je répète il n'y a aucune raison …. (Faire ces deux là égales) … alors chacun fait un schéma correct
33 :10	P	Maintenant vous allez passer à la situation 2 alors maintenir la balle sous l'eau puis retirer la main utiliser le modèle des lois de la mécanique pour interpréter le fait que la balle se mette en mouvement vers le haut quand on retire la main c'est-à-dire que maintenant nous nous intéressons au mouvement de la balle une fois qu'on a retiré la main […]
		Représentez les forces qui s'exerce sur la balle quand elle est en train de monter allez-y
34 :05		TRAVAIL GROUPE
36 :20	P	Alors elX vous passez au tableau
		El au tableau
36 :27	P	Alors on vous demande vous avez fait l'expérience …..(*P relit question*) qu'est ce qu'on va écrire
	El	Que la force exercée par l'eau est plus grande que la force exercée par la Terre
36 :57	P	Alors est-ce que les lois de la mécanique nous disent ça qu'est ce qu'elle nous disent
	El	.. ;
	P	Non les lois de la mécanique ne nous disent pas ça
	El	… ? sous l'eau elle est plus à sa position d'équilibre
	P	Oui donc d'après les lois de la mécanique
	Plusieurs E	La balle est en mouvement
37 :21	P	La balle est en mouvement donc
	El	Les forces ?,,
	P	Les forces ne se compensent pas voilà ça le modèle il ne vous dit pas quelle est la plus grande hein donc vous notez ça tout le monde l'écrit la balle est en mouvement… mais pourquoi les forces ne se compensent pas parce que ?
	El	?, direction
	P	Est-ce que la direction change
	P	Qu'est ce qui change ?
	P	La vitesse parce qu'au départ quelle est la vitesse de la balle au moment où vous lâchez
	P	Zéro et après …. Sa vitesse augmente
	P	Est ce que vous suivez ….. aussitôt après elle a une vitesse qui n'est plus nulle donc je peux dire que sa vitesse augmente
	P	Don,c d'après les lois de la mécanique
		Les forces exercées sur la balle ne se compensent pas les lois de la mécanique ne nous disent que ça

		…..
40 :12	P	Alors que vous dit votre intuition sur la valeur de ces forces ?
	El	Que la valeur de la force de l'eau exercée sur la balle est plus grande que celle de la Terre
	P	Vous corrigez … dès que la main ne touche plus la balle c'est fini il n'y a plus l'action de la main là vous ne vous êtes pas trompé c'est bien mais vous ne vous trompez pas une autre fois …..
41 :08	P	Je vais vous distribuer l'activité 2 que vous collez à la suite (*P distribue*)
42 :06 43 :03	P	Alors nous lisons ensemble quelles forces au pluriel s'exercent sur une balle lancée à l'horizontale vous allez retrouver une situation que l'on a déjà étudiée dans un chapitre précédant.. ; premièrement une balle est lancée à l'horizontale par un enfant immobile par rapport à la Terre vous vous souvenez … l'enfant est immobile il lance la balle à l'horizontale faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le système balle pendant le mouvement de chute. On ne tiendra pas compte de l'action de l'air sur la balle…. Ensuite quand vous aurez fait cette question 1 vous allez reprendre les conclusions de l'activité 5 de la partie 1 et décrire l'évolution de la vitesse horizontale et de la vitesse verticale du centre de la balle….. ???…. Vous allez donner l'enregistrement du mouvement de cette balle vous trouvez (?) Les élèves cherchent vous l'avez (?) partie 1 activité 5 alors on retrouve voilà
44 :18	P	Vous la laissez en place vous ne démontez pas l'ordre de votre cours pour ça
44 :36	P	Vous pouvez commencer à répondre aux questions alors quand vous aurez trouvé cette activité …. Ensuite petit 3 Montrer que les lois de la mécanique sont vérifiées "selon chacune des directions " verticale et horizontale c'est-à-dire vous allez essayer d'appliquer les lois de la mécanique … d'une part en horizontale et d'autre part en verticale et vous laissez le petit 4 pour
45 :30	P	Allez
		Travail en groupe
56 :49	P	J'aimerais bien que vous vous disiez voilà le modèle il vous permet de relier le phénomène une relation au principe de l'inertie (P *écrit au tableau*) qui est la loi de la mécanique sur laquelle on est en train de travailler faire le lien entre les forces qui agissent bon là c'est sur la balle et quoi donc (?)
	P	Les forces se compensent la vitesse ou la direction du mouvement ne change pas inversement quand . . etc. donc on relie en fait au lancer de la balle et au mouvement c'est à dire à la direction du mouvement et à la vitesse et on vous demande de la faire d'une part en horizontale d'autre part en verticale
58 :03	P	Repart dans les rangs
59 :03	P	Bon alors vous êtes attentifs alors Hugo plaçons nous prenons un point de vue horizontal alors qu'est-ce que vous savez sur le mouvement horizontal
	E	He bien qu'il est on dirait que la vitesse est constante
	P	… La vitesse est constante en horizontal / quel est le lien qu'on peut faire entre la vitesse est constante en horizontal et les forces qui agissent sur la balle
	E	Il y a les forces qui se compensent
	P	Il y a les forces qui se compensent c'est ce que nous dit la loi alors est qu'il y a des forces qui se compensent en horizontal Thibault est ce qu'il y a les forces en horizontal (?)
	El	
1 :00 :09	P	Quelle est la seule force qui agit sur la balle (?)
		… la Terre…
		… ;

1 :00 :29	P	.. bon alors tout le monde a bien noté que la seule force par la dans la question petit 1 la seule force sur la balle c'est la force exercée par la Terre cette force je pense que tout le monde est bien d'accord pour dire qu'elle est verticale et vers le bas …
		. ;
	P	La main n'agit plus maintenant alors y a t-il des forces qui s'exercent en horizontal Peggy
	E	Non
	P	Alors est-ce que c'est cohérent avec les lois de la mécanique aucune force ne s'exerce sur l'horizontal donc la vitesse
	P	Ne varie pas maintenant … en vertical une force s'exerce en vertical et il n'y en a qu'une … conséquence Clément
	E	La vitesse varie
1 :01 :46	P	La vitesse varie d'accord est ce que vous voyez que c'est cohérent avec la loi qu'on a écrit d'une part en horizontal d'autre part en vertical puisque rien n'agit en horizontal la vitesse de la balle reste constante en horizontal c'est-à-dire reste celle que lui a donné l'enfant après plus rien n'agit donc il garde sa même vitesse en horizontal par contre en vertical vous avez une force verticale vers le bas il va aller de plus en plus vite hein ….
	P	Alors si vous n'avez pas trouvé tout seul c'est pas grave c'est difficile ça il faudrait c'est qu'une fois qu'on l'a expliqué écrit ce soit clair alors vous allez noté (*dicte*) aucune force n'agit sur la balle en horizontal : la vitesse horizontale de la balle est constante en d'autres termes rien n'agit sur l'horizontal rien ne change la vitesse reste la même à la ligne
1 :03 :42		La seule force exercée par la Terre non pardon la seule force exercée sur la balle est celle exercée par la Terre elle est verticale. D'après le principe de l'inertie la vitesse va varier ….. vous devez être capable d'expliquer tout ça même si vous n'avez pas trouvé tout seul.
1 :04 :54	P	Alors dernière activité (*P prend les feuilles et les distribuent*) dernière activité elle est très facile mais il est important de la faire tout de même vous la collez comme d'habitude
	P	Ah mais non attendez ne la collez pas on a oublié le petit 4
		…
1 :06 :22	P	Bon alors nous lisons la question 4 (P lit) vous l'avez sous les yeux la balle est à présent lancée dans une direction quelconque par l'enfant immobile. …direction quelconque.
	e	Fait l'expérience lance la balle
	P	Bon allez vous allez refaire ça de façon à ce qu'on voit bien la direction de lancement
	E	Refait
1 :07 :00	P	Oui par exemple l'enfant lance la balle comme ça donc quelconque ça veut dire … (*continue à lire*) Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le système balle. En utilisant le résultat de la question précédente, prévoir comment vont évoluer la vitesse horizontale et la vitesse verticale du centre de la balle juste après qu'on l'ait lâchée ou lancée
1 :07 :46	P	Allez
		Travail en groupe
	P	Relisez bien la question imaginez la situation et faites bien le lien avec la question 3
1 :12 :05	P	Alors est ce que quelque chose a changé par rapport à tout à l'heure
	E	Non
	P	Eh bien non .. ce qui a changé c'est la situation initiale tout à l'heure la situation initiale on donnait à la balle une vitesse horizontale ….que peut-on dire de la vitesse horizontale de la balle (?)
	P	Elle va rester la même puisque rien n'agit en horizontal par contre la vitesse verticale de la balle elle va varier puisque la Terre agit . ;; donc du point de vue des lois de la mécanique la situation est la même d'accord ….. par contre la Terre agit

		en vertical la vitesse verticale va varier
1 :13 :34	P	Maintenant vous pouvez coller l'activité allez on la lit (*P lit*) ensemble influence de la masse sur le mouvement Prévoir s'il y a une différence de mouvement entre deux balles de masses différentes placées côte à côte si on souffle sur elles. On admet que lorsqu'on souffle, les forces exercées par l'air sur chacune des balles sont identiques alors on va faire l'expérience tout à l'heure pour vérifier (P présente l'expérience sur la table) …. Prévoir comment cela va se passer … il y en a une dans laquelle il y a de l'air et l'autre elle est remplie d'eau allez-y
1 :14.52		**Travail de groupe**
1 :15 :13	P	*Prend les deux balles et les donne à un groupe d'élèves … les passe à un autre groupe*
1 :16 :09	P	Vous vous dépêchez P *passe à un autre*
1 :17 :20	P	Bon ça y est vous avez prévu quelque chose
1 :18 :05	P	**Fin travail groupe**.
	P	Nicolas
	P	Il faut qu'on vous entende
		Laquelle va être la plus rapide bon la plus légère
1 :18 : 38	P	On regarde l'expérience (*P commence à faire l'expérience*) est-ce que tout le monde était d'accord avec la proposition de Cindy ou certains pensent l'inverse…
1 :19 : 20 ?		*P commence fait l'expérience*
1 :19 :40	P	Est-ce que ça correspond à ce que vous avez prévu …. en fait la balle qui a la plus grande masse est la plus difficile à mettre en mouvement que l'autre notez ça si vous ne l'avez pas déjà écrit (*P dicte*) … la balle qui a la plus grande masse est la plus difficile à mettre en mouvement
1 :20 :43	P	Bon on va essayer de faire la 4ème question mais là je ne suis pas sure que ça marche Lancer maintenant les deux balles devant vous et souffler dans une direction perpendiculaire au mouvement. D'après vous pour quelle balle le mouvement est-il le plus modifié ?
	P	Alors quelqu'un vient m'aider là …. Vous allez vous mettre là vous allez pousser les deux balle en même temps et moi je souffle
		Fait l'expérience
1 :21 :33	P	D'accord vous avez vu .. ; qu'est ce que vous avez vu
	P	…
1 :22 :00	P	Le mouvement de la plus légère a été plus modifié que le mouvement de la plus lourde (répète et dicte) Le mouvement de la plus légère a été plus modifié que le mouvement de la balle la plus lourde
1 :22 :40	P	Alors vous allez prendre vos cahiers de texte (distribue) cette leçon est terminée il y a beaucoup de travail à faire sur les exercices vous faites l'exercice 1 pour jeudi
1 :23 :35		Fin séance

Classe 2 séance 6 (24/03/05)

Tps	Loc.	Discours	Thème
00:00	P	Je vais vous dire autre chose pendant que vous les sortez, reprenez vos exercices…Alors d'abord il y a, on est jeudi, donc mardi Cindy m'a suggéré de vous donner vos notes, j'ai dit tout à l'heure après j'ai oublié, et puis aujourd'hui, hier soir je les ai rangées et c'est aujourd'hui que je me suis souvenue que je ne vous les ai pas encore données, donc je vous les apporte dès que possible quand même, vous les avez pas gardées non? Vous les avez là? Cindy va regarder si elle les a .bon, 2èmemet vous prenez vos cahiers de texte, à partir de mardi il faut que vous ayez vos livres hein, non mais pardon à partir de demain, demain, merci.	Introduction de la séance
	M	On fera encore de la physique?	
	P	Oui demain on fera encore un peu de physique, mardi on continuera en chimie mais donc à partir de demain vous aurez vos livres, c'est noté?	
	E	Oui	
	P	Et puis d'autre part vous ferez un devoir le vendredi 1er avril et c'est pas une farce, alors pour ce devoir vous aurez toute la partie 3 de mécanique mais vous savez bien que pour comprendre la partie 3 il faut avoir compris ce qu'est une force, un diagramme interactions etc. hein,	
	E	En fait c'est sur toute la mécanique	
2:40 4:34	P	Oui à peu près hein, et puis vous aurez aussi tout ce qui est mole, on aura retravaillé dessus d'ici là,et concentration on va travailler dessus mardi, d'accord? Mole et concentration. Je vous lis vos notes, alors la moyenne de la classe est 11.3 … C'est tout pour les autorisations là? Merci, qui ne m'a pas rendu encore? Merci, vous y pensez, vous y pensez pour demain qu'on classe l'affaire pour les internes mardi? Tristan vous me les avez données les 2? Bon ça arrive quand	
	E	Mardi	
	P	Mardi vous êtes sûr? Hein vous y pensez? Merci, Quantin aussi. Oui oui il faut me dire oui mais en être sûrs, bah oui bah vous devez avoir un moyen quand même hein d'y penser, on est le combien aujourd'hui le 23, 24?	
	E	24	
	P	Chut, pas d'absents? 4, 6, 8, ah y avait des problèmes de bus? 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14,16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, alors dite-moi qui est absent	
	E	Michael	
	P	Michael, qui encore?	
	E	Pierrick, (inaud.) et Jean-David	
6:20 7:18	P	Et Jean-David, voilà, bah normalement j'ai le compte, et qui et Megguy? Non elle est là. Allez, nous commençons avec les exercices de la feuille que je vous ai distribuée et vous êtes silencieux, vous pourrez peut-être essayer de changer votre réputation, alors euh moi je vous trouve un peu pénibles les jeudis, les autres jours je trouve que c'est très bien, j'étais surprise d'entendre hein que c'était pas l'avis général, donc bah d'abord je vous félicite d'être comme ça en physique, j'espère que ça continuera, mais ce serait bien que vous prenez cette voie aussi dans d'autres cours quand même hein puisque vous êtes capables d'être attentifs et intéressés, je vois pas pourquoi ce serait pas partout pareil hein. Alors les forces se compensent-elles? Vous savez que, alors dans chacune des situations décrites on s'intéresse au mvt de translation d'un objet ou d'un personnage supposé indéformable dans le référentiel terrestre, vous par contre je suis de l'avis général hein, d'après chaque description du mvt vous devez pouvoir dire si l'objet ou le personnage sont soumis ou non à un ensemble de forces qui se compensent, et je vous demande bien sûr à chaque fois de dire pourquoi vous affirmez que oui ou non les forces se compensent. Megguy, un skieur descend une piste rectiligne, sa vitesse augmente de 2 m/s toutes les secondes, est-ce que les forces qui s'exercent sur ce skieur se compensent?	1. Application du principe d'inertie dans différentes situations
	Me	Non	

	P	Vous avez mis non? Pourquoi vous avez mis non?	
	Me	Parce que la vitesse augmente	
8:30	P	Parce que la vitesse augmente. Vous argumentez, il suffit pas que vous ayez mis non hein, vous mettez bien l'argument qui vous a permis d'affirmer cela. Emmanuel, une fusée décolle	
	Em	Bah non	
	P	Pourquoi?	
	Em	Parce sa vitesse augmente	
8:46	P	Car la vitesse augmente. Nicolas Rateaux, un skieur remonte une piste grâce au tire-fesses qui le tracte rectilignement à vitesse constante	
	N	Bah les forces se compensent	
	P	Voilà, puisque	
	N	La vitesse est constante	
	P	La vitesse est constante et?	
	N	La trajectoire est rectiligne	
9:08	P	Et la trajectoire est rectiligne voilà, les 2 arguments, rien ne change ni la trajectoire ni la vitesse Jérémy, une voiture décrit un virage à la vitesse de 80 km/h	
	J	Euh moi j'ai mis que les forces elles se compensaient, ah non puisque il y a (inaud.)	
	P	Alors c'est oui ou c'est non?	
	J	Euh non	
	P	Alors vous avez changé d'avis depuis?	
	J	Ouais	
	P	Alors pourquoi vous dites non?	
	J	Parce que elle va pas tout droit donc quand elle tourne y a	
	P	Il y a un changement de	
	J	Forces	
	P	Non changement de direction du mvt, la vitesse est constante mais la direction du mvt change donc les forces se compensent, vous écrirez vous corrigerez vous argumentez	
	J	(inaud.)	
9:53	P	Bon faut dire pourquoi hein. Un palet de hockey sur glace décrit une trajectoire rectiligne à vitesse constante, Thomas	
	T	Euh les forces se compensent car le palet de hockey décrit une trajectoire rectiligne et à vitesse constante	
10:47 12:10	P	Voilà, la trajectoire la direction du mvt ne change pas puisque la trajectoire est rectiligne et la vitesse est constante. Bon alors chaque fois que rencontrerez une situation, devant cette question vous n'essayez pas de vous dire voyons comment ça peut se passer, qu'est-ce qui agit etc., vous appliquez la loi hein, si le système est immobile ou en mvt rectiligne uniforme les forces se compensent sinon elles ne se compensent pas. Alors nous allons passer à l'exercice 2 où on va étudier 4 situations en faisant un petit peu le tour de tout ce que vous devez savoir sur ces chapitres. Alors un parachutiste, vous y êtes? Vous notez exercice 2. un parachutiste s'apprête à prendre l'avion pour effectuer un saut en parachute. Situation 1 le parachutiste est debout immobile sur la piste d'envol et attend son avion. Faire un diagramme des interactions en prenant comme système d'étude l'ensemble parachutiste + parachute. On représente le système par un point, faire la liste des forces s'exerçant sur le système, proposez un schéma des forces s'exerçant sur le système, bien sûr un schéma des forces le plus juste possible hein, et pour que ce schéma soit le plus juste possible il faut avoir en tête la question qui est après: à votre avis ces forces se compensent-elles? Justifiez votre réponse en vous appuyant sur le modèle des lois de la mécanique. Quand vous aurez terminé la situation 2 la situation 1 vous pouvez passer à la situation 2 si vous voulez, allez. Où elle est votre feuille d'exercices vous? Ah oui, ah vous les avez faits? Et	2. Représentation du diagramme système-interactions et des forces et application du principe d'inertie

		bien vous n'avez pas votre livre. Je vais vous donner un exercice pour demain donc je peux vous hein, vous pouvez commencer à faire si vous voulez, c'est le 24	
13:20	E	Madame, on fait un système parachute et un parachutiste?	
	P	On fait?	
	E	Un système parachute et un parachutiste?	
	P	Vous avez lu l'énoncé?	
	E	Non pas trop, ah un seul	
	P	Regardez, qu'est-ce qu'on vous dit? Faire un diagramme des interactions en prenant comme système d'étude l'ensemble	
	E'	Ouais	
	P	Parachutiste parachute, donc ça fait un système ou deux système?	
	E	Un seul	
	P	Un seul. Vous n'avez pas autre chose à faire non? Tenez-vous correctement, je vous ai déjà expliqué pourquoi mardi, vous cherchez à embêter qui là? Papa, maman, la prof? Bon, c'est à vous que vous faites du mal, c'est tout hein.	
14:15	E	Est-ce qu'on met l'air?	
	P	Bah quand il est immobile qu'est-ce que vous en pensez? Y a pas de vent Y a pas des vent sur l'aéroport, sur l'aéroport non	
	E'	Madame (inaud.) parachute	
15:15	P	Mais il est, non pas forcément, et là il est debout, sur la situation 1 il est debout à attendre son avion hein. C'est quelque chose que vous avez gommé?	
	E	Hm	
	P	Qu'est-ce que vous aviez écrit	
	E	Non en fait j'avais mis piste	
	P	Et là pourquoi vous avez enlevé la piste?	
	E	La Terre c'est un peu la même chose	
	P	C'est un peu ou c'est complètement la même chose?	
	E	C'est la même chose	
	P	Ah bon, la Terre c'est à dire c'est une force qui est de quelle direction et de quel sens sur le sur le parachutiste?	
	E	Bah force qui va qui	
	P	Oui qui	
	E	Qui va vers le centre de la Terre	
	P	Bon, et la piste aussi?	
	E	Non	
	E'	(inaud.) c'est un petit peu le contraire	
	P	Et c'est carrément le contraire oui parce que la piste qu'est-ce qu'elle fait? Le sol de la piste?	
	E	Bah oui il permet de retenir	
	P	Et oui	
	E'	Et par exemple si on est carrément sur la Terre sur le centre	
	P	oui	
	E'	Là il faut dire quand même le sol?	
	P	Oui oui	
	E	Et donc là le Terre on la	
	P	Non c'est bien non non	
	E	On la laisse comme ça?	
	P	Oui absolument hein, ça c'est ce qu'on appelle le poids, c'est l'attraction qui vient du centre de la Terre hein, et ça c'est la force qui empêche qu'on	

		s'enfonce. Si vous êtes, tout à l'heure le parachutiste il va sauter hein, quelle est la force qui va encore exister et celle qui ne va plus exister?	
	E	La piste elle va plus exister et la Terre elle va exister sous forme de	
	P	Toujours	
	E	Lointaine quoi	
17:50 17:58	P	Oui mais pareil hein, voyez? S est immobile oui. Vous êtes sûr de ça?	
	E	Ah non	
	E'	Je réfléchis à quelque chose	
	P	Oui à quoi vous réfléchissez?	
	E'	Bah que elle l'attire mais en même temps (inaud.)	
	P	Oui donc	
	E'	Bah y a la gravité et le sol	
18:32	P	Voilà, la Terre c'est bien et puis y a le sol. Montrez, c'est bien.	
18:42	E	Madame, c'est pas marqué, dans l'avion il est immobile au début, enfin il bouge pas il marche pas il est assis	
	P	Oui oui oui oui	
	E	Oui donc c'est bon c'est pas marqué	
	P	Oui c'est pas marqué	
19:15	E	Je ne suis pas très d'accord	
	P	Avec quoi vous n'êtes pas d'accord?	
	E	Bah en fait non non mais (inaud.), là les forces se compensent-elles? Mais on sait pas si la vitesse est constante, on sait qu'il descend droit, ça c'est, mais bon on n'est même pas sûr, on peut pas le savoir s'il descend droit s'il descend (inaud.) ou si la vitesse (inaud.)	
	P	Oui oui, bah il a pas de parachute	
	E	Oui mais elle peut quand même accélérer	
	P	Justement oui	
	E	La parachute elle (inaud.)	
	P	Bah il va pas rester dans l'air	
	E	Bah oui, mais elle pourra rester constante la vitesse quand il tombe	
	P	Sans parachute? Non, sans parachute, comment est-ce que on appelle ça sans parachute?	
	E	Chute libre	
	P	Après quand il ouvre son parachute ça va ralentir le mvt hein, mais sans parachute l'action de l'air est très faible	
	E'	Donc les forces ne se compensent pas même quand il met le parachute	
	P	Quand il y a le parachute à un moment ça peut se compenser oui, parce que en fait quand il descend, sa vitesse au début sa vitesse qu'est-ce qu'elle fait elle augmente et puis à un moment	
	E	Elle fait un brusque ralenti	
	P	Non elle augmente oui non pardon oui elle augmente et puis la résistance du vent sur le parachute elle augmente aussi puisque sa vitesse augmente et à un moment cette résistance elle va compenser quoi?	
	E	Bah celle de la Terre	
	P	Action de la Terre, et à ce moment là il va y avoir, les forces se compensent donc il va acquérir un mvt	
	E	uniforme	
	P	Uniforme, donc sa vitesse c'est ce qu'on appelle vitesse limite, il va descendre avec une vitesse constante	
21:06	E	Faut faire la 3 et la 4 après?	
	P	Oui continuez oui, si vous avez fini la 1 et la 2 continuez hein	
	E	Il suffit d'en mettre une seule là	
	P	On peut en mettre une seule	
	E	C'est que le parachutiste ou c'est le parachutiste + parachute?	
	P	Et bah là de toute façon regardez, on vous demande, on vous pose pas la question des forces là	

	E	Non mais le parachutiste par rapport au parachute il est immobile	
		Et bah là il est prêt à partir, il est prêt à sauter donc il est dans l'avion donc il a le parachute sur le dos	
21:45	E	Est-ce qu'il faut prendre en compte la l'air dans la situation?	
	P	Vous pouvez si vous voulez	
	E	Je vais le prendre	
	P	Oui pourquoi pas, vous pouvez hein, on en rediscutera mais	
22:33	E	Madame	
	P	Oui	
	E	Est-ce que c'est vrai que les forces elles se compensent?	
	P	Oui	
	E	Merci	
22:46	E	Pour le 3a faut prendre en compte l'air?	
	P	Euh on est euh le parachute est ouvert là maintenant	
	E'	Ouais	
	E	Non	
	E'	Il vient de sauter	
	P	Bah comme vous voulez	
	E'	Bah il y a de l'air	
	E	(inaud.) c'est pareil	
	P	Avec le parachute qu'est-ce que vous en pensez?	
	E	S'il se met comme ça (inaud.)	
	P	Et bah alors prenez-le et puis on en rediscutera justement on verra, non vous pouvez le mettre	
24:02	E	Là quand il a ouvert son parachute, c'est au moment où il stagne ou c'est après quand il redescend? Parce que quand il descend il est pas à vitesse constante de toute façon, alors à ce moment-là il est à vitesse constante ou pas?	
	P	Ah bah comme vous voulez vous proposez les 2 hein	
	E	Les 2?	
24:20 24:38	P	Bah oui, puisque vous pensez que ça peut être les 2. Chut, vous discutez bien des problèmes par d'autre chose. Xavier vous ne savez pas représenter des forces?	
	X	Si	
	P	Et c'est quoi ça?	
	X	(inaud.)	
	P	Ah d'accord, bon alors faut pas confondre avec des forces aussi hein	
	E	Non non	
24:55	P	Parce que c'est un petit peu dangereux quand on adopte Oh oh oh oh, qu'est-ce que c'est que ce brouhaha? Baissez d'un ton. Qu'est-ce que je viens de vous demander? … (prof s'occupe d'une table cassée)	
26:32	E	Ici le parachutiste il tombe	
	P	Vous faites passer à Anthony (le tournevis)	
	E	Il tombe ça veut dire que les forces elles se compensent pas	
	P	oui	
	P	Parce que sinon il restera au même endroit	
27:30 27:47	P	Absolument, ah bah pas forcément immobile …(prof s'occupe d'une table cassée) Quels sont ceux qui n'ont pas fini l'exercice 2? Vous vous dépêchez parce qu'on va le corriger. Vous savez que l'air là c'était bien, il y a pas de e à air	
	M	Et madame le parachute c'est bien considéré comme une force	
	P	Attention, un parachute c'est un objet	
	E	(inaud.) crée une force	
	P	Oui, comment il agit sur le parachutiste le parachute?	
	C et M	Il le ralentit	
	P	Oui mais alors il agit verticalement, horizontalement, vers le haut, vers le bas?	
	M	Verticalement vers le haut	

	P	Comment allez-vous représenter cette action? Par une force. Comment, quelle sera la direction, le sens?	
	M	Bah vers le bas mais disons que ça le ralentit donc c'est vers le haut	
	P	Vous l'auriez mise vers le haut alors, il faut vous mettre d'accord. Qu'est-ce qui attire le parachute vers le bas?	
	M	Euh la Terre	
	P	Oui, et le parachute si on coupe les fils	
	M	Il va pas descendre tout de suite, (inaud.) du vent	
	P	Que va faire le parachutiste?	
	M	Bah le parachutiste il va tomber	
	P	Ah alors donc le parachutiste il exerce une force	
	M	En l'air	
	P	Vers le haut	
	C	Et le parachutiste il descend encore même si il est en train il a le parachute il est encore en train de descendre	
	P	Ah oui	
	C	C'est à dire que le mvt là il n'est pas, les forces elles ne se compensent pas	
	P	Si, il descend avec une certaine vitesse et y a un moment où les forces se compensent il va s'arrêter?	
	C	Il va être immobile	
	P	Est-ce qu'il va s'arrêter? Il a une certaine vitesse, tout d'un coup les forces se compensent, pas tout d'un coup enfin, et e fait ça fait comme si plus rien n'agissait sur lui, est-ce qu'il va s'arrêter le parachutiste?	
	C	Non	
	P	Non? Qu'est-ce qu'il va faire?	
	C	Il va ralentir en fait	
	P	Puisqu rien n'agit sur lui	
	M	Il va continuer à descendre	
	P	il va continuer avec avec quelle vitesse? Bah toujours la même et quelle direction du mvt?	
	M	Vers le bas	
30:05	P	Toujours la même. Ça y est? Quand les forces se compensent il a un mvt rectiligne uniforme c'est à dire que sa trajectoire ne change pas et sa vitesse non plus, voyez? Bon alors je vous propose que nous corrigions l'exercice 2, alors on va partager le tableau en 4 et puis vous allez vous partager les situations 1, 2, 3, 4. alors Anthony vous allez corriger la situation 1, Tibault la situation 2, Julien la situation 3 et puis Nicolas la situation 4. Alors chacun regarde, les commentaires on verra après parce qu'il peut y avoir peut-être plusieurs solutions hein. Allez vous vous mettez dans l'ordre 1, 2, 3, 4. Chut chut chut, tournez-vous. Ceux qui n'ont pas tout à fait terminé terminent pendant ce temps. Anthony, oui, vous pourriez peut-être laisser un peu de place à Tibault, merci.Allez Tibault on y va	
	T	(inaud.)	
33:12	P	Pardon, tenez elle est là devant, là dans mon cahier. Vous ne lâchez pas les feuilles. Vous avez vu Anthony vous faites attention derrière vous parce que (…). Bon, bah vous allez rester quand même là hein, vous allez rester là Julien hein. Bon Anthony on va terminer oralement, bon on regarde la situation 1, le système étudié est le système parachutiste parachute hein, donc il a mis parachutiste + parachute, est-ce que tout le monde est a bien trouvé ces 2 interactions? Vous vous rappelez que la difficulté c'est de ne pas oublier que l'action de la Terre et l'action du sol ce n'est pas la même chose puisque ce sont 2 actions qui ne s'exercent pas dans le même sens, y en a une celle de la Terre qui est orientée vers le centre de la Terre, alors que l'autre empêche au contraire le système de descendre. Alors la question était représenter les forces s'exerçant sur le système, Anthony propose ce schéma	
	E	Non mais (inaud.)	
	P	On la	

	E	On l'a représentée en pointillés	
	P	Non, pourquoi est-ce que vous l'avez mise en pointillés Anthony l'interaction entre le parachutiste et la Terre?	
	A	Parce que la Terre n'agit pas directement sur le parachutiste	
	P	Alors le sol agit directement mais la Terre on a l'habitude de la mettre en pointillés parce que c'est une interaction qui bon, est-ce que c'est le fait d'avoir les pieds sur Terre qui crée cette action?	
	E	Non	
	P	Non, on peut dire que c'est le centre de la Terre qui agit. Vous savez que normalement sur les flèche qu'est-ce qu'on met?	
	A	Ah oui	
	P	Vous ne l'oubliez pas hein, alors chut on répond en même temps aux deux dernières questions, pour faire le schéma des forces Anthony si je comprends bien, a dessiné des forces qui se compensent, alors Anthony pourquoi est-ce qu'elles se compensent d'après vous?	
	A	Bah parce que le parachutiste il est immobile	
	P	Voilà, tout le monde a bien écrit? L'ensemble parachute + parachutiste est immobile donc les forces se compensent, ce qui veut dire que vos schémas doivent être exacts et comporter 2 forces qui ont la même	
	E	Valeur	
36:15	P	Valeur, donc la même longueur sur le schéma, vu? Pas de problème pour cette situation là? Tibault, cette fois-ci on étudie toujours, on étudie pardon le parachute, non le parachutiste, bon évidemment là le parachute en général le parachute il est sur son dos, donc le parachutiste est dans l'avion en plein vol, dans quel référentiel le parachutiste est-il immobile Tibault?	
	T	Dans l'avion	
	P	Dans le référentiel avion. Alors quelqu'un de très de façon très pertinente a dit qu'il ne bouge pas dans l'avion, donc bon il attend son tour pour sauter, il est assis, moi je le rajouterai dans l'énoncé. Citez un référentiel dans lequel le parachutiste est en mvt, par rapport à l'aéroport très bien	
	E	La Terre	
37:28	P	Par rapport à la Terre, par rapport à la piste, par rapport au sol, tout ça de toute façon c'est un référentiel terrestre. Chut, vous arrêtez tous les 3, enfin, vous êtes vraiment impolis, vous êtes au tableau là, vous vous taisez, allez vous prenez votre place Tibault. Situation 3, le parachutiste saute de l'avion sans ouvrir son parachute. Faire un diagramme des interactions en prenant comme système d'étude toujours l'ensemble parachutiste parachute, alors c'est Julien qui a fait ça? Julien a représenté l'action de la Terre, êtes-vous d'accord, est-ce que quelqu'un a une autre idée? Oui	
	E	On pouvait rajouter l'air aussi	
38:00	P	Alors vous pouvez rajouter hein, quand même hein, c'est pas, c'est assez pertinent de rajouter l'air, pourquoi? vous pouvez en discuter mais quand même, tout au début il va sauter, il a tout de même la, quelle vitesse il a lorsqu'il saute par rapport à la Terre?	
	E	(inaud.)	
	P	(inaud.) après il va plus il va descendre il va acquérir une vitesse, il a pas de parachute, donc quand même il me semble assez pertinent de dire que l'air il exerce une action qu'on ne néglige pas. Si vous décidez que vous la trouvez négligeable à ce moment-là il faut le dire, vous dites bah voilà je ne m'occupe pas de l'action de l'air parce que je la pense négligeable, ça veut dire que vous y avez pensé et puis vous avez analysé en disant elle doit être négligeable	
	E	(inaud.)	
39:16	P	Non mais au moins montrez que vous y avez pensé. Alors, je pense qu'effectivement elle n'est pas négligeable. Alors liste des forces, action de la Terre, action de l'air, schéma des forces. Alors Julien d'après vous ces forces ne se compensent pas, pourquoi?	
	J	Parce qu'il accélère	

	P	Oui parce que sa vitesse	
	E	Augmente	
	P	Va augmenter, donc les forces ne se compensent pas, et justement hein Julien a représenté la force exercée par la Terre plus importante que la force exercée par l'air parce sa vitesse augmente et son mvt il est vers le bas, enfin c'est notre expérience aussi qui connaît ça. Alors effectivement Mathieu qu'est-ce que vous disiez?	
	Ma	(inaud.)	
40:34	P	Alors, s'il y a du vent l'action de l'air ne sera pas forcément verticale, mais dans la mesure où il a un mvt vertical, déjà de toute façon la force de frottement si vous voulez contre l'air, la force exercée par l'air, la force de frottement elle est bien comme celle qu'a représentée Julien, d'accord? Et puis il peut y avoir une force un peu plus inclinée si il y a du vent en plus. Vous pouvez aller à votre place. Dernière situation, le parachutiste ouvre son parachute. Faire un diagramme interactions en prenant maintenant comme système le parachute, alors en effet agissent la Terre, l'air et le parachute. Proposez un schéma des forces s'exerçant sur le système. Qu'est-ce que vous pensez, alors, qu'est-ce que vous pensez de ces des directions et des sens de ces forces? Est-ce que tout les monde les a représentées comme ça? Oui? Alors ces forces se compensent-elles? Quelle que soit votre réponse vous donnez vos arguments, Baptiste	
	B	J'ai répondu non parce que sa vitesse n'est pas rectiligne uniforme	
	P	Son mvt	
	B	Son mvt n'est pas	
	P	Voilà, on va admettre que il y a pas de vent hein, donc son mvt il va être rectiligne, bon vous pensez que le mvt n'est pas uniforme, d'après vous il est comment alors?	
	B	De toute façon s'il y a du vent, enfin ça dépend qu'est-ce qu'il fait, mais dès qu'il l'ouvre il va forcément balancer déjà	
	P	Oui, après, sa chute, comment va être la vitesse?	
	B	Ça freine	
	P	Tout au début ça freine, après?	
	B	Après ses forces se compensent	
	P	La vitesse augmente, il y a une phase où la vitesse augmente, dans ce cas comment, est-ce que les forces se compensent?	
	C	Non	
	P	Non, donc on peut dire phase 1 vitesse augmente, les forces ne se compensent pas, donc les forces ne se compensent pas. Alors là il a très bien représenté la force exercée par la Terre, la force exercée par le parachute puis la force exercée par l'air elle est assez petite hein sur le parachutiste. Bon mais de toute façon si j'ajoute celle-ci et celle-là ça ne se compensent pas, c'est clair? D'accord? Quels sont ceux qui ont représenté les choses comme ça? Oui.	
	E	(inaud.)	
43:18	P	Vous vous allez recopier ça ceux qui ne l'ont pas fait, attendez je, nous terminons. Ensuite, alors là c'est un petit peu délicat mais je pense que certains ont fait l'analyse donc on y vient quand même, si la vitesse n'a pas augmenté alors quand elle augmente qu'est-ce qui se passe pour ces forces-là?	
	E	Bah elles varient	
	P	Elles varient, lesquelles varient?	
	E	(inaud.)	
	P	Force exercée par le parachute et force exercée par l'air, vous savez que plus la vitesse est grande et plus elles vont être	
	E	Importantes	
	P	Importantes. Donc imaginez cette force-là elle ne change pas, ces deux-là augmentent, qu'est-ce qui va se passer à un moment?	
	E	Elles vont se compenser	
	P	Les forces vont se compenser. Si, oh oh, si à un instant donné les forces se compensent comment va devenir le mvt?	

