

Université Lumière Lyon 2
Université Cheikh Anta DIOP Dakar

Ecole doctorale : EPIC

Equipe ADIS-LST (groupe COAST) de l'UMR 5191 ICAR

**Comparaison des pratiques de classes dans
le cas de l'enseignement de l'énergie en
première scientifique (grade 11)**

Analyse à l'aide du logiciel Transana

par Mouhamadoune SECK

Thèse de doctorat de Sciences de l'Éducation

sous la direction d'Andrée TIBERGHIEU

soutenue le 4 décembre 2007

Composition du jury :

Alain MERCIER, professeur à l'INRP

Andrée TIBERGHIEU, directrice de recherche au CNRS

Martine MEHEUT, professeure à l'IUFM de Créteil

Abdoulaye SAMB, professeur à l'université Cheikh Anta DIOP

Dédicace

A

Papa : toi qui fus ! Merci pour ce que tu fis.

Ma mère : à la fois au commencement et à la terminaison de la quête

Aux miens

Assy la patience : hommage à toi dévouement et à ton courage dans la solitude, face à un quotidien chaque jour envahissant

Mes enfants : Fatou, Rokhaya et Ndèye Fatou

A ma famille de Saint-Louis

Mon père Madické SECK : toujours là, discrètement efficace

Mes frères et sœurs

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'adapter ou l'utiliser à des fins commerciales.

Remerciements

Nous remercions :

Monsieur le professeur Waldiodio NDIAYE, qui a bien voulu nous accompagner dans notre recherche en acceptant d'en assurer la cotutelle ; et qui a toujours été présent par ses conseils.

Madame Andrée TIBERGHIEU sous l'ombre de qui ce travail a été conduit, réalisé. Trois années de passion et de doute partagés ont créé un climat de complicité et de confiance rendu possible grâce à une généreuse disponibilité et une rigueur jamais prises à défaut.

Les deux professeurs : Mme Anne-Marie MIGUET du Lycée Saint-Exupéry de Lyon (France) et M Mamadou NDOUR du lycée Technique industriel Maurice Delafosse de Dakar (Sénégal)) et leurs élèves qui ont bien voulu nous accepter pendant plusieurs semaines dans leur classe, contraints ainsi de s'adapter aux désagréments liés à la situation.

Toutes les personnes côtoyées au sein des laboratoires ICAR à Lyon et CUSE à Dakar avec lesquelles nous avons redécouvert les valeurs d'une communauté scientifique.

Ces sénégalais qui, de Dakar à Lyon, ont su transborder et recréer autour de nous les chaleurs de nos communautés sociales.

Sommaire

| | |
|--|-----|
| <i>Remerciements</i> | 2 |
| <i>Introduction</i> | 5 |
| <i>Première partie. Cadre théorique</i> | 7 |
| Travaux sur les pratiques de classes et la performance des élèves..... | 7 |
| Etude de la classe de Physique..... | 10 |
| Le fonctionnement de la physique..... | 13 |
| Le savoir enseigné en classe de physique..... | 15 |
| Signification du concept d'énergie dans une perspective historique et dans quelques cas de projets d'enseignement..... | 21 |
| Questions de recherche..... | 29 |
| <i>Deuxième partie. Méthodologie</i> | 31 |
| Méthodes utilisées pour analyser les programmes officiels..... | 31 |
| Méthodes utilisées pour l'étude des pratiques d'enseignement..... | 33 |
| Méthodes utilisées pour les liens entre pratiques de classe et performances des élèves..... | 59 |
| <i>Troisième partie. Analyse des programmes de physique des deux pays</i> | 62 |
| Filières d'enseignement concernées par l'étude..... | 62 |
| Les contenus à enseigner dans les deux programmes..... | 63 |
| Approches préconisées dans l'enseignement des phénomènes énergétiques..... | 68 |
| Exemple de modélisation dans la partie énergétique des deux programmes..... | 71 |
| <i>Quatrième partie. Analyse des pratiques de classes au niveau mésoscopique</i> | 87 |
| Présentation des établissements où les enregistrements se sont déroulés..... | 87 |
| Phase didactique et organisation de la classe..... | 88 |
| Thèmes..... | 103 |
| <i>Cinquième partie. Analyse des pratiques de classes au niveau microscopique</i> | 170 |
| Analyse globale..... | 170 |
| Lien entre pourcentage de mots/expressions dans les ensembles conceptuels et le thème ou la durée..... | 174 |
| Lien entre la durée en classe entière et le pourcentage de mots/expressions utilisés dans les ensembles conceptuels..... | 181 |
| Distribution des ensembles conceptuels selon le type d'organisation de la classe..... | 182 |
| Nombre de sous-thèmes et nombre d'ensembles conceptuels dans chaque thème..... | 185 |
| Analyse globale des ensembles conceptuels..... | 187 |
| Analyse des séquences du point de vue de la modélisation et des registres sémiotiques..... | 193 |
| <i>Sixième partie. Analyse du questionnaire administré (avant et après enseignement)</i> | 208 |

| | |
|--|------------|
| A. Fonctionnement des sciences et processus de modélisation (Q1 à Q3)..... | 209 |
| B. Termes (relatifs à l'énergie) utilisés dans la vie de tous les jours et/ou en physique Q4 et Q5 . | 216 |
| C. Etude de systèmes en interaction : identification des systèmes et modes de transfert d'énergie. Q6 (avec les sept situations)..... | 221 |
| D. Transfert d'énergie par travail mécanique. Q7 | 226 |
| E. Formes d'énergie stockée et conservation de l'énergie (Q8) | 229 |
| F. Système en termes de réservoir et de transformateur, formes d'énergie stockée et modes de transfert d'énergie (Q9)..... | 232 |
| Synthèse de la description des réponses du questionnaire | 235 |
| Pistes d'interprétations possibles | 236 |
| <i>Conclusion et perspectives</i> | 238 |
| Points essentiels de l'analyse de pratiques de classe en termes de savoir en jeu..... | 238 |
| Bilan de la méthode d'analyse avec le logiciel Transana..... | 240 |
| Liens entre pratiques de classes et acquisitions des élèves..... | 241 |
| <i>Bibliographie</i> | 242 |
| <i>Table des matières</i> | 248 |

Introduction

La question de la relation entre les pratiques d'enseignement et les performances des élèves, même si elle n'est pas nouvelle, prend une importance grandissante en didactique et reste encore très ouverte. En effet les travaux récents menés à grande échelle sur le plan international (TIMSS video, 1995, 1999) caractérisent bien les pratiques d'enseignement par pays sans arriver à relier ces caractéristiques et les performances des élèves (Stigler et al. 1999 ; Hiebert et al. 2003).

Notre recherche vise à contribuer à l'étude de cette question. Plus spécifiquement, notre problématique porte sur l'analyse des pratiques de classes de physique au niveau du lycée dans une filière scientifique en vue de leur mise en relation avec les performances des élèves. Pour cela nous avons choisi l'orientation du courant français de la didactique comparatiste (Mercier et al, 2002 ; Sensevy et al. 2007) qui fournit les outils théoriques pour centrer l'analyse des pratiques de classes sur les savoirs en posant que les savoirs donnent à ces pratiques leur forme.

Notre recherche a été menée dans le cadre d'une thèse en co-tutelle entre la France (Université Lumière Lyon 2) et le Sénégal (Université Cheikh Anta DIOP de Dakar). Nous avons donc cherché à comparer des pratiques de classes dans ces deux pays.

Même si les moyens dont nous disposons nous ont conduit à mener une étude de cas, la raison essentielle de ce choix méthodologique est ailleurs. Comme nous le montrons dans le cadre théorique, l'état des connaissances actuelles sur les relations entre pratiques de classes et performances des élèves nous semble nécessiter le développement de cadres théorique et méthodologique ; c'est ce que vise notre étude de cas. Sous ce rapport, l'importance des données vidéo dans de tels travaux nous a conduit à particulièrement travailler sur la méthodologie d'analyse de ces enregistrements vidéo avec un logiciel (Transana dans notre cas).

Le choix d'un cadre théorique dans la mouvance de la didactique comparatiste n'est pas exclusif ; cette recherche se situe aussi dans le prolongement des travaux en didactique de la physique. C'est ainsi qu'elle reprend en particulier les travaux sur la modélisation menés en France en didactique des sciences dans un courant constructiviste, et fondée sur une analyse épistémologique du savoir (Martinand et al, 1992 ; Méheut, 1996, Vince et Tiberghien, 2000). Elle reprend aussi les travaux de chercheurs sur les processus d'apprentissage ou les acquisitions des élèves en lien avec l'enseignement (Méheut, 1997 ; Tiberghien et al, 1994, 2005, Buty, 2000).

Cette thèse comprend six parties.

Dans la **première partie**, intitulé cadre théorique, nous prenons position par rapport aux récentes recherches en didactique comparatiste. Nous commençons par visiter certaines recherches sur les pratiques de classes. Nous abordons ensuite, les savoirs, leur contenu et leur fonctionnement et nous terminons par présenter le concept de l'énergie.

La **deuxième partie** nous permet de tester la capacité du logiciel Transana à être utilisé à des types d'analyses variées. La méthodologie et la vie du savoir occupent cette partie.

La **troisième partie** nous porte sur l'analyse des textes de programmes dans les deux pays en termes de contenus, de structurations conceptuelles et de fonctionnement de la physique.

Dans la **quatrième partie**, nous analysons, du point de vue thématique, le savoir en jeu dans classe au niveau mésoscopique, en utilisant des éléments du contrat didactique (la chronogenèse et la topogenèse) et des catégories de surface (phase didactique et organisation de classe).