	E	Rectiligne uniforme	
	P	Rectiligne uniforme, c'est à dire qu'il y a un instant où les forces se compensent donc tout se passe comme si rien n'agissait plus sur le parachutiste, à ce moment-là principe de l'inertie, il continue son mvt dans la même direction donc il garde un mvt rectiligne et avec la même vitesse donc son mvt est uniforme, donc à ce moment-là vous pouvez faire un 2ème schéma, alors que je vais appeler celui de la phase 2, phase 2 v a augmenté, F de T sur P et F de A sur P aussi, à un instant donné les forces se compensent. On va faire un schéma de ces forces, pour être tout à fait exact quelle est la force qui ne change pas par rapport à ici?	
	E	La Terre	
	P	La force exercée par la Terre, donc vous lui donnez la même valeur et puis vous représentez les 2 autres de telle sorte à ce que elles compensent, par exemple la force exercée par le parachute sur le parachutiste, la force de l'air sur le parachutiste, et on a dit alors que le mvt devient	
	E	Rectiligne uniforme	
	P	Le mvt devient alors rectiligne uniforme. Vous devez, je pense que chacun de vous a déjà fait soit quelque chose qui correspond à la phase 1 soit quelque chose qui correspond à la phase 2, vous recopiez ce que vous n'avez pas fait.	
	E	La force du parachute, le parachute a une masse et normalement il va entraîner le parachutiste vers le bas et il y a que l'air en fait qui fait une force vers le haut	
	Es	(inaud.)	
	P	La force exercée, attendez attendez, recommencez, le parachute est soumis à une force exercée par la Terre on est d'accord, mais nous on ne s'intéresse qu'au parachutiste, donc le parachutiste il est bien sous l'action du parachute	
	E	Sous l'action de l'air, en fait c'est l'air qui augmente c'est pas le parachute	
	P	Si, sur le parachutiste, sur le système parachutiste c'est l'action des comment ça s'appelle, des cordes des, qui qui augmente, donc c'est cette force-là qui augmente	
	E	(inaud.)	
	P	Si si absolument, après les autres raisons je suis d'accord avec vous mais si vous vous placez par rapport au système parachutiste la force qui augmente c'est la force exercée par le parachute sur le parachutiste, alors en plus, si vous voulez, quand le parachutiste descend l'air agit sur lui parce que le mvt est vers le bas donc l'air agit un petit peu sur le bonhomme mais à la limite vous pourrez assimiler ces deux-là, c'est pas ce que vous voyez? Qu'est-ce que vous voulez dire alors?	
48:05	E	Le parachute il a une masse donc c'est la force de la Terre en fait, ensuite c'est juste	
	P	Non mais la Terre c'est vrai mais cette force ne nous intéresse pas parce qu'elle ne s'exerce pas sur le parachutiste	
	E	Sur le parachutiste c'est pas le parachute qui le pousse vers le haut	
48:50	P	Si si parce que tout à l'heure par rapport à la situation précédente où il n'y avait pas de parachute, si vous coupez les cordes entre parachutiste et parachute l'action ne sera pas la même, donc c'est quand même le parachute c'est pas uniquement l'air hein. C'est bon? On peut passer à l'exercice 3? Allez exercice 3. Le curling est un jeu, Emmanuel et Nicolas, un jeu écossais qui remonte au 16ème siècle, Tibault je vous attends tous, Baptiste, on y joue sur une patinoire horizontale, ça pourrait être intéressant de souligner tous les mots qui sont importants pour l'exercice. Il s'agit d'atteindre une cible circulaire peinte sur la glace avec un palet de pierre muni d'une poignée, que l'on fait glisser sur la glace. La glace est balayée devant le palet pour en faciliter le glissement en éliminant les frottements, donc vous allez supposer qu'il n'y a pas de frottement entre la glace et le palet	3. Nature du mvt et application du principe d'inertie
	E	Il faudrait rectifier parce que si on est sur la glace il y aurait une petite épaisseur en plus	
	P	(inaud.)	
	E	Qu'il y aurait une épaisseur en plus sur la glace	
	P	Comment ça?	

	E	S'il y a une empreinte sur la glace, et bah ça c'est une épaisseur en plus	
	P	Ah, oh lala là vraiment vous exagérez	
	E'	(inaud.) la glace et le palet y a un problème?	
50:25	P	Et bah on va voir. Deux situations sont imaginées ci-dessous, chut, dans la situation 1 le joueur pousse le palet devant lui suivant une trajectoire rectiligne en le faisant ainsi passer de l'immobilité à une certaine vitesse de lancement, vitesse de lancement. Dans un référentiel terrestre le mvt du palet est-il rectiligne uniforme, le palet est-il ou non soumis à des forces qui se compensent? Dans la situation 2 le joueur lâche le palet qui poursuit alors sa trajectoire sur la glace. Le mvt du palet est alors rectiligne uniforme dans le même référentiel que précédemment. Dans ce référentiel le palet est-il soumis à des forces qui se compensent? Dernière question, dans le cas où les frottements sur la glace ne seraient plus négligeables, que deviendrait le mvt du palet? Pourquoi? Donc vous ne vous demandez pas si c'est possible ou pas, vous répondez aux questions telles qu'elles sont posées et quand même si on vous pose ces questions c'est qu'elles ne sont pas absurdes, alors peut-être que il serait pas possible d'avoir un mvt sans frottement sur 50 mètres mais sur l'espace de jeu c'est possible (inaud.) pas totalement impossible. Allez réfléchissez bien et répondez sérieusement aux questions	
52:28	C	Madame quand il passe de l'immobilité à une certaine vitesse c.à.d qu'il est immobile par rapport au référentiel terrestre?	
	P	Oui, avant qu'il commence (inaud.)	
	C	Oui et ensuite il le relance	
	P	Oui, il tape dedans pour lui donner une certaine vitesse	
	E	La vitesse elle augmente?	
	P	Oui oui absolument. On en rediscutera plus tard, allez avancez dans cet exercice, allez faites cet exercice Tibault allez.	
53:42	E	Par rapport à ça	
	P	Oui	
	E	Bah là ça sera rectiligne uniforme parce que dans la	
	P	Là ou là? Là?	
	E	Non dans la dernière	
	P	oui	
	E	Y aura des frottements donc ça va le ralentir	
	P	Oui et alors le mvt va être uniforme alors si ?	
	E	Non non uniforme	
54:14	P	Ah. Quoi, comme ça vous répondez aux questions? Il est où l'autre exercice?	
	E	Il est là mais je voudrai l'écrire correctement	
54:30	P	Et ça c'est la correction de la situation 4? Vous vous moquez du monde? C'est des flèches ça c'est pas c'est pas des forces, alors dépêchez-vous. Avant de sortir, pour demain, vous finissez cet exercice et vous faites l'exercice qui es noté en jaune sur le tableau, le numéro 24 page 242, et vous	

Classe 2 séance 7 (25/03/05)

Tps	Loc.	Discours	Thème
00:00 00:35	P	Du polycopié des derniers et l'exercice du livre. Les autorisations, vous, dernier délai mardi, vous mettez un gros, une grosse tâche sur votre cahier de texte, un gros nœud à votre mouchoir, un gros point dans votre main, tout ce que vous voulez mais on essaie après de ne plus parce que c'est chaque cours on perd du temps pour ça, c'est un petit peu dommage. Alors je vous rappelle que dans l'exercice 3 il s'agissait du jeu de curling, le curling est un jeu donc avec un palet sur la glace, ce palet a une poignée, la glace est balayée donc il n'y a pas de frottements sur la glace et on va étudier 2 phases de son mvt. Alors 1ère phase du mvt, le joueur pousse le palet devant lui suivant une trajectoire rectiligne, le faisant ainsi passer de l'immobilité à une certaine vitesse de lancement. Dans un référentiel terrestre le mvt du palet est-il rectiligne uniforme? Euh Steven	1. Nature du mvt, application du principe d'inertie et représentation des forces (correction exo)
	S	Euh non	
	P	Pourquoi?	
	S	Parce que le palet il accélère	
	P	Oui comment vous le savez?	
	S	Parce que la vitesse avant c'était à l'arrêt	
2:12	P	Voilà, au départ le palet il est à l'arrêt après il va prendre une certaine vitesse, donc le palet n'a pas un mvt rectiligne uniforme. Je vous rappelle que vous ne vous contentez pas de répondre non, vous dites sa vitesse augmente donc, ou bien le joueur lui donne de la vitesse donc le mvt n'est pas rectiligne uniforme. Le palet est-il donc soumis à des forces qui se compensent? Alexandre	
	A	Non parce que	
	P	Pourquoi? D'après quelle loi? Sur quoi vous appuyez-vous pour dire cela?	
	A	La loi de la	
	P	Oui quelle loi? Quel principe? Comment il s'appelle?	
	A	Inertie	
3:21	P	Principe de l'inertie, ce serait bien que tout le monde ait écrit quelque part d'après le principe de l'inertie, ça vous permet de vous souvenir du nom de cette loi, de ce principe, d'après le principe de l'inertie si la vitesse augmente les forces ne se compensent pas. 2ème question, situation 2, le joueur lâche le palet qui poursuit alors sa trajectoire sur la glace, le mvt du palet est alors rectiligne uniforme dans le même référentiel que précédemment. Dans ce référentiel le palet est-il soumis à des forces qui se compensent? Nicolas Coprell	
	N	Non les forces ne se compensent pas (inaud.)	
	P	Vous avez lu ce qui est écrit dans la situation 2 là, ce que je viens de dire?	
	N	Si la trajectoire du palet est rectiligne uniforme alors les forces se compensent	
4:25	P	Voilà, alors c'est pas la trajectoire c'est le mvt qui est rectiligne uniforme, la trajectoire elle est rectiligne mais c'est un mvt un mvt qu'on qualifie de rectiligne uniforme, si le mvt est rectiligne uniforme c'est que les forces se compensent. Ça ne vous était pas demandé mais Nicolas vous allez passer au tableau représenter ces forces, les forces qui s'exercent sur le palet. Les autres vous allez le recopier, vous le faites en même temps que lui, vous le faites et puis vous corrigerez si si ça ne va pas. Alors vous allez représenter peut-être la glace et puis le palet par son, la glace, la surface de la glace, et un point représentant le palet que vous allez appeler P. Attendez attendez, qu'est-ce que c'est que cette flèche là?	
	N	En fait c'est une force	
	P	Alors vous effacez ça, je vous demande de représenter la surface de la glace, un point qui représente le palet P, ensuite là-bas à droite vous allez faire la liste la liste des forces qui s'exercent sur le palet. Dans votre tête vous faites un petit diagramme interactions, quels sont les objets qui agissent sur le palet?	
	E	La glace et la Terre	

	P	La glace et la Terre, bon, alors donc maintenant quelles sont les forces? La force exercée par la glace, la force exercée par la Terre, att att att, comment représente-t-on les forces?	
	N	Bah par des flèches	
	P	Qui partent d'où?	
	N	Du palet	
7:29	P	Vous avez représenté le palet par un point P là-haut, bien, voilà, on a dit que les forces se compensent donc elles ont la même longueur, voilà, tout le monde est d'accord? La force exercée par la Terre sur le palet vous connaissez elle est verticale vers le bas puisque la glace est horizontale donc le poids est perpendiculaire hein la force exercée par la Terre est perpendiculaire à la glace, et l'autre force, puisque les forces se compensent bah la force exercée par la glace elle est de même direction, de même valeur mais de sens contraire à la force exercée par la Terre sur la glace, d'accord? Alors dernière question, dans le cas où les frottements sur la glace ne seraient plus négligeables que deviendrait le mvt du palet? Pourquoi? Qui est-ce qui nous répond, Julien?	
	J	Bah le mvt du palet il serait plus rectiligne uniforme	
	P	Oui	
	J	Parce que parce que il y a les frottements de la glace, il y a une force supplémentaire	
8:30	P	Voilà, car une force supplémentaire s'exerce sur le palet. Vous corrigez? Vous avez écrit tout ça? Dans le cas où il y a les frottements le mvt du palet n'est plus rectiligne uniforme parce qu'il y a une force qui s'ajoute aux autres. Julien vous allez passer au tableau et vous allez reprendre le schéma de Nicolas avec cette nouvelle force, allez. Vous venez dire il y a une nouvelle force qui s'exerce, la force de frottement, alors représentez-la, prenez des craies de couleur et puis montrez-la sur le schéma. Les autres vous recopiez complètement le schéma, donc les mêmes forces que tout à l'heure et en plus	
	J	En plus (inaud.)	
	P	Alors bon admettons que le mvt de l'objet du palet soit vers la droite, mettez une flèche, un peu, non non non non en dessous pour montrer et dessous vous mettez sens du mvt, montrez, voilà simplement pour monter, vous marquez sens du mvt. Alors le problème est nous voulons représenter la force, l'action de la glace mais l'action qui résiste à l'avancement. Vous savez que la glace elle agit en empêchant le palet de s'enfoncer, c'est la force F de G sur T, mais y en a une autre qui est la force de frottement, alors oui je vous écoute	
	J	Elle est vers la gauche	
	P	Très bien, elle est dans le sens contraire au mvt. Et bah vous allez appelez G le P aussi , G sur P, vous pouvez aller à votre place, alors on va l'appeler F' parce que ce serait quand même gênant qu'il y ait deux forces qui aient le même nom hein, et donc cette force là, la force de la glace sur le palet que j'appelle F', donc qu'est-ce qu'elle, elle rend compte de quoi, elle représente quoi?	
	E	Les frottements	
	P	Voilà représente les frottements. Donc vous voyez que cette force est dans la direction du mvt et dans le sens contraire, tout le monde me suit? Direction c'est à dire qu'elle est bien horizontale comme le mvt et de sens contraire puisque le mvt étant vers notre droite, surtout vous écrivez bien ça aussi hein parce que c'est ce qui justifie le sens de cette force là. Oui qu'est-ce qu'il y a	
	N	C'est juste pour savoir comment (inaud.), si les forces elles s'équilibrent	
	P	Si ces deux forces s'équilibrent?	
	N	oui	
	P	Le principe de l'inertie vous dit que si les forces se compensent en fait rien ne change, si le palet est immobile, les forces se compensent il reste immobile, mais là le joueur a lancé le palet, il lui a donné une certaine vitesse, donc quand le palet est sur la glace sans frottements les deux forces se compensent donc rien ne change, le palet continue son mvt avec la vitesse que lui a donnée le joueur au moment où il l'a lâché, voyez? Les forces qui se compensent, ce que dit Nicolas est très intéressant puisque les forces qui se compensent on a tendance à s'imaginer qu'il y a immobilité, non, simplement tout se passe	

12:23		comme si rien n'agissait donc tout continue comme avant, si l'objet était immobile il reste immobile, s'il avait une vitesse il garde cette vitesse et il continue tout droit. Si vous arrêtiez de vous laisser distraire Clément par ce petit jouet. Oui	
	E	Je voulais savoir ça représente quoi exactement la (inaud.) en dessous de la flèche?	
13:46	P	Ça? C'est un prime, c'est simplement pour ne pas donner le même nom aux deux forces qui sont exercées par la glace, je veux pas leur donner le même nom, donc je mets de la glace sur le palet dans les 2 cas, y en une que j'appelle F, l'autre que j'appelle F', d'accord? Donc en réalité comment je pourrai représenter la force la force exercée par la glace? Quand il y a pas de frottements c'est celle-ci, et quand il y a des frottements c'est celle-ci ainsi que celle-ci, je pourrai très bien représenter cette force en fait par une force qui serait celle-là, qui serait ce qu'on appelle la somme vectorielle qui résulte des 2 autres, d'accord? Ça c'est donc la force exercée par la glace, vous pouvez recopier ce que je fais mais alors mettez bien des couleurs comme moi hein, résultant des 2 autres, c'est ce qu'on appelle la résultante. Oui	
	E	(inaud.)	
	P	Non, cette longueur-là est égale à celle-ci puisque le mvt est horizontal donc verticalement y a pas de de mvt, ces 2 forces se compensent, celle-ci on ne sait pas du tout quelle est sa longueur	
	E	(inaud.)	
	P	Ah oui elle non, c'est la diagonale du parallélogramme	
	E	J'ai pas compris ce que c'était la flèche rouge	
	P	La flèche rouge elle équivaut à cette flèche-là avec cette flèche-là, c'est ce qu'on appelle la résultante, en math c'est ce qu'on appelle la somme de 2 vecteurs, vous n'avez pas encore fait des sommes	
	E	Si	
15:25	P	Si? Et bah alors? La somme, donc l'action de la glace c'est résister à l'enfoncement du palet et résister aussi à son avancement, ce sont donc ces 2 forces, on peut dire que la force exercée par la glace en fait c'est cette force-là, c'est le résultat de ces 2 là, c'est la somme vectorielle des 2 autres. Donc voyez ça veut dire que l'action de la glace, quand il y a pas de frottements elle est perpendiculaire à la glace mais il y a des frottements, l'action on la représente par une seule force, elle n'est plus perpendiculaire à la glace. Avez-vous des questions là-dessus avant qu'on passe à l'autre exercice, à l'exercice du livre? Ça va? Alors on passe à l'exercice 24. On dispose d'une table horizontale recouverte d'une feuille de papier sur laquelle des mobiles se déplacent sur coussins d'air sans frottements, donc je ne vais pas (inaud.) je vais me retrouver à un moment ou un autre cette année ou l'année prochaine, en fait les solides il ont (inaud.), imaginez ça c'est un solide et puis il y a des petits tuyaux en dessous avec un petit moteur qui font un petit coussin d'air donc y a pas de frottements sur le sol, c'est pas en lévitation hein	2. Différentes notion de cinématique et de dynamique (Référentiel, nature du mvt, compensation des forces, calcul d'une vitesse, influence de la masse) (correction exo)
	E	C'est comme un aéroglisseur	
	P	Mais voilà c'est comme un aéroglisseur, il n'y a pas de frottements. A intervalles de temps réguliers le centre de la base de chaque mobile marque sa position sur la feuille de papier. Deux mobiles 1 et 2 de masses m1 0,710 kg et m2 1,70 kg sont séparés par un ressort et reliés par un fil. Au départ ces mobiles sont placés sur la table et ils sont immobiles. Le fil est brûlé, le ressort se détend, les 2 mobiles se séparent sous l'action du ressort. On admettra que les forces exercées par le ressort sur chacun des mobiles ont la même valeur. Les positions respectives des axes des mobiles sont enregistrées par un	

		marquage à intervalles de temps réguliers qui sont 60 ms. Dans quel référentiel étudie-t-on le mvt des mobiles? Marlène	
	M	On l'étudie dans le référentiel de la table	
17:48	P	Voilà, référentiel la table, certains ont écrit autre chose? Terrestre hein puisque la table elle est immobile par rapport à la Terre, on peut dire la table, le laboratoire, la Terre. Montrez que leurs mvt de translation sont rectilignes et uniformes, euh Tommy comment vous faites pour montrer que le mvt est rectiligne	
	T	Euh si	
	P	Oui, si	
	T	Si la trajectoire est droite	
	P	Si la trajectoire est une droite, donc quelque part vous avez dû écrire la les trajectoires sont bien des droites. Comment faites-vous pour montrer que c'est uniforme?	
	T	Bah on vérifie si la vitesse est constante	
	P	Et alors à quoi vous voyez ça?	
	T	La vitesse entre les points, chaque point	
	P	Oui mais là la vitesse on l'a pas, ce qu'on a ce sont les positions, alors	
	E	(inaud.)	
19:13	P	Voilà, on mesure la distance entre 2 points successifs sur la trajectoire numéro 1, pareil sur la trajectoire numéro 2, et on constate qu'effectivement cet écart est constant. Donc vous avez dû noter quelque part les trajectoires sont rectilignes, si vous écrivez que les vitesses sont constantes moi je vous dis à quoi vous voyez ça? C'est pas un argument, les vitesses elles sont nulle part, donc il faut partir de ce que vous connaissez c.à.d l'écart entre 2 points successifs est constant sur chaque trajectoire. Les forces exercées sur le mobile 1 se compensent-elles pendant le mvt Noé?	
	N	Bah oui, la vitesse est constante et le mvt rectiligne	
	P	Voilà, le mvt est rectiligne uniforme donc c'est vrai. Calculez les valeurs des vitesse v1 et v2 des 2 mobiles, alors comment avez-vous fait? Arthur, comment avez-vous fait pour calculer ces vitesses? Vous avez trouvé combien pour v1? Vous ne l'avez pas fait Arthur?	
	A	Si mais j'ai pas fait le calcul	
	P	Ah bah vous avez pas fait le calcul, qu'est-ce qui était demandé? Et vous avez fait quoi alors?	
	A	(inaud.)	
	P	Ah bah non bien sûr, ah bah ça je vous crois oui, hélas! Mathieu vous l'avez fait?	
	Ma	Oui	
	P	Bah vous passez au tableau nous faire, nous écrire vos calculs? Alors mettez-vous là-bas à gauche. Nicolas tournez-vous. Il y a un e à mobile, allez.	
	Ma	Et bah on prend, on mesure l'écart qui est entre 2 intervalles	
	P	C'est quoi entre 2 intervalles?	
	Ma	Et bah 2 marquages	
	P	Oui, alors théoriquement est-ce qu'on prend entre deux?	
	E	Non, (inaud.)	
	P	On prend de part et d'autre d'un point. Alors là si vous faites ça ça va être juste quand même, pourquoi?	
	Ma	Parce que le mvt est uniforme	
	P	Parce que le mvt est uniforme, mais méfiez-vous hein parce que normalement c'est pas comme ça qu'on fait hein. Alors allez-y vous avez trouvé v1 égale, montrez-nous votre calcul	
	Ma	Avec les unités ou pas?	
	P	Ah bah oui oui oui, ah non non on n'écrit pas les unités dans, on met en unités légales, 8 fois, oui ça aurait été mieux si vous aviez écrit 8 fois 10 puissance moins 3 sur, parce que voyez vous écriviez 8 fois 10 moins 3 sur 60 fois 10 moins 3, y a 10 moins 3 qui s'élimine hein, et oui, alors ça fait combien ça? Voilà 0,13 0,14 m/s, qui trouve ça? Quoi? Vous ne trouvez pas ça? Qui trouve ça? Cindy vous trouvez quoi?	

	C	En fait j'avais pas fait le calcul parce que je me suis trompée dans les unités, le calcul il est faux	
	P	Steven vous trouvez quoi?	
	S	J'ai pas fait le d	
	P	Pardon?	
	S	J'ai pas fait le d	
	P	Et pourquoi vous n'avez pas fait le d?	
	S	Je ne sais pas	
	P	Bah faudrait le savoir parce que moi je ne comprends pas très bien là, Noé	
	N	Moi je me suis trompé dans les unités	
	P	Dans?	
	N	Les unités	
	P	Ah. Tristan, vous trouvez ça, Julien	
	J	Je me suis trompé	
	P	Où?	
	J	J'ai (inaud.)	
23:12	P	Bon, dites donc, c'est pas normal ça hein, parce que c'est pas compliqué de calculer une vitesse hein, faut que je vous en remette au prochain devoir?	
	Es	Non	
	P	Et ben si, et ben si, faut que vous sachiez faire hein. Allez, le 2ème ne refaites pas les détails, vous avez trouvé combien? v2 égale, bon moi j'ai trouvé un petit peu plus, j'ai trouvé 0,089, non vous mettez égal parce que c'est ce que vous avez calculé, voilà vous pouvez aller à votre place. Ceux qui l'ont fait vous trouvez comme lui ou comme moi?	
	Es	Comme lui	
24:15	P	Comme lui? Bon . Alors, je vous rappelle que les solides sont liés par deux fils et le ressort qui est comprimé, on coupe le fil, qu'est-ce qui se passe? Le ressort se détend, les deux objets filent chacun de leur côté hein, le solide 1 file avec une, tout de suite il va avoir un mvt rectiligne uniforme avec une vitesse de 0,13 m/s, et le solide 2 avec 0,083 m/s et on vous demande que peut-on dire de l'influence de la masse des mobiles sur la vitesse après la séparation, Quentin	
	Q	Et bah dans les données on voit que le mobile 2 est plus lourd que le mobile 1 et on constate que le mobile 1 va plus vite que le mobile 2 et donc on déduit que le poids influe sur la vitesse	
	P	Le poids, le poids?	
	Es	La masse	
	P	La masse	
	Q	La masse influe sur la vitesse de	
	P	Influe sur la, voilà sur la modification du mvt, ça vous rappelle quelle expérience ça?	
	E	La balle de ping-pong	
27:15	P	Avec les balles de ping-pong sur lesquelles on soufflait hein. Au moment où on coupe le fil on vous dit le ressort il exerce la même force sur les deux solides, le 1 et le 2, et le 1 il a une masse plus petite et bien il part avec une vitesse plus grande. Alors dans la correction il faut bien que vous écriviez au moment de la séparation le ressort exerce la même force parce que sinon on pourrait pas réfléchir, au moment de la séparation le ressort, correction à moins que vous ayez écrit ça, au moment de la séparation le ressort exerce la même force sur les deux solides, on constate que le solide 1 plus léger part avec une vitesse supérieure à celle du solide 2 plus lourd, on retrouve hein l'influence de la masse sur le mvt, le mvt est plus modifié pour le solide le plus léger. Alors on va terminer avec l'exercice de la page précédente qui s'appelle le numéro 22, attendez un instant, le 22 je vous signale qu'il y a des, il y a des choses derrière hein,	3. Caractérisation du mvt et application du principe d'inertie (exo)
	E	Madame, la formule là c'est	
	P	Comme d'habitude	

	E	C'est v=d/t?	
	P	Oui c'est à dire on mesure, 2d normalement, on mesure cette distance là par exemple et on la divise par 2 intervalles de temps, allez silence complet pour lire l'énoncé du numéro 20	
	E	20?	
30:30	P	22, 22. Allez vous avez repéré? Il y a des questions des 2 côtés de la page hein, de la feuille (…). Faut mettre distance entre 2 points, parce que distance entre chaque point ça veut pas dire grand chose hein, la distance c'est entre 2 points	
31:34	E	(inaud.)	
	P	Oui ça demande une lecture de l'énoncé un petit peu fine	
31:55	E	Madame, en fait là dans le 2, la vitesse elle est quand même différente	
	P	La vitesse n'est pas constante oui	
	E	N'est pas constante? Mais là en fait elle lance, les forces se compensent, c'est quand il touche le fond?	
	P	Est-ce qu'elle n'est jamais constante? Vous avez fait des mesures ou vous avez juste regardé à l'œil comme ça?	
	E	Non j'ai calculé, j'ai calculé la 1ère	
	P	Mesuré pas calculé, ah la 1ère et la dernière est-ce que ça suffit?	
	E'	Les 3 dernières elles sont pas (inaud.)	
	P	Peut-être que c'est pas suffisant votre analyse	
32:31	E"	Madame (inaud.)	
	P	Sur toutes les? Oui, oui mais on peut faire aussi une analyse fine c'est à dire qu'on peut distinguer plusieurs parties par exemple dans la trajectoire	
	E"	(inaud.)	
	P	Hein? On vous dit pas uniquement de comparer la 1ère et la dernière vitesse	
	E	(inaud.) si si	
33:10 33:34 34:00	P	La question est décrire le mvt, donc s'il y a plusieurs parties dans le mvt il faut aussi les décrire hein, on vous demande pas comparer la 1ère vitesse et la dernière, il faut faire un peu plus que ça. Qu'est-ce que vous avez écrit? C'est pas vous n'avez pas calculé vous avez mesuré. Alors à partir de quel?	
	E	(inaud.)	
	P	Oui je crois hein, ça sera à partir du 4ème ouais	
34:22	E	Madame, la hauteur, le 17 cm (inaud.)	
	P	Oui	
	E	C'est pas la hauteur de (inaud.)	
	P	Non, c'est pas indiqué? Oui ça manque sur le, non séparant les 2 repères	
	E	C'est bien donc 17 cm?	
	P	Oui oui oui c'est ça, oui oui	
34:54	E	Ça commence au 3ème plutôt	
	P	Non le 3ème c'est un petit peu juste je crois	
	E'	4ème	
	P	Bah vous voyez ça quoi à l'œil comme ça?	
	E'	Non en mesurant	
	P	Ah bon, alors allez-y Jean-David, vous mesurez	
35:08	E	Madame	
	P	Oui	
	E	Le mvt il est uniforme jusqu'à là et ensuite il est plus uniforme	
	P	Au début il est uniforme?	
	E	Oui	
	P	Vous trouvez les mêmes distances là là et là?	
	E	Oui, en fait à partir d'ici, après il est uniforme	
	P	Voilà, et avant?	
	E	Avant non	
	P	Non voilà c'est ça oui	
	E'	On prend la vitesse à la 4ème alors	

35:39 36:02	P	Oui, je pense à la 4ème on peut y aller. C'est pas correct de répondre un bout de phrase comme ça, il doit y avoir une proposition principale pour que ça soit compréhensible, pour avoir plus de précision ça veut dire quoi ça? Hein c'est un morceau de phrase, c'est pas complet. A partir de la 7ème position vous avez trouvé? Ah bon, vous n'avez pas trouvé avant? Comment avez-vous vu ça?	
	E	Bah à vue d'œil	
	P	A vue d'œil ah, c'est suffisant ça?	
	E	non	
	P	Alors qu'est-ce qu'il faudrait faire?	
	E	Mesurer	
	P	voilà	
36:30	E	Madame	
	P	Oui	
	E	Il faut mesurer la vitesse dans le c ou pas?	
	P	Les vitesses ça ne se mesure pas	
	E	Bah je veux dire calculer	
	P	Vous êtes dans quelle question là?	
	E'	Euh c	
	P	Ah, non on vous demande pas de calculer la vitesse	
	E	On appellera (inaud.)	
	P	Oui voilà, en fait cette phrase là elle introduit la question suivante, parce que vous allez voir dans la question suivante il va être question de cette vitesse hein. Allez, c'est toujours vrai ça? Non, est-ce que c'est toujours vrai? Le mvt n'est nulle part? Vous avez mesuré toutes les distances entre 2 points?	
	E'	(inaud.)	
	P	Oui alors au début l'écart comment il évolue?	
	E'	Au début c'est le même	
38:08	P	Oh, je n'en ai pas l'impression. Alors faut que vous cherchiez à partir de quand l'écart est le même c'est à dire que votre mvt, est-ce qu'on peut dire qu'il n'est jamais uniforme tel que vous l'avez écrit là? Alors mvt rectiligne non uniforme et vous allez dire jusqu'où et puis après vous allez parler de la 2ème phase. Alors vous en êtes où là? Allez lisez bien, ça demande un peu une lecture un peu soignée	
38:17	JD	Là je ne comprends pas trop le tableau là	
	P	Qu'est-ce qu'il représente? C'est quoi petit d? Que représente petit d?	
	JD	d bah c'est c'est le diamètre de la bille	
	P	Voilà, donc on a fait un essai avec, bon ça y est allez, ça y est c'est fini, bon, et Michael se tait, c'était bien jusque là on vous avait pas entendu Michael, c'était parfait on continue. Donc on a fait des essais avec 5 billes différentes hein, qu'est-ce que	
	JD	(inaud.)	
	P	Non regardez, on mesure 5 billes d'acier sont lâchées dans l'éprouvette, la durée t mise pour parcourir la hauteur h	
	JD	Ah oui d'accord oui parce qu'il y a 3 essais	
	P	Séparant les 2 repères, voilà	
	JD	Là c'est les (inaud.) 2 et 3	
	P	Et ce sont les temps qu'on a mesuré pour passer de où à où?	
	JD	Pour chaque essai	
	P	Oui pour chaque essai	
	JD	De là à là, non, de la vitesse limite à	
	P	La durée t mise pour parcourir la hauteur h	
	JD	17 cm	
	P	Oui ensuite	
	JD	Entre les 2 repères	
	P	Voilà, hein voyez on n'a pris des repères que sur la zone où on sait que le mvt	

		est uniforme, donc ici	
	JD	D'accord	
	P	Et on a mesuré 3 fois la durée du parcours repère 1 repère 2 pour chaque bille, finalement Jean-David il est pas si compliqué ce tableau	
	JD	Ouais mais (inaud.)	
		Ah non mais écoutez vous ne pouvez pas décider, il est pas difficile, bon alors, c'est ça qui est important	
40:13	E	La vitesse elle est à 100 cm/s?	
	P	Comment vous l'avez calculée?	
	E	La moyenne	
	P	Ah mais c'est pas une moyenne de vitesse le 3,27 que vous avez trouvé, c'est une moyenne de quoi?	
	E	De temps	
40:40	P	C'est une moyenne de vitesse que vous avez trouvé là? Dans le petit b là on vous demande une vitesse moyenne hein, c'est ça? Alors qu'est-ce que vous avez mis? Donc pour la bille de diamètre 3 mm	
	C	En fait on a fait la moyenne de ce que, c'est à dire on a pris la colonne on a pris les 3 puis on additionné et divisé par 3	
	P	Voilà, ça vous donne la vitesse ça?	
	C	Euh non ça nous donne le temps	
	P	Et bah oui ça vous donne le temps moyen de parcours, qu'est-ce qu'on vous demande?	
	C	La distance, non la vitesse	
41:32 42:03	P	La vitesse, alors vous rajoutez une ligne à votre tableau hein. Oh oh ne vous laissez pas aller, c'est pas encore l'heure, vous pouvez tenir une heure quand même, lisez bien l'énoncé. Pas d'unités là? Ah bon. Vous n'êtes pas assez attentifs, je vous tous faire la même erreur là qui est une erreur que vous ne devriez pas faire, c'est pas parce que ça fait 45 minutes ou 50 que vous êtes là que il faut commencer à vous relâcher. Alors, une grandeur en physique c'est toujours accompagné d'une unité, vous allez voir en écrivant l'unité ça va vous permettre de vous interroger sur ce que vous êtes en train de faire, qu'est-ce que je cherche, qu'est-ce qu'on me demande?	
	E	(inaud.)	
	P	Il est pas difficile celui-là, il demande une bonne lecture de texte hein, non il demande surtout de la lecture de l'énoncé parce qu'au niveau du contenu il n'est pas très compliqué. Ah, et les unités? Par contre c'est bien là. Bon alors et pourquoi là il y a deux chiffres significatifs et là il n'y en a plus qu'un? Il y a une raison à ça?	
	E	Non non c'est que je l'ai fait trop vite	
43:45 44:03	P	Bon alors faites attention à ce genre de choses, vous aussi regardez là vous mettez deux chiffres significatifs, là dans vos résultats il doit y avoir deux, deux chiffres significatifs hein, et puis c'est pas ça qu'on vous, ah oui, ça aurait été plus astucieux de calculer d'abord le temps moyen, au lieu de faire 3 calculs de vitesse et de faire une vitesse moyenne vous cherchez le temps moyen puis on va faire un seul calcul de vitesse, mais c'est pas faux. Vous avez répondu à la question b vous croyez? Je voudrai que on s'arrête, tout le monde s'arrête là. Nous allons corriger les 1ères questions parce que je vois beaucoup d'erreurs donc j'aimerai bien qu'on revienne un petit peu sur certains points. 1ère question donc je ne relis pas l'énoncé il est tout frais dans votre tête, dans quel référentiel étudie-t-on le mvt de la bille Jérémy?	
	J	Dans le référentiel terrestre	
	P	Référentiel terrestre. Arthur, décrire le mvt de la bille dans ce référentiel	
	J	Mvt rectiligne	
	P	Il est rectiligne, ensuite	
	J	Euh il est non uniforme	
	P	Est-ce qu'il est toujours non uniforme?	

	E	A partir du 4 il est uniforme	
	P	Alors, au début n'est pas uniforme puis ensuite il le devient, ça doit être écrit ça, vous évitez d'aller trop vite et vous ne répondez pas il n'est pas uniforme comme ça sans avoir fait aucune mesure. A partir de quelle position peut-on dire que les forces qui agissent sur la bille se compensent? Cindy	
	C	On peut dire que les forces se compensent à partir de la $4^{ème}$, entre la $4^{ème}$ et la $5^{ème}$ position de la bille	
	P	Pourquoi?	
	C	Parce que la distance entre les points est égale	
		Oui parce qu'alors le mvt est uniforme, et à quoi le voyez-vous? Au fait que la distance entre 2 points successifs est toujours la même hein, mais voyez on vous demande si les forces se compensent, pour dire si les forces se compensent ou non à quoi vous faites appel? Au principe de l'inertie, or vous pouvez dire que les forces se compensent pourquoi? Parce que le mvt est uniforme, il faut que vous disiez hein que à partir de la position 4 le mvt est uniforme, vous me suivez bien pour votre argumentation, à partir de la position 4 le mvt est uniforme, donc d'après le principe de l'inertie les forces se compensent, il faut que vous disiez quel lien vous faites pour parler des forces. Vous avez une photographie, on vous demande est-ce que les forces se compensent, comment vous passez de l'un à l'autre? Vous trouvez que les forces se compensent avec le principe de l'inertie, comment? En vous disant est-ce que le mvt est uniforme? Le mvt est rectiligne uniforme, ça je le vois sur la photo, je le mesure, et j'en déduis grâce au principe de l'inertie que les forces se compensent, donc dans votre réponse vous devez dire que vous vous êtes appuyés sur le principe de l'inertie parce que c'est ce qui vous a fait faire la relation. Pierrick, Xavier, vous avez cité le principe d'inertie dans votre réponse à la question 1c?	
	E	Oui	
47:11	P	C'est bien. Est-ce que vous voyez que ce qu'on vous demande c'est très rigoureux, vous ne faites pas de liens trop rapides. Ensuite, alors là j'en reviens sur ce que je vois sur vos feuilles. 5 billes d'acier donc de diamètres différents ont été lâchées dans l'éprouvette, et alors on a fait la mesure du temps de parcours entre le repère 1 et le repère 2, tout le monde a compris ça, cette hauteur entre le repère 1 et le repère 2 elle s'appelle h et dans le tableau on vous donne les résultats des mesures pour 5 billes différentes et pour chaque bille on a fait 3 essais, ça y est? Je crois que tout le monde a compris ce tableau maintenant. Petit a pourquoi faut-il effectuer plusieurs essais?	
	E	Parce que la vitesse varie légèrement donc il faut faire la moyenne	
	P	Est-ce que vous croyez que c'est pour ça?	
	E	(inaud.)	
	P	Parce que on va faire un calcul de vitesse, Cindy	
	C	Pour avoir la moyenne des résultats, avoir le résultat le plus proche possible	
	P	Si vous faites des mesures est-ce que vous pouvez toujours être sûr que chacune de vos mesures est parfaite?	
	Es	Non	
	P	Non, c'est normal, vous faites des erreurs de lecture, des petites erreurs au moment où passe la bille etc., donc on ne tire jamais un résultat définitif d'une seule mesure, il faut toujours faire au moins 3 mesures pour faire une moyenne et être sûr, avoir un résultat le plus sûr possible. Ensuite déterminez pour chacune des 5 billes une valeur moyenne de sa vitesse limite, je voudrai que chacun regarde ce qu'il a fait et je voudrai que chacun s'assure qu'il a calculé une vitesse et en plus une vitesse moyenne. Quelle est l'unité d'une vitesse Xavier? Quelle est l'unité d'une vitesse?	
	E	m/s	
	P	Mètre seconde moins 1, chacun regarde parce que moi sur plein de feuilles je vois des temps moyens je ne vois pas des vitesses moyennes	
	E	Si c'est en cm/s c'est bon?	
	P	Non non non, l'unité légale c'est le	
	E	m/s	

	P	m/s. Vous terminez ça pour jeudi, c'est entendu? Jeudi, et jeudi euh mardi vous avez votre cours de chimie	

ANNEXE 7 : TRANSCRIPTIONS CLASSE 3

Classe 3 séance 1 (16/5/06_1)

Tps	Loc.	Discours	Thème
00:00 00:51 1:57	P	Plusieurs situations pour dire quoi? Pour dire une chose très importante, que la partie causale en mécanique, c.à.d on a la cinématique on va faire une étude mathématique, ok? Mais la partie causale c.à.d pourquoi on a ce nature, cette nature du mvt? Pourquoi on a ce mvt? C'est une partie pour la plupart conceptuelle, c.à.d quoi conceptuelle? C.à.d, Fadi, c.à.d on propose une idée, on propose une théorie, on fait les expériences, si les expériences, les résultats obtenus par les expériences sont valables avec la théorie alors dans ce cas on dit cette théorie jusqu'à maintenant c'est valable sinon il faut changer cette théorie. (bruit dans la classe) chut écoutez, bien, alors on a la partie causale, on a un phénomène la chute des corps, Newton pour interpréter il a proposé une idée, c'est une idée conceptuelle, c.à.d la force ce n'est pas un être, n'existe pas la force, c'est une idée conceptuelle intellectuelle pour interpréter un phénomène, alors la force gravitationnelle ok c'est une idée pour interpréter le phénomène, maintenant si cette idée est valable avec les expériences devient une loi ok, une loi valable. Avec le temps il y a plusieurs lois dans les sciences ok, qu'ils qu'elles étiont valables et maintenant elles ne sont pas ok? Pour cela, pour cela on a le mot conceptuel, on va voir dans les définitions qu'on écrit par exemple la force est un concept, c.à.d c'est une idée pour interpréter quelque chose naturel. Maintenant on va étudier cette loi la loi gravitationnelle, on a vu la forme mathématique $F = \frac{G.M_A \times M_B}{d^2}$, maintenant on va calculer à part, supposons que B la Terre (dessine la Terre et un point A) c'est la Terre, ok? Et on a un corps A qui possède une masse M_A, on va calculer maintenant seulement, on va calculer maintenant (efface la formule et réécrit $F = M_A \times \frac{G \times M_B}{d^2}$ et entoure le 2ème facteur) seulement ça, pourquoi on va calculer ça à part? car ici c'est la masse de la Terre, ok ne change pas, ici c'est la constante, et on suppose que ici c'est le rayon de la Terre (le d), ok? Qui en moyenne c'est 6400 km	Introduction de la séance 1. Introduction de la loi d'interaction gravitationnelle
	E	Donc elle est toute constante	
4:11	P	Voilà, pour cela on va calculer ça, si on fait le calcul on trouve que ça égal à g, donc je répète, si on fait le calcul de ça c.à.d G fois la masse de la Terre sur le rayon de la Terre au carré dans le système SI, on trouve que ce rapport égal toujours à g, g c'est la constante de gravitation qui est en N/kg, pour cela le poids sur la Terre, ok, ou bien la force gravitationnelle s'écrit sous cette forme aussi $F = m \times g$, donc je répète, si on fait calculer ça on trouve que la valeur ici égale à g, $F = m \times g$ donc le poids c.à.d la force gravitationnelle m_A (écrit $P = F = m_A \times g$), ok? g maintenant dépend de quoi? regardez bien, dépend de la masse de la Terre c.à.d de la masse de la planète, si la masse de la planète augmente alors g sur la planète augmente, si la distance augmente alors comment varie?	Imbrication 1a: Facteurs dont dépend g
	E	Diminue	
	P	Diminue, inversement?	
	Es	Proportionnelle	
	P	Au carré de la distance	
	E	g ne change pas	
	P	Non, mais on a dit de quoi dépend g? on a pris que g est une constante, maintenant on sait c'est quoi g, g c'est le rapport entre la masse de la Terre par la constante gravitationnelle	

	E	Non je parle de grand G	
	P	Oui G constante, maintenant avec l'altitude, l'altitude c'est la hauteur ok? (dessine une flèche entre A et la surface de la Terre) avec l'altitude g diminue c.à.d g sur l'équateur et on a g sur pôle nord ou pôle sud, vous savez que la forme de la Terre comment?	
	Es	Ovale	
	P	Ovale voilà	
	E	Comme un oeuf	
	P	Pour cela, non ce n'est pas comme un œuf non, ovale, ok? et aux pôles c'est un peu aplati au pôles, bien maintenant voilà le centre de la Terre, ok, si ça c'est d_1 (dessine les rayons), ne suivez pas le dessin, et d_2, est-ce que d_1 est égale à d_2?	
	E	Oui	
	P	Mais la forme de la Terre c'est comme ça (dessine un oval), presque comme ça avec bien sûr	
	Es	Non	
6:36	P	Donc (dessine les 2 distances dans l'oval), donc la surface de la Terre au pôle sud ou au pôle nord est plus proche du centre de la Terre que la surface sur l'équateur, pour cela g change entre l'équateur et le pôle les pôles, par suite g change lorsqu'on passe d'une position à une autre sur la Terre, ok? on va voir de quoi dépend ça d^2, d'autres choses, si on s'éloigne de la surface de la Terre alors d augmente par suite F	
	E	Diminue	
6:58	P	Diminue, ok? Maintenant on va prendre un exemple, on va noter g sur la surface terrestre g_0 (dessine la Terre et un point extérieur), si on a un objet A qui se trouve à une altitude z par rapport à la surface de la Terre dans ce cas g_0 c'est G par M de la Terre sur le rayon, ok rayon de la Terre au carré (écrit $g_0 = \frac{G \times M_T}{(R_T)^2}$), g_0 c'est la constante de gravitation, sorry c'est l'intensité de pesanteur sur la surface de la Terre, juste sur la surface de la Terre, ok? On a dit que g varie lorsque l'altitude augmente, maintenant on va prendre g à une altitude z, G c'est la même, la masse de la Terre c'est la même	Imbrication 1b: Variation de l'accélération de la pesanteur avec l'altitude
	E	Distance	
	P	Distance c'est quoi maintenant?	
	E	On veut encore la distance	
	P	Oui quelle est la distance par rapport au centre de la Terre?	
	E	Rayon plus	
	P	Rayon	
	E	Plus z	
8:27		Plus z, donc R_T plus z au carré (écrit $g_z = \frac{G \times M_T}{(R_T + z)^2}$), ok? Pour comparer 2 choses on a dit on a 2 méthodes pour la comparaison, ou bien moins ou bien sur	
	E	(inaud.)	
	P	Oui, ok? ici c'est préférable d'utiliser quelle méthode?	
	E	Sur	
	P	Sur, donc $\frac{g_z}{g_0} = \frac{\frac{G \times M_T}{(R_T + z)^2}}{\frac{G \times M_T}{(R_T)^2}}$, maintenant $G \times M_T$ et $G \times M_T$	
	Es	Ça se simplifie	
	P	Qu'est-ce qu'on obtient finalement?	
	Es	$(R_T + z)^2$	
	E	${R_T}^2$	

	P	Non faites attention, comme si on a $\frac{\frac{1}{a}}{\frac{1}{b}}$	
	Es	(inaud.)	
	E	On l'inverse c.à.d fois	
	P	Donc a et b, donc sera	
	E	$R_T^{\ 2}$	
	P	$R_T^{\ 2}$ sur	
	E	$(R_T + z)^2$	
	P	$(R_T + z)^2$, voilà, donc finalement on a que $\frac{g_z}{g_0} = \frac{R_T^{\ 2}}{(R_T + z)^2}$, comment on peut retenir ça? Oui tu as une question?	
	E	non	
10:20 10:36	P	comment on peut retenir ça? D'après la formule, g inversement proportionnelle à la distance, g inversement proportionnelle à la distance, voilà, g_z inversement proportionnelle à la distance, voilà la distance en bas, sorry au carré de la distance, et g_0 inversement proportionnelle au carré de la distance, voilà la distance pour g_0, ok. Pourquoi on va utiliser ça? Car au lieu de calculer chaque fois g_0 puis g_z avec la masse et la constante, on peut faire le rapport et seulement on utilise la distance, la différence entre les distances, ok? On va lire maintenant le chapitre, bien qui va lire? (élève lève le doigt) Ok, donc c'est à la page 310, bien Samar	2. Reformulation de la loi d'interaction gravitationnelle (à partir du livre)
	S	Loi d'interaction gravitationnelle	
	P	Oui	
	S	Considérons 2 objets ponctuels: A de masse m_A et B de masse m_B situés à la distance r	
	P	Oui	
	S	Ces 2 corps matériels s'attirent avec 2 forces opposées	
	P	Attends, oui?	
	E	(inaud.)	
	P	(inaud.) bien vas-y	
	S	Dirigées suivant la droite AB et dont l'intensité commune est proportionnelle à leurs masses m_A et m_B et inversement proportionnelle au carré de la distance r les séparant. Cette intensité est donnée par la loi de Newton $F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{G \times m_A \times m_B}{r^2}$	
11:32 12:22	P	Alors faites attention, 2 remarques, on a dit 2 points ponctuels, on va voir le modèle d'un point ponctuel ok? en physique. Maintenant si on a 2 points ponctuels, la distance entre les 2 sera seulement la distance entre les 2 points, mais si on a 2 objets alors la distance sera le centre de gravité des 2 objets, donc je répète, on a ici 2 points par suite la distance entre les 2 points est la même la distance entre les centres de gravité des 2 points, mais si on a 2 corps avec une grande dimension la distance entre les 2 corps est égale à la distance séparant les centres de gravité des 2 corps, ok? pour cela on a pris ici le centre de gravité de la Terre. Bien, oui les caractéristiques	Imbrication 2a: distance entre deux points / entre deux objets Fin imbrication
	S	F_A et F_B sont en Newton N, m_A et m_B en kg, r en mètres. G est une constante appelée constante de gravitation ou d'attraction universelle et dont la valeur ne dépend que des unités choisies. Dans le SI, $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ unités SI. L'interaction gravitationnelle est une interaction à distance	
	P	Alors, vous vous rappelez qu'on a 2 genres d'interactions? A distance,	

		quelle est l'autre?	
	E	A contact	
	P	De contact, voilà, donc on a 2 genres d'interaction: à distance et de contact, voilà c'est une interaction à distance, oui continue	
	S	C'est toujours une interaction d'attraction contrairement à l'interaction électrique qui, selon le signe des charges en présence, peut être attractive ou répulsive. Elle est due à la masse des corps en interaction et se manifeste entre tous les corps de l'univers, d'où son nom d'attraction universelle	
13:33	P	Voilà, écriture vectorielle éliminer ça, ok? on peut pas utiliser ça, bien. Poids d'un corps, oui Elie	Imbrication 2b: Application au poids d'une pomme au voisinage de la Terre / Poids d'un corps
	EL1	Poids d'un corps, considérons une pomme au voisinage de la Terre, d'après la loi de Newton sur l'interaction	
	P	Elie, oui continue	
	EL1	Il existe une interaction entre la pomme et la Terre	
	P	Rachel tu veux sortir dehors?	
	R	non	
	P	Bien Elie Saadé vas-y, merci Elie, Saadé vas-y	
	EL2	Considérons une pomme au voisinage de la Terre	
	P	Oui continue	
	EL2	D'après la loi de Newton sur l'interaction gravitationnelle, il existe une attraction entre la pomme et la Terre, la masse de la pomme attire la masse de la Terre et la masse de la Terre attire la masse de la pomme. Mais la Terre est énorme, il faudrait une force colossale pour la faire bouger	
	P	Alors voilà l'idée ici, quand on a g égal ou F égal m par la masse de la pomme sur la distance entre les 2, alors la pomme attire la Terre aussi avec la même force, n'est-ce pas? Car on a les mêmes masses, de même la Terre attire la pomme, pourquoi la pomme c'est elle qui bouge? A cause que la masse de la Terre est très grande, on va voir quel est l'effet de la masse sur le mvt, ok? donc c'est une chose ou c'est une notion causale la masse, on va voir qu'est-ce qu'une masse, jusqu'à maintenant on n'a pas parlé qu'est-ce qu'une masse. Bien, continue	
	EL2	en revanche la force d'attraction en jeu est suffisante pour mouvoir la pomme et cela explique pourquoi elle tombe sur la Terre, donc en vertu de la loi de la gravitation universelle, toute masse m située au voisinage de la Terre est attirée par celle-ci et tombe sur elle selon la verticale	
	P	Alors qu'est-ce que la verticale donc? Quelle est la direction verticale?	
	E	Passe par le centre	
	P	Qui passe par le centre de la Terre, ok? par le centre de la Terre, par le voilà continue	
	EL2	La force newtonienne qui produit ce mvt de chute est appelée force de pesanteur ou poids du corps de masse m. Dans le système international d'unités ce poids s'exprime en Newton N comme toutes les forces. Du fait de la rotation de la Terre sur elle-même, la force de gravitation est légèrement différente du poids du corps de masse m, l'écart étant cependant très faible, ces 2 forces seront confondues par la suite et on admettra que le poids d'un corps représente la force avec laquelle la Terre attire ce corps	
16:36	P	Voilà, P du corps égal m	
	EL2	Fois g	
	P	Fois g, tel que g	
	EL2	g étant l'accélération de la pesanteur	
	P	Oui	

	EL2	On aura $g = \frac{F_{Terre/corps}}{m}$	
16:48	P	Oui, maintenant variation de l'accélération de la pesanteur avec l'altitude, pourquoi on a dit variation de l'accélération de la pesanteur? Pourquoi on a utilisé maintenant le mot accélération? Est-ce qu'on a parlé d'accélération?	Imbrication 2c: Variation de l'accélération de la pesanteur avec l'altitude
	Es	vitesse	
	P	Oui, quelle est la relation entre g et l'accélération? On va voir après, on va voir après quelle est la relation, pourquoi g c'est comme l'accélération, ok, dans l'autre chapitre, bien Léa vas-y	
	L	Variation de l'accélération de la pesanteur avec l'altitude: On admettra dans ce paragraphe, qu'au niveau de l'attraction gravitationnelle, la Terre se comporte comme un point matériel qui aurait pour masse la masse de la Terre et qui serait localisé en son centre. Considérons un objet A de masse m, situé à la distance d=(R+z) du centre de la Terre. Soit g_z la valeur de l'accélération de la pesanteur à l'altitude z et g_0 sa valeur à l'altitude z=0. La loi de Newton permet d'écrire: $F_{terre/corps} = \frac{G.M_{terre}.m}{OA^2} = \frac{G.M_{terre}.m}{(R+z)^2}$, or $g = \frac{F_{Terre/corps}}{m}$, donc à l'altitude z $g_z = \frac{\frac{G.M_{terre}.m}{(R+z)^2}}{m} = \frac{G.M_{terre}}{(R+z)^2}$. Au niveau du sol z=0, donc $g_0 = \frac{G.M_{terre}}{R^2}$. Faisons le rapport $\frac{g_z}{g_0} = \frac{\frac{G.M_{terre}}{(R+z)^2}}{\frac{G.M_{terre}}{R^2}}$, donc $\frac{g_z}{g_0} = \frac{R^2}{(R+z)^2}$ qu'on peut écrire sous la forme $g_z = g_0 \cdot \frac{R^2}{(R+z)^2}$	
18:40 18:48	P	Voilà, donc voilà la relation, ok? si l'altitude augmente bien sûr g diminue, ok? Bien on va faire alors, si on lâche un corps au voisinage de la Lune, est-ce que ce corps tombe, reste à sa place?	Imbrication 2d: Application de la Loi d'interaction gravitationnelle au cas d'un corps sur la Lune
	Es	Reste à sa place	
	P	Reste à sa place, bien alors vous n'avez pas compris	
	Es	(rires)	
	P	Donc je répète la question, si on lâche, qu'est-ce que ça veut dire on lâche?	
	Es	(inaud.)	
	P	Sans vitesse, on l'abandonne voilà, si on lâche un corps sans vitesse initiale au voisinage de la Lune, est-ce que ce corps tombe, reste à sa position ou à sa place?	
	Es	Tombe	
	E	Il va tomber	
	P	Il va tomber, pourquoi?	
	E	Parce que la Lune attire le corps	
	P	Pourquoi la Lune attire le corps?	
	Es	(inaud.)	
	P	Chut, écoutez s'il vous plait, oui	
	E	Chaque corps attire les corps	
	P	Voilà, d'après la loi de Newton chaque corps attire un autre corps	
	E	Et puisque la Lune sa masse elle est plus grande alors (inaud.)	
20:12	P	Bien, maintenant faites attention, regardez le résultat de cette loi, Newton il a proposé cette théorie, il a fait des expériences, les expériences nous donnent des résultats convenables avec la théorie de Newton, cette loi.	Imbrication 2e: Richesse de prédiction de la

		Maintenant Newton il a étudié les planètes du système solaire, il a il a trouvé qu'il y a une planète qui a un mvt, il a trouvé qu'il y a une planète qui a un mvt perturbé, c.à.d si on a ces planètes qui les attirent alors il faut que le mvt de cette planète soit suivant une trajectoire donnée, pour cela il a, chut, il a proposé	loi de Newton / Validité de la loi de Newton
	Es	(rires)	
	P	Alors c'est fini,*(en arabe) bien on écoute, donc Newton a étudié les planètes, on écoute un peu, il a étudié les planètes, il a commencé à faire des calculs et il a dit que cette planète doit avoir cette trajectoire*, il a trouvé les trajectoires des différentes planètes, une des planètes possède une trajectoire qui est différente que le calcul fait, par suite il a proposé qu'il y a une autre planète, ok, inconnue, qui perturbe cette trajectoire, et durant l'année 1930 ou 32 on a découvert cette planète, donc je répète l'idée, donc il a proposé, pour que cette planète possède cette trajectoire il faut alors qu'il y ait une autre planète mais cette planète est inconnue, on a découvert cette planète en 1932, ok?	
	E	Donc on a trouvé que Newton avait raison	
	P	Donc voilà, alors la théorie de Newton devient plus valable, oui?	
	E	(inaud.)	
	P	Valable, on a dit valable. Tu as une question? Bien, vous avez des questions?	
	Es	Non	Fin thème 2
22:26	P	Ok les exercices à faire	Devoir
	E	A faire?	
	P	Oui, donc devoir	
	Es	Non non (bruit)	
	P	Chut, écoutez, numéros 5 et 11, donc à faire numéros 5 et 11	
	Es	(bruit)	
	P	Attention ce chapitre va vous rapportez des points de rachat par rapport aux autres	
	Es	(bruit)	
	P	Page 317.	
	Es	(bruit)	
24:08	P	Maintenant on va faire aussi un rappel. Bien s'il vous plait, chut, s'il vous plait écrivez chez vous sur le cahier bilan des forces, on a écrit ça	3. Bilan des forces exercées sur un corps
	E	L'année passée	
	P	Oui, donc bilan des forces extérieures (…) Bien on écoute, bilan des forces, on en reparlera vendredi	
	E	Au début si c'est force à distance ou force de contact	
	P	Non, avant ça	
	E	Système	
	P	Système, donc il faut préciser	
	E	Le système	
	P	Le système	
	E	Monsieur on l'a fait l'année passée	
	P	Oui, à étudier, il faut préciser, oui écrivez chez vous, il faut préciser le système à étudier. Bien, 2ème, combien on a de genres d'interaction?	
	E	2	
	P	2, à distance	
	Es	Et de contact	
	P	De contact, Joe, à distance et de contact, à distance et de contact, donc maintenant on a dit qu'on a jusqu'à maintenant 3 interactions à distance, la 1ère on a étudié	
	E	Electrique	
	P	C'est électrique, la 2ème gravitationnelle et la 3ème	
	E	Magnétique	
27 :24	P	Magnétique, on va étudier cette interaction magnétique dans la classe de 1ère . Donc forces magnétiques puis on a électriques et finalement	

		gravitationnelles. Ici on pose une question, (dessine un rectangle pour les forces de contact) quelle est la question qu'on pose?	
	E	Quelles sont les forces de contact?	
	P	Non, pour trouvez les forces de contact	
	E	Quel est le corps que	
	P	Le système est en contact avec, donc le système est en contact avec: et on a les différents… alors voilà on appelle cette méthode organigramme	
	E	Point d'application	
28:14	P	Non les objets, différents objets. Vendredi on va faire les exercices du chapitre et on va expliquer ce schéma des forces, toujours toujours	Inclusion 3a: explicitation de l'ordre et la durée des chapitres (chronogenèse ?)
	E	ça c'est différents du chapitre 18?	
	P	Oui, mais j'ai dit avant	
	E	Monsieur dans une heure on fait 2 ou 3 chapitres	
	P	Mais j'ai dit avant qu'on a, écoutez, j'ai dit avant qu'on a 2 chapitres et que chaque chapitre va prendre une séance ou 2, ok? avec les exercices bien sûr. L'explication est terminée du chapitre attraction gravitationnelle, ok, vendredi on va faire les exercices et on va donner un exemple de ça et ce sera terminé	
	E	(inaud.)	
	P	Non car, écoutez, écoutez, chut, ici voilà la force gravitationnelle, comment on peut faire les exercices sans savoir quelle est la force gravitationnelle? Ok? donc 2ème étape, comment on peut savoir quelles sont les interactions et 3ème étape ça sera les lois de Newton	Fin inclusion
29:32	E	Monsieur le système est en contact avec quoi?	
	P	Est en contact avec les objets, ok, A, B, C, D, ainsi de suite, quels sont les objets qui sont en contact avec ce corps? Ok?	
	E	(inaud.)	
	P	Oui oui, on va donner un exemple maintenant, tu peux étudier dans le CD ça. Alors vous avez terminé? [de copier]	
	Es	non	
	E	On met A, B, C, D?	
	P	Oui, différents objets	
	E	C'est quoi monsieur force de (inaud.)?	
30:48 32:40	P	On va voir ça, on va nommer ça après, jeudi (… 30:48 – 32:40 organisation, parle du fait de filmer et de la discipline en arabe) Vous avez fini ou pas encore?	Inclusion 3b: organisation de la classe
	Es	Pas encore	
	P	Bon efface	
	Es	Non	
	P	Copier, copier ça	
In	E	*Traduction* : Pourquoi on commencé par la fin? Pour qu'ils le filment	
	P	Non, celle-ci je dois l'étudier seule pour la mettre en relation avec d'autres forces	
	E	Et les autres?	
	E	Pourquoi on a commencé avec la fin du chapitre?	
33 :16	P	Car on va faire les bilans des forces, pour savoir c'est quoi le poids on a besoin d'étudier le poids à part pour savoir c'est quoi le poids, pour cela on a commencé par ce chapitre	
	E	Les autres on ne les pas éliminés	

33:46	P	Non non. Bien, on va prendre un exemple ok? un exemple, on a un fil	Fin inclusion Imbrication 3a: Application du bilan des forces au cas d'une boule dans l'eau suspendue à un fil + aimant
	E	Fil?	
	P	Fil où il y a, voilà donc on a une boule, écoutez, on a une boule métallique, une boule métallique, on a un aimant ici, cette boule se trouve dans l'eau accrochée à un fil, quelles sont les forces exercées sur la boule?	
	E	(inaud.)	
	P	Avant tout, avant tout, système à étudier	
	Es	Boule	
	P	Boule	
	E	Force à contact ou force à distance?	
	Es	A distance	
	P	Ici il y a de l'eau	
	E	De l'eau contact	
	E	Non non là-bas	
	P	Ça c'est un aimant. Alors maintenant on a forces à distance et forces de contact, les forces à distances Patrice	
	E	Poids	
	P	Poids oui, ensuite	
	E	Magnétique	
	P	Magnétique, l'aimant voilà	
	E	Force de l'eau	
	P	Est-ce que la force exercée par l'eau est une force de contact ou à distance?	
	Es	Contact	
	E	A distance	
	P	A distance? Est-ce que l'eau peut exercer une force?	
	E	Ah non	
	E	Force de contact	
35:38	P	Maintenant est-ce qu'il y a des forces électriques ici?	
	E	Non	
	P	Pas de charges, ok? Alors, ou pas de corps chargé. Maintenant forces de contact, la boule qu'est-ce qu'on dit? On dit la boule est en contact avec:	
	E	L'eau	
	P	L'eau	
	E	Le fil	
	P	Comment on appelle la force exercée par l'eau	
	E	Réaction	
	P	non	
	E	Pression	
	P	Non, pression ce n'est pas la force	
	E	Poussée	
	P	Poussée	
	E	D'Archimède	
	P	Voilà, donc on a poussée d'Archimède. La boule, maintenant la boule est en contact avec l'eau, elle est en contact avec	
	E	Le fil	
	P	Comment on appelle la force exercée par	
	E	Tension	
	P	Tension	
	E	Tension du fil	

36:30	P	Voilà, c'est le 2ème chapitre, il faut savoir faire le bilan des forces, maintenant vendredi on va écrire les notations des forces c.à.d la tension du fil s'appelle la force exercée par un fil ou un ressort, s'appelle tension, la force exercée par un support réaction, la force gravitationnelle le poids, euh poussée ou force exercée par un fluide poussée d'Archimède, magnétique, électrique, ainsi de suite	Clôture de la séance
		Monsieur la tension a (inaud.)	
		Oui les caractéristiques, on va voir pour chaque force quelles sont les différentes caractéristiques, ok? bien, merci	

Classe 3 séance 2 (16/5/06_2)

Tps	Loc.	Discours	Thème
00:00 00:42	P	La cinématique et la dynamique, la cinématique c'est quoi? C'est la partie descriptive, on a dit on décrit par exemple un mvt, on a un mvt rectiligne uniformément varié, il y a l'accélération constante, ainsi de suite. Maintenant on va étudier quelle est la cause dans cette partie, quelle est la cause de ce mvt, ok? à quoi est due cette nature du mvt? Donc avant de commencer ça on va faire un petit rappel sur la classe de 3ème, la partie mécanique. Action mécanique, bien vous vous rappelez un peu qu'est-ce qu'une action mécanique?	Introduction de la séance 1. Action mécanique
	E	Une force	
	P	Force oui, autre?	
	E	Le poids	
	P	Qu'est-ce que ça veut dire, qu'est-ce que ça veut dire action à part, action?	
	E	Mvt	
	P	Oubliez la physique, oubliez maintenant la physique, si on a dit on fait une bonne action c.à.d quoi action?	
	E	Un mvt	
	E	Faire	
	P	Faire oui	
	E	Une action	
	P	Action oui	
	E	Mvt	
1 :37	P	Oubliez la physique	
	E	Agir	
	P	Agir, donc action c'est du verbe	
	E	Agir	
	P	Agir oui, agir c.à.d quoi?	
	E	Acter, acte	
	E	Faire un mvt	
	P	Faire un mvt, autre	
	E	Un déplacement	
	P	Un déplacement, autre, oubliez la physique, autre chose	
	E	Exercer une force	
	E	Faire du sport	
	P	Autre des choses	
	E	Exercer une force	
	E	Changer de forme	
	P	Changer	
	E	De forme	
2:46	P	Changer de forme par exemple, alors action, action c.à.d changement, ok? on fait une action donc on a changé quelque chose, une propriété sociale, une propriété politique, une propriété physique, action. Maintenant si le changement se fait au niveau de la mécanique, c.à.d mécanique mvt ou bien déformation, ok? donc action mécanique c.à.d il y a un changement au niveau du mvt ou bien au niveau de la forme ou bien les 2 ensemble, ok? Donc maintenant Newton a posé une question, il a vu que la pomme tombe, ok, maintenant si on lâche cette craie elle va tomber, pourquoi?	2. Réflexion sur la validité la loi de l'attraction gravitationnelle entre les corps. 2.1. Pourquoi les objets tombent-ils?
	E	C'est le poids	
	P	C'est le poids	

	E	Et la pesanteur	
	P	Chut, on lève la main, c'est le poids?	
	E	C'est la pesanteur	
	P	Tu peux démontrer qu'il y a le poids, que le poids existe, peut-être je dis par exemple c'est l'atmosphère qui presse cette craie vers le bas	
	E	Elle descend euh	
	E	Elle descend verticalement	
	P	Oui, et l'atmosphère presse cette craie vers le bas verticalement	
	E	Monsieur	
	P	Qui dit qu'il y a pesanteur?	
	E	Newton	
	Es	(rires)	
	P	Mais peut-être	
	E	Monsieur s'il n'y a pas de pesanteur le poids peut être comme ça comme ça comme ça (inaud.)	
	P	Alors s'il vous plait, bien je vais donner une remarque, qui va parler il faut	
	E	Lever son doigt	
3 :46	P	Voilà, 1ère chose, *(en arabe) celui qui veut parler doit lever son doigt et celui qui veut parler doit hausser sa voix pour que le micro puisse capter*	
	E	(inaud.)	
	P	*(En arabe) Oui, eux ils sont intéressés par la physique*, bien, alors faites attention, donc je répète, je répète, si on lâche la craie, vous avez dit c'est à cause du pesanteur, si on a une autre idée qui dit non ce n'est pas à cause de la pesanteur c'est à cause de la pression atmosphérique	
	E	Peut-être les 2 ensemble	
	P	Peut-être les 2 ensemble, comment on peut savoir si c'est vrai, est-ce que l'attraction de pesanteur existe ou non? Comment on peut démontrer que l'attraction gravitationnelle existe?	
4 :38	E	Si elle n'existe pas elle ne tombe pas verticalement	
	P	Suivant une ligne droite verticale?	
	E	Si elle peut tomber	
	P	Elle peut tomber suivant une ligne droite	
	E	Sur la Terre seulement il y a une pesanteur, on remarque que sur la Lune il n'y a pas	
	P	Ah si alors, si on jette cette craie sur la Lune alors cette craie reste à sa position?	
	E	Oui	
	E	Elle ne tombe pas	
	P	Elle va tomber ou non?	
	E	Non elle va pas tomber	
	E	(inaud.)	
	P	On lève la main, elle va tomber ou non?	
	E	Non	
	E	Car il n'y a pas de poids	
	P	Il n'y a pas de pesanteur?	
	E	Il n'y a pas de force d'attraction	
	P	Chut, on lève la main, chut Elia, oui	
	E	Il n'y a pas d'attraction	
5 :22	P	Il n'y a pas une force	
	E	D'attraction	
	P	D'attraction, qui fait cette force d'attraction?	
	E	La Terre	
	E	La pesanteur	
	P	C'est quoi la pesanteur?	
	E	C'est une force	
	E	Force d'attraction	
	E	Un aimant	
	E	C'est une force exercée par le centre de la Terre	

	P	Attends attends, donc il y a un aimant	
	E	Oui	
	P	Au noyau de la Terre	
	E	Oui	
5:46	P	C'est lui qui attire les objets. Est-ce que l'aimant naturel attire cette craie?	
	E	Oui	
	Es	Non	
	P	Donc pourquoi l'aimant terrestre peut attirer cette craie et un aimant naturel ne peut pas attirer?	
	E	Il peut attirer tout genre de	
	P	De fer, de nickel,	
	E	A cause du poids	
	P	A cause du poids?	
	E	Il peut attirer	
	P	Donc attends, vous avez dit que la craie tombe à cause qu'il y a, que la Terre attire cette craie n'est-ce pas?	
	E	(inaud.)	
	P	Car la craie a	
	E	Un poids	
	P	Un poids?	
	E	A une masse	
	P	A une masse?	
	P	Oui	
	E	Mais le poids c'est la masse	
	P	Donc, attends, alors il y a 2 causes pour l'attraction?	
	E	La masse	
	P	La masse, la masse attire, quelle masse?	
	E	La masse (inaud.)	
	E	De l'objet	
	P	Alors si la masse c'est la cause alors il faut que la Lune attire aussi cette craie	
	E	Oui	
	E	Mais il n'y a pas	
	E	C'est la force d'attraction, la force d'attraction qu'exerce la Terre sur l'objet	
	P	Il y a la force d'attraction exercée par la Terre sur l'objet, comment on appelle cette force?	
	E	Poids	
	Es	Le poids	
	P	Le poids, donc on a le poids, on a un aimant, on a la masse	
	E	Aimant naturel?	
7:28	P	Aimant terrestre. Bien, poids, aimant, masse, poids c'est l'attraction de la Terre, aimant?	
	E	Noyau	
	E	Noyau de la Terre	
	P	Le noyau attire la craie, mais pourquoi? J'ai dit j'ai une question, pourquoi la craie n'est pas attirée par un aimant naturel mais elle est attirée par la Terre?	
	E	(inaud.)	
	P	On lève la main, on lève la main, oui	
	E	L'aimant naturel attire les corps qui sont les corps métal	
	P	Oui, et est-ce que la craie est un genre de métal?	
	E	L'aimant qui est naturel et non pas l'aimant de la Terre	
	P	Donc il y a l'aimant de la Terre ce n'est pas comme les autres aimants?	
	E	Oui	
	E	Champ magnétique	
8:30	P	Champ magnétique? (rires) champ magnétique c'est dans la classe de 1ère, alors reste à interpréter ça. Maintenant la masse, la masse, comment une masse attire, alors on a la masse n'est-ce pas? Est-ce que la masse c'est une propriété du corps?	