La **cinquième partie** est une analyse du même savoir du point de vue thématique, mais cette fois-ci au niveau microscopique. Nous utilisons à cet effet des mots et des expressions dont le découpage est de l'ordre de la seconde. Ces mots et expressions sont regroupés dans des ensembles conceptuels qui seront à leur tour analysés.

La **sixième partie** concerne l'analyse du questionnaire avant et après enseignement. Son exploitation permet de faire le lien entre le savoir enseigné, analysé du point de méso et micro dans les deux parties précédentes et le savoir acquis révélé par le questionnaire.

Première partie. Cadre théorique

La pratique de classe du point de vue des savoirs en jeu constitue le centre de notre préoccupation dans cette étude. Nous l'avons étudiée dans le cas de l'enseignement en physique des phénomènes énergétiques au lycée. La revue de travaux internationaux utilisant les données vidéographiques dans l'analyse des pratiques de classe permet de situer notre recherche par rapport à la préoccupation de la communauté des chercheurs en didactique comparatiste. Nous abordons l'étude des savoirs en nous centrant sur deux aspects, tout d'abord les différentes formes de transformation qu'ils subissent suivant les institutions dans lesquelles ils sont en jeu, puis le fonctionnement de la physique en termes de modélisation et des registres sémiotiques. Enfin notre étude sur les pratiques de classe étant menée dans le cas de l'enseignement de phénomènes énergétique, nous présentons une analyse succincte du concept d'énergie et des travaux sur son enseignement. A la fin nous présentons nos questions de recherche.

Travaux sur les pratiques de classes et la performance des élèves

Les études liées à l'enseignement, à l'apprentissage ou à la performance des élèves sont nombreuses. Elles peuvent prendre des orientations méthodologiques comme théoriques très différentes. Certaines de ces études mettent en jeu une seule ou plusieurs disciplines, d'autres se centrent sur l'évolution des conceptions des élèves avec l'enseignement reçu, ou sur les pratiques d'enseignement, d'évaluation, d'apprentissage. D'autres encore mettent en relation les évolutions des conceptions ou différentes pratiques (d'enseignement ou apprentissage) avec la performance des élèves. Notre recherche se focalise sur l'analyse des pratiques de classes, nous nous limitons à la discussion de cette notion puis nous visitons quelques travaux internationaux liés à l'étude des pratiques et de leur lien avec l'acquisition de connaissances par les élèves.

La notion de pratique de classe

Les recherches sur les pratiques de classes, de plus en plus nombreuses à nos jours, prennent un intérêt scientifique grandissant. L'importance de ces enjeux est liée à la « forte demande sociale en matière de réussite scolaire, de qualité et d'efficacité de l'enseignement d'une part, et le développement et l'ampleur que prend la formation des professeurs afin de faire de l'enseignement un vrai métier dont les pratiques seraient théorisées d'autre part » (Malkoun, 2007, p. 11). Le but de ces recherches est double : d'abord il s'agit de comprendre les modalités des pratiques de classes (leur organisation, leur fonctionnement et les processus en jeu), ensuite les relations qu'elles peuvent entretenir avec l'apprentissage des élèves.

En regardant le dictionnaire TLF en ligne « le Trésor de la Langue Française », nous remarquons que le mot pratique s'utilise dans la langue française de deux manières :

- comme substantif au féminin, auquel cas deux niveaux de définition nous sont proposés : « action qui vise à appliquer une théorie ou qui recherche des résultats concrets, positifs ou fait d'exercer une activité particulière, de mettre en œuvre les règles, les principes d'un art ou d'une technique (pratique de la dense, d'un métier, d'un sport etc) »

- comme adjectif et, dans ce cas, il est défini comme une notion « qui concerne

l'action, l'intervention de la volonté humaine sur le réel pour le transformer ».

On peut lire dans un autre site (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Pratiques>) : « une pratique est une façon de procéder dans la réalisation d'une action ou qualifie une action particulière (elle peut se pratiquer seul ou en groupe, elle peut être innée, issus de tradition, d'une religion d'un métier etc ».

Nous remarquons donc que l'usage du mot « pratique » renvoie à une action quelle que soit la définition prise (substantif ou adjectif). Ainsi, dans l'utilisation du substantif, la définition nous renvoie à des expressions du genre : « exercer une activité particulière », « mettre en œuvre des règles, des principes ou une technique ». Ceci montre que pris comme substantif, le mot est associé à plusieurs autres termes, on parle de pratique d'enseignement, d'apprentissage, d'enseignants, d'élèves, pédagogiques, culturelles, professionnelles, institutionnelles, familiales, sociale etc. Donc une définition univoque n'est pas pratiquement envisageable, mais plusieurs, selon les disciplines, les champs d'application et les problématiques. Dans ce qui va suivre nous explicitons l'usage de ce terme et les caractéristiques que quelques chercheurs lui ont données suivant leur champ de recherche ; puis notre position par rapport à cette notion terminera ce paragraphe.

Du point de vue sociologique, les pratiques sociales regroupent tout ce qui fait référence aux affaires humaines (loisir, travail, activité domestique, acquisition des savoirs, développement personnel et engagement). En ce qui concerne l'acquisition des savoirs, les travaux du sociologue Bourdieu (1980) ont influencé de nombreuses recherches orientées sur les pratiques sociales dans le champ de l'éducation.

Dans le champ des sciences de l'éducation. Martinand (1986) parle de pratique sociale de référence « *qui consiste à mettre en relation [...] les activités didactiques, avec les situations, les tâches et les qualifications d'une pratique donnée. Ces activités concernent l'ensemble d'un secteur social, et non des rôles individuels et la relation avec les activités didactiques n'est pas d'identité, il y a seulement terme de comparaison* » (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Pratiques>)

Beillerot (1998) fait référence aux gestes, aux conduites et aux langages dans une première dimension, aux objectifs, aux stratégies et idéologies qu'il identifie à une deuxième dimension. Chevallard (1999) considère quant à lui, que toute activité humaine consiste à accomplir une tâche particulière par une technique, justifiée par une technologie qui découle d'une théorie. Pour lui le système de tâches, c'est-à-dire d'activités bien circonscrites, permet d'analyser toute pratique de classe. Enfin Altet (2002) identifie dans la pratique enseignante, les dimensions pédagogiques et didactiques. Selon elle, il s'agit de comprendre l'articulation fonctionnelle et cohérente entre les deux.

Ces caractérisations de la pratique qu'elle soit sociale, d'enseignement ou autres, se focalisent sur l'action (ce que font les individus et comment ils le font). Certains font référence à la sphère institutionnelle où se déroule cette action. Dans notre approche, nous considérons que la classe, qui est notre objet d'étude est une institution, au sein d'autres institutions, l'établissement et le système éducatif du pays. D'après Sensevy (2007), la pratique de classe peut être prise sous deux angles : action d'enseigner et action d'apprendre dans un lieu appelé classe, que ce lieu soit physique ou virtuel. Ces deux actions ne sont pas exclusives, elles ne se déroulent pas dans la classe de manière séquentielle, mais de manière conjointe et simultanée (Sensevy, 2007). C'est pourquoi nous prenons cette orientation en disant que la pratique de classe, sous sa dimension didactique est une action conjointe entre élèves et professeur :

« Ce qui semble caractériser avant tout autre chose l'action didactique ce sont deux dimensions particulières. Tout d'abord, le fait qu'une action didactique est nécessairement conjointe. 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, fondée sur une communication dans la durée entre le professeur et les élèves, donc sur une relation qui actualise l'action didactique, et qui est actualisée en retour par celle-ci. Second aspect, cette relation est centrée sur un objet bien précis : le savoir qui doit être transmis, en donnant à ce dernier terme (transmis) le sens anthropologique général de la transmission.

De fait, donc l'action didactique est une action conjointe, produite en général dans la durée au sein d'une relation ternaire entre le savoir, le professeur et les élèves (la relation didactique). Cette action est conjointe, c'est-à-dire organiquement coopérative. Je ne produis pas ici un énoncé normatif, ou prescriptif, mais un énoncé de fait. Que l'on considère n'importe quel acte didactique, et l'on constatera que dans chaque action du professeur l'élève trouve une place, même minimale, et la même chose peut se dire de chaque action de l'élève » (Sensevy, 2007 p. 14).

Quelques projets de recherches sur les pratiques de classes et/ou les performances des élèves

Le réseau français de recherche. OPEN (Observation des Pratiques Enseignantes) met bien en évidence la variété des approches sur les pratiques de classes ainsi que la richesse de la pluridisciplinarité pour l'étude des pratiques aussi bien de classe que celles des enseignants.

Nous nous intéressons aux recherches qui portent sur la pratique de classes au sein desquelles se situe notre travail dont nous montrons son apport à ces courants.

Une étude menée en Allemagne caractérise l'enseignement de la physique pendant une séance en termes de structures profonde et de surface (Fisher, Duit, et Labudde, 2005). Cette caractérisation se fonde sur un cadre théorique proposant des « modèles de base » de l'apprentissage (dix environ) tels que la construction de la signification de mots/concepts, le développement de routines ou de stratégies, la résolution de problème (Oser et Baeriswyl, 2002 ; Paquay et Dayez, 2006). Les résultats disponibles caractérisent le type d'enseignement effectif d'une majorité de professeurs allemands. La particularité de cette étude réside dans la grande quantité de données vidéographiques récoltées sur un grand nombre d'enseignants dans un important échantillon de classes.

Deux projets TIMSS Video Studies (Stigler et al. 1999 ; Stigler et Hiebert (1999), Hiebert et al, 2003) qui sont associés aux évaluations TIMSS (Third International Mathematics and Sciences Study) retiennent notre attention. : TIMSS Video Studies associé à TIMSS 1995 et le second associé à TIMSS 1999.