	E	Oui	
	P	C'est une propriété du corps, donc il possède cette propriété dans n'importe quelle position dans l'univers, sur la Lune, sur Mercure	
	E	oui	
	E	*(en arabe) Elle ne change pas*	
	E	Oui	
	P	Alors parce que le corps possède une masse, est-ce que la Lune attire l'objet massique qui possède une masse?	
	Es	non	
9 :08	P	Donc la masse il n'y a pas relation avec l'attraction?	
	E	Si elle a une relation avec l'attraction	
	P	Mais pourquoi la Lune n'attire pas la craie?	
	Es	(inaud.)	
	P	Alors voilà on a des idées mais il n'y a pas justification	
	E	Monsieur quand on jette un papier de kleenex ça flotte et ça	
9 :34	P	Donc si on jette un papier de kleenex le papier ne tombe pas	
	E	Directement	
	E	Il vole	
	P	Directement, donc elle fait un mvt aléatoire	
	E	(inaud.)	
	E	Et la masse (inaud.)	
9:51	P	Donc la masse possède une propriété. Maintenant on va imaginer une situation, si on néglige la présence de l'air c.à.d l'atmosphère pas le vent, l'atmosphère, si on néglige la présence de l'atmosphère est-ce que un papier de kleenex tombe directement ou fait un mvt de balayage?	2.2. Chute d'un objet en l'absence de l'air
	E	Directement, s'il n'y a pas de l'air? Directement	
	P	S'il n'y a pas de l'air oui	
	E	Directement	
	P	Le papier va tomber directement?	
	E	Non	
	P	Imaginez s'il n'y a pas de l'atmosphère, est-ce que le papier va tomber directement ou il va faire le même mvt? S'il n'y a pas de l'atmosphère	
	Es	Même mvt	
	P	Il va faire comme ça?	
	E	Non non, parce qu'il y a personne	
	P	Bien qui dit qu'il va tomber directement? Ok Isaïe. Qui dit qu'il va tomber directement?	
	E	Moi	
	P	Ok, les autres qui dit que le papier va faire un mvt comme ça? Karen?	
	Es	(rires)	
	P	Bien Léa, pourquoi, alors pourquoi le papier va faire ce mvt?	
	E	Parce qu'il y a du vent	
	P	En l'absence de l'air, non en l'absence de l'air on a dit, oui	
	E	Parce qu'il a une légère masse	
	P	Alors la masse, la masse n'est pas suffisante pour que le papier tombe verticalement?	
	E	Le papier de kleenex ne fait pas un mvt comme ça mais il ne tombe pas directement	
	E	Oui il descend doucement	
11:43	P	Oui mais est-ce que, est-ce qu'il tombe directement?	
	E	Verticalement c.à.d?	
	P	Oui verticalement	
	E	Oui	
	P	Il tombe verticalement	
	Es	Oui	
	E	Non (inaud.)	
	P	On va voir, oui	
	E	Fais l'expérience monsieur	

	E	Elle ne fait pas un mvt car il n'y a pas une force	
	P	Donc il n'y a pas la résistance ou l'effet de l'air	
	E	Oui il n'y a pas l'effet de l'air	
12:20	P	Il n'y a pas l'effet de l'air, voilà, par suite s'il n'y a pas atmosphère alors il va tomber elle va tomber vers le bas. Maintenant si on a la Lune, supposons que c'est la Lune, si on lâche un corps ici il va rester à sa position?	2.3. Chute d'un corps sur la Lune
	E	non	
	E	Il va tomber	
	P	Faites attention, sur la Lune il n'y a pas de l'air, il n'y a pas de l'air	
	E	*(en arabe) il s'envole dans l'espace*	
	E	Et il n'y a pas (inaud.)	
	P	Donc attention, sur la Lune il n'y a pas pesanteur et il n'y a pas de l'air	
	Es	Il vole	
	P	Il reste à sa place?	
	E	Il vole	
	Es	(inaud.)	
	P	Chut, attends, attends, attends, oui	
	E	Il change de position (inaud.) de la Terre	
	P	Change sa position, donc il a un mvt, quelle est la cause de ce mvt?	
	E	Il n'y a pas de force, il ne fait pas un mvt	
	E	Il n'y a pas de mvt il n'y a rien, il reste à sa place	
	P	Donc si on lâche, si on lâche l'objet ici, est-ce qu'il va tomber?	
	Es	Non	
	P	Est-ce qu'il va faire un mvt?	
	Es	Non	
	P	Ou il reste à sa place?	
	Es	Il reste à sa place	
	E	Il reste à sa place, il reste à sa place, il n'y a pas de pesanteur il n'y a rien	
	P	Bien, alors la pesanteur c'est une caractéristique seulement pour la Terre, n'est-ce pas?	
	E	La Terre a une pesanteur	
13:52	P	Oui, donc c'est une propriété de la planète Terre, entre planètes il n'y a pas ça. Bon, voilà une question, pourquoi le soleil, ok, cette étoile, a 9 planètes qui tournent autour d'elle? A cause de quelle interaction? Pourquoi on a 9 planètes qui tournent autour du soleil?	2.4. Mvt des planètes autour du soleil
	E	A cause de la pesanteur	
	P	Pesanteur de qui?	
	Es	Du soleil	
	P	Attends, mais vous avez dit que la Terre c'est seule qui possède cette caractéristique	
	E	Moi je n'ai pas dit que c'est la seule	
	P	Ah, la Lune possède cette caractéristique?	
	E	Non, elle ne possède pas	
	P	Donc le soleil possède cette caractéristique	
	E	Oui	
	P	Et la Terre, n'est-ce pas? Vous êtes d'accord jusqu'à maintenant?	
	E	Oui	
14:40	P	Quelle est la cause vous savez haute marée et basse marée?	2.5. Interaction Terre-Lune: Imbrication 2.5.a: Marée haute et Marée basse
	E	Non	
	P	(le traduit en arabe)	

	E	Ah oui	
	P	Bon quelle est la cause de ce phénomène? Qui sait, qui a une idée? Samir	
	E	Le rapprochement de la Lune de la Terre et l'éloignement	
	P	Voilà, si la Lune s'approche alors on a haute marée, si la Lune s'éloigne alors on a basse marée, quel est l'effet de la Lune? Comment il agit sur l'eau? Oui	
	E	Il y a une pesanteur	
	P	Il y a une pesanteur? Est-ce qu'il y a?	
	E	Non	
	P	Donc je répète, je répète, on a basse marée et haute marée, ok? donc quand est-ce qu'on a haute marée? C.à.d le niveau de l'eau	
	E	Augmente	
	P	Devient plus haut, voilà, alors lorsque la Lune est proche de cette partie du liquide, alors la Lune attire l'eau?	
	E	Attire l'eau oui	
	E	Non elle n'attire pas l'eau	
	P	Mais pourquoi, quel est l'effet de la Lune alors sur ce phénomène? Alors quel est l'effet de la Lune sur ce phénomène? Comment il agit? Chut, alors quel est l'effet de la Lune sur une partie	
	E	De la Terre	
	P	Une partie liquide de la Terre, liquide, l'eau, l'eau de l'océan ou de la mer, comment il agit?	
	E	Il y a une force	
16 :43	P	Il y a une force, est-ce que cette force est répulsive ou attractive?	
	E	Attractive	
	P	Attractive	
	E	Répulsive et attractive	
	P	Alors on va voir, lorsque la Lune s'approche ou bien la distance devient plus petite entre la surface de l'océan par exemple et la Lune alors le niveau de l'eau augmente, alors c'est une force	
	E	Répulsive	
	E	Attractive	
	P	Attractive, alors attraction, est-ce que cette force d'attraction c'est une force de pesanteur?	
	E	Non	
	P	Donc c'est, non?	Fin imbrication
17:26	E	Lorsque la Terre crée une force sur la Lune	Imbrication 2.5.b: Principe des interactions
	P	Oui	
	E	Elle crée une interaction alors la Lune (inaud.) à son tour	
17 :35	P	Ah ok voilà, vous vous rappelez , vous vous rappelez, Isaïe, vous vous rappelez le principe d'interactions?	
	E	Oui	
	P	Si un corps A	
	E	Agit sur B	
	P	Agit sur B alors B agit	
	Es	Sur A	
	P	Sur A, maintenant la Terre attire la Lune, est-ce que la Lune attire la Terre?	
	Es	Oui	
	P	Bien, maintenant	
	E	Parce que la Terre attire la Lune	
	P	Voilà, maintenant comme la Terre attire la Lune, donc cette force comment on l'appelle? L'attraction entre la Terre et la Lune comment on l'appelle?	
	E	Attractive	
	P	C'est de nature attractive, mais est-ce que c'est la force de pesanteur?	
	E	Non	
	P	C'est une autre force?	

	E	Si c'est la même force	
18:30	P	Donc c'est la force de pesanteur. Maintenant la Lune attire la Terre	
	E	Oui	
	P	Est-ce que la force de la Lune c'est une	
	E	Attraction	
	P	C'est une force de pesanteur?	
	E	Attraction	
	E	Non non	
	E	Attraction	Fin imbrication
18:44	P	Bon, autre question, autre question, pourquoi la Lune attire la Terre mais elle n'attire pas un corps qui se trouve ici?	
	Es	(bruit)	
	P	Chut, s'il vous plait on lève la main, on lève la main, oui	
	E	Parce que ce corps il n'exerce pas une force	
	E	D'attraction sur la Terre	
	P	Hm	
	E	Il n'y a pas interaction entre les 2 corps	
	P	Il n'y a pas interaction entre les 2 corps	
	E	Car aucun n'exerce une force sur l'autre	
	P	Bon, maintenant est-ce que dans le principe d'interaction on a dit, si la Terre attire la Lune	
	E	Alors la Lune attire la Terre	
	P	Alors après quelques secondes la Lune va réfléchir et il dit donc je veux attirer la Terre?	
	E	Non	
	P	Ou ça fait simultanément?	
	E	Simultanément	
	P	Bon, maintenant la Lune peut attirer la Terre mais elle ne peut pas attirer cet objet, bon est-ce que c'est logique que la Lune attire une grande planète mais n'attire pas un petit objet?	
	E	Oui	
	E	(inaud.)	
	P	Alors voilà, voilà, on a 2 choses à faire maintenant, d'où vient la force de pesanteur	
	E	Que veut dire d'où vient la force	
20 :24	P	D'où vient, quelle est l'origine de cette force?	
	E	Le centre de la Terre	
	E	Le centre de la Terre	
	P	Quelle est l'origine de cette force?	
	E	Noyau de la Terre	
	E	Noyau de la Terre	
	P	Chut, attends, centre de la Terre ou noyau de la Terre, donc si on élimine cette partie, ce noyau, alors il n'y a pas attraction?	
	E	Oui	
	E	Non	
	P	On lève la main	
	E	Non car il y a quelque chose entre la Lune et la Terre	
	E	Non, peut-être il y a attraction mais non pas verticale	
	P	Alors la pesanteur ce n'est pas à cause du noyau seulement? Qui fait cette force est-ce que seulement le noyau?	
	Es	(inaud.)	
	E	La couche de la Terre aussi	
	P	Couche de la Terre?	
	E	Oui l'atmosphère	
	P	Ah l'atmosphère, donc j'ai dit si on lâche cette craie pourquoi elle tombe? A cause de l'atmosphère, vous avez dit non c'est à cause de la pesanteur	
	E	Les 2 ensemble	
	E	Les 2	

	P	(rires) il faut préciser, oui attends	
	E	(inaud.)	
	P	Il faut faire	
	E	(inaud.)	
21 :33	P	Voilà, voilà le point de départ dans la science, on peut donner plusieurs idées, je peux dire	Imbrication 2.5.c: Fonctionnement de la science
	E	Hypothèses	
	P	Voilà, on peut faire une hypothèse, comment on peut savoir si cette hypothèse est valable? Ce n'est pas vraie, valable, et quelle est la différence entre vraie et valable?	
	Es	(bruit)	
	P	On lève la main, oui	
	E	Valable elle peut être	
	E	Vraie c.à.d c'est une vérité qui est prouvée	
	P	Toujours	
	E	Valable c'est une hypothèse, elle peut être vraie (inaud.)	
22:19	P	Voilà, valable, il n'y a pas quelque chose vrai on a des choses valables, on a des théories valables. Newton comment il a réfléchi, comment il a réfléchi? Il a vu que la pomme tombe, et il a dit pourquoi la pomme tombe? Voilà, la partie descriptive la pomme tombe	Fin imbrication
	E	La quoi?	
	P	Partie descriptive	
	E	Non comment elle s'appelle?	
	Es	Pomme	
	P	La pomme, oui, donc la pomme tombe, pourquoi? C'est la cause. Il a mis une hypothèse, la pomme tombe car	
	E	La pomme tombe?	
	P	Oui, car peut-être il y a une force qui attire les objets (inaud.) par la Terre, il a mis une hypothèse mais il a posé directement une autre question, comme la Terre attire les objets pourquoi la Lune ne tombe pas sur la Terre? Voilà, on lève la main, oui Joe	
	E	L'air au-dessous empêche	
23 :18	P	On lève la main, à haute voix s'il vous plait	
	E	La Terre en dessous de la Lune empêche la Lune de tomber	
	P	La Terre	
	E	Au dessous empêche la Lune de tomber	
	E	Non	
	P	Est-ce que dans l'espace on a quelque chose au dessous et dessus?	
	Es	Non	
	P	C'est le globe terrestre, il y a des objets comme ça et des objets comme ça, qui sont au dessous et qui sont au dessus?	
	E	Il n'y a pas	
	P	Bien, voilà. Oui	
	E	La Lune exerce une force sur la Terre et la Terre exerce une force sur la Lune	
	P	Oui	
	E	Et donc c'est la force d'interaction	
	P	Oui, c'est le principe d'interaction	
	E	Le principe d'interaction	
	E	La Terre, la Lune n'est pas attirée par la Terre car lui-même il exerce une force égale à celle de la Terre	
24:20	P	Alors attends, vous parlez de l'équilibre en physique n'est-ce pas? Si on a 2 forces même intensité, même direction et sens opposés alors le corps reste immobile, bien faites attention, la force exercée par la Terre sur la Lune ici, ok? la force exercée par la Lune sur la Terre le point d'application c'est sur la Terre, est-ce que les 2 forces se trouvent sur le même corps?	Imbrication 2.5.d: Distinction équilibre et action - réaction
	E	Non	

	P	Donc on ne peut pas parler de l'équilibre, il faut que les 2 forces soient sur le même corps, n'est-ce pas?	
	E	Monsieur il y a force de la Terre jusqu'à la Lune et Lune à la Terre	
	P	Oui	
	E	Elles sont	
	P	Opposées	
	E	Opposées	
	P	Même direction et même module, mais cette force s'exerce sur la Terre et l'autre s'exerce sur la Lune, est-ce que ces forces s'exercent sur le même corps?	
	E	Non	
25:32	P	Non, pour cela lorsqu'on a fait l'organigramme, le 1er euh la 1ère chose c'est préciser le système à étudier, n'est-ce pas? Puis on a forces à distances forces de contact. Bien, oui	Fin imbrication
	E	La Lune ne tombe pas sur la Terre car la Lune est en dehors de l'atmosphère, pour cela quand on met cet objet sur la Lune il ne tombe pas, la Lune n'a pas d'atmosphère	
	P	Bien, on va voir quelle est la relation entre l'atmosphère et ce phénomène, maintenant la question Samir, est-ce que la Terre attire la Lune?	
	E	Oui	
	P	Bien, quel est le rôle de l'atmosphère alors?	
	E	D'empêcher	
	P	Donc pourquoi l'atmosphère n'empêche pas cette craie de tomber? Pourquoi l'atmosphère n'empêche pas l'étoile	
	E	Car c'est en dehors de l'atmosphère	
	E	L'atmosphère seulement joue un rôle de pression	
	P	Oui mais les objets, les autres objets, autre que la Lune, qui tombent sur la Terre de l'extérieur vers la Terre	
	E	(inaud.)	
	P	Non avant	
	E	Elle était en dehors de la Terre, elle l'empêche de rentrer, mais ça elle est à l'intérieur de l'atmosphère	
26:32	P	Mais il y a, mais il y a des roches astéroïdes ainsi de suite, vous savez "al nayzak" (astéroide) c'est quoi? C'est une roche qui tombe de l'espace, qui entre dans l'atmosphère et jusqu'à la Terre	2.6. Introduction du rôle de la vitesse des corps
	E	Mais ils ont une grande vitesse	
26:51	P	Oh, ils ont une grande	
	Es	Vitesse	
	P	Vitesse, bien voilà, je donne un exemple, à cause de sa grande vitesse, ce n'est pas à cause de l'atmosphère, à cause de sa grande vitesse ou la vitesse spécifique de la Lune, la Lune ne peut pas tomber sur la Terre, ou bien la Lune essaie de tomber sur la Terre mais ça ne se passe jamais, pourquoi?	
	E	Monsieur mais elle n'a pas une vitesse ou elle ne bouge pas?	
	P	La Lune? La Lune tourne autour de la Terre	
	E	Ok mais elle ne bouge pas comme ça	
	P	Oui elle a une vitesse ou un mvt circulaire, ok, ou elliptique,on va voir ça dans la classe terminale. Bien maintenant Joe, maintenant si on met dans un seau un caillou ou bien un liquide et on fait tourner le seau avec une grande vitesse, est-ce que les éléments qui se trouvent à l'intérieur tombent?	
	E	Non	
	P	Voilà, même s'il y a gravitation, mais à cause du mvt	
	E	Le seau avec de l'eau?	
	P	Oui, à cause de cette vitesse l'eau ne tombe pas. Presque on a le même phénomène, à cause de la vitesse de la Lune il ne tombe pas sur la Terre, si cette vitesse diminue alors la Lune va tomber sur la Terre et comme ça on a les satellites artificiels, satellites artificiels, comment on lance un satellite? On sort en dehors de la Terre, il y a aussi la pesanteur, puis on donne à la satellite une vitesse très grande, à cause de cette vitesse la trajectoire sera	

		circulaire autour de la Terre. Avec le temps il y a des poussières, il y a plusieurs effets qui diminuent cette vitesse, donc lorsque la vitesse diminue le satellite s'approche jusqu'à une vitesse critique où il va tomber sur la Terre, pour cela il faut toujours retenir les satellites	
	E	Combien de temps?	
29:18	P	Ça dépend de l'effet, peut-être durant 10 ans peut-être durant 5 ans, ça dépend des accidents. Alors donc voilà, Newton il a mis une hypothèse et cette hypothèse elle est universelle, c.à.d quoi universelle? Est applicable dans tout l'univers, l'attraction, si on a 2 masses, 2 corps de même masse, sorry 2 corps massiques, ok, alors ces 2 corps s'attirent, il appelle cette loi loi gravitationnelle, ok? c'est la loi gravitationnelle, si on a 2 corps avec chacun possède une masse nécessairement il y a attraction, pour cela les planètes s'attirent entre elles, pour cela le soleil attire les planètes, pour cela la Terre attire la Lune et la Lune attire la Terre. Est-ce qu'il y a un noyau magnétique à l'intérieur de la Terre? Il y a quelque chose magnétique, mais le magnétique attire le fer et le nickel et autre chose, il n'attire pas tous les objets. 2ème chose, est-ce que seulement le centre de la Terre qui attire? Non, mais dans la classe de 6ème et malheureusement, il y a une phrase qui dit: la Terre attire les objets vers le centre de la Terre	3. Caractéristiques de la force gravitationnelle
	E	Quelle classe?	
	Es	6ème	
	P	6ème , bon vers le centre	
	E	De la Terre	
	P	De la Terre, et faites attention, lorsqu'on va indiquer la planète Terre il faut écrire, lorsqu'on indique la Terre comme planète il faut écrire le mot terre en majuscules, ok? si on prend ça comme planète. Maintenant, alors on a cette idée que le centre attire la Terre or ce n'est pas le cas, si on suppose voilà le centre de la Terre, la direction de cette force se dirige vers le centre, c.à.d la direction passe par le centre, ok? par définition, la direction verticale c'est n'importe quelle direction qui passe par le centre de la Terre, ok? bon c'est la direction verticale, n'importe quelle direction qui passe par le centre de la Terre	
	E	c.à.d diamètre	
	P	Diamètre oui, mais comme la Terre, voilà c'est le diamètre oui, la Terre n'est pas sphérique, ok? bien maintenant pour cela lorsqu'on va donner les caractéristiques de cette force gravitationnelle on dit verticale c.à.d dirigée vers le centre de la Terre, ce n'est pas le centre de la Terre qui attire, c'est n'importe quel point de la Terre attire les autres objets. Regardez, si on a un corps ici A et voilà la Terre, cette partie de la Terre va attirer A et cette partie aussi, ainsi de suite, n'importe quelle partie de la Terre va attirer l'objet	
	E	Comment on va (inaud.)?	
33:31	P	Voilà, maintenant la résultante, la force résultante de tout ça c'est comme si on a une force dirigée vers le centre ou verticale, donc je répète, n'importe quelle partie de la Terre attire cet objet, si on fait la somme de toutes les forces exercées par les différentes parties on obtient une seule force, ok, qui est le poids, notez le poids, dirigée vers le centre de la Terre, c.à.d a une direction verticale, maintenant c'est la direction. On a le soleil et la Terre, soleil et Terre, si on a 2 corps avec une masse alors les 2 masses s'attirent. Vous vous rappelez de cette formule? (écrit $F = \frac{k \times \lvert q \rvert \times \lvert q \rvert}{d^2}$)	
	E	oui	
	P	Bien c'est quoi ça?	
	E	C'est la force	
	P	C'est quelle force?	
	Es	(inaud.)	
	E	Force d'interaction	

	P	Oui quel genre d'interaction? C'est quoi q?	
	E	C'est la force	
	P	Q, non, q, q, c'est quoi q en coulombs?	
	Es	charge	
	P	Charge, voilà, donc c'est la force électrique entre 2	
	E	Boules	
	P	2 charges, voilà. Maintenant cette force, ok, cette force est en analogie avec la force gravitationnelle,c.à.d la force gravitationnelle historiquement c'était avant cette force, par analogie avec la force de gravitation ils ont proposé cette force, cette forme de la force. Maintenant la force gravitationnelle F égale une constante G, notée G majuscule, par m, par M, sur d au carré (écrit $F = \frac{G \times m \times M}{d^2}$), donc cette force ici on a une constante, on va voir quelle est sa valeur, ici on a une masse, Joe, ici on a la 1ère masse, disons masse de la Terre et la masse du soleil, par la masse du soleil, sur la distance	
	E	Qui sépare les 2	
	E	Entre les 2	
	P	Entre les 2, qui sépare les 2 planètes	
	E	Au carré	
35:39	P	Ok au carré, G constante. Maintenant d'après ça alors il faut que la craie attire la feuille, est-ce que la craie attire la feuille?	
	Es	Non (inaud.)	
	P	Mais voilà la loi, si on a 2 masses alors les 2 masses s'attirent	
	E	Dépend des 2 masses, ça dépend des 2 matières	
	P	Mais est-ce que la craie possède une masse?	
	Es	Oui	
	P	La feuille possède une masse?	
	Es	Oui	
	E	Mais la masse doit être	
	E	Négligeable	
	P	Voilà, la masse, la masse ici, pour que la force soit remarquable, ok, il faut que la masse, une des masses, soit un peu grande, pour cela les interactions entre petites masses, ok, n'a pas un effet suffisant pour le remarquer. Alors dans ce cas G c'est $6{,}67 \times 10^{-11}$ SI	
	E	Monsieur si il y a 2 corps (inaud.)	
	P	Attends, répète	
	E	Si il y a 2 corps et de même masses elles s'attirent l'une à l'autre?	
	P	Oui, oui, peut-être que petit m est égal à grand M, ok? peut-être que petit m est égal à grand M	
	E	Ça devient m au carré	
	P	Voilà. Maintenant regardez G c'est 10^{-11}, ok? si on parle par exemple de 1 kg et 1 kg	
	E	C'est négligeable	
37:55	P	Sur, supposons la distance c'est 1 m, donc on a 1 sur 1, 1, par $6{,}67 \times 10^{-11}$, c'est donc 10^{-11} N, c'est très très négligeable, pour cela la force est remarquable au niveau des planètes et des grandes roches et des satellites, alors cette force est remarquable par les planètes, exercée, lorsqu'elle s'exerce par les planètes. On va faire le 1er exercice typiquement, ok?	
	E	(inaud.)	
	P	Non c'est à la page	
	E	Vous avez corrigé (inaud.)?	
38:58	P	Quelques feuilles (… discussion sur les notes) Alors page 316	4. Application de la loi d'interaction gravitationnelle (exo.)

	E	(inaud.)	
	P	(en arabe) on va encore lire le cours mais je vais faire un exercice (…) page 316 numéro 1	
	E	(inaud.)	
	P	Ce chapitre, le dernier chapitre, on ne l'a pas encore terminé	
	E	(inaud.)	
	P	Non non, non on va faire un exemple, alors faites attention, chut, on va faire maintenant cet exercice comme exemple dans le cours, ok?	
	E	Quel numéro?	
	P	Numéro 1 page 316	
	Es	(…)	
	P	Bien, Roula s'il vous plait, Joe, chut, numéro 1 page 316, écoutez bien	
	E	Quelle page?	
	P	Quelle page, qui dit quelle page?	
	E	316 numéro 1	
	P	Joe moins 1 tu as déjà moins 8	
	J	(inaud.)	
41:15	P	Tu as déjà moins 8, quand tu sauras regardez le tableau et lire tu iras en seconde. Bien Roula vas-y, chut, oui vas-y	
	R	Le soleil a une masse $m_s = 1{,}99\times10^{30}$ kg, la Terre a une masse $m_T = 5{,}98\times10^{24}$ kg, le rayon moyen de l'orbite de la Terre autour du soleil est de $1{,}49\times10^{11}$ m. En admettant que la loi d'interaction gravitationnelle est applicable, calculer la force d'interaction gravitationnelle entre la Terre et le soleil	
	P	Ok, bien, faites le calcul chez vous et donner la réponse, faites le calcul chez vous et donner la réponse, on applique cette formule, ok, on va voir quelle est la force exercée par le soleil sur la Terre. Oui	
	E	On fait F égale G fois m fois M sur distance en mètres?	
	P	Bien sûr la distance doit être en mètres, système SI, mètres, kg, kg	
	E	(inaud.)	
	P	G vous avez G	
	E	$F = 3{,}575\times10^{22}$ N	
	P	Alors voilà la valeur, est-ce que c'est une petite force?	
		(…)	
	P	Alors pourquoi le soleil, pardon pourquoi la Terre ne tombe pas sur le soleil?	
	E	(inaud.)	
	E	La vitesse	
	P	A cause de sa vitesse, si cette vitesse diminue alors la Terre sera tombée sur le soleil	
	E	Quelle est la valeur de sa vitesse?	
	P	De la vitesse Terre? On va voir ça dans la classe de 1ère	

Classe 3 séance 3 (19/5/06)

Tps	Loc.	Discours	Thème
1:05	P	Bien, alors il a proposé qu'il y a une attraction, Isaïe, il a proposé qu'il y a une attraction entre 2 masses, on va voir après c'est quoi la masse, maintenant cette interaction c'est une interaction à distance telle que $F = \frac{G.m_A \times m_B}{d^2}$, G c'est une constante de l'ordre de 10^{-11}, m_A la masse du corps A et m_B la masse du corps B, d^2 c'est la distance entre les centres de gravité. Bien, si on a ici une planète, B correspond à une planète, dans ce cas, alors dans ce cas faites attention, si B c'est une planète dans ce cas on peut rejoindre ces 3 paramètres (entoure $\frac{G.M_B}{d^2}$) , ok, pour obtenir finalement $m_A \times g$.	1. Rappel de la loi d'interaction gravitationnelle dans le cas d'un objet à la surface de la Terre.
	E	Comment?	
	P	Donc si on prend seulement G, la masse de la planète et la distance par rapport, séparant la planète et le corps, donc on obtient m_A par, on note ça g (désigne $\frac{G.M_B}{d^2}$), l'intensité gravitationnelle, ok?	
	E	(inaud.)	
2:58	P	Voilà, donc F=P qu'on a déjà étudié avant. Bien maintenant dans les exercices on a 2 choses (un élève entre en classe), on a ou bien on va prendre ça, la formule avec les différents paramètres,ou bien on réduit la formule à cette forme, ok? Donc on va commencer, qui va passer pour faire le numéro 1?	
	E	C'est la loi de Newton?	
	P	C'est la 4ème loi de Newton, on l'appelle interaction gravitationnelle, ok?	
	E	(inaud.)	
	P	Oui, distance ou r au carré	
	E	C'est la même chose?	
	P	Oui	
	E	(inaud.)	
	P	Si on a par exemple la planète de rayon R (dessine cercle et rayon), ok? la planète de rayon R, et on a ici un objet à la surface de la planète, la distance entre l'objet A et la planète B égale à combien?	
	E	Egale à m_B fois masse de l'objet	
	P	Il paraît que tu n'as pas compris Joe	
	J	Je lui donne la trousse	
	P	Il paraît que tu n'as pas compris	
	J	Je lui donne la trousse	
4:22	P	C'est comme ça que tu lui donnes la trousse? Oui, donc si on a un corps qui se trouve sur la surface de la planète et la planète possède un rayon	
	E	R	
	P	Oui	
	E	c.à.d c'est la distance?	
4:55	P	Voilà, c'est la distance entre A et le centre de gravité de la planète, ok? pour cela on note en général c'est d^2 , si cette distance égale à R, au rayon, par suite on écrit R^2 . Oui, autre question. Donc numéro 1, qui va faire le numéro 1?	2. Application de la loi d'interaction gravitationnelle: Cas de l'interaction Terre-Lune (exo)
	Es	5	

	P	Ah oui on a fait numéro 1 oui, numéro 5, passe, alors efface le tableau, qui va lire?	
	S	Moi	
	P	Allez Saadé	
	J	(inaud.)	
	P	5? On va le faire maintenant, bien alors vas-y	
	S	On prend pour la Lune masse $m_L = 7,34 \times 10^{22}$ kg	
	P	Donc m_L, écrit Joe, $m_L = 7,34 \times 10^{22}$ kg, toujours système SI de la masse c'est le kg, en chimie on utilise la masse en? En quelle unité en chimie on utilise la masse?	
	Es	En grammes	
	P	Grammes ok, mais en physique c'est toujours en kg. Bien R_L	
	S	1740 km	
	P	1740 km. La masse de la Terre c'est $M_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg. Rayon $R_T = 6380$, donc c'est un rayon moyen, ok, car vous savez que la forme de la Terre n'est pas sphérique. Bien, oui	
	S	On désigne par g , g_O l'intensité de la pesanteur à la surface de la Terre	
	P	Donc c'est g_0, ok?	
	S	Ah c'est g_0 ?	
	P	Oui ce n'est pas O, donc g_0, non c'est un paramètre aussi, donc g_0, g_{0T} , c'est quoi Elie?	
	S	C'est l'intensité de la pesanteur à la surface de la Terre	
	P	Donc c'est l'intensité de la pesanteur juste à la surface de la Terre, oui	
	S	Et par g_{0L}	
	P	Oui g_{0L}	
	S	Celle à la surface de la Lune	
7:24	P	Donc c'est juste à la surface de la Lune. Maintenant a)	
	S	Donnez l'expression littérale du rapport g_{0T} / g_{0L}	
	P	Voilà il faut trouver, petit a), g_{0T} / g_{0L} . Quelle est la définition de g_{0T} ?	
	E	Sur la Terre la surface	
	P	Oui c'est la définition physique mais quelle est l'expression de g_{0T} ?	
	E	Ah	
	P	Ok? Donc g_{0T} égale	
	E	G	
	P	Donc la constante, par	
	E	M_T	
	P	M_T , sur	
	E	R_T^2 (écrit $g_{0T} = \frac{G.M_T}{R_T^2}$)	
	P	Voilà, car la distance ici c'est le rayon de la Terre car g_0 c'est juste à la surface de la Terre, oui, et g_{0T} ?	
	E	C'est $g_{0L} = \frac{G.M_L}{R_L^2}$	
	P	Donc c'est G par M_L sur	
	E	R_L^2	
	P	Voilà car la distance c'est le rayon de la Lune	
	E	Maintenant on les met l'une sur l'autre	
	P	Maintenant on fait le rapport, donc G par M_T sur R (élève écrit au T), voilà, donc simplification, regarde bien	
	E	G et G	
	P	Donc G et G se simplifient, 2 constantes	

	E	M_T sur R_T^2	
	P	Voilà, M_T sur M, ok sur R_T^2, non faites attention, on a aussi	
	E	Par R_L^2	
	P	Par voilà, par R_L^2 sur	
	E	M_L	
9:32	P	Tu as noté ça L? ok c'est bon, voilà. Bien maintenant voilà le rapport, ok? b), allez b)	
	S	Evaluez numériquement ce rapport	
		Donc évaluez numériquement	
		On remplace	
		On remplace les valeurs numériques, donc b) maintenant, g_{0T}/g_{0L} égal, $M_T = 5{,}98 \times 10^{24}$	
		Fois R_L^2	
		1740 au carré, mais faites attention, quelle et l'unité du rayon?	
		Km	
		Km , en système SI?	
		Mètre	
		Mètre, donc mais ici on a un rapport, ici on a km carré et ici c'est km carré, donc on peut laisser ça en km, ok, car on a un rapport entre 2 paramètres de même nature. Voilà, par 7,34, alors égal à combien? Qui a fait le calcul?	
		Moi	
		Oui	
		6,05 (inaud.)	
		Donc 6,05 , quelle est l'unité?	
	Es	mètres	
	Es	km	
	P	Km?	
	E	Pas d'unité	
	P	Pas d'unité, rapport entre 2 paramètres de même nature, oui, ok est-ce qu'il y a des questions?	
	Es	Non	
11:15	P	Donc regardez bien, alors l'intensité, l'intensité gravitationnelle sur la surface de la Terre est 6 fois à peu près, 6 fois plus grande que l'intensité de pesanteur sur la Lune, c.à.d si on a quelqu'un ici qui pèse 60 ou 600 N alors sur la Lune il pèse combien?	
	E	600 divisé 5	
	P	600 sur	
	Es	5	
	P	Non	
	Es	6	
	P	6, à peu près 6, donc sera combien? Sera 600 sur 6	
	Es	100	
	P	Ok, alors c.à.d, c.à.d quoi? Lorsqu'on se déplace sur la Terre on fait l'effort pour compenser la force gravitationnelle terrestre, lorsque nous sommes sur la Lune dans ce cas l'effort qu'on a déjà fait sur la Terre on doit le réduire, ok? Pour cela on met des masses avec l'astronaute qui se déplace sur la Lune, ok? Bien numéro, Joe passe	
	E	Monsieur (inaud.)	
	P	Ici?	
	E	Oui	
	P	C'est la constante gravitationnelle exercée par une planète sur sa surface, Joe attends	
	E	Question, ils nous demandent trouver la constante gravitationnelle en 2 planètes?	
	P	Non	
	E	Comment ils posent la question?	

	P	Bien, alors qui peut parler c'est quoi g et dépend de quoi g?	
	E	De R_T	
	E	De la masse de	
	P	Masse de quoi?	
	E	De l'objet	
13:46	P	Masse de l'objet, et quand est-ce qu'on utilise g? lorsque cet objet c'est une planète, ok, alors pour chaque planète on a g, pour chaque planète on a une intensité gravitationnelle, on a pour la Terre, pour la Lune, pour le soleil, ok? quand est-ce qu'on utilise ça? Si ils ont demandé trouver l'intensité gravitationnelle de cette planète. Ici ils ont demandé de trouver le rapport entre les intensités gravitationnelles terrestre et lunaire, bien. Alors efface	
	E	Efface	
	P	Seulement cette partie	
	E	Monsieur si on a la distance la même pour les 2 planètes, on peut faire	
	P	Oui	
	E	on peut faire g_{mL} par g_{mT} sur ?	
	P	Dans ce cas si on même rayon alors le rapport sera seulement le rapport entre les masses des planètes, ok?	
	E	Monsieur	
	P	Oui	
	E	g ne dépend pas de R_L ? Si R_L est grand alors g est petite, pas de la masse	
	P	Non dépend des 2 paramètres, G c'est une constante, donc dépend de la masse de la planète et de la distance entre la planète et l'objet, donc je répète, si on a un objet maintenant sur la surface de la Terre, on éloigne l'objet jusqu'à une altitude par exemple 10 km, est-ce que l'attraction de la Terre est la même?	
	E	Non	
14:58	P	Comment elle change? Inversement proportionnelle au carré de la distance, ok? donc si l'altitude augmente 2 fois alors cette intensité diminue 4 fois. Bien 11, qui va lire? Allez Samar	3. Variation de g et du poids avec l'altitude (exo)
	Sa	La valeur du champ de pesanteur à la surface de la Terre est $g_0 = 9,8\ N\ /\ Kg$	
	P	Donc écrit g_0 c'est 9,8 N/Kg, c'est l'intensité exercée par la Terre oui	
	Sa	En déduire la masse de la Terre	
	E	Kg	
	P	Donc en déduire la masse de la Terre, petit a) alors, comment on peut trouver M_T ?	
	J	Par la relation g_0	
	P	Voilà, par la relation ou l'expression de g_0 , donc c'est G par M_T sur le rayon de la Terre au carré, donc l'inconnue c'est	
	E	M_T	
	P	M_T , alors M_T	
	E	$\frac{R_{T^2} \times g_0}{G}$	
	P	Donc alors par g_0 sur la constante G, donc égale, R_T c'est 6400 km, km oui, est-ce qu'on laisse ça en km?	
	E	Non	
	P	Système SI c'est quoi?	
	E	Mètre	
	P	Mètre oui, donc par 10^3 au carré car R le rayon au carré oui	
	E	Monsieur toujours rayon 6400?	
	P	Oui, en moyenne	

	E	(inaud.)	
	P	Non, regarde bien	
	E	(inaud.)	
	P	g_0	
	E	9,8	
	P	Voilà 9,8 sur 7×10^{-11} dans le système SI, bien qui a fait cette partie de l'exercice?	
	E	Moi	
	P	Alors quelle est la valeur?	
	E	(inaud.)	
	P	Qui est kg?	
	E	(inaud.)	
	P	essayer de parler en français	
	E	On la laisse au carré et à la fin on change la valeur	
	P	Attends, R c'est en quoi l'unité? Tu as mis R	
	E	R en kg	
	P	Km, km, donc non	
	E	C'est faux?	
	P	Oui, car toujours dans le système SI si on a plusieurs paramètres différents alors il faut utiliser les unités en système SI	
	E	(inaud.)	
	P	SI mètre	
	E	Mais la réponse on peut faire quand on aura la réponse par 10…	
19:00	P	Non car par exemple g_0 c'est N/kg, ok, or G possède une unité, euh c'est m/N, ok? donc on a mètre, on obtient peut-être une valeur mais la valeur n'est pas juste, ok? il faut utiliser toujours système SI, on n'utilise pas le système SI si on travaille seulement avec un seul paramètre c.à.d longueur ou bien vitesse ou bien accélération ou bien force, dans ce cas on utilise n'importe quelle unité, donc c'est $5,7 \times 10^{24}$ kg, voilà, alors application directe à la formule, c'est comme ça qu'on a estimé la masse de la Terre, on n'a pas une balance qui mesure la masse de la Terre, on a estimé d'après la force gravitationnelle la masse. b), oui Samar	
	Sa	(inaud.)	
	P	Oui, donc g égale, g_z égale oui g_0 par	
	J	R_T^2	
	P	R	
	E	Au carré	
	P	Oui, sur	
	E	$(R_T + z)^2$	
	P	Bien, faites attention, g comment varie en fonction de R? inversement proportionnelle ou proportionnelle?	
	J et E	Inversement	
	P	Oui, donc s on a ici g_0, g_z, ou bien si on a ici g_0, R_T doit être où? Oui	
	J	En bas	
	P	Non, en bas ou en haut?	
	E	En haut	
	P	En bas, alors écris	
	J	Au carré?	
	P	Non non n'écrivez pas, au carré oui, bien R carré représente quoi ici? C'est quoi R carré ici? Bon s'il vous plait fais une figure qui représente la situation c.à.d la Terre comme planète, oui (élève dessine), un corps qui se trouve sur la surface de la planète, voilà, et un autre qui se trouve à une altitude z, oui ok, donc quelle est la distance entre ce corps et le centre de gravité de la Terre?	

	E	Un rayon	
	P	Rayon R_T. Quelle est la distance entre ce corps et le centre de gravité de la Terre?	
	J	R	
	E	R_T et z	
	P	R c'est quoi R?	
	J	R_T + z	
	P	Donc c'est R_T + z, ok? Donc si vous avez oublié la formule, quelle est l'origine de cette formule?	
	J	Figure	
	P	Non la figure c'est pour comprendre, (inaud.) que $g_z = \frac{G \times M_T}{(R_T + z)^2}$ et $g_0 = \frac{G \times M_T}{(R_T)^2}$, donc si on fait le rapport qu'est-ce qu'on obtient? $\frac{g_z}{g_0}$ égal, G et G se simplifient, M_T et M_T se simplifient, donc reste $\frac{1}{(R_T + z)^2}$ sur $\frac{1}{(R_T)^2}$, donc égal	
	E	R_T^2	
	P	R_T^2 où elle devient?	
	J	En haut	
	P	Voilà, donc on obtient ici R_T^2 sur $(R_T + z)^2$ (écrit $\frac{g_z}{g_0} = \frac{R_T^2}{(R_T + z)^2}$), alors g_z est égal à quoi?	
	J	(inaud.)	
	P	g_0 par ce rapport, ok? donc c'est l'origine de cette relation, il faut étudier bien, ça se trouve dans votre livre, regardez la page	
	E	310	
23:37	P	Page 312, ok? voilà la relation. Bien, alors, tu peux effacer ça, donc c'est R_T^2 sur $(R_T + z)^2$. D'autres choses, ou bien retenir que g_0 est inversement proportionnelle à R_T, que veut dire inversement proportionnelle? C.à.d que g_0 est égale à une constante sur R_T^2, inversement proportionnelle, donc on a g_0 par R_T^2 est égal à ça. Bien maintenant on complète, oui	
	J	On calcule?	
	P	Oui calcule, non (inaud.) seulement, c)	
	Sa	Quel est le poids d'une personne de 60 kg au niveau de la mer	
	P	Donc c.1), au niveau de la mer, la masse c'est toujours 60 kg	
	J	P=mxg	
	P	Donc P=mxg, quel g maintenant?	
	Es	9,8	
	P	Donc c'est g_0, donc $P = m \times g_0$, égal à 60	
	J	P ou m?	
	P	Non le m, non on va trouver P, on a m, m c'est 60, 60 x 9,8 donc c'est	
	E	588	
	P	588 N	
	E	Monsieur on met une flèche sur le P?	
	P	Flèche? On va parler de ça lorsqu'on termine cet exercice. Bien, mais si, faites attention, flèche c.à.d un vecteur, le vecteur ce n'est pas une quantité pour donner une valeur, on va parler quelle est la différence entre vecteur et scalaire. c.2) aux cèdres on a l'altitude z=3000 m, voilà, donc P égal à quoi?	
	J	Euh	
	P	Avant le calcul, quelle est l'expression de P?	

	J	M par g	
	P	Quel g?	
	J	g_z	
	P	g_z, donc écris, P= mx g_z, maintenant il faut trouver alors	
	J	g_z	
	P	g_z voilà, donc g_z, or g_z =9,8 par 6400, c'est en km, pour ça en m, par 10 à la puissance 3, le tout au carré oui, 6400 x $10^3 + 3000^2$, bien qui a fait cette partie? Qui a su faire cette partie?	
	E	(inaud.)	
	P	Ok quelle est la valeur?	
	E	Mais je n'ai pas converti	
	P	Ok ok, bien g_z, alors fais le calcul	
	E	9,79	
	P	Donc c'est 9,79 , quelle est l'unité?	
	E	Newton	
27:05	P	Newton par kg, bien. Maintenant d) à quelle altitude, donc il faut trouver, ah P oui reste P= 60x9,79=587,11 , oui, donc vous avez des questions?	
	E	Dans le SI g correspond à m et kg à km?	
	P	Non, SI la masse en kg indépendant de l'unité de la distance, ok? la distance en m, le temps en s, la force en N, vitesse m/s et m/s^2, est-ce qu'il y a une faute ici?	
	E	oui	
	P	Ça en km devient en m et ça z en m	
	E	Monsieur P= 60x9,79 , ils ont demandé g_z seulement	
	P	Non trouvez le poids aux cèdres, trouvez le poids où? Quelle est la question?	
	E	(inaud.)	
	P	On a oui, on multiplie par 10^3 pourquoi? Quelle est la masse de la Terre? C'est 6400 km, pour qu'on a ça en mètres	
	E	(inaud.)	
	P	Mais ici faites attention, ici on n'a pas z, z en quoi?	
	E	Mètres	
	P	Mètres et ici en km, est-ce qu'on peut ajouter 2 unités km et m? non, ou bien on transforme z en km, ok, Patrice, ou bien on transforme z en km, dans ce cas on a km carré sur km carré, ou bien il faut transformer ça en mètres	
	E	Elle doit être en mètres?	
29:24	P	En mètres oui, SI en mètres. Bien, Maintenant d) il faut trouver z	
	J	d)?	
	P	d) oui, à quelle altitude ce poids est-il réduit de moitié? Il faut trouver altitude c.à.d quel paramètre?	
	E	Z	
	P	Z ok? donc écrit z point d'interrogation, oui. A quelle altitude le poids réduit devient la moitié?	
	J	587	
	P	Non par rapport au poids à la surface de la mer	
	J	588 sur 2 égal	
	P	Oui voilà, donc P'z = P/2 = , est-ce que la masse change lorsque	
	E	Non	
	P	Bien la masse ne change pas, qui change ici?	
	E	g_0	
	P	g_0 bien, donc $\frac{m \times g_0}{2}$, k, donc égal à $m \times \frac{g_0}{2}$ à part, ok? donc g_z égal à combien par rapport à g_0 ?	
	E	g_z égal à	
	P	Ici P'z = P/2, on a trouvé que c'est égal à $m \times \frac{g_0}{2}$, or P'z par définition c'est	

		mx g_z , donc g_z est égal à quoi?	
	E	$\frac{g_0}{2}$	
	P	Donc c'est $\frac{g_0}{2}$, donc implique que $g_z = \frac{g_0}{2}$, voilà, maintenant on remplace dans l'expression ici, efface, donc égal (élève écrit) voilà, sur, non égal, g_z égal	
	E	(inaud.)	
	P	Ok ok, non écrit g_z égal l'expression g_0 , $g_z = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T + z)^2}$, égal en même temps, égal à quoi? à $\frac{g_0}{2}$	
	J	Tout ça?	
	P	Oui égal à $\frac{g_0}{2}$, donc regardez maintenant g_0 et g_0 se simplifient	
	E	Monsieur R_T^2	
	P	Oui au carré, ok? donc reste à trouver z maintenant, donc $(R_T + z)^2$, implique oui, $(R_T + z)^2 = 2 R_T^2$, donc $R_T + z$, racine carrée des 2 membres, donc $R_T + z = \sqrt{2}.R_T$, R_T hors de la racine, Joe on fait la racine là, qu'est-ce qui reste ici? On l'enlève , et ici celle ci sors, qu'est-ce qui me reste? Ok? donc par R_T voilà, donc $z = \sqrt{2}.R_T - R_T$, donc égale, on met R_T en facteur, donc $z = R_T(\sqrt{2} - 1)$, on fait le calcul maintenant, donc 6400, est-ce qu'on a besoin ici de transformer en mètres?	
	E	Non	
	P	Regardez bien, ici on a seulement le paramètre R_T et z c'est une aussi distance n'est-ce pas? Longueur, par suite si R_T en km donc z	
	E	En km	
	P	En km, si R_T en m donc z en m, donc 6400 facteur de à peu près 1,4 – 1 , donc c'est 6400x0,4 , égal à combien? Donc 2649,6 km	
	E	6400x0,4?	
	P	Oui	
	E	2560	
	P	Ok, on a fait l'approximation ici, attends fais $(\sqrt{2} - 1)$ par 6400, bien merci	
	E	2650	
	P	Donc 2650, ok. Alors comme vous n'avez pas étudié bien ce chapitre donc devoir numéro 9 pour mardi	
		(…)	
37:07	P	Alors on va parler des forces de contact, avant tout, bien vous avez terminé? Bien qui peut définir c'est quoi une action mécanique? Ou comment on peut savoir	4. Action mécanique
	E	Que c'est une action mécanique	
	P	Qu'il y a une action mécanique, qui peut savoir	
	E	(inaud.)	
	P	Donc on a oui	
	E	Que le système est en contact avec	
	P	Non avant forces de contact qu'est-ce qu'une action mécanique?	
	E	Déformation	
	P	Bon action on a dit	
	E	Mvt	
	P	On a dit action, non c'est pas seulement un mvt, action	
	E	Déformation	
	P	Mais avant c'est quoi l'action?	
	E	Agir agir, faire une action	
	P	Agir, changer des propriétés n'est-ce pas?	

	E	Déformation	
39:01	P	Donc action changement, et mécanique soit on parle de la forme physique (écrit forme physique et mvt) (…) Bien faites attention, lorsqu'on parle d'une action mécanique, attends, oui Léa qu'est-ce qu'il y a? lorsqu'on parle d'une action mécanique alors action c.à.d changement, action politique changement politique, action sociale changement social, mécanique donc on parle de la forme physique du corps ou du système et du mvt, action mécanique donc il y a changement de la forme c.à.d déformation et il y a changement du mvt, exemple de ça, maintenant le livre, qu'est-ce que tu fais Léa? Assieds-toi bien. Le livre sera déformé à cause de quoi?	
	Es	Il y a une force	
	P	Une force, une action mécanique, à cause d'une action mécanique, est-ce que le livre peut se déformer seul?	
	Es	Non	
	P	Est-ce que le livre peut se déformer seul?	
	Es	Non	
	P	Est-ce que le livre peut se déplacer seul?	
	Es	Non	
	P	Donc est-ce que un corps ou un objet peut faire une action mécanique sur lui-même?	
	E	Non, il n'y a pas de force	
	E	Mais si il y a	
	P	Donc est-ce qu'il peut agir sur lui-même?	
	Es	Non	
	P	Est-ce qu'il peut changer sa forme?	
	Es	Non	
	P	On ne peut pas changer notre forme?	
	E	(inaud.)	
	P	Donc ok, mais aussi objet c.à.d l'homme, l'être vivant	
	E	Le livre il ne peut pas changer	
	P	Oui mais je peux changer la forme de mon corps?	
	E	Oui	
	E	(inaud.)	
41:23	P	Non? Alors réfléchissez à ça, généralement une action mécanique s'exerce par un autre corps sur un objet, pour cela on appelle le corps qui agit agent, c'est lui qui agit qui fait l'action, ok? Maintenant pour représenter une action mécanique, si je fais une action , si je fais maintenant une action comme ça et une autre comme ça, comment je peux distinguer entre les 2 actions?	5. Modélisation de l'action mécanique par le vecteur force (carac. de ce vecteur)
	E	(inaud.)	
42:25	P	Si je fais une action comme ça et une autre action, comment je peux distinguer entre les 2 actions? Si je fais une action comme ça (une personne parle avec le prof à la porte) Bien, alors maintenant cette action mécanique déforme la feuille (il plie une feuille) suivant cette situation, une autre action mécanique déforme la feuille comme ça, comment je peux distinguer entre 2 action? C.à.d si Simon il va dire par exemple s'il vous plait monsieur exerce une action mécanique pour plier la feuille, comment je peux savoir si cette action c'est comme ça ou comme ça ou comme ça? Est-ce que je peux savoir?	
	E	On va indiquer le sens	
	P	Bon, on a besoin d'indiquer quoi?	
	E	Le sens	
	P	Le sens de l'action mécanique. Maintenant peut être que j'exerce une action comme ça suivant ce sens ou suivant ce sens	
	Es	Direction	
	P	Donc c'est le sens, maintenant la direction il faut préciser aussi direction, et finalement bien sûr avec quelle intensité on doit faire cette action (écrit sens,	

		direction, intensité), aussi on a le point d'application. Quel est l'être mathématique qui peut engendrer ces 3 paramètres ou 4?	
	Es	Le vecteur	
	P	Le vecteur, pour cela on va définir un être mathématique qui a un sens physique, cet être mathématique c'est le vecteur force, donc qu'est-ce qu'une force? La force représente une action mécanique, donc la force ce n'est pas l'action, c'est un modèle c'est une représentation de l'action mécanique, pour cela toujours il faut indiquer quel est le point d'application, quel est le sens, la direction et l'intensité, et on vu qu'il y a 2 genres d'interactions, interaction c.à.d il y a l'objet, l'un fait sur l'autre une action	
	E	On va pas les écrire?	
44:53	P	Non non, vous avez ça dans le livre. Bien action mécanique, maintenant forces de contact, n'importe quel objet ou 2 objets qui sont en contact alors l'un exerce sur l'autre une action mécanique, peut-être que cette action est remarquable c.à.d elle peut changer de façon remarquable la forme ou bien	6. Forces de contact: tension d'un fil et réaction du support.
	E	Mvt	
45:15	P	Crée un mvt ou change l'état du mvt. Donc vous vous rappelez un peu quelles sont ces forces de contact?	
	El	Oui	
	P	Bien, alors Elia vas-y, si on a un fil où il y a une masse accrochée à ce fil	
	El	Tension	
	P	Donc on appelle l'action mécanique exercée par le fil sur ça tension, quel est le point d'application?	
	El	Le centre de gravité	
	E	Le point de contact	
	P	Si on a forces de contact	
	E	Point de contact entre le fil et la boule	
	P	Ok? bien maintenant quelle est la direction?	
	E	Verticale	
	E	non vers le haut	
	P	Bon si on a comme ça on tire la boule par le fil comme ça?	
	E	Le même du fil	
	P	Oui c.à.d portée	
	E	Par le fil	
	P	Portée par le fil toujours, que ce soit un ressort ou un fil la direction portée par le fil, l'intensité ça dépend de la situation. Maintenant autres forces	
	E	Réaction du support	
	P	réaction du	
	E	Du support	
	P	Du support oui, comment cette réaction?	
	E	Du centre du carré	
	P	Non force de contact	
	E	Le milieu le milieu de la boîte	
	P	Alors faites attention, comme on dit que c'est une représentation donc n'importe n'importe quel point de contact c'est un point d'application	
	E	Point de contact	
	E	Vers le bas	
	E	Vers le haut vers le haut	
	P	Vers le haut, pourquoi on a cette action? Comment on sait maintenant que la table fait une action sur le livre?	
	E	Car elle peut le tenir	
	P	Car si on n'a pas la table Elie	
	E	le livre va tomber	
	P	le livre va tomber, donc la table change l'état du mvt, n'est-ce pas? Par suite elle exerce une action mécanique qu'on la note, comment cette direction?	
	E	(inaud.) R R R oui	
	P	Comment cette direction R?	

	E	Horizontale	
	E	Non verticale	
	P	Comment on l'appelle? Réaction	
	E	Normale	
	P	Normale, donc toujours perpendiculaire au support, ok, perpendiculaire au support. Autres forces	
	E	P	
	P	P c'est une force à distance, on a déjà étudié	
	E	Frottements	
	P	Frottements, qui fait le frottement généralement?	
	E	(inaud.)	
	P	Si on a un objet ici (dessine point sur une pente) qui exerce le frottement sur cet objet?	
	E	Le support	
	P	Le support, donc le support Samir, le support exerce 2 forces	
	E	2 forces	
	E	De contact	
48:27	P	Donc pour cela effectivement la surface exerce une seule force mais cette force possède 2 composantes, normale au support et l'autre parallèle au support, ok, donc donc réaction normale et frottement. On va étudier maintenant, donc on n'a pas le temps, devoir, ce n'est pas devoir mais il faut réfléchir, attendez, il faut faire ce devoir sur un papier propre, je veux ramasser	Organisation de la classe (devoir à faire à la maison)
	E	(inaud.)	
	P	Non non, non non c'est facile	
	E	(inaud.)	
	P	Bien, c'est très simple faites attention, on a on tire, Patrice, on tire la masse M avec une force F, petit m, grand M se déplace dans ce sens et de même petit m, Elie	
	E	Elle ne bouge pas petit m	
	P	On a 2 masses	
	E	Elle ne bouge pas	
	P	Sorry	
	E	Petit m ne bouge pas	
	P	Regarde, je tire le livre, est-ce que la masse se déplace avec le livre?	
	E	(inaud.)	
	P	Donc voilà la situation, on a un livre et une feuille, on tire le livre, pourquoi la feuille se déplace? C'est la question	
	E	Car elle se	
	E	Car elle se situe sur lui	
	P	Attendez, la question c'est faire l'inventaire des forces exercées sur m, il faut faire le bilan des forces, c'est tout, c'est l'exercice	
	E	(inaud.)	
	P	Sur une feuille propre	
	E	(inaud.)	
	P	Numéro 9 à part, donc on tire la masse M, supposons que la masse M c'est le livre et ici il y a une feuille ou une gomme, ok, petit m se déplace aussi, maintenant seulement on a besoin de faire le bilan des forces sur petit m seulement, c'est l'exercice, ok?	
	E	9 9, numéro 9?	
	P	Numéro 9 c'est à part mais il faut faire ça sur un papier car on va analyser ça ensemble. Bien merci	

Classe 3 séance 4 (23/5/06_1)

Tps	Loc.	Discours	Thème
00:00	P	Bien , on va avant tout corriger l'exercice du chapitre interaction gravitationnelle, ok, c'est l'exercice numéro 9 page 317, alors exercice numéro 9	Introduction de la séance
	E	Quelle page?	
00:41	P	317, chut. Bien qui va passer au tableau pour résoudre ça? Fadi passe. Chut, bien où est le livre? Alors s'il vous plait ramassez les feuilles de la récitation	
	E	(inaud.)	
1:50	P	Non non rangez-les (…) chut, mettez le livre devant vous rapidement, où est le livre? Bien Léa vas-y, tu dois lire maintenant et expliquer la donnée physique, ok, oui vas-y Léa	1. Variation de g et du poids avec l'altitude (exo)
	E	L'intensité de la pesanteur à la surface de la Terre est égale à 9,8 N/kg	
	P	Oui	
	E	Le rayon de la Terre R est égal à 6400 km	
	P	Attends attends, donc $g_0 = 9,8\ N/kg$, le rayon de la Terre 6400 km, combien de mètres en système SI?	
	E	Par 10^3	
	P	Voilà, on multiplie fois 10^3 , par 10^3 m. Assieds-toi bien pour ne pas dormir. Alors continue	
	E	Le poids du corps au niveau du sol est $P_0 = 10^3\ N$	
	P	Donc petit a, $P_0 = 10^3\ N$, oui	
	E	Calculez son poids à l'altitude z=300 km	
	P	z=300 km, avant tout est-ce que le poids augmente ou diminue?	
	E	Augmente	
	P	Oui à l'altitude z, lorsqu'on s'éloigne de la Terre le poids	
	Es	Diminue	
	P	Augmente n'est-ce pas?	
	Es	Diminue	
	P	Diminue, donc comment on va faire le calcul? Oui, de quoi dépend le poids?	
	E	Masse	
	P	De la masse du corps	
	E	Et de g	
3:45	P	Et l'intensité gravitationnelle. Donc Fadi le poids dépend de la masse et de l'intensité gravitationnelle. Ok, est-ce que avec l'altitude la masse change, varie?	
	Es	Non	
	F	Oui	
	P	Avec l'altitude est-ce que la masse du corps change?	
	E	Non	
	P	Change oui ou non?	
	F	Non	
	P	Ne change pas, pourquoi? Pourquoi la masse ne change pas avec l'altitude?	
	E	La masse?	
	P	Oui, ne change pas avec l'altitude	
	E	Ne dépend pas d'elle	
	P	Donc la masse c'est une propriété du corps, ok, ne change pas avec l'altitude, qui change alors?	
	E	C'est le poids qui change	
	F	Le poids	
	P	Le poids c.à.d?	
	E	L'intensité	
	P	Voilà, donc il faut calculer la nouvelle intensité de pesanteur g_z , ok? donc g_z =?	

	F	Je ne la connais pas	
	P	Comment on calcule g_z ?	
	F	Je ne sais pas	
	P	Donc tu n'as pas étudié. Quelle est la relation entre g_z et g_0 ? Oui Samar	
	S	$g_z = g_0 \frac{R^2}{(R+z)^2}$	
	P	Donc c'est R_T^2, le rayon de la Terre au carré, sur l'altitude du corps par rapport au centre, la distance entre le centre de la Terre et le centre du corps, donc c'est $(R_T + z)^2$, entre parenthèses, oui, non voilà la distance n'est-ce pas? La distance au carré, donc maintenant on a g_0, on a le rayon de la Terre, on a z, donc il faut mettre les valeurs, oui, 9,8 par 6400 par 10^3, au carré voilà, sur 6400 plus 300x10^3 (élève écrit $g_z = 9{,}8 \times \frac{(6400 \times 10^3)^2}{(6400 \times 10^3 + 300 \times 10^3)^2}$)	
	E	Il faut mettre le 10^3 ? On peut les mettre sans 10^3 car les 2 sont dans le système international	
	P	Oui, comme on a le rapport ici, comme on a le rapport entre 2 paramètres de dimension c.à.d mètre donc oui oui on peut laisser le rayon en km et l'altitude z en km, oui oui on obtient la même chose, donc égal	
	E	8,94	
	P	8,94. Quelle est l'unité?	
	F	Newton	
	P	N/kg, alors P_z égal à quoi?	
	E	mxg	
	P	$m \times g_z$, donc P_z égal, Elie s'il te plait assieds-toi bien (élève écrit $P_z = m \times g_z$)	
	E	Il faut trouver m avant	
	P	m oui, reste à trouver m, m c'est la masse du corps	
	F	m=	
	P	Non attends, la question c'est de trouver P_z	
	F	Je veux m	
		m oui (élève écrit $m = \frac{P_z}{g_z}$)	
	E	Non	
7:44	P	Vous avez envie de sortir dehors? Alors, est-ce qu'on a P_z Fadi?	
	E	Non	
	P	Donc on ne peut pas trouver la masse. Qu'est-ce qu'on a dans les données? On a g_0	
	F	g_0 et R	
	P	On a P_0	
	F	P_0 et z	
	P	Oui, commet on trouve la masse? qui parle encore? Donc $m = \frac{P_0}{g_0}$	
	E	(inaud.)	
	F	La masse ne change pas	
	P	La masse ne change pas, donc égal à 1000, 10^3, oui c'est 10^3, qu'est-ce qu'il y a Léa, quelle est la question?	
	L	g_z ou g_2 ?	
	E	g_z	
	P	Ici c'est $g_0 \frac{R^2}{(R+z)^2}$, c'est la relation. Donc c'est 102,04, quelle est l'unité?	
	E	Kg	

	P	Qu'est-ce qu'on calcule ici? C'est la masse. en système SI c'est kg	
	E	Monsieur pourquoi il a écrit $m = \frac{P_z}{g_z}$?	
	P	Il a écrit ça pour calculer m_z , sorry m, ok? attends, Elie, et alors?	
	Es	(rires)	
9:45	P	Assieds-toi bien sinon tu sors dehors, c'est la dernière remarque (…) Attends, alors il a écrit m pour calculer la masse en fonction de P_z et g_z , il a trouvé qu'on n'a pas P_z , pour cela on a passé à appliquer ça	
	E	C'est pas nécessaire d'écrire $m = \frac{P_z}{g_z}$	
	P	$m = \frac{P_z}{g_z}$	
	F	On a mis après elle celle-ci	
	P	Il a réfléchi de ça	
	E	(inaud.)	
	P	Non non. Alors maintenant P_z égal	
	E	Monsieur il n'y a pas de différence entre le 2 et le z	
	P	il y a pas de différence entre quoi et quoi?	
	E	C'est g_2 ou g_z ?	
	E	g_z	
	P	Rachelle	
	R	Ok	
	F	Je la met en entier?	
10:51 11:45	P	Euh oui, donc le poids diminue, voilà Newton, donc c'est Newton, merci à ta place. Saadé passe au tableau, efface ici (…) Bien, alors vous avez terminé?	
	Es	Non	
	P	Stéphane tu dois lire la partie b et expliquer comment on peut résoudre le problème	
	St	Quelle altitude faut-il atteindre pour que le poids diminue de 1%?	
	P	Oui, alors il faut trouver quoi?	
	St	On doit trouver l'altitude	
	P	L'altitude oui, quelle est la condition qu'on a ?	
	E	1%	
	St	Le poids doit diminuer de 1%	
	P	1% oui, c.à.d quoi? Le poids maintenant est égal à quoi maintenant?	
	E	Moins 1%	
	P	1%, donc c'est combien Elie? Saadé le poids diminue de 1% donc égal à combien?	
	S	990	
	P	Oui, 990 quoi?	
	S	Newton	
	P	Voilà, donc écris b) le poids diminue de 1% (…) alors implique P' la nouvelle valeur du poids c'est	
	S	990	
	P	99%, donc P' =99% de quel poids?	
	E	P	
	E	1000	
	P	Oui 1000 c.à.d P_0 , de P_0 , donc quelle est la valeur?	
	E	Quelle est la valeur?	
	P	Quelle est la valeur?	
	E	1000 moins 1%	
	E	1000 moins 10	
	P	Bah voilà, 99% c.à.d , pousse un peu, donc P'=0,99x P_0 , n'est-ce pas? On	

		multiplie par combien? Si on a 1% comment on calcule 1%?	
	E	1 sur 100	
	P	Voilà, donc 99% de P_0 c'est 99 sur 100 par P_0 . 99 sur 100 c'est 0,99, fois P_0	
	S	1000	
	P	Voilà, égal, on remplace P_0 par 1000, on trouve que c'est 990. tu as une question? Donc c'est	
	S	990 N	
	P	La question c'est de trouver l'altitude où le poids égal à 990 N, ok, il faut trouver l'altitude. Bien efface ici	
	E	L'altitude c'est z? On doit trouver z?	
	P	Z oui, l'altitude c'est la hauteur par rapport au sol, ok, à la surface de la Terre, ce n'est pas pas… oui Saadé, comment on calcule z	
	S	z?	
	P	Oui, ou z'. De quoi dépend P'?	
	S	L'altitude z	
	P	Oui mais de quoi, le poids dépend de quel paramètre?	
	E	De la masse	
	P	Masse et quoi ?	
	E	Altitude	
	E	Intensité gravitationnelle	
16:32	P	Intensité gravitationnelle, tu ne la connais pas celle-ci? A ta place. Léa passe. Bien alors le poids dépend de la masse et de l'intensité gravitationnelle. Maintenant avec l'altitude est-ce que la masse change?	
	L	Non	
	P	Donc qui change alors?	
	L	Le poids	
	P	Le poids, et le poids dépend de quoi?	
	E	L'intensité	
	L	L'intensité	
	P	De l'intensité gravitationnelle et de la masse, écris P=mxg, avec l'altitude est-ce que m change?	
	L	Non	
	P	Est-ce que g change?	
	E	Oui	
	L	Oui	
18:00	P	Alors g change, s'il y a variation au niveau de P c'est à cause qu'il y a variation au niveau de g. ok maintenant le poids c'est 990 N, comment on peut calculer l'altitude z? Donc à ta place. Quand on vous dit d'étudier il faut étudier pour que vous puissiez garder votre note. Chut, bien Samar passe. Alors comment on résout ce problème?	
	S	On va calculer z	
	P	Oui	
	S	On a P et on n'a pas g, g_z	
	P	Oui	
	S	Euh $g_z = g_0$, un instant, on va trouver z et on n'a pas g_z	
	P	Oui, on a g_0 mais on n'a pas g'_z . Mais c'était un devoir n'est-ce pas?	
	Es	Oui	
	P	Alors on verra. Comment tu as résolu ça?	
	S	(inaud.)	
	P	Ecris P=mxg', ok, on a P' et on a m donc on peut calculer	
	S	g'	
	P	Calcule g'	
	S	Combien c'est la masse?	
	P	C'est 102,04 , sur 102,04 , égal à combien?	
	E	9,7	
	P	Donc c'est 9,7	