Dans le premier (TIMSS Video Study 1995), il s'agit d'une comparaison de leçons de mathématiques dans trois pays : Allemagne, Japon et Etats-Unis. Le Japon se trouve, dans cette comparaison, avec le score le plus élevé à l'évaluation. L'étude vidéo a montré que ce pays avait une façon différente d'enseigner les mathématiques.

Dans la continuité, un second projet (TIMSS 1999 Vidéo Study), associé à l'évaluation TIMSS 1999 a vu le jour, avec cette fois-ci 638 séances de mathématiques filmées au niveau de la 4^{ème}. Sont impliqués dans ce projet, avec une séance par professeur, Australie (87 séances), République Tchèque (100 séances), Hong Kong (100 séances), Japon (50 séances), Pays Bas (78 séances), Suisse (140 séances) et Etats-Unis (83 séances). Cette fois-ci les séances ont été filmées tout au long de l'année pour avoir une variété de sujets et d'activités. Les auteurs de ces deux projets visent à caractériser les pratiques d'enseignement permettant aux élèves d'obtenir de bonnes performances dans différents pays.

Nous intéressons par ailleurs à d'autres projets d'étude qui certes, n'ont pas la même ampleur que ceux décrits ci-dessus, en vue de mieux positionner notre problème recherche.

Scott & Mortimer (2006), dans une approche socioculturelle, utilisent l'étude de cas en classe de science. S'appuyant sur les travaux de Bakhtin (1986), ces auteurs analysent les interactions et les genres de discours dans la classe. Ils portent leur attention sur l'enseignant, en particulier, sur le rôle qu'il joue dans l'internalisation de nouvelles idées scientifiques par les élèves. Leur cadre théorique (communicative approach) leur permet de rendre compte de la façon dont le professeur travaille avec les élèves pour développer des idées en classe. Le discours de la classe est découpé en épisodes et les « patterns » de l'interaction sont caractérisés, ce qui leur permet de rendre compte de l'approche communicative.

Dans une approche comparatiste en didactique, des chercheurs centrent leur étude sur l'action conjointe du professeur et des élèves en utilisant des cadres théoriques qui reprennent la théorie des situations de Brousseau (1998) et/ou les gestes professionnels de Chevallard (1999). Ces études (Amade-Escot, 2006 ; Sensevy et Mercier, 2007 ; Rilhac, 2007) mettent l'accent sur les savoirs qui, selon eux, donnent leurs formes aux pratiques. Leur analyse se fait en termes d'avancement du savoir dans le temps (chronogenèse), de responsabilité que chaque acteur a par rapport au savoir (topogenèse) et de l'étude du milieu où ce savoir évolue (mésogenèse). Dans la plupart de ces travaux, l'utilisation des données vidéographiques tient une place importante, elles peuvent être complétées par d'autres données : entretien, productions d'élèves etc.

Intérêt de notre travail de recherche

Toutes les recherches ou études que nous venons de présenter s'appuient sur des données vidéographiques prises dans les classes. Celles-ci sont complexes et leur analyse nécessite de construire des outils permettant de caractériser la pratique d'une classe. C'est en cela que nous pensons que notre recherche, qui propose une méthode d'analyse basée sur le logiciel Transana (<http://www.transana.org/index.htm>), a un intérêt pour la communauté des chercheurs en éducation.

Etude de la classe de Physique

Le savoir en jeu dans une classe

Nous avons défini, en référence à Sensevy (2007), la pratique de classe comme une action conjointe et nous considérons qu'elle est centrée sur un objet précis : le savoir. Les chercheurs français en didactique ont construit des approches théoriques que nous présentons après avoir situé savoir et connaissance.

Savoir et connaissance

Les deux termes « savoir » et « connaissance » s'emploient indifféremment dans certains cas. Si nous regardons un dictionnaire comme TLF, nous y trouvons : « ensemble de connaissance acquises, d'expériences vécues dans un domaine, dans une discipline, dans une science, dans une profession.»

Des articles de vulgarisation les présentent comme ensemble de connaissances ou d'aptitudes reproductibles, acquises par l'étude ou par l'expérience.

Ces définitions générales que l'on retrouve dans la littérature française ne distinguent pas le

savoir de la connaissance. Cependant trois constantes émergent des définitions : le mot savoir, utilisé comme substantif, doit être précisé (dans un domaine, science etc), il est acquis (par étude ou par expérience) et il est reproductible.

Dans le champ de la psychologie cognitive, il y a une distinction entre les savoirs et les connaissances (Richard, 1998).

Les savoirs sont des données, des concepts, des procédures ou des méthodes qui existent en dehors d'un sujet connaissant et qui sont généralement codifiés dans des ouvrages de références : manuels, cahiers de procédures, encyclopédies, dictionnaires, etc. Dans ce champ, on retrouve l'idée de catégorisation des savoirs : des données, des concepts, des méthodes, etc.

Par contre, toujours selon les psychologues, les connaissances sont indissociables du sujet connaissant. Lorsqu'une personne intériorise un savoir en prenant connaissance, précisément, elle transforme ce savoir en connaissance. Les constructivistes diront qu'elle construit sa connaissance, qui lui appartient alors personnellement car, un autre, faisant la même construction, n'aura pas une copie conforme. Cette construction peut se faire suivant les processus d'assimilation et d'accommodation (Piaget, 1927-1974).

Dans le champ de l'éducation, Brousseau (1998) parle du « savoir comme une connaissance institutionnalisée » en distinguant deux formes (déclarative et procédurale). Pour Chevallard (1991), la connaissance représente un certain rapport cognitif et personnel à un objet.

En résumé, nous pouvons dire que le savoir est lié à une institution, en général il est codifié dans des supports (manuels, dictionnaires etc), alors que la connaissance est interne à un sujet connaissant, elle est différente d'un sujet à un autre.

Notre étude portant sur l'analyse des pratiques de classe, nous nous fixons comme objectif de suivre (en l'analysant) la transformation du savoir à enseigner en savoir enseigné, respectivement attachés à deux institutions différentes (le système éducatif au niveau des décideurs et la classe). Il s'agit de la transposition didactique. De plus, nous nous intéressons à l'apprentissage des élèves du savoir enseigné, c'est-à-dire du passage du savoir enseigné aux connaissances des élèves.

Du savoir à enseigner au savoir enseigné: la transposition didactique

Les savoirs scolaires sont différents des savoirs de référence (Chevallard, 1991). L'affirmation semble triviale car on pense que les savoirs scolaires ne sont que des savoirs universitaires légèrement simplifiés pour que l'élève puisse les acquérir. Il n'en est pas ainsi, les relations entre eux sont complexes.

Le savoir savant ou scientifique

Le savoir savant, appelé savoir scientifique, désigne, selon Develay (1995) « *tout corps de savoir ayant un degré suffisant d'unité et de généralité, et susceptible de consensus au sein d'une communauté qui s'y consacre* ». A ce critère de scientificité, Joshua (1996) ajoute, en suivant Chevallard (1991), celui de la « légitimité institutionnelle ». Il est construit dans des lieux de production dont l'université est l'archétype et c'est pour cette raison qu'il est aussi nommé « savoir universitaire ».

Ainsi nous pouvons dire que le savoir savant est scientifique, il est produit par la communauté scientifique (Chevallard, 1991), il se distingue des autres types de savoirs par sa légitimité institutionnelle (Joshua, 1996).

Le savoir à enseigner et les autres savoirs

Il y a deux manières de s'intéresser à l'origine des savoirs scolaires : celle des historiens des disciplines scolaires ou celle des épistémologues.

Nous ne développons que la deuxième voie qui est plus compatible avec notre étude. En effet l'épistémologue peut s'intéresser aux distances éventuelles entre le savoir de référence (savant qui est le plus souvent universitaire) et le savoir scolaire. C'est la position de Chevallard (1991) qui explicite le passage du savoir savant au savoir à enseigner.

Develay (1995), en s'appuyant sur Chevallard (1991), propose deux types d'extensions. Pour lui, citant Martinand, il faut une extension en amont du savoir à enseigner « *parce que pour certaines disciplines, le savoir à enseigner a en fait une double origine : des savoirs savants mais aussi des pratiques sociales de référence* » et une extension en aval qui « *suggère que l'on nomme transposition didactique toutes les transformations qui affectent le savoir savant et les pratiques sociales de référence pour qu'elles deviennent non seulement savoir à enseigner, mais savoir enseigné(...)* » (p. 26). La position de Develay sur la transposition didactique ne nous paraît pas commode, car l'institution classe inclut le professeur, donc le passage du savoir enseigné au savoir assimilé ne peut être considéré comme une transposition didactique, qui selon Chevallard (1991) concerne les institutions : la noosphère (le savoir à enseigner) et la classe (le savoir enseigné) ou la communauté scientifique (le savoir savant) et la noosphère.

Develay enchaîne en donnant un complément à la définition de Chevallard :

« Quant aux processus de remodelage du savoir concerné tout au long de cette chaîne, il correspond, d'une part, à un travail de didactisation (qui vise à rendre opérationnelles des situations d'apprentissages, par des choix opérés dans la logique des contenus, dans les matériels proposés, dans les tâches à effectuer, dans les consignes données, dans les critères d'évaluations) et, d'autre part, à un travail d'axiologisation (qui choisit des contenus recelant certaines valeurs en jeu dans les rapports de l'élève au savoir, des élèves entre eux, des élèves à l'enseignant, des savoirs au projet de la sociétés etc) » (p. 26)

Le savoir enseigné

Ce savoir est donc tributaire d'une contrainte institutionnelle, il ne doit pas s'éloigner de celui établi par une communauté de la noosphère (Chevallard, 1991). Il doit aussi être contextuel pour s'adapter aux élèves d'une classe auxquels il sera enseigné. Ce savoir enseigné prend une forme, une fois qu'il est en classe, à travers les interactions avec les élèves, donc il est associé à une classe particulière. Dans la mesure où il est élaboré en classe par le professeur et les élèves pendant les séquences d'enseignement, ce savoir est essentiellement gestuel, oral et éphémère (Tiberghien et al, 2007 a et b).

Notre analyse portera en grande partie sur l'étude de ce savoir enseigné qui, pour nous, est constitué des contenus, des savoir-faire, des compétences, auxquels nous ajoutons, en référence à Tiberghien et al. (2007 a) le fonctionnement du savoir ainsi que l'épistémologie qu'il véhicule. Mais nous nous limitons aux savoirs oraux et écrits car durant la transcription nous n'avons pas tenu compte du gestuel. L'outil que nous utilisons pour caractériser ce savoir, est le logiciel Transana. Nous verrons en quoi ce logiciel peut participer à l'analyse du savoir enseigné à différents niveaux.

Le savoir acquis ou assimilé

L'enseignement et l'apprentissage se font au sein d'un lieu appelé classe. Ces deux activités sont celles d'individus différents : c'est l'enseignant qui a la responsabilité institutionnelle des savoirs en jeu et qui doit créer les conditions favorables à leur apprentissage par les élèves (enseignement), c'est aux élèves d'acquérir, de comprendre ce savoir enseigné (savoir acquis, savoir assimilé) (apprentissage) (Tiberghien, 1997), c'est aussi aux élèves de montrer que ce savoir est acquis. L'acquisition du savoir est donc au cœur de toute activité d'enseignement ou d'apprentissage, elle est sous la responsabilité de l'élève (Tiberghien, 1997 ; Mercier et al, 2005).

Les recherches centrées sur l'évolution des conceptions des élèves tout au long d'une séquence d'enseignement ont montré qu'il y a une différence entre le savoir acquis et le savoir enseigné (Niedderer et al, 2005). D'autres ont montré cette différence en suivant le cheminement des élèves dans leur apprentissage (Dykstra, 1992 ; Pétri et Niedderer, 1998 ; Buty, 2000 ; Givry, 2003 et Küçüközer, 2005). Selon ces auteurs, le cheminement des élèves est différent de la chronologie du savoir enseigné du point de vue du contenu, mais aussi du rythme d'enseignement ou d'apprentissage ; le rythme d'introduction de nouveaux savoirs étant différent du rythme de leur acquisition par les élèves.

Le « temps d'apprentissage » fait partie des notions évoquées par certains chercheurs pour caractériser la différence entre le rythme d'enseignement et le rythme d'apprentissage. Il est défini par certains comme étant « le rythme réel de l'apprentissage propre à chaque apprenant » (Arsac, 1989). Selon Mercier et al (2005), le « temps d'apprentissage » correspond au moment où un élève étudie, reprend ses notes, les révise et reconstruit le contenu d'une certaine manière. Pour ces auteurs ce temps est différent du temps d'enseignement ou « temps didactique ».

Ce « temps didactique » est présent dans le savoir enseigné que nous analysons, il se distingue du temps physique qui est figé. L'indicateur que nous prenons pour caractériser le savoir acquis (ou assimilé) est la production des élèves à travers leur réponse à un questionnaire papier-crayon. Nous n'utilisons pas le terme « performance » au cours de cette analyse, mais la notion « de connaissances acquises ».

Le fonctionnement de la physique

En accord avec de nombreux physiciens, épistémologues et didacticiens, nous considérons que la modélisation est un processus essentiel du fonctionnement de la physique.

Tout savoir a ses propres critères de fonctionnement que l'ensemble de la communauté qui s'y identifie utilise pour leur mode de communication.

« Entre les rationalistes les plus durs qui considèrent qu'il existe une méthodologie de cette démarche et qu'il convient d'en retrouver les critères, et les relativistes extrêmes qui pensent que « tout est bon » et qu'il est vain de rechercher une méthode quelconque, il y a place pour tout un continuum » (Robardet, 2001).

La modélisation

Ces critères de fonctionnement constituent pour nous des indices pour toute forme de modélisation qui est étudiée par des épistémologues (Bunge, 1975 ; Wallisser, 1977 ; Bachelard, 1979) et des didacticiens (Méheut et al, 1990 et 1994 ; Méheut 96 et 97 ; Larcher et al, 1990 ; Martinand, 1992, Tiberghien, 1994-2005).

Nous considérons d'une manière générale, au-delà du savoir de la physique, que la modélisation est un fonctionnement essentiel de tout savoir relatif au monde matériel, particulièrement un savoir physique. « Quand un individu explique, décrit, interprète et prédit une situation matérielle, il est dans l'activité de modélisation » (Tiberghien, 2005). La référence à ce processus de modélisation permet d'analyser à la fois le savoir enseigné en physique et le comportement relatif au savoir des élèves en classe de physique (Tiberghien et Vince, 2005).

La description ou l'interprétation d'un phénomène en physique nécessite un modèle qui, en général, dépend d'une théorie physique (Bunge, 1975). Le modèle est donc l'intermédiaire entre ce qui est observable (les objets et les événements) et la théorie que l'on convoque pour donner une interprétation ou une prédiction. Des didacticiens ont utilisé différents modèles pour expliquer des phénomènes que les sujets (élèves ou étudiants) ne peuvent pas appréhender dans le savoir scolaire : le modèle particulière des gaz (Meheut, 1990), la chaîne énergétique (Tiberghien, 1994-2005) etc.

Du point de vue du savoir enseigné, un modèle a plusieurs fonctions. Il peut servir de représentation externe (c'est l'une des fonctions du modèle planétaire de l'atome) ; c'est aussi un ensemble de règles qui peuvent servir à faire des prédictions ou des interprétations (le modèle de l'optique géométrique). Un modèle ne représente pas l'ensemble des propriétés du réel mais seulement certaines d'entre elles.

En référence au savoir qui est mis à l'œuvre dans les classes et que nous suivons, le modèle initié et développé par Tiberghien et al (1994-2005) est le mieux adapté à notre étude. Cette activité de modélisation met en jeu deux mondes : celui des objets et des événements (aspects observables du monde matériel) et celui de la théorie et des modèles (éléments théoriques : principes, loi, théorèmes, paramètres, quantités, etc) ; les savoirs des élèves appartenant à ces mondes peuvent très bien être des savoirs scientifiques ou des savoirs provenant de leur vie quotidienne.

L'intérêt de cette approche est qu'elle permettrait aux élèves de mieux comprendre le fonctionnement de la physique et de pouvoir interpréter ou prédire les phénomènes en utilisant un modèle approprié.

Dans notre analyse, cette approche sera utilisée pour analyser le savoir en jeu dans les programmes (savoir à enseigner) et dans la classe (le savoir enseigné au niveau microscopique).

Les registres sémiotiques

Nous faisons référence aux travaux de (Duval, 1995 ; Tachoua et Buty, 2003). Les registres sémiotiques permettent de représenter différemment un objet de savoir, chaque représentation apportant des informations spécifiques. Elle donne lieu à plusieurs activités cognitives de l'apprenant.

Ces représentations sont non seulement indispensables à des fins de communication mais aussi sont nécessaires au développement de l'activité mentale du physicien, du professeur et de l'élève. Le passage d'un système de représentation sémiotique à un autre (qui est aussi un indicateur pour l'apprentissage) au cours de la négociation du savoir en jeu dans la classe n'est pas évident pour la plupart des élèves ; il leur est difficile de changer de forme de représentation.

Trois registres sémiotiques retiennent notre attention durant cette étude :

- la langue naturelle : le langage utilisé par l'enseignant ou par l'élève.
- la représentation symbolique : formules mathématiques ou équations et applications numériques.
- la représentation iconique : dessins, schémas, graphes, etc

Le savoir enseigné en classe de physique

Notre orientation suppose que nous accordons une importance particulière au savoir enseigné. Cette importance se manifeste au cours de l'analyse à différents niveaux et dans les relations qui vont émerger entre les autres types de savoir (à enseigner et acquis). C'est en cela que la reconstruction de ce savoir enseigné par le chercheur revêt une importance, car dans la classe, ce savoir effectivement enseigné (gestuel ou oral) est éphémère.

La situation de classe

Si selon l'adage, « ce qui n'est pas enseigné en classe a de fortes chances de ne pas être appris », en revanche, l'affirmation contraire, « ce qui est enseigné est appris », n'est pas toujours vraie.

Nous analysons des données vidéographiques en classe, donc l'influence de l'apprentissage hors classe (Joshua et Félix, 2002) ne peut y prendre une grande place. Elle est cependant partiellement intégrée dans l'étude à travers par exemple l'examen des phases de correction d'activités ou d'exercices réalisées à la maison.

L'obligation de se limiter au savoir en classe découle du fait que cette dernière est, à notre avis, un des lieux privilégiés où le savoir scolaire est proposé aux élèves ; ceux-ci peuvent certes le rencontrer ailleurs (visites de musées, activité culturelle et scientifique, dans les revues de vulgarisation), mais ces « situations sont insuffisantes pour l'apprentissage conceptuel » (Tiberghien et Buty, 2007).

Retour sur l'action conjointe

Comme nous l'avons déjà dit, notre orientation fait référence à celle des didacticiens comparatistes qui supposent que l'action didactique est conjointe (Sensevy et al, 2002 ; Mercier et al, 2002 ; Sensevy et Mercier, 2007 ; Schubauer-Leoni et al, 2007). Par action, ils entendent 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).