	E	g' c.à.d g_z ?	
	P	Oui c'est à l'altitude z', ok? donc on a maintenant g', comment on peut trouver?	
	S	g'= g_0 …	
	P	Voilà, or g' = g_0 (élève écrit $g' = g_0 \frac{R^2}{(R+z)^2}$), on va noter z z', ok? bien, donc c'est z'. donc R+z' égal à quoi? Au carré oui au carré, donc égal à g_0 (élève écrit $(R+z) = \frac{g_0 \cdot R^2}{g'}$) par R au carré sur	
	S	(inaud.)	
	P	Oui, g_0 c'est 9,8, par 6400 par 10^3 au carré, voilà, sur g'_z, c'est 9,7 , donc égal à combien? Bien qui va faire le calcul? Isaïe	
	E	4,14 par	
	P	4,14 x 10^{13} , oui, racine carrée de ça? Donc R+z'	
	E	6,64	
	P	Donc 6 virgule	
	E	64	
	P	64	
	E	Non non, c'est 6432950	
	P	Donc 6,4 x 10^6 , voilà, ok? donc z'=6 ah sorry, on doit ajouter encore	
	E	Quoi?	
	P	Donc 6,432 , voilà, donc 6,432 par 10^6 moins le rayon de la Terre c'est 6400	
	S	Par 10^3	
	P	Voilà, donc égal	
	E	Euh 32905	
	P	Donc c'est 32 milles	
	S	905?	
	E	Oui	
	P	Mètres, combien de km?	
	S	Par 10^{-3}	
	P	Voilà, donc c'est 32,905 km. Bien quelle est la conclusion de ça? Quelle est la conclusion? Quelle est l'altitude maintenant? C'est 32 km, ok? le poids diminue de combien?	
	S	1%	
	P	De 1%, avec une altitude de 32 km le poids varie seulement 1%, ok, donc c'est rien, presque rien. Bien merci. Donc conclusion finale, vous n'avez pas étudié ce chapitre même que ce chapitre est facile (…) alors pour vendredi, chut	
	E	(inaud.)	
24:38	P	Ok j'ai compris ce que vous avez, pour vendredi étudiez le chapitre, celui qui ne vas pas l'étudier ce sera sa responsabilité parce vous devrez le préparer pour l'examen final, si vous avez une question vous la posez, après si vous posez des question je ne vais pas répondre (…) Joe, allez au tableau, passe au tableau. Alors on va voir maintenant la situation	2. Bilan et représentation des forces et relation entre sens du mvt et sens des forces (exo)
	J	C'est le devoir?	
	P	Oui. Alors faites attention, la partie concerne les lois de Newton, ok? Mais avant de commencer on a une notation importante on va voir, oui, quelles sont les forces exercées sur la masse? comment on a noté ça, m_A n'est-ce pas? Grand M, oui. Quelles sont les forces qui s'exercent sur petit m?	
	J	Le poids	
	P	Avant tout, système c'est quoi?	
	J	Petit m	
	P	Petit m, forces à distance	

	J	Et forces de contact	
	P	Voilà avant tout quelles sont les forces à distance?	
	J	Poids	
	P	Poids, est-ce qu'il y a force électrique?	
	J	Non	
	P	Est-ce qu'il y a magnétique?	
	J	Non	
	P	Donc le poids, non non, seulement indique ça sur la figure, ok? le poids. Non non n'écrivez pas maintenant. Avant tout quel est le point d'application du poids?	
	E	Centre de gravité	
	E	Centre de gravité	
	P	Centre de gravité, voilà, donc $\vec{P}$, est-ce qu'on a d'autres forces à distance? Il n'y a pas. Quelles sont les autres forces	
	E	De contact	
	P	De contact	
	J	Le support	
	P	Donc comment on appelle ça? Réaction du support, indique la réaction du support	
	J	Je la mets ici?	
	P	Oui, faites attention, c'est une force de contact, le point d'application c'est où? Sur le point de contact, n'importe quel point de contact. Bien $\vec{R}$ et $\vec{P}$, donc qui a fait ça? Qui a représenté ça? Comme ça?	
	E	Moi moi	
	Es	(inaud.)	
	P	Attends attends, non la question c'est qui a trouvé que les forces c'est comme ça, le poids et la réaction du support suivant la normale?	
	Es	Moi	
	P	Alors on va voir maintenant, on va voir. Avant tout ici le poids possède une intensité selon la figure, plus grande que la réaction normale, donc comment se déplace alors la masse m? si	
	Es et J	Vers le bas	
	P	Donc il y a une faute dans la figure. Est-ce que la masse se déplace suivant la verticale?	
	E et J	non	
	P	Donc il faut que la force exercée, la force descendante verticale doit être égale à la force ascendante verticale, ok? donc voilà $\vec{P}$ et $\vec{R}$, ok? maintenant Joe on a dit qu'on déplace la grande masse M, pourquoi la petite masse se déplace aussi? Quelles sont les forces, c'est $\vec{R}$ et $\vec{P}$, quelles forces déplacent la masse m? d'après ces 2 forces laquelle a un effet sur m pour que m soit en déplacement?	
	J	$\vec{P}$	
	E	$\vec{F}$	
	P	$\vec{P}$?	
	E	Oui	
	P	Comment se déplace petit m?	
	J	Comme ça (vers la droite)	
	P	Comme ça, alors faites attention, petit m, Lina	
	Li	Je suis en train d'emmener la feuille d'entre mes pieds	
	P	Donc regardez le tableau, petit m se délace n'est-ce pas?	
	E	Oui	
	P	A cause de quelle force?	
	J	Poids, ah $\vec{F}$	
	P	$\vec{F}$ s'exerce sur quel système?	
	J	M	
	P	M	
	E	A cause de la force exercée par M sur m	

	P	A cause de la force exercée par grand M sur petit m, vous êtes d'accord?	
	E	Oui	
	P	Pourquoi se déplace la masse petit m? pourquoi petit m se déplace, à cause de quelle force?	
	E	Grand M	
	E	La force exercée par M	
	P	Mais il a écrit qu'on a 2 forces, $\vec{P}$ et $\vec{R}$	
	E	Il y a plus	
	P	Il y a plus? Donc à ta place. Avant tout, est-ce que si on a ces 2 forces, est-ce que c'est logique que la petite masse m se déplace à cause de ces 2 forces?	
	E	Non	
30:12	P	Donc on va chercher à cause de quelle force? Bien qui n'a pas écrit seulement ces 2 forces?	
	E	(inaud.)	
	P	C.à.d qui a écrit autre force que ça? Bien Jessy	
	Je	Je passe?	
	P	Oui. Alors la question maintenant à cause de quelle force petite masse se déplace? Et c'est logique	
	E	Monsieur grand M se déplace mais petit m est sur grand M, elle se déplace avec elle mais elle elle ne bouge pas	
	P	Alors on va voir. Bon, et ici, ah, bien, s'il vous plait faites attention, dans cet exercice on va voir toutes les idées possibles. Maintenant c'est quoi Jessy $\vec{F}_{M/m}$?	
	Je	Force de frottement de grand M sur m	
	P	Donc elle a dit que c'est la force de frottement exercée par la grande masse sur la petite masse, et ici?	
	Je	De la petite masse sur	
	P	Sur la grande masse. attends, avant tout quel est le système ici qu'on a choisi, c'est petit m ou grand M?	
	Je	Petit m	
	P	Petit m, donc si on fait le bilan des forces sur un système, est-ce qu'on fait les forces exercées sur le système ou les forces exercées par le système?	
	Je	Par le système	
	P	Non, sur le système	
	E	sur le système	
	P	Ok? lorsqu'on dit système à étudier, voilà petit m, quelles sont les forces extérieures exercées sur petit m? donc c'est les forces exercées sur le corps, ok? donc il faut effacer une de ces 2. voilà, voilà, oui, donc c'est la force exercée par la grande masse sur m t appelée force de frottement. Maintenant comment se déplace, si on a 3 forces, 2 verticales et une horizontale, comment se déplace?	
	Es	Comme ça (vers la gauche)	
	P	Comme ça, or comment se déplace la masse effectivement?	
	Je	Vers le bas	
	E	Vers le bas	
	P	Non si on tire cette masse comment se déplace cette masse?	
	Je	Vers la droite	
	P	Oui, alors est-ce que c'est logique qu'on a cette force?	
	Es	Non	
	E	Mets-la dans le sens contraire	
33:05	P	Bien, alors, merci à ta place, chut, alors maintenant faites attention, $\vec{F}$ exercée par M sur m elle a appelé force de frottement, mais comment le déplacement de m, dans quel sens?	
	E	La droite	
	P	Comme ça, et aussi force de frottement comme ça?	
	Es	Non	
	P	Maintenant chez vous avant de ramasser les feuilles, indiquez finalement quelles sont les forces exercées sur la petite masse	
	E	Sur (inaud.)	

	P	Sur petite m. Avant de ramasser réviser ça	
34:00 IN	E	Monsieur celle-ci exercée par M sur m elle devient en équilibre	
	P	En équilibre dans ce sens	
	E	Monsieur moi je t'ai dit celles de M aussi	
	P	ok	
	E	Moi je ne comprends ce que c'est M/m	
	P	Oui, qui exerce cette force?	
	E	Il n'y a pas de force	
	P	Bien on va discuter on va discuter. Bien d'autres	
	E	Monsieur c'est comme ça?	
	P	On va voir après, on va continuer la discussion	
	E	Monsieur (inaud.)	
36:00 CE	P	Oui voilà, c'est la question posée, quand est-ce qu'on a frottement quand est-ce qu'on n'a pas? (…) Bien, alors faites attention, écoutez, chut écoutez, avant tout la plupart des élèves ils ont mis ça, ok. si on a un objet où il y a 2 forces, est-ce que c'est possible, même s'il n' y a pas équilibre, est-ce que c'est possible qu'on a que le corps là se déplace dans ce sens? Il était au repos et il se déplace maintenant dans ce sens?	
	Es	Non	
	P	Est-ce que c'est possible qu'on a 2 forces verticales? Or le déplacement se fait suivant	
	Es	(inaud.)	
	P	Oui, donc alors Samar, elle a dit par rapport au support le corps est immobile	
	E	Oui	
	P	Donc par rapport au support	
	E	c.à.d par rapport à nous il est mobile pas par rapport au support	
	P	Voilà, par rapport au support il est immobile (…) Bien, alors écoutez, maintenant par rapport au support c'est immobile, par rapport à notre repère c'est mobile, donc on va faire maintenant le bilan des forces par rapport à notre repère, par rapport à notre repère est-ce que c'est logique qu'on a seulement ces 2 forces et petit m se déplace? Est-ce que c'est logique?	
	E	Ce n'est pas possible	
	P	Donc alors on a besoin d'une force suivant l'horizontale. Maintenant d'après le bilan des forces, forces à distance, on a seulement dans la nature 3 actions à distance, électrique, magnétique	
	E	Poids	
	P	Et voilà, pesanteur, voilà le poids. Maintenant de contact, la petite masse m est en contact seulement avec	
	E	Grand M	
	P	La grande masse	
	E	Oui	
	P	Donc nécessairement cette force s'exerce par la grande masse, ok? donc c'est une force de contact, on a 2 cas, ou bien s'exerce dans ce sens ou bien s'exerce dans l'autre sens et on a possibilité 1 et possibilité 2. Maintenant le déplacement de la masse se fait dans quel sens? Comme ça	
	E	Oui	
	P	Or on sait déjà que la force parallèle au déplacement par un support, on appelle force de frottement, ok? est-ce que la force de frottement dans ce cas sera dans le sens du mvt, du déplacement?	
	E	Non (sonnerie)	
	P	Bien on va recommencer	

Classe 3 séance 5 (23/5/06_2)

Tps	Loc.	Discours	Thème
00:05	P	On a bilan des forces, $\vec{R}$ réaction normale du support, pour cela on va noter N, réaction suivant la normale du support, d'autre part on a le poids. Si on a seulement réaction normale et poids, s'il y a un mvt il faut que ce mvt se fait suivant la verticale, or ici il y a un mvt la gomme se déplace (fait un mvt horiz.), ok. imaginez que vous êtes la gomme, alors à cause de quoi la gomme se déplace? Qui agit sur la gomme?	1. Bilan et représentation des forces et relation entre sens du mvt et sens des forces (exo)
	E	Le livre	
	P	Le livre, donc on a 2 possibilités de la force, ou bien suivant ce sens ou bien suivant ce sens, or suivant ce sens ce n'est pas logique car le déplacement se fait suivant ce sens, alors voilà, c'est la logique, mais cette force c'est la force de frottement, la force de frottement possède un sens	
	E	Contraire à (inaud.)	
	P	Contraire au quoi? Au déplacement n'est-ce pas? Et comment maintenant la force de frottement? Elle a un sens	
	E	Opposé	
	P	Non, le déplacement se fait comme ça, dans le même sens du déplacement. Comment la force de frottement maintenant possède un sens égal au sens, identique au sens de déplacement? C'est la question	
	E	Elle glisse (inaud.)	
	P	Oui?	
	E	Elle glisse	
	P	Voilà la situation, à cause de cette force horizontale la gomme se déplace, or la force tangentielle exercée par le support on l'appelle frottement, n'est-ce pas?	
	E	Oui oui	
2:17	P	C'est le frottement. Bien maintenant comment le frottement possède un sens ou comment le frottement est une force motrice? C.à.d à cause de cette force de frottement la gomme se déplace, ou la petite masse se déplace. Autre situation, voilà on a maintenant un plan incliné, si on met la règle la règle va tomber, pourquoi la règle tombe mais la gomme ne tombe pas?	2. Force de frottement.
	E	Il y a force de frottement	
	E	Elle fait un frottement	
	P	Il y a force de frottement	
	E	Parce que la règle est lisse et la gomme	
	P	Voilà, quel est le sens de la force de frottement?	
	E	Vers le bas	
	E	Vers le bas	
	Es	Vers le haut	
	P	Comme ça, oui?	
	E	Opposée	
	P	Donc $\vec{f}$ et $\vec{f}$, par suite quel est le sens dans tous les cas de la force de frottement ? et faites attention, si on fait frotter 2 surfaces, ok, alors voilà surface supérieure et surface inférieure, lorsque cette surface supérieure exerce une force de frottement sur la surface inférieure, ok, le sens de cette force c'est comment? Comme ça (vers l'arrière), ok? par rapport à la surface supérieure comment se déplace la surface inférieure? Donc par rapport à ma main, ma main se déplace comme ça, par rapport à ma main comment se déplace le livre? Comme ça	
	E	Oui	
	P	Alors la force de frottement est toujours opposée au mvt relatif, ok? c.à.d par rapport à cette masse, grande masse, comment se déplace cette grande masse lorsqu'on tire par la grande force $\vec{F}$? Comment se déplace? Comme ça, n'est-ce pas? Alors si m va rester à sa place, quel est le mvt relatif de petite m par rapport à grande M?	
	E	Vers la	

	P	Comme ça	
	E	Oui	
	P	Alors grande M exerce une force de frottement dans le sens opposé au mvt relatif , comme ça, donc je répète l'idée, maintenant lorsqu'on tire grande M, grande M se déplace dans ce sens, petite m par rapport à grande M se déplace comment?	
	E	Dans le sens contraire	
	P	Comme ça, alors la force de frottement exercée par grande M sera opposée au mvt relatif, ok? mvt relatif de petite m c'est comme ça alors la force de frottement sera comme ça, ok? ici, par rapport au support s'il y a un mvt comment se déplace petite m? vers le bas, donc le mvt relatif par rapport au support c'est comme ça, donc la force de frottement exercée par le support sera	
	E	Opposée	
5:23	P	Comme ça, bien. Faites attention, si on a une voiture de traction avant c.à.d quoi traction avant?	
	E	Elle tire de devant	
	P	Voilà, bien si on soulève la voiture et on donne, le moteur fonctionne maintenant, comment roule	
	E	Vers l'arrière	
	P	Comment roule comme ça ou comme ça?	
	E	Où est le devant de la voiture?	
	P	Ici	
	E	Comme ça	
	P	Voilà, ok? donc le moteur donne un mvt de rotation comme ça. Maintenant par rapport au support quel est le mvt relatif ici?	
	E	Opposé à	
	P	Oui, c'est comme ça ou comme ça?	
	E	Opposé	
	P	Donc tourne comme ça, donc	
	E	Elle roule en avant c.à.d comme ça	
	P	Alors le mvt relatif c'est comme ça, donc les forces de frottement exercées par le support	
	E	Vers là-bas	
	P	A cause de quoi alors la voiture se déplace?	
	E	A cause du frottement	
6:53	P	Force de frottement sur les tractions avant. Maintenant ici les 2 roues sont reliées à la chassie	
	E	La voiture est comme ça? Où est le devant et où est l'arrière?	
	P	Avant et arrière, ok? bien maintenant la chassie va tirer, le corps de la voiture Isaïe va tirer cette roue comme ça, alors quel est le mvt de déplacement, quel est le mvt relatif? Le mvt relatif c'est comme ça, alors le sol exerce une force comment de frottement, dans quel sens?	
	E	Dans le sens inverse	
	P	Alors $\vec{f}_1$ et $\vec{f}_2$, alors on a 2 forces de frottement, où il y a la traction la force de frottement sera une force motrice, ok, l'autre sera une force résistante	
	E	(inaud.)	
	P	Non. Bien voilà la surface, faites attention, c'est la surface, la roue on a dit qu'elle tournait comme ça. Par rapport au sol, à nous, le mvt relatif sera comme ça alors les forces de frottement s'exercent comment? Comme ça, ok? c'est pour où il y a la traction. Dans ce cas (les roues arrières) on a la roue, le corps de la voiture va tirer, donc ici pas déplacer comme ça, la force de frottement sera dans quel sens? Comme ça. Donc les forces de frottement possèdent 2 sens opposés. Maintenant s'il n'y a pas frottement ici que se passe-t-il? S'il n'y a pas frottement	
	E	Elle ne marche pas	
	P	Oui donc ne marche pas car il n'y a pas frottement	
	E	(inaud.)	
	P	Oui, on parle dans le cas où il y a traction avant, ok? pour cela on a besoin que la force de frottement ici doit être plus grande, ok, pour que la voiture se	

		déplace. 2ème chose, lorsqu'on a 4 wheel, c.à.d les 4 tirent ensemble, dans ce cas les forces de frottement seront	
	E	En avant	
	P	Voilà, ok? bien alors vous avez des questions? Alors écrivez chez vous s'il vous plait	
	E	J'ai pas compris	
	P	Où? Ici ou la voiture?	
	E	La voiture	
	P	La voiture? Bien, traction avant c.à.d quoi? C.à.d sur les roues avant le moteur donne un mvt de rotation, voilà le mvt de rotation, ok, le mvt de rotation, voilà la roue, ok? maintenant la roue quel est son mvt? C'est comme ça par rapport au support, à l'asphalte, sur l'asphalte comment elle passe elle? Comme ça, elle elle tourne comme ça, par rapport à l'asphalte comment elle passe, quel est le mvt? Comme ça, alors la force de frottement exercée par le sol c'est comment?	
	E	Opposée	
	P	Doit être opposée au mvt relatif	
	E	(inaud.)	
	P	Ça c'est une roue, la roue tourne comme ça, par rapport au sol quel est le sens du mvt? Comme ça. Regarde la roue en haut, elle tourne comme ça, par rapport à toi comment elle passe si elle tourne comme ça? Elle passe comme ça non? Alors le frottement sera opposé à ce mvt relatif, donc comment sera le sens? Elle passe comme ça, la surface va exercer sur elle un frottement, comment elle le fait?	
	E	Comme ça	
	P	Comme ça.	
	E	Monsieur et la roue arrière tourne comme ça aussi?	
	P	Non la roue arrière c'est pas elle qui tourne	
	E	Non c'est la roue de devant qui tourne	
	P	Ici la roue est fixe au quoi? Au corps de la voiture	
	E	Oui	
	P	Ok maintenant lorsque à cause de cette force de frottement le corps se déplace, il va tirer la roue, ok? il va tirer comme ça, alors comment se déplace la roue? Comme ça, donc on exerce une force de frottement, sera opposée. Les roues qui sont en arrière ne bougent pas, personne ne tire, je viens les tirer comme ça, donc par rapport au sol comment est leur mvt relatif? Dans ce sens, alors il va exercer une force de frottement opposée, ok?	
	E	(inaud.)	
12:50	P	Voilà, ok? Pour cela s'il n'y a pas force de frottement il n'y a pas mvt. Même chose on va déplacer notre corps, ok, on exerce une force sur le sol, à cause des forces de frottement qui s'exercent comme ça on peut se déplacer, on appelle ça force motrice	
	E	(inaud.)	
	P	Oui	
	E	Il y a forces de frottement dans le sens contraire	
	P	Oui opposées au sens au déplacement relatif	
	E	c.à.d comme ça	
	P	Pour se déplacer qu'est-ce qu'on doit faire? Qu'est-ce que je fais avec mon pied moi?	
	E	Je la tire en arrière	
	P	Je la tire en arrière, comment je fais un mvt? Comme ça, par rapport au sol quel est le mvt? Dans ce sens, alors force de frottement sera	
	E	(inaud.)	
	P	Oui, voilà, par rapport à notre pied comment se déplace le sol?	
	E	Vers l'arrière	
	P	Vers ici (devant), par rapport à notre pied, si moi je fais mon pied comme ça, le sol se déplace comment par rapport à notre pied? Vers ce sens	
	E	En arrière	
	P	Pour cela on exerce une force de frottement comment? Comme ça, c'est tapis roulant, c'est le principe du tapis roulant	

	E	(inaud.)	
	P	Quand moi marche je fais une force de frottement sur lui et il commence à aller en arrière, ok? bien, oui	
14:23	E	(inaud.)	
	P	Non, d'après le principe d'interactions si M fait une force sur m	
	E	Réaction	
	P	Réaction et force de frottement. Pourquoi la gomme se déplace? A cause d'une force exercée par le livre sur la gomme, c'est la force de frottement, et pourquoi la gomme ne tombe pas?	
	E	Mais la gomme ne bouge pas	
	P	Oui	
	E	Donc comment elle va faire une force de frottement?	
	P	Voilà, on a 2 genres de forces de frottement, on a forces statiques dans le cas où il n' y a pas mvt et on a cinétique. Statique, par exemple dans ce cas, il n'y a pas mvt, ok, mais il y a frottement, ok, cinétique lorsqu'il y a un corps qui se déplace et il y a frottement	
	E	(inaud.)	
15:52	P	Voilà, donc on 2 genres de forces de frottement, forces de frottement dans le cas statique et forces de mvt dans le cas cinétique. Dans tous les cas la force de frottement est opposée au sens de déplacement relatif, pas à n'importe quel déplacement, ok, entre les 2 supports. Bien écrivez chez vous sur le cahier s'il vous plait	3. Composantes normale et parallèle de la force de frottement
	E	(inaud.)	
	P	Oui sur le cahier, forces de frottement	
	E	Ce n'est pas écrit dans le livre?	
	P	Non. Bien, écrivez chez vous forces de frottement, le support, alors écrivez, le support rugueux c.à.d qui n'est pas lisse, exerce une action mécanique	
	E	Le support quoi?	
	P	Rugueux, n'est pas lisse. Donc une action mécanique modélisée par $\vec{R}$, réaction du support, $\vec{R}$, vous savez décomposer le vecteur en 2 vecteurs n'est-ce pas?	
	E	Oui	
	P	$\vec{R}$ possède 2 composantes: $\vec{R}_N$ ou $\vec{N}$ normale au support et $\vec{f}$ force de frottement parallèle au support et de sens opposé au mvt	
	E	(inaud.)	
	P	Oui. Alors dessine cette figure et dessinez l'autre figure	
	E	Monsieur celle qui est là-bas c'est les frottements?	
	P	Petit $\vec{f}$ c'est les frottements	
	E	Ici $\vec{R}_N$ c.à.d	
	P	Ou $\vec{N}$ réaction normale, celle-là c'est la réaction normale, réaction normale	
	E	Monsieur on les dessine les 2	
19:45	P	Eh oui dessinez les 2 figures, ok? dessinez les 2 figures	
	E	Monsieur, (inaud.)	
	P	Oui	
	E	$\vec{R}_N$ normale	
	P	Ou $\vec{N}$	
	E	(inaud.)	
	P	Non, celle-ci s'appelle $\vec{R}$ réaction du support	
	E	c.à.d $\vec{R}_N$ + (inaud.)	
	P	Oui, on a réaction normale suivant la normale, et parallèle je l'appelle frottement, possède 2 composantes, normale au support et parallèle au support	
	E	On dessine la figure d'en bas	

21:09	P	Et celle d'en haut, les 2 figures, oui, (dessine une 3ème figure) puis 3ème figure. Bien, $\vec{R}$ est oblique	
	E	C'est quoi?	
	P	$\vec{R}$ est oblique	
	E	Monsieur un instant	
	P	Celle-ci tu la dessines en dernier	
	E	(inaud.)	
	P	Oui	
	E	(inaud.)	
	P	Où? Ici? $\vec{R}_N$	
	E	Là-bas	
	P	Mécanique modélisée par $\vec{R}$ réaction du support. $\vec{R}$ possède, oui 2 points, $\vec{R}$ possède 2 composantes, attends attends	
	E	Opposé au quoi?	
	P	Au mvt relatif	
	E	Monsieur ici le sens est opposé au quoi?	
	P	Au mvt relatif, figure 1, figure 2, finalement figure 3 (prof écrit),	
	E	Monsieur $\vec{R}_N$ perpendiculaire à la surface?	
	P	Oui toujours (prof écrit)	
	E	Monsieur	
	P	Oui	
	E	La réaction normale se trouve au point de contact?	
	P	Au point de contact	
	E	Quelle figure on dessine?	
	P	1, 2, 3, 4	
	E	Où sont les écrits (texte au tableau) leur correspondant	
	P	Non ça rien	
	E	Il n'y a pas d'écrits?	
	P	Non	
	E	$\vec{P}$ doit être égal à $\vec{R}$?	
	P	N'importe comment maintenant	
	E	(inaud.)	
	P	$\vec{f}$	
	E	En bas	
	P	grand $\vec{F}$	
	E	Ce que tu as mis dans le cercle	
	P	Ah ça c'est rien possibilité 1, figure 1, figure 2, 3, 4, donc 1, 2, 3, 4	
	E	monsieur	
	P	Oui	
	E	Force de frottement ne doit pas être sur le support?	
25:57	P	Oui oui, 1, 2, 3, 4, ça c'est ici et ça c'est là (…) Alors n'écrivez pas pour comprendre qu'est-ce qu'il faut faire, ici on a dit que $\vec{R}$ possède 2 composantes, c.à.d toujours $\vec{R} = \vec{N} + \vec{f}$. Si on a frottement et on a la réaction normale donc la direction de $\vec{R}$ est oblique	
	E	Si on a quoi	
	P	Si on a frottement et la réaction normale	
	E	c.à.d monsieur pour chaque phrase (inaud.)	
	P	Non non seulement pour celles-là. Ici si $\vec{f}$ est nulle donc on a seulement la réaction normale, donc dans ce cas $\vec{R}$ est confondue avec $\vec{N}$.	
		(…)	
27:09	P	Cette figure on a cette, sorry cette figure on a cette phrase et cette figure on a cette phrase	
27:20 IN	E	Monsieur comment tu obtiens le poids comme ça?	
	P	Vertical toujours	

	E	Mais le voilà il n'est pas vertical, je l'obtiens selon la direction de $\vec{R}_N$	
	P	Vertical, vertical, ça c'est vertical	
	E	Donc il est comme celle là, le même sens	
	P	Comment c'est le même sens? Regarde comment on	
	E	Donc moi je l'ai mal dessiné?	
	P	Ça c'est la réaction. C'est pas celle-là la normale?	
	E	Oui	
27:56	E	Monsieur, comment tu as trouvé le $\vec{R}$?	
28:00 CE	P	$\vec{R}$? Bien $\vec{R}$ on complète le parallélogramme $\vec{N}$ et $\vec{f}$, $\vec{R} = \vec{N} + \vec{f}$, on complète le parallélogramme $\vec{N}$ et $\vec{f}$	
	E	Monsieur c'est quoi (inaud.)?	
29:01	P	Ici égal à 0, $\vec{f} = \vec{0}$ (…) Elie si tu parles encore tu sors dehors, tais-toi enfin! Bien, alors, la réaction du support possède 2 composantes, on décompose cette réaction suivant 2 directions, la 1ère c'est normale, la 2ème parallèle au support, normale on l'appelle réaction normale, parallèle au support on l'appelle frottement, donc toujours $\vec{R} = \vec{N} + \vec{f}$, par suite si $\vec{f} = \vec{0}$ donc $\vec{R} = \vec{N}$, si $\vec{f}$ n'est pas zéro donc $\vec{R}$ sera oblique, comme ça on peut savoir s' il y a frottement ou non, on regarde si la réaction du support est oblique dans ce cas nécessairement il y a frottement, bien aussi situation pour réfléchir et écrire les idées sur un papier	
	E	Monsieur	
	P	Oui	
	E	$\vec{N}$ et $\vec{R}$, $\vec{N}$ c'est	
	P	C'est la réaction du support suivant la direction normale, c'est la composante	
	E	Les 2 sont toujours présentes?	
30:36	P	Oui, peut-être que la surface est lisse, oui, dans ce cas il n'y a pas frottement, si la surface est lisse bien sûr il n'y a pas frottement. Joe, si on a un corps qui se déplace, ok, supposons que voilà on a un corps qui se déplace dans le vide, il n'y a pas de l'air, ok, il n'y a pas de l'air, il se déplace dans le vide, on va représenter cet objet, supposons que la vitesse, est-ce que tu peux prévoir quelles sont les forces exercées sur ce corps, oui, qui se déplace comme ça, vitesse tel que v=cte, oui	4. Relation force-mvt et force-vitesse-accélération.
	E	Il y a force de frottement	
	P	Non non, se déplace dans le vide, il n'est pas en contact,	
	E	Il n'y a pas de frottement avec l'air	
	P	vide c.à.d supposons entre la Lune et la Terre, il y a le vide	
	E	Poids	
	P	Supposons qu'on néglige le poids, ok? donc on va imaginer, oui Jessy	
	E	La 1ère figure	
	P	Oui il y a 2 P	
	E	Il y a 2 P?	
	P	Oui	
	E	Le centre de gravité (inaud.)	
	P	Oui, centre de gravité	
	E	Et $\vec{R}$?	
	E	D'en bas	
	P	$\vec{R}$ du point de contact. Bien on va imaginer qu'on a situation dans le vide, dans l'espace, où il n'y a pas attraction gravitationnelle, il n'y a pas de l'air, il n'y a pas de la matière, il y a un corps qui se déplace avec une vitesse, alors à cause de quoi un corps se déplace?	
	E	Vitesse	
	P	Il se déplace dans l'espace, il n'y a ni support	
	E	(inaud.)	
	P	Il n'y a ni l'air ni attraction gravitationnelle ni support, un corps qui se déplace	
	E	Il n'y a pas de forces	
	P	Il n'y a pas de forces?	

	E	(inaud.)	
	P	Donc voilà, 1ère idée il n'y a pas de forces, on va voir si c'est vrai ou non	
	E	Si il y a des forces	
	E	Comment il y a des forces? (inaud.) comment il y a des forces?	
	E	Comment il va se déplacer sans forces?	
	P	Alors comment il va se déplacer sans forces?	
	E	Donc quelles sont les forces?	
	P	Donc quelle est la force?	
	E	Il n'y a pas de force	
	E	Le corps lui-même il se	
	P	Une force	
	Es	Pour soi-même	
	P	Donc faites attention, par définition c'est quoi une action? Un corps agit sur un autre, est-ce que le corps lui-même peut agir sur lui-même?	
	E	Oui	
	E	Non pas nécessairement	
	P	Donc, alors, viens, essaie de déplacer sans utiliser les agents, c.à.d sans utiliser ni le sol ni rien, suppose que tu es dans l'air et tu veux marcher	
	E	Allonge-toi	
	E	Qu'est-ce qu'elle va faire, elle vole?	
	P	Je ne sais pas. Est-ce que tu peux te déplacer?	
	E	Non	
	P	Pourquoi?	
	E	Parce qu'elle est sur Terre	
	E	Oui, parce qu'il y a le poids	
	P	Bon, vous êtes dans l'espace, il n'y a pas ni le poids ni l'air ni le support, tu peux te déplacer?	
	E	Oui	
	P	Comment?	
	E	Je vole	
	P	Ok, s'il y a ici un fil, ok, et vous êtes tirée par ce fil, il n'y a pas interaction avec	
	E	La Terre	
	P	La Terre, est-ce que tu peux te déplacer?	
	E	Non	
	P	Non, bien, donc	
	E	*(en arabe)* Monsieur je n'ai rien compris	
	P	*(en arabe)* Si on accroche quelqu'un à un fil il peut se déplacer? S'il ne touche pas le sol	
	E	*(en arabe)* Non	
	E	*(en arabe)* Il vole	
	P	*(en arabe)* Il peut marcher?	
	E	*(en arabe)* Il vole	
	P	*(en arabe)* Il ne peut pas marcher	
	E	*(en arabe)* Ça dépend de la corde	
	P	*(en arabe)* Si la corde est (inaud.)	
	E	*(en arabe)* (inaud.)	
	P	Non, si le fil n'existe pas, même si tu fais des mvts alors tu restes à ta place si le fil n'existe pas. Imaginez que vous êtes dans l'espace	
	E	Monsieur même s'il bouge il peut faire des va-et-vient	
	P	A cause du fil	
	E	Oui mais lui il ne peut pas marcher	
	P	Voilà, donc un corps ne peut pas agir sur lui-même car toujours action on a 2 corps, un agent qui agit et le corps où il y a l'action	
	E	Bon maintenant pourquoi il bouge le corps dans l'espace?	
	P	Voilà, donc la question maintenant posée, s'il y a un corps en mvt est-ce que c'est possible qu'il y a un corps en mvt sans qu'il y ait une force? N'est-ce pas? C'est la question. Donc la question c'est est-ce que c'est possible qu'il y a un corps en mvt sans qu'il y ait une force?	