La classe étant donc un système didactique constitué d'une triade professeur-élève-savoir (triangle didactique), le terme « pratique de classe » sera préféré à celui de « l'action didactique ». Ces instances du système didactique étant supposées indissociables : « l'action du professeur ne pouvant être traitée indépendamment de celle des élèves et de l'enjeu du savoir » (Schubauer-Leoni et al, 2007, p. 56).

Les buts poursuivis par ces acteurs (professeurs et élèves) sont interdépendants : « chacun ne peut atteindre son but que si l'autre atteint le sien » (Bange, 1992), dit autrement, c'est en termes de joue et gagne, « le professeur gagne son jeu (d'enseignement) dans la mesure où l'élève gagne au sien (le jeu d'apprentissage) » (Schubauer-Leoni et al, 2007).

Cette action conjointe ne peut pas se traduire par une symétrie des positions tenues par ces deux pôles : le professeur enseigne et les élèves sont en classe pour apprendre, acquérir la connaissance, donc au centre de leur action se trouve le savoir.

En référence à Tiberghien et al (2007 a et b), nous pouvons dire que le savoir en jeu dans les actions didactiques, serait donc le fruit d'une co-élaboration, d'une co-production entre le professeur et les élèves. Il n'est pas une donnée, il est seulement en jeu dans les productions verbales (orales et écrites) et gestuelles des acteurs en contexte, ce qui fait qu'il est essentiellement éphémère. Pour l'analyser, le chercheur doit recueillir ces productions et les reconstruire.

La reconstruction du savoir enseigné par le chercheur

Pour « reconstruire » le savoir effectivement enseigné comme chercheur, nous reprenons le choix de Tiberghien (2007 a) qui, à la suite de Bange (1992) dans son interprétation de Grice, distingue la signification conventionnelle de la signification en situation.

La « signification en situation » 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* » (p. 14). Cette signification est celle qu'on attribue à un acteur donné en situation.

La « signification conventionnelle » ou « signification indépendante du temps » est « *impliquée quand on dit qu'une phrase ou un mot ou une tournure signifient ceci et cela* » (p. 141).

Ces deux significations sont construites à partir d'une même situation observée.

Ainsi la signification en situation est celle re-construite avec le point de vue d'un acteur (ou un groupe d'acteurs) de la situation contrairement à la signification conventionnelle qui est associée à une référence autre que la situation elle-même.

Une signification conventionnelle pourrait être par exemple celle que construirait un inspecteur qui va dans la classe pour une ou deux séances. Il jugera du savoir enseigné en lui attribuant la signification donnée par la discipline savante ou par le programme officiel.

Par exemple dans une des classes que nous avons filmée, quand l'enseignant parle de la « masse qui est accrochée à un fil », un représentant de la noosphère pourrait lui rétorquer, et en toute logique, qu'il faut parler « d'objet de masse m » qui est le savoir conventionnel que la communauté scientifique adopte pour nommer et/ou caractériser un système. Mais dans cette classe et dans cette situation, les élèves comprennent par cette expression, « l'objet de masse m » ou « le système de masse m ». Donc, dans cette situation, « la masse m », qui est une signification sociale, évoque pour la classe « objet, solide ou système de masse m », signification conventionnelle adoptée par la communauté des physiciens.

Des travaux qui portent sur l'apprentissage de quelques élèves tout au long d'un enseignement (Dykstra 1992, Budde et Niedderer 2005, Tiberghien 1997) étudient l'évolution de la signification en situation du savoir construit par les élèves. Les résultats obtenus conduisent ces chercheurs à proposer la notion de « connaissances intermédiaires » pour caractériser les connaissances acquises. C'est parce qu'ils ont pu constater qu'à la fin de la séquence, les élèves n'ont pas acquis le savoir enseigné mais un savoir intermédiaire entre leurs connaissances initiales et le savoir enseigné. Ainsi, il s'agit d'évaluer l'écart entre le savoir enseigné et les connaissances acquises par une majorité d'élèves ou de groupes d'élèves (savoir intermédiaire) qui est caractéristique d'une classe.

Par ailleurs, la signification conventionnelle correspond à la signification « officielle » du point de vue de l'institution (Chevallard, 1991), c'est aussi celle de l'enseignant en tant que représentant officiel du savoir scolaire en classe. Notre analyse repose sur cette orientation, car c'est la classe, considérée comme institution, que nous suivons et non un acteur de la

classe.

Pour construire le savoir enseigné, le chercheur analyse ses données (recueillies dans une classe) à partir :

- 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 expressions comme « masse qui est accrochée à un fil », signalée plus haut.

L'intérêt de la reconstruction du savoir enseigné est multiple ; nous en donnons quelques raisons.

(1) Le savoir enseigné permet de montrer que le savoir « conventionnel » dépend en dernière analyse de la classe et n'est pas équivalent 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 la construction de la signification en situation. En effet, comme nous venons de le signaler 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.

(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.

La caractérisation du savoir enseigné

Pour caractériser le savoir enseigné, nous reprenons certains concepts qui sont des éléments du contrat didactique (Brousseau, 1998) développés par des chercheurs comme Chevallard (1991), Sensevy et Mercier (2007) : la chronogenèse et la topogenèse. En effet la relation didactique met en œuvre un certain nombre d'attentes réciproques (contrat) qui se traduisent par les positions des acteurs (professeurs et élèves) par rapport au savoir (topogenèse) qui évolue pendant la progression de celui-ci dans le temps (chronogenèse).

Chronogenèse

Selon Sensevy et Quilio (2002), le savoir enseigné est disposé sur l'axe des temps, c'est un savoir-temps. La chronogenèse est définie par ces auteurs avec d'autres (Mercier et al, 2002 ; Sensevy, 2007), comme la progression dans le temps du savoir en classe.

La notion de chronogenèse recouvre l'évolution (rythme d'introduction, reprises etc) dans le temps de la production du savoir dans la classe (Tiberghien, 2007 a et b). Nous l'étudions à partir de la reconstruction du savoir enseigné, présentée dans la partie analyse. Mais pour la réaliser, nous avons adopté une perspective thématique que nous définirons dans la partie méthodologique. Le choix d'une analyse thématique est guidé par notre option de rester au plus près du contenu du savoir en jeu dans la classe. Il l'est aussi par l'ambition d'étudier la progression dans le temps du savoir en classe qui peut ne pas être régulière.

Topogenèse

Dans une classe, il y a une négociation entre le professeur et les élèves et entre les élèves, de la répartition des tâches et des responsabilités vis-à-vis du savoir. Les positions de chacun – nécessairement évolutives – correspondent à ce que Sensevy et al. (2002) appellent la topogenèse. Nous précisons ces notions en prenant un exemple. 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 le clôt 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. Les élèves ont la responsabilité de faire avancer la construction du savoir dans la classe lors du débat, alors que pendant la conclusion, le professeur reprend la responsabilité.

Différentes échelles pour analyser le savoir

Dans cette analyse, nous suivons Tiberghien et al. (2007a) pour préciser notre position vis-à-vis de l'analyse des savoirs enseignés. « *Nous proposons de situer l'échelle temporelle des phénomènes que nous cherchons à déterminer. Pour cela nous suivons Mercier et al. (2005) qui considèrent que « chaque système produit son temps propre ». En d'autres termes, chaque système a sa propre échelle de temps. Le système éducatif de l'enseignement primaire et secondaire d'un pays, au moins en France et au Sénégal, dépend du gouvernement. Il comporte une succession d'années scolaires avec un programme officiel par année (et par filière). Mercier et al. (2005) nomme ce temps « le temps scholastique ». Ainsi ce temps se rythme par année scolaire et s'étend dans les pays européens sur une durée de 12 à 13 ans (12 années en France du CP à la terminale). Les programmes officiels déterminent le savoir à enseigner ainsi qu'une progression du contenu d'enseignement par année. En revanche, la progression par séance d'enseignement dans une classe se fait sous la responsabilité du professeur. Ce rythme d'introduction des nouveaux éléments du savoir enseigné est spécifique d'une classe. Mercier et al. (2005) nomment ce temps, « le temps didactique », qui est attaché au système classe. Chaque échelle de temps est située par rapport au temps physique» (p. 101-102). Le système temporelle est représenté par le tableau 1.*

Tableau 1 échelles de temps selon les systèmes et la granularité de l'analyse; chaque échelle de temps est donnée avec le temps physique. (Mercier et al les deux premières lignes et Tiberghien la troisième ligne).

| Sous le contrôle de | Temps du système | Échelle de temps |
|---------------------------------|--|-----------------------------------|
| Systeme éducatif (pays, région) | Temps scholastique Année académique: Programme officiel selon les niveaux | Macroscopique Année, Mois |
| Classe | Temps didactique Thème, Sub-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, |

Dans ce tableau, une troisième échelle de temps est proposée (Tiberghien, 2007 a), il ne s'agit plus du « temps propre » d'un système. Cette échelle 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 de temps et d'espace plus fine qui se situe autour de la seconde. L'échelle temporelle sera celle des énoncés ou des gestes des personnes et l'échelle spatiale, celle des événements intervenant les interactions élèves-professeurs, élèves-élèves.

Nous adoptons ainsi dans notre analyse trois échelles : macro, méso et micro. Cependant l'analyse au niveau microscopique diffère de celle présentée ci-dessus. Comme nous le précisons dans la méthodologie nous nous centrons sur les mots ou expressions utilisées dans la classe en lien avec l'objet d'étude du moment, notre analyse est donc essentiellement sémantique et lexicale. On peut noter que les didacticiens français des mathématiques ont principalement théorisé l'échelle méso. Dans les recherches en didactique des sciences, les travaux sur l'évolution des conceptions se situent à l'échelle de l'année académique ou à celle de quelques séances, les productions sont analysées essentiellement à une échelle mésoscopique alors que les « travaux sur l'évolution des élèves tout au long d'un enseignement se situent à l'échelle microscopique et remontent à l'échelle mésoscopique » (Tiberghien, 2007 a).

De sorte que dans notre analyse du savoir, nous débutons par l'analyse des programmes (les savoirs à enseigner) des deux pays que nous situons, en référence à Mercier et al (2005) au niveau macroscopique. Ensuite nous nous intéressons aux savoirs effectivement enseignés, en prenant le thème comme unité d'analyse, dans ce cas nous nous situons au niveau mésoscopique. Le troisième type d'analyse porte également sur le savoir enseigné et se situe au niveau microscopique, l'unité d'analyse est le mot (ou une expression) que nous regroupons selon l'objet d'étude. Comme nous le présentons ci-dessous, les mots et expressions seront utilisés dans un outil qui permet de comparer les deux classes.

Les dimensions qui entrent en jeu dans l'analyse du savoir enseigné

Pour analyser le savoir enseigné, nous avons introduit deux types de dimensions : les dimensions liées au découpage du savoir en unités plus ou moins homogènes que sont les thèmes, sous-thèmes et ensembles conceptuels et celles que nous appelons des éléments de surfaces (Fischer et al., 2005) c'est-à-dire les phases didactiques et les organisations de classe. L'analyse des thème/sous thèmes, ainsi que celle relative aux éléments de surface se situent au niveau mésoscopique. L'analyse de l'ensemble conceptuel, qui utilise les mots ou expressions (qui sont de l'ordre de quelques secondes) se situe au microscopique.

Thèmes et sous-thèmes

Nous avons défini le thème, en référence à Tiberghien (2007 a), comme un ensemble cohérent de savoir mis en jeu dans la classe. Il a en général une introduction et une clôture. Ces thèmes contiennent des savoirs qui parfois peuvent ne pas relever du seul contenu disciplinaire, par exemple la gestion du travail, de la classe. Certes ils s'influencent mutuellement, mais nous les prenons en compte dans un thème donné. En revanche, pour se centrer uniquement sur le savoir disciplinaire mis en jeu, nous avons utilisé le découpage en sous thèmes en le définissant comme un ensemble cohérent plus spécifique du savoir en jeu dans un thème donné.

Ensemble conceptuel

L'ensemble conceptuel est un outil qui permet de faire une analyse au niveau microscopique. Il est associé à l'objet d'étude de la classe et il est caractérisé par l'ensemble des mots ou expressions utilisés dans la classe en lien avec l'objet d'étude du moment. Nous donnons dès maintenant un exemple pour clarifier ce choix théorique pour l'analyse. Lors de l'étude de la conservation de l'énergie mécanique du système, le professeur pose que la variation de l'énergie potentielle est égale au travail du poids, puis il se focalise uniquement sur le travail du poids. Dès lors il y a un changement d'objet d'étude. Nous identifions dans ce cas deux ensembles conceptuels : « conservation de l'énergie » et « travail mécanique ».

Les mots/expressions utilisés dans les situations correspondantes à chacun des objets d'étude appartiennent respectivement aux ensembles conceptuels « conservation de l'énergie » et « travail mécanique ».

De plus, pour analyser le fonctionnement du savoir enseigné du point de vue de la modélisation, nous avons identifié le(s) champ(s) d'application en termes d'objets et d'événements dans chaque ensemble conceptuel.

L'outil d'analyse « ensemble conceptuel » est introduit pour pouvoir comparer le savoir en jeu dans les deux classes du point de vue des concepts étudiés, de leurs relations et de la modélisation. Ainsi, comme nous le verrons dans nos analyses, les ensembles conceptuels, du fait de leur nombre restreint (18) par rapport au nombre de sous thèmes, permettent de poursuivre la comparaison dans les deux classes en termes de savoir en jeu.

Organisation de la classe

Le savoir en jeu est introduit en classe suivant des types d'organisations différentes. Il s'agit d'abord d'une organisation sociale de la classe durant la co construction (Stigler et al 1999) :

"Organization: What is the social organization of the lesson (e.g., whole class, small groups, individuals and how does the form of organization change over the course of the lesson?"

L'organisation de la classe fait partie des éléments que les chercheurs allemands utilisent pour caractériser des classes de physique (Fischer et al, 2005). Cette organisation dépend :

- du type d'interaction entre le professeur et les élèves
- de la façon dont les élèves travaillent.

Les catégories que nous utilisons sont les suivantes :

- organisation de type classe entière : tous les élèves travaillent sur la même chose à peu près au même rythme. Ce qui est dit est supposé être écouté par l'ensemble des élèves (hors les apartés entre élèves). Le savoir en jeu dans ces interactions est celui du groupe classe
- organisation en petit groupe ou individuelle : si le professeur demande à la classe de travailler individuellement ou en petits groupes et que les élèves le font effectivement, alors nous considérons que l'organisation est en petit groupe ou individuelle. Chaque élève ou chaque petit groupe a un travail à réaliser et a la responsabilité de son rythme (dans le temps imparti)
- L'organisation mixte : c'est le cas où il y a une organisation individuelle ou en petits groupes et durant laquelle le professeur s'adresse à toute la classe. Les élèves travaillent individuellement ou en petits groupes et en même temps ils doivent tous écouter ce que dit le professeur

Il faut remarquer que, dans chaque organisation, il peut y avoir des types différents

d'interactions (symétrique, non symétrique, etc.). Ces types d'organisation de classe sont utilisés durant l'analyse du savoir enseigné au niveau mésoscopique.

Phase didactique

La phase didactique est une autre catégorie de surface donnée par l'équipe allemande (Fischer et al, 2005). Elle permet de répondre à la question suivante : «What is the functional organization of the lesson in terms of activities? ».

Les catégories de phases didactiques que nous allons analyser sont au nombre de cinq : introduction (de séance, d'activité, d'expérience, de cours, d'exercice), cours magistral (quand l'enseignant communique à toute la classe une information en dictant ou en écrivant au tableau et que les élèves la prennent dans leur cahier), réalisation (d'expérience proprement dite, d'activité et d'exercice), correction (d'activité et d'exercice) et clôture (de séance, de cours, d'activité ou d'exercice).

Signification du concept d'énergie dans une perspective historique et dans quelques cas de projets d'enseignement

L'énergie, terme polysémique, est difficile à cerner tant il est utilisé dans tous les domaines de la vie courante, dans la physique, la technologie, l'économie etc. Le sens qu'il prend dépend donc du domaine dans lequel il est utilisé.

Pour analyser la pratique des classes, nous avons choisi, l'enseignement des phénomènes énergétiques dans des classes de première scientifique. De ce fait, notre position par rapport aux concepts utilisés à ce niveau d'enseignement doit être connue.

Dans ce qui suit nous nous intéressons d'abord à l'origine de l'utilisation du mot énergie par la communauté scientifique, aux travaux qui font référence à l'enseignement de l'énergie (aux conceptions des élèves sur l'énergie, aux projets pour améliorer l'enseignement de l'énergie) et nous terminons par donner quelques concepts relatifs à l'énergie.

Origine de l'utilisation du mot « énergie » par la communauté scientifique

Le terme « énergie » que l'on retrouve déjà dans les écrits d'Aristote apparaît dans la littérature scientifique jusqu'au XVII^{ème} siècle. Il disparaît tout au long du XVIII^{ème} siècle au profit des vocables : « force vive » (Leibniz), « puissance motrice » (Sadi Carnot) et « chaleur » (Clausius), du moins de la dynamique, science qui pourtant a beaucoup contribué à l'émergence du concept d'énergie. Chacune de ces dénominations caractérise des points de vue conceptuels différents des phénomènes scientifiques, que sont la filière mécanique et la filière thermique. Or, comme le souligne Brouzeng (1980), la démarche conceptuelle qui aboutit à la fusion de ces deux points de vue (fédérée par le principe de conservation d'énergie) va permettre l'appréhension d'un concept plus général, au milieu du XIX^e siècle, pour lequel le choix d'un terme unique s'impose. Dans cette recherche de terminologie unique, il semble, d'après Brouzeng (1980), que Clausius va proposer à la communauté scientifique d'utiliser les mêmes mots pour désigner les mêmes concepts ou les mêmes grandeurs et qu'elle adopte le mot « énergie » pour désigner la fonction que d'autres nomment « chaleur totale » ou « travail total » selon les cas. Ainsi le terme énergie, désigne

alors « un invariant quantitatif et non plus une forme particulière. Le mot renvoie au concept qui s'ancre lui-même sur un réseau de concepts où l'on retrouve entre autres, travail, chaleur, articulés par le principe de conservation de l'énergie » (Bruguière, Sivade et Cros, 2002).

Il faut aussi mentionner que le fait d'utiliser un mot qui puise ses racines dans les langues anciennes contribue à la stabilité identificatrice du concept. En effet, d'après Martinand (1985), Clausius explique, dans sa « théorie de la chaleur » qu'il utilise le mot « entropie » emprunté aux langues anciennes afin qu'il puisse rester le même dans les langues vivantes.

Les conceptions des élèves à propos de l'énergie

Nous donnons quelques résultats d'un bilan de recherche sur les conceptions des élèves dans le cas de l'énergie sur la période allant de 1981 à nos jours. Le mot énergie fait partie du langage courant, il est vraisemblable que cet usage influence sa conceptualisation dans la classe de physique. Dès 1981 Duit (1981) souligne que les élèves portent en eux des notions préconçues, issues de leur environnement, sur la signification du mot énergie.