	E	Non	
35:56	P	Non, donnez-moi des exemples	
	E	Car s'il y a un fil il y a une force entre moi et le fil, il y a un mvt	
	E	On a dit qu'on est dans l'espace, il n'y a rien	
	P	Oui il n'y a pas interaction	
	E	Il n'y a pas interaction (inaud.)	
	P	Est-ce que c'est possible que le corps qui est en mvt il est en mvt sans aucune action?	
	E	Mais pour faire une force il faut qu'il y ait un autre corps, il n'y a pas un autre corps pour faire une force donc il n'y a pas de force	
	P	Donc, chut, si c'est impossible de faire une action avec un autre	
	E	Pourquoi il y a un mvt?	
	P	Pourquoi il y a un mvt?	
	E	Je ne sais pas	
	E	Peut-être qu'il y a une force électrique	
	P	Peut-être qu'il y a une force électrique, donc c'est nécessaire qu'il y ait une force?	
	E	(inaud.) pour avoir un mvt	
	P	Alors supposons que c'est vrai, supposons jusqu'à maintenant que c'est vrai que pour qu'il y ait un mvt nécessairement il y a une force, si on a un mvt avec une vitesse constante quelle est l'intensité de cette force?	
	E	Quelle est l'intensité de cette force?	
	P	Oui , quand est-ce qu'on a un mvt avec une vitesse constante? Dans quel cas de la force?	
	E	Mvt rectiligne uniforme	
	P	Donc si on a un mvt rectiligne uniforme alors les forces exercées sur le corps dans ce cas, ok, est-ce qu'il y a, ok, mvt rectiligne uniforme et mvt rectiligne uniformément varié, quelle est la différence	
	E	Accélération	
	P	Entre les 2? Oui il y a	
	E	Accélération	
	P	Accélération, c.à.d la vitesse elle n'est pas	
	E	Constante	
	P	Constante	
	E	Comment il a une vitesse	
	P	Comment il a une vitesse constante?	
	E	Dans l'espace la vitesse est constante?	
	P	Oui et peut-être aussi sur la Terre	
	E	Mais nous on ne parle pas d'un objet dans l'espace?	
	P	Oui, maintenant, juste pour passer à l'idée, à quoi est dû le mvt?	
	E	Force	
	E	Action	
	P	Force, action, action représentée par une	
	E	Force	
	P	Force, c'est la même chose, donc à cause d'une force, quand est-ce que alors on a une vitesse constante et quand est-ce que on a une vitesse variable?	
	E	(inaud.)	
	P	Quand est-ce que alors on a une vitesse constante et quand est-ce que on a une vitesse	
	E	Mvt rectiligne uniforme	
	P	Oui, mvt rectiligne uniforme c.à.d vitesse constante, mais on a dit la cause du mvt c'est la force, quand est-ce que cette force crée un mvt uniforme et quand est-ce que cette force crée un mvt rectiligne uniforme	
	E	(inaud.) l'accélération	
	P	Donc ça dépend de l'accélération? Donc supposons que l'accélération constante	
	E	Ça dépend de la vitesse	
	P	Ça dépend de la vitesse, maintenant on va regarder la cause, on va analyser la cause, quand est-ce que la force crée un mvt rectiligne uniforme et quand est-	

		ce que la force crée un mvt rectiligne uniformément varié? A votre avis?	
	E	Quand le mvt reste, (inaud.)	
	P	Bon on va prendre une autre situation, si on a le livre maintenant au repos, n'est-ce pas?	
	E	Oui	
	P	On va mettre le livre en mvt	
	E	Oui	
	P	Comment je peux mettre le livre en mvt?	
	E	Je pousse	
	E	J'exerce une force	
	P	J'exerce	
	E	Une force	
	E	Si l'intensité de la force augmente	
	P	Oui	
	E	La vitesse augmente	
40:05	P	Donc si l'intensité de la force augmente la vitesse augmente, donc ici a constante donc F	
	E	Constante	
	P	a représente quoi?	
	E	Accélération	
	P	Oui c.à.d la variation	
	E	De la vitesse	
	P	De la vitesse. Si la variation de la vitesse constante	
	E	Alors la force est la même	
	P	La force est constante?	
	E	Est constante	
	P	Ok, donc si la force est nulle,	
	E	Il n'y a pas une force	
	P	Maintenant supposons qu'on a mis le livre en mvt à cause d'une force, cette force s'annule, que se passe-t-il?	
	E	Il n'y a pas d'accélération	
	P	Il n'y a pas d'accélération?	
	E	Si l'accélération égale à 0 alors le mvt est	
	P	Si l'accélération égale à 0 alors qu'est-ce qu'on a?	
	E	Rectiligne	
	E	Rectiligne uniforme	
	P	Voilà, donc si F=0 implique	
	E	Mvt rectiligne uniforme	
	P	a=0 implique vitesse	
	E	Egale zéro, constante	
	P	Constante, c'est les lois de Newton	
	E	Lois de quoi?	
	E	Newton	
	E	Si l'accélération est constante c.à.d la vitesse n'est pas constante	
	P	Oui la vitesse change	
	E	Oui c.à.d la force n'est pas constante	
	P	Sarah elle a dit que si la force est constante alors l'accélération c.à.d la variation de la vitesse est constante	
	E	Non	
	P	Ok, donne-moi un exemple	
	E	(inaud.)	
	P	Non Newton il a expliqué quand est-ce qu'on a un mvt rectiligne uniforme	
	Sa	Ah donc je suis comme Newton	
	P	Tu as dis 2 hypothèses parallèles à 2 hypothèses de Newton, on va voir est-ce que c'est les mêmes ou non. Oui	
	E	Quand la force est constante	
	P	On va reprendre l'exemple, si ce livre est au repos, on va mettre ce livre en mvt	
	E	On exerce une force	

	P	On exerce une force, alors durant cette phase comment la vitesse?	
	E	Constante	
	P	Pour passer de l'état du repos à 1m/s	
	E	Ah non variable	
	E	Elle varie	
	P	Varie, donc durant cette phase la force comment, constante ou variable?	
	E	Variable mais elle croît	
	P	Variable?	
	E	Oui, quand on exerce une force	
	P	Donc on va exercer cette force avec la même intensité, donc	
	E	C'est une même force, si on la même force on a même accélération	
	P	Oui, alors voilà le dynamomètre, voilà le dynamomètre, on va déplacer (…)Bien, alors, mesure la force exercée par le dynamomètre sur l'autre corps. Ok maintenant lorsqu'on exerce une force, mais on a besoin de ça, alors maintenant il était au repos n'est-ce pas? Le corps est au repos, lorsqu'on exerce une force constante	
	E	Le ressort change	
	E	La vitesse change	
	P	Oui	
	E	La force change, la force change	
	P	Non, on a même intensité, ça ne va pas marcher avec ça	
	E	Monsieur quand la force est constante la vitesse est pas constante	
	P	Voilà, donc on a la 2ème hypothèse, 2ème hypothèse, euh Samar, si la vitesse est constante alors la force comment?	
	E	Constante	
	P	Si la vitesse maintenant est constante	
	E	Elle est constante	
	P	Ok donc F	
	E	Constante	
	P	Donc F	
	E	Mais tu as dit que a=0	
	P	Oui, c'est l'autre hypothèse, si l'accélération est constante	
	E	Alors la force est variée	
	P	La force variable	
	E	Oui	
	P	C'est ça? Donc on a 2 hypothèses, est-ce qu'on a d'autres?	
	E	(inaud.)	
45:16	P	Hanadi, avec quelle hypothèse, ça ou ça?	
	E	Vitesse constante force constante je suis avec	
	P	Oui, donc vous êtes avec cette hypothèse, si la force est constante alors la vitesse est constante	
	E	(inaud.)	
	P	Non non, mais la cause on va chercher quand est-ce qu'on a une vitesse constante, quand est-ce qu'on a une vitesse variable avec accélération constante, quand est-ce que?	
	E	Quand on a un mvt rectiligne?	
	P	Oui mais quand est-ce qu'on a mvt rectiligne? Ça dépend de la force exercée, ok? donc on a dit que dans la partie mécanique on a 2 partie, descriptive, nature du mvt , la cause on va chercher la cause maintenant, les forces, ok? la relation entre la cause et la force, sorry la cause et l'état cinétique c'est ce qu'on appelle la loi de Newton. Donc on a maintenant 2 hypothèses	
	E	Laquelle est la bonne?	
	P	On va voir laquelle est la bonne	
	E	Comment on va voir?	
	E	c.à.d si la vitesse est constante il y a une force de même intensité	
	P	Oui, alors, chut, si la vitesse est constante donc il y a une force sur cet objet, cette force possède une intensité constante, or ici si la vitesse constante il n'y a pas de forces mais si l'accélération est constante il y a une force avec une	

		intensité constante	
	E	S'il y a vitesse il y a force	
	P	lorsqu'il y a une vitesse il y a nécessairement une force, Simon	
	S	Non, avec la 2	
	P	Les 2 ensembles? Ah 2ème hypothèse ici? Oui pourquoi?	
	E	Car l'accélération euh lorsqu'elle est tombée sa vitesse accroît	
	P	Ah, alors, il a dit une expérience, si on lâche la craie	
	E	Vitesse augmente	
	P	ok, qu'est-ce qu'on a comme forces sur cette craie?	
	Es	Poids	
	P	Poids, il y a l'air aussi, mais est-ce que l'effet de l'air ici? Donc c'est négligeable	
	E	Négligeable	
	P	Donc on a le poids n'est-ce pas? Est-ce que la vitesse de la craie pendant la chute est constante?	
	E	Non	
	P	Croît	
	E	Oui	
	E	(inaud.)	
	P	Donc sa vitesse croît. Est-ce que le poids durant cet espace, g c'est la même n'est-ce pas?	
	E	Oui	
	P	g change?	
	E	Non	
	P	Par suite voilà la vraie hypothèse, mais faites attention, on a la tendance de réfléchir avec cette hypothèse car d'Aristote jusqu'à Galilée on a cette hypothèse que si on a un mvt uniforme donc il y a une force constante	
	E	c.à.d moi qu'est-ce que j'ai dit? C'était juste?	
	P	Oui	
	P	Avec Galilée et puis Newton ils ont trouvé que si la force est constante l'accélération est constante. On va voir maintenant quelle est la définition de la force, la force que fait la force? Répète, que fait la force?	
	E	La force?	
	P	Samar	
	S	Elle fait (inaud.)	
	P	L'action mécanique, regardez qu'est-ce qu'on vous a donnés comme définition, regardez le livre, l'action mécanique changement de quoi?	
	E	Du mvt	
	P	Du mvt, si on a une vitesse constante est-ce que le mvt change?	
	E	Non	
	P	Si on a une vitesse constante donc mvt uniforme, ne change pas. La force change le mvt donc c'est	
	E	Accélération	
	P	L'accélération , ok, par définition la force change le mvt, modifie le mvt, donc voilà la 2ème loi de Newton	

Classe 3 séance 6 (26/5/06)

Tps	Loc.	Discours	Thème
00:50	P	Alors faites attention	Introduction de la séance
	E	Monsieur (inaud.)	
	P	Oui, on a vu, chut, on a vu jusqu'à maintenant la partie cinématique, dans cette partie cinématique on a étudié la nature du mvt, d'après la nature du mvt il y a des équations mathématiques qui nous donnent la position et la vitesse et l'accélération, on a dit que c'est la partie descriptive. Newton il a essayé de trouver quelle est la cause de quelques mvts, par exemple pourquoi la Lune tourne, possède un mvt circulaire, pourquoi la Terre tourne autour du soleil, ok, pourquoi les objets tombent, donc la question pourquoi cherche quoi? La cause. Maintenant on a 2 lois, 2 lois de Newton qu'on appelle 1ère loi et 2ème loi, qui sont en relation directe avec la cinématique, d'après ces 2 lois on peut prévoir la nature du mvt d'un objet, la 1ère loi on l'appelle, donc 1ère loi de Newton, s'appelle aussi principe de l'inertie, et 2ème loi s'appelle loi fondamentale	
	E	Principe de quoi monsieur?	
	P	De l'inertie	
	E	Monsieur on écrit?	
2:43 3:18	P	Non vous avez ça dans le livre. Bien, alors faites attention, on a discuté durant la dernière séance quand est-ce que un objet possède un mvt rectiligne uniforme c.à.d une vitesse constante et quand est-ce que il possède une accélération constante. On a vu qu'il y a 2 hypothèses mais finalement on a l'hypothèse qui dit que si on a une force constante alors l'accélération est constante, s'il n'y a pas de force alors il n'y a pas une accélération, il y a un mvt rectiligne uniforme. La 1ère loi de Newton que dit? Faites attention, si un objet où la somme des forces extérieures exercée à cet objet est nulle, c.à.d $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ est nulle, ok, dans ce cas si l'objet est au repos il reste au repos, s'il est en mvt donc son mvt c'est un mvt rectiligne uniforme, donc 1ère loi, si la somme des forces extérieurs égale à 0 (écrit $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$) ou bien, bon implique on a un mvt rectiligne uniforme s'il y a mvt, au repos et reste au repos, donc je répète, si la somme des forces extérieures exercées sur un corps est nulle alors ce corps s'il était en mvt donc il est en mvt rectiligne uniforme, s'il est au repos il reste au repos. Exemple ce livre, quelles sont les forces exercées sur ce livre?	1. Principe de l'inertie avec des formules
	E	Poids	
	P	Le poids	
	E	(inaud.)	
	P	Oui mais comment on a dit? Avant tout forces à distance	
	E	Poids	
	E	(inaud.)	
	P	Ok mais avant tout on a forces à distances, on va parler de ça, forces à distance on a seulement le poids, est-ce qu'il y a électrique?	
	E	Non	
	P	Magnétique?	
	E	Non	
	P	Donc seulement le poids. Il est en contact avec quoi?	
	E	La table	
	E	Le support	
	P	La table ou bien le support, donc il y a la réaction du support. Maintenant P=R par suite ce livre est au repos, il reste au repos jusqu'à l'infini, ok, il reste au repos jusqu'à l'infini, par suite on a ça, si on a un corps au repos il reste au repos. Maintenant si on a un corps qui est en mvt et la somme des forces extérieures est nulle alors le mvt sera rectiligne uniforme car d'après la définition de l'action mécanique	
	E	On écrit?	

	P	Non non, vous avez ça. Qu'est-ce qu'il y a Joe? Bon regarde ici. Alors faites attention, quel est l'effet d'une action mécanique?	
	E	Déplacer	
	E	Changement	
	P	Changement	
	E	De forme	
	P	De forme, et changement, oui?	
	E	De position	
	P	Voilà, changement du mvt ou changement	
	E	de la position	
6:07 6:40	P	de la position. S'il n'y a pas aucune, s'il y a aucune force, il n'y a pas de force, ok, alors l'état du mvt reste constant c.à.d s'il est au repos reste au repos, il n'y a pas une action mécanique, s'il est en mvt rectiligne uniforme il reste en mvt rectiligne uniforme. Maintenant l'accélération indique que la vitesse change c.à.d le mvt change, il n'y a pas action mécanique donc il n'y a pas changement au niveau du mvt c.à.d au niveau de la vitesse, par suite il n'y a pas accélération. 2ème loi dit l'effet de plusieurs forces sur un objet c'est comme si on a une seule force, exemple, si par exemple je tire la table comme ça et un autre qui tire la table comme ça, ainsi de suite, donc finalement la table se comporte comme si il y a une seule force égale à la somme vectorielle de toutes ces forces n'est-ce pas? C.à.d l'effet s'additionne, on appelle ça en physique principe de superposition, oui	2. 2ème loi de Newton avec des formules Inclusion 2a.:Somme des forces
	E	S'il y a quelqu'un qui exerce une force plus grande que toi	
	P	Oui	
	E	A quoi égale la force?	
	P	Voilà, supposons que j'exerce une force comme ça 3N, un autre exerce une force 5N, alors la table se déplace vers lui n'est-ce pas?	
	E	Oui	
	P	Par suite se déplace avec une force 5N ou 5 moins?	
	E	2	
8:18	P	Voilà, donc on additionne, mais la somme se fait vectoriellement, c.à.d si on a un objet ici il y a une force $\vec{F}_1$ et une force $\vec{F}_2$, ok, alors comment se déplace la particule? C'est à cause de la force $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$, ok? donc si on a plusieurs forces la somme de ces forces se comporte comme une seule force. Maintenant dans la 2ème loi Newton il a dit que la force résultante, la somme de toutes les forces extérieures est proportionnelle à l'accélération (écrit $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}$), ok? c.à.d si la somme des forces extérieures égale à 3 comme valeur alors l'accélération est proportionnelle à cette valeur 3, ok? 2ème chose, si la somme des forces égale à 0 alors l'accélération égale à combien?	Fin inclusion
	E	Zéro	
	P	Zéro, qu'est-ce qu'on obtient quelle loi? La 1ère. Donc je répète, si la somme des forces extérieures égale à 0	
	E	Comment elle s'appelle la 1ère?	
	P	1ère loi	
	E	Oui mais	
	P	principe de l'inertie	
	E	Inertie	
9:23	P	Oui. Si la somme des forces extérieures égale à 0 alors dans ce cas m c'est la masse, constante, donc nécessairement $\vec{a}$ égale à 0, $\vec{a}$ égale à 0 donc vitesse constante, ok? Bien, maintenant on va discuter qu'est-ce qu'un vecteur. Si on écrit par exemple un vecteur $\vec{u}$, ok, $\vec{u}$, quelles sont les caractéristiques données par $\vec{u}$?	
	E	Sens	
	P	Sens	
	E	Direction	
	P	Direction	

	E	Intensité	
	P	Voilà. Lorsqu'on écrit somme des forces extérieures supposons égale à $\vec{F}$, ok, une force résultante $\vec{F}$, alors l'accélération proportionnelle à $\vec{F}$ en sens, en direction et en module, exemple, si on exerce une force comme ça alors l'accélération quelle est sa direction? Suivant	
	E	La flèche	
	P	Voilà, suivant la direction de $\vec{F}$, ok? le sens suivant $\vec{F}$, ok? maintenant l'intensité de $\vec{F}$ est proportionnelle à la valeur	
	E	De l'accélération	
	P	De l'accélération. Si on a 2 forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ alors dans ce cas $\vec{F}$ résultante c'est comme ça, $\vec{F}_R$, $\vec{F}$ résultante	
	E	On additionne les vecteurs	
	P	Oui oui on additionne les vecteurs comme dans la partie mathématique vectorielle, ok? Bien, alors vous avez des questions sur ça?	
	E	Non	
	P	C'est clair?	
	E	Oui	
11:02	P	Bien, on va lire maintenant s'il vous plait c'est à la page	3. Reformulation des lois de Newton en langue naturelle
	E	Page 284	
	P	284	
	E	Principe de l'inertie?	
	P	Voilà, principe de l'inertie, 1ère loi de Newton, allez	
	E	Principe de l'inertie, 1ère loi de Newton, imaginons une particule matérielle qui n'est soumise à aucune action extérieure, pseudo-isolée	
	P	Alors faites attention, on a 2 notions, isolé c.à.d il n'y a pas de forces, il n'y a aucune force sur lui, ok, on verra ensuite pseudo-isolé, pseudo c.à.d tricher, elle trompe, on pense qu'elle ne subit pas de forces mais en fait elle subit des forces mais la somme des forces égale à 0. oui continue	
	E	Cette particule au repos restera normalement au repos. Mais mise en mouvement quelle sera son évolution ultérieure? Comme elle est isolée, aucune action n'influe pratiquement sur ses déplacements: son mouvement est libre. Cette particule va donc se déplacer suivant une ligne droite et à vitesse constante. Malheureusement, on se rend très vite compte de l'impuissance de notre modèle. En effet, pour les expériences faites sur la terre, on ne pourra jamais éliminer l'action du poids et réaliser système isolé. On peut par contre compenser une action par une autre. On obtient ce qu'on appelle un corps pseudo-isolé, c.à.d un corps soumis à des actions extérieures qui se compensent exactement. Un tel corps n'a aucune raison de se comporter autrement qu'un corps isolé. Son mouvement, par conséquent, sera libre. Ces constatations ont été résumées en une loi, dite première loi de Newton ou principe de l'inertie: lorsqu'une particule est isolée ou pseudo-isolée, elle reste au repos si elle est au repos ou garde un mouvement rectiligne et uniforme si elle est en mouvement. Vectoriellement on a: $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v} = cte\vec{e} = \vec{v}_0$. Pour vérifier	
13:37	P	Non merci, ok donc s'il n' y a pas de forces ou si la somme des forces extérieures est égale à 0 donc si l'objet est immobile il reste immobile, s'il est en mvt alors son mvt est rectiligne uniforme. Euh Joe, principe fondamental, oui	
	E	Que se passe-t-il maintenant si le point matériel n'est ni isolé ni pseudo-isolé?	
	P	Pseudo-isolé	
	E	Etant soumis à des actions extérieures, sa vitesse va nécessairement changer	
	P	Bon oui, qui peut expliquer qu'est-ce qu'un système pseudo-isolé? Pseudo, oui	
	E	Lorsqu'il y a une force mais leur somme est égale à 0	

	P	Oui, si la somme des forces est égale à 0 c.à.d ici, si le livre maintenant, ici c'est le livre, se comporte comme si il n'y a pas de force n'est-ce pas? Se comporte comme si il n'y a aucune force sur lui, n'est-ce pas? Mais lui il ne subit aucune force?	
	E	Il subit 2 forces	
	P	Il subit 2 forces donc ce livre se comporte comme un système isolé qui ne subit aucune force mais lui il n'est pas isolé, il est pseudo-isolé car la somme des forces est nulle.	
	E	Si les forces sont opposées	
	P	Voilà, ou bien faites attention, quand est-ce qu'on a 3 vecteurs égal à 0? C.à.d $\vec{u}+\vec{v}+\vec{w}=\vec{0}$, quand est-ce qu'on a ça mathématiquement? Oui	
	E	$\vec{u}+\vec{v}=-\vec{w}$	
	P	Voilà, lorsque $\vec{u}+\vec{v}=-\vec{w}$, ok? donc peut-être si on a plus que 2 forces peut-être que les forces ne sont pas directement opposées mais la somme est nulle, ok, maintenant ici dans ce cas oui les 2 forces sont opposées, vertical ascendant et vertical le poids descendant, voilà, oui continue Joe	
15:36	E	S'il est au repos il sera mis en mvt et s'il est en mvt son mvt sera modifié. L'expérience montre que cette mise en mvt, ou la modification de ce mvt, sont d'autant plus difficiles que la masse du corps est grande (il est plus difficile d'arrêter un gros camion que d'arrêter une petite voiture allant à la même vitesse). La masse caractérise ce qu'on appelle l'inertie de la matière c.à.d la tendance qu'elle a à s'opposer à une modification de son mvt. On voit donc qu'une modification de la vitesse d'un point doit être attribuée à une cause: la force $\vec{F}$ agissant sur le point. Encore faut-il tenir compte de l'inertie du point sur lequel s'exerce la force en question. Newton en a fait un principe fondamental, appelé principe fondamental de la dynamique qui s'énonce: un point matériel, soumis à une force quelconque $\vec{F}$ (ou à un ensemble de forces de résultante $\vec{F}$),prend une accélération $\vec{F}$ de même direction et de même sens que la force $\vec{F}$ et de module proportionnel à celui de $\vec{F}$. Ce principe est valable dans un référentiel galiléen.	
16:50	P	Galiléen, bien merci, avant tout 2 remarques, la 1ère pourquoi dans l'énoncé on a lorsqu'une particule dans le 1er énoncé pour la 1ère loi, et dans le 2ème on a un point matériel, pourquoi on utilise cette notion, point matériel ou particule? Car par exemple si on va étudier les forces exercées sur un camion, ok, est-ce que c'est nécessaire de tracer le camion avec les?	Inclusion 3a: Modélisation d'un objet par un point
	E	Non	
	P	Donc on met un point matériel, quand est-ce qu'on a le droit d'appliquer ça? Lorsque ni la forme du camion a une influence sur l'étude ni la dimension du camion a un effet sur l'étude, ok? c.à.d si on néglige la résistance de l'air, ok, alors si on a un camion ou on a une particule de même masse rien ne change, or si la résistance de l'air existe vous savez que la résistance de l'air dépend de quoi? De la surface, n'est-ce pas? Dans ce cas on ne peut pas appliquer le modèle de la particule, on appelle ça modèle de la particule, on assimile les objets à un	
	E	Point	
18:11	P	A un point ou une particule. 2ème remarque, référentiel Galiléen, c.à.d quoi un référentiel, vous vous rappelez?	Inclusion 3b: Référentiel Galiléen
	E	(inaud.)	
	E	c.à.d par rapport à quoi	
	P	Voilà, par rapport à quoi. On peut parler d'un référentiel entre 2 référentiels si la vitesse entre les 2 repères est constante, ok? c.à.d, supposons que moi et Jessy, ok, moi un référentiel et Jessy un autre, si le mvt de Jessy par rapport à moi c'est un mvt rectiligne uniforme ou au repos alors Jessy joue le rôle d'un repère Galiléen par rapport à moi, et moi je joue le rôle d'un référentiel Galiléen. Soient A et B les 2 corps qui jouent chacun un référentiel, c.à.d A par rapport à B et B par rapport à A, maintenant si la vitesse entre les 2, vitesse relative, est constante, c.à.d par rapport à A, B possède un mvt rectiligne uniforme, dans ce cas A et B sont des référentiels Galiléens l'un par rapport à	

		l'autre. Exemple, Fadi, si 2 voitures se déplacent, si la vitesse de la voiture A est la même par rapport à la vitesse de la voiture 2, donc si je prends A comme référentiel, Rachelle, si je prends A comme référentiel alors dans ce cas je peux considérer que A est un référentiel Galiléen par rapport à B parce que la vitesse entre A et B est constante, ok, c'est bon?	
	E	Oui	
20:28	P	L'année prochaine on verra de nouveau référentiel Galiléen et quel est l'effet de ce référentiel, bon. Bien, qu'est-ce que ça veut dire inertie?	4. Inertie et relation force – masse.
	E	La masse?	
	P	Non, qu'est-ce que ça veut dire inertie?	
	E	Module	
	P	Non	
	E	Ah inertie le nom le nom de ce	
	P	Non non non, inertiel inertie? Vous avez un dictionnaire?	
	E	Non	
	P	Bien inertie c.à.d résistance, ok? si on a une résistance alors on peut dire aussi on a une inertie, ok? exemple, si on a la craie, faites attention à cet exemple, si j'ai, prenez 2 boules et non pas 2 craies, 2 boules, boule A et boule B, boule A possède une masse plus grande que la boule B, ok? maintenant si on va déplacer les 2 boules avec la même force, ok, est-ce que le déplacement de A sera plus rapide que le déplacement de B ou l'inverse?	
	E	L'inverse	
	P	L'inverse, alors voilà, pour cela puisque la masse d'un corps est grande alors cette masse s'oppose au mvt ou à la modification du mvt. Autre exemple, si maintenant les 2 boules A et B possèdent la même vitesse, on va arrêter A ou B, ok, sur quelle boule on va exercer une action mécanique plus grande, sur A ou sur B?	
	Es	A	
	P	A, pour cela on a m dans la relation entre la force et l'accélération, cette masse s'appelle masse inertielle c.à.d à cause de cette masse toujours le corps s'oppose à la modification de la vitesse, ok? on a autre masse qu'on appelle masse gravitationnelle qui est dans le poids P=mxg, donc Newton il a parlé de 2 masses, la masse inertielle qui s'oppose à la modification du mvt et la masse gravitationnelle, à cause de cette masse il y a l'attraction. Lorsqu'on a un corps, Isaïe, lorsqu'on a un corps en chute on néglige la résistance de l'air, quelles sont les forces exercées sur ce corps?	
	Es	Poids	
	P	Le poids, ok, est-ce q'il y a d'autres?	
	E	Non	
	P	Bien, si on va étudier maintenant la nature du mvt, on a la cause, on va savoir quelle est la nature du mvt, qu'est-ce qu'on applique? Ou bien la 1ère ou bien la 2ème . Donc ici est-ce que la somme des forces peut être nulle?	
	E	Non	
	P	Jamais, alors on écrit somme des forces extérieures	
	E	Egale à m fois a	
	P	Egale à $m \cdot \vec{a}$, 2ème loi de Newton, or la force extérieure on a une seule force qui est le poids, donc $\vec{P}$ égal	
	E	$m \cdot \vec{a}$	
	P	$m \cdot \vec{a}$, donc $m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}$, maintenant faites attention, Newton il appelle cette masse gravitationnelle et il appelle cette masse inertielle, il a fait des expériences, Galilée aussi il a fait ces expériences, il a trouvé que a et b, sorry que $\vec{a}$ et $\vec{g}$ sont égaux d'après l'expérience	
	E	(inaud.)	
	P	Oui, d'après l'expérience, donc on a la conclusion comme $\vec{g} = \vec{a}$ alors la masse gravitationnelle	
	E	Egale la masse inertielle	

	P	Par suite on a la même chose, ok, pour cela dorénavant on appelle masse, m et m, on trouve que $\vec{a} = \vec{g}$. Dans la condition où une seule force qui s'exerce sur un objet c'est son poids on appelle cette condition chute libre	
	E	(inaud.)	
25:00 25:20	P	Oui, chute libre, bon je répète, dans quel cas on parle de la chute libre? Lorsque une seule force qui s'exerce sur l'objet c'est le poids, son poids, donc on parle alors on a une chute libre, ok? Bien on va commencer les exercices page 302, Elie passe, page 302 numéro 1, efface le tableau s'il vous plait	5. Nature du mvt, bilan et représentation des forces et application du PI (exo.) 5.1. Nature du mvt, bilan et représentation des forces
	E	Monsieur quel exercice?	
	P	Numéro 1, donc écris page 302 numéro 1, Chkeir allez lis	
	J	Une voiture assimilée à point matériel se déplace sur une route rectiligne horizontale avec une vitesse constante de 5m/s	
	P	Alors écris, qu'est-ce qu'on a ici, est-ce qu'on a des données dynamiques ou des données cinématiques jusqu'à maintenant?	
	E	Vitesse	
	P	Vitesse et quoi? Trajectoire n'est-ce pas? Donc quelle est la nature du mvt de la voiture?	
	E	Rectiligne	
	P	Trajectoire rectiligne et la vitesse?	
	E	constante	
	P	Donc quelle est la nature du mvt?	
	El	Uniforme	
	P	Uniforme oui, donc écris trajectoire rectiligne, donc écrivez chez vous s'il vous plait, trajectoire rectiligne et v=5m/s, donc les 2 nous donnent quoi? Implique mvt MRU, bien , oui Joe	
	J	Les forces de frottement sur ce point sont équivalentes à une force parallèle au mvt et dirigée dans le sens opposé au mvt et de module constant f=100N	
	P	Donc écris f vecteur, quelles sont les caractéristiques avant? Direction, accolades	
	El	Je mets ici des accolades	
	P	Oui, voilà, direction comment? Quelle est la direction de $\vec{f}$?	
	J	La force de frottement équivalente supposée horizontale est notée $\vec{f}$	
	P	Donc c'est parallèle à la route, le sens?	
	J	Le sens c'est opposé à la route	
	P	Sens opposé, quelle est l'intensité de cette force?	
	E	100	
	P	100, donc voilà les caractéristiques de n'importe quelle force, on a besoin de la direction, du sens et de l'intensité, oui continue	
	J	a) faire	
	P	Non pas encore, la force de traction	
	J	La force de traction (inaud) est notée F	
	P	Donc $\vec{F}$ au dessous de S, grand $\vec{F}$, accolades oui, vecteur toujours, quelle est la direction? Aussi parallèle à la route et horizontale, donc parallèle à la route, est-ce qu'on a la direction? Oui, est-ce qu'on a le sens? Isaïe est-ce qu'on a les sens	
	I	Opposé	
	P	Non de grand $\vec{F}$	
	I	Non	
	P	Comment s'appelle cette force?	

	I	Euh poids, non de traction	
	P	Traction c.à.d quel est le sens?	
	I	Horizontal	
	P	La direction est horizontale, quel est le sens? Force de traction, parallèle au mvt ok, sens opposé au mvt ou sens de même sens que le mvt?	
	E	Opposé	
	E	Opposé au mvt	
	P	Elle s'appelle force de traction	
	E	Même même	
30:34	P	Même sens, donc traction implique sens de $\vec{F}$ est celui du mvt, sens de $\vec{F}$, $\vec{F}$ vecteur oui, est celui du mvt, alors toujours il faut analyser les données qu'on a comme données physiques et pas comme des phrases. Bien Elie alors trace une figure, Elie dessine une figure qui représente la situation c.à.d un point, on assimile le mobile à un point, ok, on a quelles sont les forces jusqu'à maintenant? Petit $\vec{f}$ et grand $\vec{F}$, mets ça ici, oui c'est	
	El	$\vec{f}$	
	P	Petit $\vec{f}$ voilà, oui grand $\vec{F}$ maintenant	
	El	Parallèle	
	P	Oui	
	El	Opposée à celle-ci	
	P	Voilà, ok, chut, oui Joe continue	
	J	a) faire le bilan des forces extérieures (inaud.) et les représenter sur un schéma	
	P	Sur un schéma, alors on va faire bilan des forces, petit a), comment on fait le bilan des forces, quelle est la méthode de raisonnement?	
	E	Système	
	P	Avant tout système, alors écris système voiture, non laisse-la, ici, système voiture, pourquoi tu n'écris pas	
	E	Je n'ai pas de cahier	
	P	Tu n'as pas de cahier? Ecris à une feuille. Alors système voiture, oui, $2^{ème}$ étape Elie, quelle est la $2^{ème}$ étape?	
	J	Et les représenter sur un schéma	
	P	Non non attends	
	El	(inaud.)	
	P	Non, comment on fait le bilan des forces? Stéphane comment on fait le bilan des forces?	
	El	(inaud.)	
	P	Non avant ça	
	E	Forces à distance	
	E	Forces extérieures	
	P	Forces à distance, oui, quelles sont les focs à distance? On a seulement combien de forces? 3, quelles sont?	
	E	Poids	
	E	Electrique	
	P	Electrique	
	E	Et magnétique	
	P	Et magnétique	
	E	Et gravitationnelle	
33:09	P	Oui c.à.d le poids, bien. Alors qu'est-ce qu'on a ici est-ce qu'on a le poids?	
	El	Oui	
	P	Toujours, alors écris $\vec{P}$ vertical descendant, n'est-ce pas? Vers le bas, vertical descendant, est-ce qu'on a autres forces à distance? Il me reste Elie magnétique, électrique et le poids, est-ce qu'on a d'autres forces à distance ici dans cette situation	
	El	Le poids	
	P	Le poids, maintenant de contact, le corps est en contact avec quoi?	
	El	La route	
	P	Alors voilà écris, qu'est-ce qu'on a? comment on appelle cette force exercée	

		pas le support? Comment on appelle la force exercée par le support?	
	E	Réaction	
	P	Réaction du support, donc réaction de la route $\vec{R}$, $\vec{R}$ réaction de la route	
	E	Monsieur vecteur?	
	P	Oui, de la route $\vec{R}$, bien Patricia, comment on décompose toujours la réaction, suivant quelles 2 directions? Laquelle?	
	Pa	Comment?	
	P	c.à.d suivant 2 directions $\vec{R}$, la réaction du support on a vu qu'on la décomposait toujours	
	E	En 2, réaction normale	
	P	En 2 directions	
	Pa	$\vec{R} = \vec{N} + \vec{f}$	
	P	Voilà, tel que $\vec{R} = \vec{N} + \vec{f}$	
	El	f?	
	P	Petit $\vec{f}$ le frottement, vecteur toujours vecteur, ok, $\vec{N}$ c'est quoi?	
	E	Réaction normale	
	P	Réaction normale, bien, maintenant $\vec{N}$ réaction normale perpendiculaire au support et $\vec{f}$ on a $\vec{f}$. Oui qu'est-ce qu'il y a?	
	E	(inaud.)	
	P	Et pourquoi tu lui poses la question à elle? Tu me la poses à moi	
	E	(inaud.)	
	P	Où, vertical descendant	
	E	Monsieur $\vec{R}$ réaction de la route?	
36:00	P	oui, ok? bien. Alors s'il vous plait est-ce qu'on a d'autres forces? Est-ce que la voiture est en contact avec d'autres objets?	
	El	Non, seulement la route	
	P	La route voilà, donc dessine maintenant le poids et $\vec{N}$ ok?	
	El	$\vec{N}$ perpendiculaire	
	P	Oui	
	E	$\vec{f}$ c'est quoi $\vec{f}$?	
	P	$\vec{f}$? Quel $\vec{f}$ petit $\vec{f}$? Frottement, mais on a dit on décompose toujours	
	E	(inaud.)	
	P	Non ils ont dit que le frottement c'est constante	
	E	100N	
	P	Oui, 100N, bien, et le poids?	
	El	Perpendiculaire (inaud.)	
37:14	P	Ok, bien, et tu dois ajouter ici $\vec{F}$, force de traction, on en a déjà parlé, efface ça, ici $\vec{F}$ force de traction, chut, alors oui efface, b) Joe	5.2. Application du PI (+ projection des forces suivant une direction)
	J	En appliquant le principe de l'inertie déterminez la valeur de $\vec{F}$	
	P	Est-ce qu'on a le droit d'appliquer le principe de l'inertie ici?	
	Es	Oui	
	P	Pourquoi?	
	E	Parce que MRU	
	P	Voilà car on a mvt rectiligne uniforme, donc quel est le principe de l'inertie Elie? Que dit la 1ère loi de Newton? Si on un mvt rectiligne uniforme alors la somme des forces égale à combien? Egale	
	El	Zéro	
	P	Zéro, donc somme des forces extérieures égale, non sigma, ok, sigma des	

		forces extérieures, non, somme en math	
	El	Ah oui oui	
	P	(écris $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$) somme des forces extérieurs égale à 0, n'écrivez pas regardez le tableau s'il vous plait, oui Simon	
	S	Il ne faut pas représenter $\vec{R}$?	
38:39	P	Ce n'est pas nécessaire, on la représente si on a besoin de travailler sur $\vec{R}$, oui ici $\vec{R}$ sera comme ça (représente $\vec{R}$), voilà, ok? Bien, regardez le tableau, quelles sont les forces extérieures? Vas-y	
	E	Poids $\vec{P}$	
	P	$\vec{P}$ oui, écris $\vec{P}+$	
	E	$\vec{R}$	
	P	Oui, $\vec{P}+$, $\vec{R}$ c'est $\vec{N}+\vec{f}$, $+\vec{N}+\vec{f}+\vec{F}$ égale à 0 (El écrit $\vec{P}+\vec{N}+\vec{f}+\vec{F}=\vec{0}$)	
	E	(inaud.)	
	P	On verra, bien $\vec{P}+\vec{N}+\vec{f}+\vec{F}=\vec{0}$, regardez bien la figure, $\vec{f}$ et $\vec{F}$ possèdent la même direction, donc il faut que la somme soit égale à combien?	
	El	Zéro	
	P	A zéro, et $\vec{P}$ et $\vec{N}$ possèdent la même direction donc il faut que $\vec{P}+\vec{N}$ égal à 0, donc c'est une méthode approximative, la méthode ici faites attention, vous savez la projection du vecteur?	
	E	Oui	
	P	Vous savez ça n'est-ce pas?	
	E	Oui	
	P	Bien merci à ta place, bien regardez le tableau n'écrivez pas	
	E	Un instant monsieur	
	P	Regardez, on va calculer, on va trouver grand $\vec{F}$, donc comment on projette cette relation vectorielle pour que $\vec{F}$ reste?	
	E	(inaud.)	
	P	Oui mais comment on projette, suivant quelle direction?	
	E	(inaud.)	
	P	Voilà, suivant cette direction	
	E	Cette direction	
	P	Dans ce cas quelle est la projection de $\vec{P}$ suivant cette direction?	
	E	Zéro	
	P	Zéro car c'est perpendiculaire, quelle est la projection de $\vec{N}$ suivant cette direction?	
	E	Zéro	
	P	Zéro, ok? donc on écrit projetons suivant la direction de $\vec{F}$ n'est-ce pas?	
	E	Oui	
	P	Relation devient 0+0, maintenant $\vec{f}$, $\vec{f}$ possède même direction mais sens opposé, sa projection suivant cette direction c'est comment?	
	E	C'est opposé	
	P	Oui qu'est-ce qu'on écrit ici?	
	E	Egal -f	
	P	-f, donc je répète, comme $\vec{f}$ possède même direction mais sens opposé alors la projection c'est –f, +, $\vec{F}$ possède même sens bien sûr, +F	
	E	2F, ah non	
	P	F suivant cette direction, égal à combien?	
	E	Zéro	
	P	Egal à 0	
	E	F=f	
	P	Voilà, donc F=f=100N	
	E	Newton	
42:19	P	Newton. Alors vous avez compris la projection qu'on a fait ici?	
	E	Oui	