Dans une synthèse (ASTER, 1986) menée par Koliopoulos et Tiberghien (1986), et portant sur une quinzaine de travaux de recherche sur la conceptualisation par les élèves des aspects énergétiques de situations physiques, cinq conceptions différentes du point de vue scientifique sont notées :

- a) l'énergie est associée principalement aux objets animés ;
- b) l'énergie est regardée comme synonyme de force
- c) l'énergie est associée seulement au mouvement
- d) l'énergie est stockée à l'intérieur des objets
- e) l'énergie est considérée comme combustible.

Le premier constat qui sort de ces cinq conceptions est que « l'énergie est souvent associée à une action » (p. 169).

Pour donner des résultats plus précis, ces travaux ont été regroupés à partir de la nature des questions posées aux élèves, celles-ci faisant appel à différents niveaux de savoirs (l'âge des élèves examinés est entre 11 et 16 ans).

La **première catégorie** de questions « porte sur l'énergie à propos d'une diversité de situations concernant la vie de tous les jours et cherchant à connaître quel niveau de savoir est mobilisé. » Deux résultats sortent de cette analyse :

- la conception « l'énergie est stockée à l'intérieur des objets » est précisée : l'énergie est quelque chose qui est en repos à l'intérieur des objets (ou des situations) et qui, pour être libérée, a besoin d'un « déclenchement»;

- l'apparition d'une nouvelle conception : « l'énergie est principalement associée à des processus qui rendent notre vie plus confortable »

La **deuxième catégorie** de questions « se réfère à des situations réelles ou épurées (proches ou identiques de celles posées au cours de l'enseignement) où le savoir recherché correspond, plus ou moins, à celui mis en jeu dans les sciences physiques ». Les résultats sont les suivants :

- « peu d'élèves décrivent et interprètent des situations physiques, en particuliers celles de la mécanique, en termes d'énergie et de conservation de l'énergie, s'ils ne sont pas sollicités »

- ces recherches menées en classes montrent « que les interprétations des élèves sont plus proches de l'idée de dégradation que de celle de conservation »

La **troisième catégorie** de questions « s'inscrit dans une perspective pluridisciplinaire ». Dans cette catégorie, certaines questions demandent la mobilisation de savoirs appartenant à des disciplines différentes, d'autres sont destinées à connaître les points de vue des élèves sur l'utilisation sociale du concept de l'énergie. L'un des résultats le plus intéressant est le fait que les élèves les moins âgés ont tendance à relier le mot énergie aux activités domestiques et « locales » (sport, nourriture etc) et non à des problèmes plus généraux (production de l'énergie par les centrales électriques, épuisement des ressources énergétiques etc).

Les résultats obtenus dans les domaines précis de la physique sont les suivants :

- dans le domaine de la mécanique : la non différenciation entre force et énergie ; « l'énergie est considérée à la fois comme un résultat des forces qui agissent sur les objets et comme un producteur de forces »

- dans le domaine de la thermodynamique : il n'y a pas eu d'information sur la différenciation par les élèves entre la température, la chaleur et l'énergie dans le sens de la description de l'état d'un système ou de l'interaction entre systèmes.

- dans le domaine de l'électricité : « plusieurs travaux signalent l'existence, chez les élèves, d'un point de vue « énergétique » dans leur lecture du circuit électrique faite également en termes de courant et de circulation d'électron »

L'enseignement que l'on peut tirer est que dans l'analyse des conceptions des élèves dans les domaines spécifiques (mécanique, électricité, thermodynamique etc), des termes faisant référence au mot énergie sont souvent présents dans leur interprétation des situations proposées.

Plusieurs revues de la littérature faisant une synthèse des résultats où sont comparées les conceptions des spécialistes et des non spécialistes (Koliopoulos et Tiberghien, 1986 ; Bruguière, Sivade et Cros, 2002) ont attiré notre attention dans un second temps. Ainsi, Ballini et al. (1997) pensent que les « non-spécialistes » « visent à associer, à identifier les associations établies spontanément entre le terme « énergie » et un certain nombre de situations concrètes » et que « *la prédisposition des jeunes élèves à raisonner en termes de « posséder », « donner », « recevoir », dans le cadre d'un raisonnement linéaire causal, a été remarquée dans de nombreux domaines (...); s'il s'agit d'un obstacle majeur à la construction de certains concepts (force, courant électrique) et à la construction d'autres modes de raisonnements (bilans), il pourrait quand même y avoir là un schème facilitant pouvant servir de point d'appui au début de l'apprentissage* » (p. 83). C'est aussi le cas des recherches menées par Lemeignan, Weil-Barais (1990 b) et Tiberghien et al (1991). Pour ces auteurs, l'idée que les jeunes élèves se font de l'énergie peut les amener à identifier les différents modes de transfert d'énergie et peut-être la forme macroscopique de l'énergie cinétique. C'est ce qui est confirmé par les résultats que Ballini et al (1997) donnent dans leur étude sur les conceptions des « non-spécialistes ». Les situations dans lesquelles interviennent les forces en mouvement sont généralement identifiées comme mettant en jeu de l'énergie, la chaleur et le rayonnement sont bien reconnus lorsque leur débit est important. Selon cette équipe, « *les transferts, non directement perceptibles, devront faire l'objet d'une attention particulière* ». En ce qui concerne l'énergie cinétique macroscopique, les recherches effectuées dans le contexte de l'enseignement ne signalent aucune difficulté particulière, ce qui n'est pas le cas de l'énergie potentielle d'interaction et la conservation de l'énergie. Il semblerait que « des explications

en termes de masses en mouvement semblent assez naturelles » (Ballani et al, 1999).

En ce qui concerne la conception des sujets « spécialistes », dans le sens de ceux qui sont en classe de physique (première scientifique et étudiants dans le supérieur) nous donnons quelques résultats synthétisés dans ASTER n° 24 (Ballani et al 1997) :

- la chaleur est considérée comme l'unique cause possible du changement de température, le travail, pour cette tranche de personne, n'est pas perçu comme une grandeur physique qui peut faire varier la température ;

- des confusions entre la chaleur, la température et l'énergie interne : « l'énergie interne d'un morceau de plomb en train de fondre est souvent considérée comme constante, parce que sa température est constante » ;

- le principe de conservation de l'énergie reste peu opératoire. Des auteurs cités par Ballani (1997) qui travaillent cette fois-ci avec des étudiants préparant le CAPES¹, ont montré que ces derniers préfèrent utiliser d'autres raisonnements plus judicieux. L'exemple qu'ils donnent est illustratif : une réaction se déroule dans un calorimètre parfaitement isolé et s'accompagne d'une variation de température. De nombreuses réponses affirment que l'énergie interne du milieu réactionnel varie.

Il semble, selon ces différents exemples, que le recours au raisonnement spontané de type linéaire causal est utilisé par des personnes de tous âges, élèves ou étudiants. Un tel raisonnement constitue selon Ballani et al (1997) un obstacle à l'acquisition de certains concepts particulièrement ceux liés à l'énergie.

Les obstacles liés à ce genre de raisonnement (causale de A vers B) sont de trois ordres selon ces auteurs :

- le refus de l'effet rétroaction de B sur A ;

- l'attribution à l'effet d'un retard systématique par rapport à la cause ;

- l'utilisation d'un raisonnement local, autrement dit, l'objet d'étude est une entité (énergie, chaleur, électricité, signal etc) qui subit un déplacement et qui rencontre des oppositions au cours de celui-ci et non un système caractérisé par son état et ses interactions.

Nous nous arrêtons dans un troisième temps, sur les conclusions de Bruguière, Sivade et Cros (2002) qui reprennent l'analyse des conceptions des élèves en s'appuyant sur des travaux antérieurs en s'intéressant, dans leur cas, aux études qui donnent des éléments sur les mots permettant aux élèves d'identifier le concept d'énergie. Dans cette recherche quatre types d'association sont repérés :

- l'énergie est associée à « force » ;

- l'énergie est associée à « produit », « utilisation » et « consommation » ;

- l'énergie est associée à « activité » ;

- l'énergie est associée à « source ».

¹ CAPES : certificat d'Aptitude Pédagogique à l'Enseignement Secondaire

L'intérêt de cette dernière étude est qu'elle s'apparente à notre orientation quand nous analysons la classe au niveau microscopique en utilisant des termes qui font référence aux phénomènes énergétiques. Seulement nous regroupons ces termes dans des unités d'analyse (objet d'étude) que nous appelons « ensembles conceptuels ».

Quelques cas de projets de recherche sur l'enseignement de l'énergie dans les lycées et collèges

Nous commençons par une étude qui s'apparente à une partie de notre travail en ce qu'elle utilise la représentation spatiale pour construire une forme de structuration de réseaux conceptuels entre les différents concepts ou notions faisant référence aux phénomènes énergétiques (Bruguière et al, 1994, 2002). Cet outil est destiné à la formation des enseignants selon leurs auteurs. Différentes représentations spatiales de concepts associés à l'énergie sont construites en vue d'être testées dans des sessions de formation d'enseignant. Dans un premier temps (1994) l'étude ne concerne qu'une discipline, la physique. L'intérêt de cet outil au dire de ces concepteurs est de permettre la concrétisation et la synthèse de multiples informations apportées par le texte d'un programme en faisant apparaître sa nature et son organisation pour en favorisant ainsi l'appréhension. Dans un deuxième temps (2002), les auteurs ont étendu l'étude à d'autres disciplines. Du point de vue des résultats, « *les comparaisons des lexiques pris dans différents contextes disciplinaires ont mis au jour ce que sont les aspects de formes et de sources d'énergie qui s'expriment communément et que seuls les enseignants sont porteurs d'une communication intra et interdisciplinaire* » (p.96). Le problème soulevé par cette étude c'est « *comment donner du sens aux idées prégnantes et confuses de formes associées étroitement à celle de transformation (ou conversion, production) et de sources d'énergie ?* » (p. 96). Pour pallier ce problème, ces auteurs proposent l'usage dans les classes du référent « chaîne énergétique » qui revêt un caractère interdisciplinaire car se retrouvant dans plusieurs champs notamment en géographie où on parle de « chaîne de conversion », en biologie de « chaîne alimentaire ». Ainsi, « *la structuration conceptuelle associée à la notion de chaîne énergétique permet une entrée qualitative dans le concept d'énergie à travers les termes évocateurs de réservoirs, formes d'énergie, transfert d'énergie et transformation d'énergie. Même si ces notions[...] ne sont pas utilisées dans le savoir savant, ils sont porteurs de distinctions nécessaires pour appréhender de façon interdisciplinaire le concept d'énergie* » (p. 96).