	P	On a projeté suivant $\vec{F}$, par suite comme $\vec{N}$ et $\vec{P}$ sont perpendiculaires à cette direction s'annulent, la projection est nulle, ici même direction mais sens opposé donc c'est -f	
	E	Et $\vec{F}$ c'est F?	
	P	Oui, ok? écrivez ça	
	E	On peut projeter suivant une autre (direction)?	
	P	Oui, par exemple si on a besoin de trouver $\vec{N}$, regardez bien le tableau, si on a besoin de trouver $\vec{N}$ donc comment on projette?	
	E	Suivant $\vec{N}$	
	P	Suivant $\vec{N}$, dans ce cas $\vec{f}$ et $\vec{F}$	
	E	Nulles	
	P	S'annulent, donc on obtient –P+N=0, donc on trouve N=P si on a P, comment on trouve maintenant la réaction? R sera, si on a un vecteur $\vec{u} = \vec{v} + \vec{w}$, quel est le module de $\vec{u}$? Et ici $\vec{v}$ perpendiculaire à $\vec{w}$, quel est le module de $\vec{u}$ ou la norme?	
	E	Zéro	
	P	Non c'est $\|\vec{u}\| = \sqrt{v^2 + w^2}$, n'est-ce pas? Si on a 2 vecteur perpendiculaires, le module du vecteur somme	
	E	Racine carrée	
44:58	P	Donc ici sera $R = \sqrt{N^2 + f^2}$, donc c'est si on va travailler sur la réaction du support après, maintenant seulement voilà l'application, ok? Donc autre situation, vous allez aussi la faire sur une feuille et l'amener la prochaine fois avec vous, comme on a fait celle de la masse. Ok, situation très simple, on va lancer la craie comme ça, qui peut estimer, qui peut prévoir quelle est la trajectoire de la craie? On va lancer la craie comme ça	6. Trajectoire d'un objet lancé et forces exercées sur lui (exo.)
	E	Lance-la un peu	
	P	Bon passe s'il vous plait et trace la trajectoire, quelle est la trajectoire de cette craie?	
	E	Vers le haut	
	P	Ok	
	E	Puis	
	P	Non tu ne jettes pas comme ça suivant la verticale, tu la jettes oblique, bien dessine-la	
	E	Je dessine comment elle monte et elle descend?	
	P	Oui, suppose que je la jette comme ça oblique	
	E	Elle va comme ça et comme ça	
	Es	Non	
	P	Bien tu as une autre? Merci	
	E	Comme ça	
	P	Comme ça? Vous êtes d'accord?	
	E	(inaud.)	
	P	Comment? Bien merci, merci on va voir, qui a autre trajectoire? Bien, qui a une autre trajectoire? Passe	
	E	Comme ça	
	P	Donc on a 3 trajectoires jusqu'à maintenant, est-ce qu'il y a des autres? Donc alors, Fadi, sorry Elie, c'est comme ça ou comme ça?	
	E	La dernière	
	P	Donc on va éliminer ça, maintenant Elie, pourquoi tu as tracé comme ça et non pas suivant cette trajectoire, d'après quelle raison?	
	El	D'après qu'elle arrive (inaud.)	
	P	Ok donc faites attention à la justification, alors ici qu'est-ce qui se passe, tu peux expliquer? Durant cette phase qu'est-ce qu'on a?	
	El	La craie va suivre (inaud.)	
	P	Oui pourquoi ici elle va tomber comme ça?	
	El	Parce qu'elle arrive à un moment où elle tombe	
	P	Ok, la vitesse s'annule ici, c'est pour cela? La vitesse s'annule et va tomber	

		comme ça. Bien, toi tu as dessiné ici n'est-ce pas? Pourquoi la vitesse, ici elle ne va pas tomber comme ça?	
	E	Elle se déplace, elle ne va pas s'arrêter dans l'air et tomber	
48:00	P	Bon, la situation voilà, il faut écrire, il faut choisir entre ces 2 trajectoires ou si vous avez des autres, tracez ça sur une feuille et expliquez pourquoi vous avez choisi cette trajectoire. Donc je vais répéter, vous devez dessiner sur une feuille soit celle-ci soit celle-là soit une 3ème trajectoire, comme vous voulez, vous devez expliquer pourquoi vous avez choisi cette trajectoire	
	E	Monsieur comme explication, ce n'est pas possible qu'elle monte comme ça	
	P	Ok vous expliquez comme vous voulez, 2ème chose vous devez mettre quelles sont les forces exercées sur la craie, on néglige la résistance de l'air, ok	
	E	Monsieur je peux répondre maintenant?	
	P	Je continue avant et puis on commence à répondre. Donc vous devez mettre aussi quelles sont les forces extérieures exercées sur la craie durant le mvt,ok? c'est seulement ce qu'on veut voir, je vais ramasser les feuilles comme la fois passée	
	E	Forces magnétiques ou électriques, comment forces?	
49:15	P	Oui quelles sont les forces extérieures exercées sur cette craie durant le mvt. Oui, vas-y	
	E	Tout d'abord celle d'Elie n'est pas logique	
	P	Donc ce n'est pas logique ici pourquoi?	
	E	Car tu as jeté la craie, elle ne s'arrête pas dans l'air et redescend	
	P	Oui	
	E	Elle descend lentement	
	E	Elle ne va pas descendre perpendiculairement, quand tu la jettes elle va descendre (inaud.)	
	P	Bon, si on lance la craie suivant la verticale	
	Es	Elle monte et elle redescend	
	P	Elle monte	
	E	Elle s'arrête et elle redescend	
	P	Ok, on va prendre 2 phases, donc phase ascendante et phase descendante	
	E	(inaud.)	
	P	Comment elle descend?	
	E	(inaud.)	
	P	Oui, elle va s'arrêter ici un peu?	
	E	Non, elle descend tout de suite (inaud.)	
	P	Non si on lui fait un lancement vertical comme ça	
	E	Elle monte tout droit	
	P	Et comment elle redescend?	
	E	Elle redescend tout droit	
	E	(inaud.)	
	P	Oui, on suppose ici que le lancement se fait suivant la verticale	
	E	Elle redescend verticalement	
	P	Elle redescend verticalement. Maintenant ici et ici, quand est-ce qu'elle s'arrête? C.à.d pourquoi elle s'arrête? Pourquoi elle ne continue pas sa montée?	
	E	Parce qu'il y a une force	
	E	Le poids	
	E	La force avec laquelle tu l'as jetée est plus petite que le poids qui la tire vers le bas	
	P	Donc voilà, moi je veux voir sur votre feuille quelles sont les forces	
	E	(inaud.)	
	P	Oui voilà	

Classe 3 séance 7 (2/6/06)

Tps	Loc.	Discours	Thème
		Distribution de notes et débat	
5:00 6:04	P	Alors on va commencer, mettez la physique, physique Rachelle (…) Bien, alors on a parlé d'un devoir à propos	1. Trajectoire d'un objet lancé et forces exercées sur lui (exo.)
	E	Celui de la craie	
	P	Voilà	
	E	Avant de commencer monsieur, qu'est-ce qu'on a pour l'examen de fin d'année?	
	P	Vous avez la cinématique, toute la partie mécanique, ok, seulement, bien c'est fini. On a vu qu'il y a 2 trajectoires n'est-ce pas? Vous avez proposé 2 trajectoires, donc on suppose que ça A et B, bien Fadi tu as choisi finalement quoi? B? bien, pourquoi tu as choisi B?	
	E	Quand tu tiens la craie comme ça tu vas la jeter jusqu'à là-bas	
	P	Oui on a lancé comme ça	
	E	Elle s'envole, elle ne va s'arrêter soudain dans l'air et retomber	
	P	Pourquoi?	
	E	elle ne va s'arrêter ici soudain dans l'air et retomber, elle continue	
	P	Bien, quelles sont les forces exercées sur la boule durant la phase ascendante et durant la phase descendante?	
	E	Frottement avec l'air	
	P	Supposons qu'il n'y a pas l'air	
	E	Poids	
	P	Le poids	
	E	Le poids il la tire vers le bas, seulement	
	P	Donc seulement on a le poids, donc écris ici	
	E	(inaud.)	
	P	On va voir, bien, alors il a parlé qu'il y a ici durant le lancement la balle ne s'arrête pas ici, elle va continuer comme ça, ok, par suite les forces qu'on a c'est le poids, merci. Bien Chkeir oui, est-ce qu'on a seulement le poids?	
	C	Non	
	P	Oui qu'est-ce qu'on a aussi? Passe. Samar! Oui	
	C	La force d'avancement	
	P	Tu as choisi cette trajectoire?	
	C	Oui	
	P	Oui	
	C	Il y a force d'avancement	
	P	Donc indique cette force, quelle est la direction et le sens de cette force?	
	C	Force d'avancement L?	
	P	Appelle-la L oui, représente le vecteur de cette force	
	C	Je la mets comme ça ou sur?	
	P	Supposons ici	
	C	Ok, le sens vers la gauche	
	P	Ok, voilà donc c'est tangente? $\vec{L}$ tangente ici à la trajectoire?	
	E	Oui	
	C	Oui	
	P	Bien, durant cette phase ici quelle est cette force $\vec{L}$, que devient cette force?	
	C	Euh	
	E	Descendante	
	C	Descendante	
	P	Alors	
	C	Juste une flèche?	
	P	Oui, et au sommet?	

	C	Au sommet ici c.à.d	
	P	Oui, alors on va voir quelles sont les forces pour savoir quelle est la trajectoire, donc et au sommet $\vec{L}$ aussi, donc toujours c'est la même	
	E	Norme	
	C	Norme	
	P	Diminue, augmente, ou reste la même?	
	C	Ici elle augmente	
	P	Oui	
	C	Ici constante	
	P	Ok	
	C	Et diminue	
	P	Ici diminue ou?	
	C	Diminue	
9:40	P	Bien merci. Alors voilà, il a parlé de 2 forces, le poids et la force de lancement. Fadi il a dit on a seulement le poids	
	F	Non, et la force de lancement	
	P	On a aussi la force de lancement? Alors qui fait cette force?	
	E	La main	
	E	La main	
	P	La main, vous êtes d'accord que c'est la main? Est-ce que c'est une force de contact ou force à distance?	
	E	De contact	
	E	Force à distance	
	P	Force à distance? Donc est-ce que je peux maintenant exercer par ma main une force?	
	E	Non	
	E	De contact	
	P	Donc c'est une force de contact? Est-ce que la main est en contact avec la particule ici?	
	E	Non	
	E	1èrement elle est en contact ensuite elle devient à distance	
	P	Donc ici on a une force au point de contact, après?	
	E	Elle devient à distance	
	E	A distance	
	P	Devient une force à distance?	
	E	Oui	
	P	Vous êtes d'accord? Donc ici c'est une force à distance et cette force se transforme, Isaïe, se transforme en une force à distance?	
	E	Oui	
	P	Simon vous n'êtes pas d'accord?	
	S	(inaud.)	
	P	Vous avez choisi quelle trajectoire, ça ou ça?	
	S	Moi j'ai mis ça car	
	P	Ici?	
	S	Oui (inaud.)	
	P	Alors voilà, si on a projectile par exemple alors c'est la trajectoire?	
	S	Oui	
	E	Le canon c'est comme ça?	
	P	Il a dit ça. Bien Hanadi, trajectoire B ou trajectoire A?	
	H	A	
	P	A? Comme ça	
	H	Oui	
	P	Pourquoi tu as choisi cette trajectoire?	
	H	Quand on exerce une force la vitesse augmente puis l'intensité de la	
	P	De la vitesse	
	H	De la force	
	P	Force, quelle force $\vec{L}$?	
	H	Lancement oui	

	P	Cette force? Oui	
	H	Et la vitesse augmente, elle arrive à un point où elle diminue rapidement	
	P	Oui, donc ici que devient cette force?	
	H	Comment	
	P	Quelle est la valeur de cette force $\vec{L}$ ici au sommet?	
	H	(inaud.)	
12:09	P	Donc cette force devient maximale comme valeur ici?	
	H	Oui	
	E	Oui	
	P	Alors pourquoi la boule ne continue pas sa trajectoire comme ça?	
	E	Parce que le poids, quand elle arrive à ce point, le poids, à cause du poids elle descend	
	P	A cause du poids elle va descendre ici?	
	H	Et la masse	
	P	La masse, est-ce que c'est une force la masse?	
	Es	Non	
	E	Le poids est	
	P	Le poids, à l'intérieur du poids on a le facteur masse	
	E	A un point donné il n'y a plus de vitesse	
	P	Oui	
	E	Il devient plus lourd le poids	
	P	Donc ici la vitesse est nulle ici?	
	E	Presque nulle	
	P	Donc la vitesse ici c'est à peu près zéro, est-ce que la vitesse ici c'est à peu près zéro?	
	E	Oui	
	E	Non	
	E	Non elle diminue	
	P	Alors voilà, on a 2 forces, n'est-ce pas? Le poids et la force de lancement, or ici vous parlez que la vitesse s'annule, or d'après Fadi la vitesse ici ne s'annule pas	
	E	D'après qui?	
	E	Fadi	
	P	Fadi	
	E	Essaie-la monsieur, fais l'expérience	
13:24	P	Oui, est-ce que vous avez regardé un match de football?	
	E	Oui	
	E	Non	
	P	Ou un match de basket	
	E	Bien sûr	
	P	Alors quelle est la trajectoire de la balle? comme ça ou comme ça?	
	Es	Comme ça	
	E	Mais pourquoi la balle du canon fais comme ça et tombe	
	P	Est-ce que tu as vu une bombe, la trajectoire d'une bombe c'est comme ça? Tu as vu une bombe comment elle se déplace?	
	E	Oui	
	P	Où	
	E	(inaud.)	
	P	Non non oubliez les films	
	E	Tom and Jerry	
	P	Chut, bien alors, par rapport à cette trajectoire chut, écoutez, par rapport à cette trajectoire on a vu pendant les matchs de sport, Fadi, on a vu pendant les matchs de sport que la trajectoire d'une balle c'est suivant B, surtout dans un match de basket, basket ball n'est-ce pas? Alors la trajectoire d'une balle ce n'est pas comme ça d'après l'expérience, reste ici à voir pourquoi alors, pourquoi en ce point la balle ne tombe pas comme ça? Oui	
	E	La force est constante en ce point ensuite elle diminue	
	P	Est-ce que cette force c'est une force de contact ou à distance? C'est la question	
	E	Quand elle arrive ici?	

	P	Oui, la force ne peut pas être	
	E	Distance	
	P	Parfois à distance parfois de contact car la force représente une action mécanique	
	E	Au début elle est de contact ensuite à distance	
	P	Non, ou bien contact ou bien à distance	
	E	De ce point jusqu'à ce point contact	
	P	Ok, donc ici contact et ici à distance?	
	E	Oui	
	P	Alors, faites attention, est-ce que la main peut agir sur cette balle durant la trajectoire? C.à.d on lance puis on fait comme ça alors	
	E	Non	
	P	La balle continue sa trajectoire?	
	E	Non	
	P	Donc ce n'est pas une force à distance car la main ne peut pas agir sur cette balle, n'est-ce pas?	
	E	Elle est toute de contact?	
	P	Est-ce que la main est en contact ici avec la balle?	
	E	A distance	
16:07	P	Mais si elle est à distance cette force alors la main peut agir sur cette balle, n'est-ce pas? Car c'est une interaction à distance. Donc faites attention, on a l'intuition toujours qu'il y a une force à cause du mvt, le mvt possède un effet, par exemple si une voiture démarra, ok, on a l'impression que nous sommes comment?	
	E	En retard	
	P	En retard, voilà, ok? est-ce que si on déplace par exemple un fil où il y a une boule, on va déplacer le fil comme ça, que se passe pour la boule	
	E	Elle reste à sa place c.à.d elle est en retard par rapport au fil	
	P	Voilà, alors le fil commence à se déplacer puis la boule	
	E	Se déplace	
	P	Voilà, pour cela on a ici une inclinaison	
	E	Oui mais une seconde ou 2 secondes maximum	
	P	Oui, le fil devient incliné	
	E	Oui je sais	
17:11	P	Ok? bien autre autre exemple, lorsque la voiture se déplace sur un virage, ok, que se passe-t-il?	
	E	Les roues de devant	
	P	Non non nous, au niveau	
	E	On va avec elle	
	P	Oui mais durant le déplacement	
	E	(inaud.)	
	P	Toujours on a la tendance de sortir de ce virage, n'est-ce pas?	
	E	Oui	
	P	On a l'impression	
	E	Qu'on est sorti	
	P	Voilà, donc pourquoi ça? C'est à cause du mvt car toujours la vitesse est tangente à la trajectoire donc notre vitesse tangente à la trajectoire, alors comme le corps de la voiture se déplace comme ça et notre vitesse tangente donc on a l'impression qu'il faut sortir. Maintenant si on ouvre la porte ici alors nous sortons avec cette vitesse, ok? donc on va voir ce problème durant l'année prochaine mais il faut savoir que la seule force qui agit est le poids. Pourquoi la trajectoire possède cette forme? Faites attention, car en ce point la vitesse n'est pas nulle, lorsqu'on lance un objet on donne une vitesse suivant la verticale et une vitesse suivant l'horizontale, ok? la vitesse en ce point, le déplacement suivant la verticale ne se fait pas, or la vitesse suivant l'horizontale ne s'annule, ici on obtient une vitesse, la vitesse ici diminue jusqu'à ce point puis s'annule suivant la verticale et la boule descend, or suivant l'horizontale la vitesse toujours existe, ok? alors durant projectile la vitesse ne s'annule pas et la seule force qui agit c'est le poids, on n'a pas ni force de lancement car c'est l'effet du	

		mvt, à cause de l'effet du mvt on a cette trajectoire.	
	E	Si on a un fil et on fait comme ça, la boule (inaud.)	
	P	Oui	
	E	(inaud.)	
	P	Oui mais toujours le fil incliné	
	E	Ok, il bouge directement le fil	
	P	Avec un retard de quelques millisecondes ou une seconde, n'est-ce pas? Tu peux faire ça ok, déplace le fil et tu regardes la boule	
	E	(inaud.)	
	P	Oui voilà, donc à cause de ce retard le fil devient incliné	
	E	Oui mais il y a 2 conditions aussi c.à.d si je fais ça et je garde ma main la boule reste en haut et puis redescend mais si je fais comme ça rapidement elles restent ensemble	
20:53	P	Bien c'est un autre phénomène, pas un autre phénomène, ici on a un mvt de va et vient, à cause de ça il faut étudier le mvt de la main pour savoir le mvt de la boule. Bien, on va continuer les exercices, donc ouvrez le livre c'est page 303, donc page 303 on n'a pas terminé encore le numéro 4, qui était au tableau?	2. Application de la 2ème loi de Newton (exo.)
	E	Moi	
	P	Bien passe, alors donnez s'il vous plait qui ont fait le devoir projectile	
	E	On ne l'a plus fait	
	P	Bon efface ça. Alors pour l'examen vous avez seulement la partie mécanique c.à.d cinématique et lois de Newton avec force gravitationnelle oui bien sûr, donc c'est les chapitres 15, 16, 17, 18, bien Elie refais le schéma, bien numéro 4 on a, oui voilà, horizontale, les forces exercées sont le poids	
	E	Mais celui-là on l'a déjà commencé	
	P	Oui oui on va continuer ça, on a aussi $\vec{F}$, $\vec{N}$ oui $\vec{N}$, on a $\vec{F}$ force de traction, grand $\vec{F}$ et on a petit $\vec{f}$ force de frottement	
	E	(inaud.)	
	P	Oui	
	E	Monsieur quels chapitres?	
	E	15, 16	
23:37	P	17, 18. Bien, qu'est-ce qu'on a écrit à la fin? Ah on suppose qu'il n'y a pas frottement ok, efface. Bien or, chut, la voiture ou bien une particule se déplace avec une force de traction $\vec{F}$ parallèle à la trajectoire, on a le poids et on a la réaction normale du support. Bien petit a on a trouvé, non, on n'a pas continué	2.1. Relation de la dynamique, projection des forces suivant une direction et nature du mvt
	E	Je la répète?	
	P	Non, maintenant d'après la 2ème loi de Newton, oui, que dit la 2ème loi de Newton?	
	E	La $\vec{F}$ extérieures	
	P	Somme des forces, voilà, la somme des forces extérieures égale à $m \cdot \vec{a}$ (…) bien $m \cdot \vec{a}$ toujours vecteur	
	E	(inaud.)	
	P	Oui continuez ça directement, on a avait mis le bilan des forces	
	E	Et système à étudier	
25:26	P	Voilà. Bien maintenant quelles sont les forces qu'on a? Regarde la figure, $\vec{N}$, $\vec{P}$ et $\vec{F}$, donc $\vec{N}+\vec{P}+\vec{F}$ égal à 0, sorry égal $m \cdot \vec{a}$. Bien, regardez le tableau et faites attention, regardez, toujours on a une écriture vectorielle, Rachelle, toujours on a une écriture vectorielle, pour passer à une écriture avec des valeurs qu'on appelle écriture scalaire il faut projeter les vecteurs, ok? On choisit une direction et un sens et projette l'équation, donc choisis direction et sens, suivant quoi? Donc suivant $\vec{F}$ n'est-ce pas? Alors projetons suivant	

		$\vec{F}$ (…) projetons suivant $\vec{F}$, bon n'écrivez pas, regardez le tableau, maintenant $\vec{N}$ quelle est la projection, Rachelle regarde le tableau, $\vec{N}$, Isaïe, quelle est la projection de $\vec{N}$ suivant $\vec{F}$?	
	E	F	
	P	Si vous avez un vecteur $\vec{N}$, on va projeter $\vec{N}$ suivant cette direction	
	E	Ah oui	
	P	Qu'est-ce qu'on fait? Non,	
	E	C'est zéro	
	P	Zéro, regardez, regardez le tableau, comment on projette un vecteur? Si on a un vecteur comme ça, on projette suivant x et suivant y	
	E	Je peux, je peux?	
	E	(inaud.)	
	P	Voilà, alors la projection comme l'origine se trouve sur l'axe donc on fait la projection, alors voilà suivant x et ici suivant y, quelle est la projection de $\vec{N}$ suivant cet axe?	
	E	Zéro	
	P	Zéro car on projette c'est zéro, toujours toujours si on a un vecteur perpendiculaire à une direction la projection du vecteur sur cette direction toujours c'est nul, ok?	
	E	Monsieur	
	P	Oui	
	E	Vers ce sens	
	P	Oui ce sens et cette direction, $\vec{N}$ perpendiculaire à $\vec{F}$ donc la projection de $\vec{N}$ suivant la direction de $\vec{F}$ c'est zéro car perpendiculaire, donc zéro, écris ici zéro. La projection de $\vec{P}$?	
	E	(inaud.)	
	P	Non, lorsqu'on projette un vecteur donc c'est sans vecteur, on a la valeur maintenant, module, donc zéro car $\vec{P}$ perpendiculaire à $\vec{F}$, plus la projection de $\vec{F}$?	
	E	N	
	P	F	
	E	2F	
	P	Pourquoi 2F?	
	E	Il y a F et ça c'est F, 2F	
	P	Il y a seulement un seul F, c'est celui-là	
	E	Et ce qui est en bas c'est quoi?	
	P	Le poids $\vec{P}$	
	E	Ah $\vec{P}$	
	P	Ok? sans vecteur, la projection toujours sans vecteur. Pourquoi c'est +? Car suivant	
	E	(inaud.)	
29:39	P	Voilà, car suivant le sens de $\vec{F}$, ok? égal m.a, non, m.a oui, voilà, donc a égale, (…) Alors maintenant il faut discuter a, est-ce qu'il y a a nulle ou a constante?	
	E	Monsieur tu nous a dits projetez suivant $\vec{F}$ c'est pour trouver $\vec{F}$	
	P	Non, on choisit une direction, n'importe quelle direction, ok?	
	E	(inaud.)	
	P	Non, sur cette direction	
	E	(inaud.)	
	P	Car on va trouver la valeur, comment on trouve une valeur d'un vecteur? En projetant. Bien	
	E	a constante	
	P	Maintenant F constante	
	E	Et m constante	
	P	Voilà donc constante, égale à constante, égale constante, implique, si on a une accélération constante quelle est la nature du mvt?	
	E	(inaud.)	

	P	Uniforme?	
	E	Constante	
30:45 31:34	P	Voilà, MRUV, c'est petit a, ok? b, calculer son accélération, efface ici, calculer l'accélération donc application, (…) Oui bien, calcule la valeur de a	
	E	Je met a égale F sur	
	P	Voilà a égale, quelle est la valeur de F?	
	E	0,1	
	P	0,1 , F/m donc c'est 0,1 , la masse c'est 0,05 kg, donc 1 sur 0,5 c'est 20	
	E	2	
	P	2? Don c'est 2	
	E	(inaud.)	
	P	Non, si la somme est égale à zéro donc l'accélération est nulle	
	E	(inaud.)	
	P	Oui, peut-être ici qu'on n'a pas zéro, on va voir. Donc quelle est l'unité de l'accélération?	
	E	Un instant	
	E	m/s	
	E	m/s	
	P	Carré, c'est m/s^2	
	E	(inaud.)	
32:46	P	Oui, voilà. c, calculez l'espace qu'il parcourt en 5 secondes, faites attention, calcule l'espace qu'il parcourt en 5 secondes, est-ce que c'est une question de type cinématique ou dynamique?	2.2. Equations horaires du mvt
	E	Dynamique	
	P	Oui?	
	E	Dynamique	
	P	Dynamique? Calcule la distance	
	E	Cinématique	
	P	Cinématique, donc c'est de type cinématique, il faut trouver la distance parcourue durant t=5s, comment voir la distance parcourue durant t=5s?	
		(…) *(Tombola)*	
37:00	P	Bien , chut, écoutez, comment on peut savoir la distance parcourue durant 5s, on a besoin avant tout de préciser la nature du mvt, est-ce qu'on a la nature du mvt?	
	E	Oui	
	P	Voilà, donc, chut, comme on a un mvt rectiligne uniformément varié quelle est l'équation des x en fonction du temps?	
	E	X=1/2.a euh	
	P	Bon écris, MRUV implique $x = 1/2 \cdot a(t-t_0)^2 + v_0(t-t_0) + x_0$, maintenant est-ce qu'on a des conditions initiales à propos de v_0 par exemple? Regardez la donnée	
	E	Monsieur ce n'est pas $t - t_0$?	
	P	Oui	
	E	C'est zéro	
	P	Est-ce qu'ils ont dit ça?	
	E	Oui, au repos	
	P	Donc voilà, à t=0; $v_0 = 0$ car entre parenthèses au repos	
	E	c.à.d ça devient $x = 1/2 \cdot a(t-t_0)^2 + x_0$?	
	P	Oui, ici mets t_0 , bien efface ici, alors maintenant remplace les valeurs, bien x=1/2 , a c'est 2, fois 2 par t^2 , plus x_0 , bien $x - x_0 = d$, d distance, égal $1/2 \cdot t^2$	
	E	(inaud.)	
	P	Oui c.à.d t^2 , égale t^2 voilà, au carré. Maintenant à t=5s , d égale, voilà	
	E	d=25	
	P	25 mètres, encadre ça, merci, à ta place.	

41:15		Numéro 8, bien numéro 8	3. Relation nature du mvt et 2ème loi de Newton
	E	Un instant	
	P	Oui efface, efface efface. Bien Stéphane lis et traduit les données en données physiques	
	S	Un traîneau de masse m=100kg est tiré, par l'intermédiaire d'un câble inextensible, sur un sol neigeux horizontal. Les frottements agissant sur le traîneau sont assimilables à une force unique $\vec{f}$, horizontale, opposée au déplacement et de module f=300N. On désigne par $\vec{F}$	
	P	Chut, attends attends, tu dois donner maintenant les données physiques, qu'est-ce qu'on doit écrire sur le tableau?	
	S	m=100 (inaud.)	
	P	m=100 kilo?	
	S	Kg	
	P	Kg ok, puis	
	E	Il n'y a pas de question b	
	P	Oui je sais	
	E	Quoi je sais?	
	P	On va la rajouter. Qu'est-ce qu'on a comme forces?	
	S	Force de frottement	
	P	Donc on a petit f force de frottement, égale à combien?	
	S	300 N	
	P	300 N. Faites attention il y a une faute dans l'écriture, quelle est la faute?	
	E	Vecteur	
	P	Vecteur, sans vecteur, oui	
	S	Force de traction du câble grand F	
	P	Donc grand F, quelle est la valeur de cette force	
	S	On sait pas	
	P	On sait pas, donc grand F égal point d'interrogation. Est-ce qu'on a la direction et le sens?	
	E	Oui oui, direction horizontale	
	P	Donc direction horizontale écris direction horizontale. Est-ce qu'on a le sens?	
	E	Horizontal	
	P	Direction, quel est le sens?	
	E	Opposé	
	E	Opposé au déplacement	
	P	Comment s'appelle cette force d'après l'exercice?	
	E	Traction	
	P	Traction c.à.d quoi?	
	E	Sens opposé à celui des frottements	
	P	Oui c.à.d c'est la force motrice n'est-ce pas? Quel est le sens d'une force de traction motrice par rapport au mvt, est-ce que opposée ou celui du mvt?	
	E	opposé	
	E	Non celui du mvt	
	P	Force motrice de traction	
	E	Ah	
44:27	P	Donc celui du déplacement. Alors ajoutez chez vous la question car il n'y a pas de question, petit a, écris ici petit a, quelle est la valeur de grand F, écris quelle est la valeur, donc ajoutez la question quelle est la valeur de grand F si le mobile possède un mvt rectiligne uniforme, possède un MRU. Petit b, trouvez F si le mvt est MRUV tel que $a = 2m/s^2$. Bien maintenant est-ce que, comment on peut trouver l'intensité de la force	
	E	(inaud.)	
	P	Donc est-ce qu'on a seulement la force grand $\vec{F}$ ici?	
	E	Non	
	P	Donc somme des forces extérieures égale $m \cdot \vec{a}$, la loi de Newton, pour	

		appliquer la loi de Newton on a un protocole	
	E	C'est petit a?	
	P	Oui, on a un protocole, que dit ce protocole? Joe et Joe	
	E	(inaud.)	
	P	Il me pose la question à moi	
	E	Somme des forces extérieures égale $m \cdot \vec{a}$	
	P	Oui mais il y a un protocole	
	E	c.à.d F+f	
	P	Non, avant ça, référentiel	
	E	Galiléen	
	P	Terrestre supposé galiléen, donc efface, donc pour appliquer la loi de Newton n'importe quelle loi 1ère ou 2ème on a besoin d'un référentiel galiléen, donc référentiel	
	E	Terrestre supposé galiléen	
	P	Galiléen, sorry référentiel terrestre supposé galiléen, système, qu'est-ce qu'on a ici?	
	E	Traîneau	
	P	Traîneau, voilà système traîneau, bien, oui, maintenant les forces extérieures exercées au système sont, bien alors toujours il faut faire (…) bien faites une figure et représentez les forces	
	E	Monsieur qu'est-ce qu'il y a comme forces, grand $\vec{F}$ et petit $\vec{f}$?	
	P	Mets, maintenant on commence	
	E	(inaud.)	
	P	Point oui, maintenant quelles sont les forces à distance?	
	E	Poids	
	P	Le poids, est-ce qu'on a force électrique?	
	E	Non	
	P	Est-ce qu'on a force magnétique?	
	E	Non	
	P	Donc on a seulement le poids. Maintenant le traîneau est en contact avec quoi?	
	E	Neige	
	P	Voilà, donc on a quoi?	
	E	Frottement	
	P	Frottement, on a réaction du support qui se divise en 2 composantes, réaction normale et frottement	
	E	Il y a encore les frottements	
	P	les frottements, oui indique les frottements. Faites attention, on a dit que la réaction normale et le frottement se sont la réaction du support, on divise la réaction du support en 2 composantes	
	E	Donc il y a frottement petit $\vec{f}$	
	P	Ok, maintenant est-ce qu'on a d'autres? Est-ce que le traîneau est en contact avec d'autres objets?	
	E	Non	
	P	Donc il n'y a pas d'autres forces, alors efface, oui écris $\vec{P}$: poids vertical descendant, $\vec{R}$ réaction du support telle que $\vec{R} = \vec{N} + \vec{f}$, petit $\vec{f}$ frottement, maintenant écris $\vec{f}$,petit $\vec{f}$, oui on va en parler, petit $\vec{f}$ parallèle au déplacement et de sens contraire, et $\vec{N}$, juste à côté, $\vec{N}$ normale au déplacement, ok, ascendant, merci.	