Une deuxième étude, commanditée par l'INRP (ASTER, 1985), se penche, entre autre, sur « *les problèmes didactiques pour l'élaboration d'une trame conceptuelle de l'énergie* » (p. 141). En revisitant d'abord les relations qui existent entre le concept d'énergie en sciences et les autres domaines (technique et économie), ensuite en faisant un éclairage épistémologique et didactique, les auteurs de ce rapport proposent pour l'enseignement des phénomènes énergétiques une trame conceptuelle qui part d'une définition de l'énergie et qui est composée de trois approches fonctionnelle (l'énergie est une fonction) ; causale et consumériste.

- **Définition de l'énergie.** « L'énergie est un capital que possède un système, et qui peut avoir différentes formes. Elle peut être transférée vers un autre système suivant différents modes »

- **Approche fonctionnelle.** L'analogie de Feynman est d'une grande utilité pour comprendre cette approche : « *c'est un nombre que l'on détermine avant l'évolution d'un système. Si un système est isolé, on doit trouver le même nombre après évolution car l'énergie se conserve pour un système isolé. Si l'on ne retrouve pas le même nombre, il faut rechercher sous une autre forme, la quantité « disparue », à l'aide de paramètres différents de ceux de départ* ». Dans cette approche l'équipe, propose les concepts de conservation de l'énergie, de transfert d'énergie, d'isolation, d'interaction, de force, de température, de charge électrique, de formes d'état, de vitesse et de

position.

- **Approche causale.** Une même évolution ou transformation peut être réalisée à partir de points de départ différents. C'est ce type d'approche qui conduit à caractériser le mouvement par l'énergie cinétique. Selon cette équipe, les concepts mis en jeu sont : énergie interne, énergie cinétique (tous les corps en mouvement possèdent une capacité commune) et énergie potentielle (les objets ou individus qui reçoivent un apport ont leurs capacités d'évolution ou de transformation qui augmentent).

- **Approches consumériste.** Selon les auteurs du rapport, c'est la plus fréquemment utilisée, en particulier par les non physiciens. Elle consiste à dire qu'on doit alimenter un dispositif pour qu'il fonctionne. Le technologue, le biologiste, l'économiste qui utilisent cette approche la conçoivent comme « un monnaie d'échange ».

Ce projet considère donc le principe de conservation de l'énergie comme fondamental dans l'enseignement des phénomènes énergétiques. Nous pensons que le cloisonnement n'obéit qu'à un souci pédagogique, mais dans la pratique, aucune des approches n'est utilisée seule dans une classe, même si une de ces trois est plus usitée.

Contrairement aux études précédentes, la troisième que nous retenons ne privilégie pas la conservation de l'énergie. Elle est proposée par une équipe allemande, appelée projet didactique de Hermann. Ce projet se situe au niveau de l'équivalent allemand du collège, il s'appuie sur le rôle essentiel que jouent en physique les grandeurs extensives. Comme nous l'avons dit, la conservation de l'énergie est secondaire, mais elle permet d'accentuer la description substantialiste, donc un maniement facile des courants de transfert. De ce fait elle permet de faire apparaître les flux dans les actions de contact.

Pour Hermann, « l'énergie est donc un élément invisible, commun à tous les courants qui assurent la marche des machines, le chauffage etc, les courants étant les formes avec leur aspect matériel » (p. 146) (ASTER, 1985). Il différencie les énergies des « porteurs » et donne une classification des phénomènes :

| | | |
|---|---|-------------------------|
| - courant d'énergie + charge électrique | = | phénomènes électriques |
| - courant d'énergie + entropie | = | phénomènes calorifiques |
| - courant d'énergie + matière | = | phénomènes chimiques |

Avec cette description les formes d'énergie correspondent aux « porteurs ».

La quatrième étude que nous visitons est proposée par Weil-Barais et Lemeignan, elle est développée dans le cadre des travaux menés par l'équipe de la recherche coopérative sur un programme d'INRP/LIREST (1994). Elle porte sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en physique. Ces auteurs précisent d'abord les différentes options possibles que doit prendre un projet d'enseignement/apprentissage de la modélisation : « options, d'ordre épistémologique (quelles conceptions des modèles va-t-on prendre en compte ?), disciplinaire (quels sont les modèles qui du point de vue de la discipline méritent d'être enseignés ?), pédagogique (quels moyens mettre en œuvre aux plans matériel et humain ?), psychologique (quel cadre théorique de l'apprentissage adopter ?) et social (quelles finalités de formation poursuivre ?) » (p. 85), Ensuite ils indiquent leur option qui est psychologique : « il s'agit d'une option développementale des apprentissages ».

Ces auteurs partent des études menées durant les vingt dernières années, sur les conceptions des élèves qui montrent que « non seulement les élèves qui débutent dans un enseignement ont déjà des idées sur les phénomènes et sur les concepts (des mots tels que atome, force, énergie, travail, chaleur, électricité, lumière, rayonnement, onde etc) mais que ces idées et concepts diffèrent de ceux des physiciens tels qu'ils les pratiquent dans les modèles » (p. 86). Considérant comme tous les

chercheurs, que les apprentissages en physique nécessitent des ruptures importantes dans la pensée des élèves, ils en déduisent que « la manière d'aborder cette question présente des variations importantes » (p. 86). Ainsi selon eux deux cadres théoriques permettent d'aborder cette rupture :

- l'apprentissage en physique est assimilable à un changement conceptuel conçu comme substitution de connaissances erronées par des connaissances reconnues par la communauté scientifique. Dans cette optique « l'esprit humain est un système qui reçoit, stocke, traite et utilise des informations » (p. 86). Cette approche s'épanouit avec « la métaphore informatique qui est à la base des modèles du système cognitif conçu comme un système de traitement de l'information » (p. 86).

- l'esprit humain est un système dynamique assimilateur, créant constamment des représentations pour s'adapter à son environnement (physique et social) et pouvoir les modifier. C'est ce que les auteurs identifient à une approche « interactionniste » en référence à la théorie piagétienne.

Partant des deux paradigmes suivants, celui des « micro-mondes » et celui du socio-cognitif, ils en déduisent que « *les apprentissages concernant les démarches de modélisation sont donc davantage à considérer en termes d'évolution sur le long terme qu'en termes de changements locaux attribuables à des modifications de connaissances ou à un accroissement de celles-ci* » (p. 87). Ils valident leur choix à priori en disant « *qu'un cadre développemental était plus adapté pour concevoir l'enseignement et l'apprentissage des démarches de modélisation qu'un cadre micro-génétique du type « résolution de problèmes » et en ne rangeant pas au placard les activités de résolution de problème, mais simplement en disant « que leurs cadres conceptuels y afférant sont insuffisants à la fois pour penser la genèse de nouvelles démarches intellectuelles et pour concevoir des environnements d'apprentissage adéquats* » (p. 87).

Ces chercheurs utilisent donc au cours des activités d'enseignement/apprentissage des chaînes avec le même symbolisme avec différentes représentations :

- représentation « fonction » : chaîne orientée d'objets, chaque objet exerçant une fonction par rapport au suivant ;

- représentation « distribution » : les élèves doivent dans cette représentation s'interroger sur ce que chaque objet donne ou ce qu'il reçoit, la finalité étant de conduire à une catégorisation des objets en réservoir, transformateur, transmetteur et poubelle et de « légitimer l'hypothèse d'une grandeur commune sous la diversité des formes d'énergie » ;

- représentation « énergétique » : elle est utilisée quand les élèves disposent des relations entre les états et les transferts d'énergie, c'est en général le modèle utilisé pour faire le bilan énergétique.

Le cinquième projet de recherche qui retient notre attention est initié depuis 1994 (Gaidioz et al., 1998 ; Pegase, 2007). Il privilégie le principe de la conservation de l'énergie, en plus d'introduire dans son volet « classe de première scientifique », le fonctionnement de la physique et les processus de modélisation. En le comparant aux propositions du rapport de recherche commandité par l'INRP, nous voyons qu'il privilégie l'approche fonctionnelle. Dans le texte du modèle de l'énergie que cette équipe propose, la conservation de l'énergie est le fil conducteur de toute la démarche qui utilise aussi les chaînes énergétiques. L'analyse des systèmes en interaction du point de vue énergétique fait constamment appel aux autres domaines de la physique (surtout la mécanique). Dans le volet fonctionnement de la physique, les textes proposés insistent sur la différence de signification des termes issus de la vie

courante et de ceux de la physique. Le processus de modélisation, que nous avons présenté ci-dessus, est explicité en utilisant l'approche par les deux mondes (le monde des objets et événements et le monde de la théorie et des modèles). Dans la classe, le professeur qui l'utilise dans le processus de modélisation, l'introduit comme intermédiaire, entre la théorie et le champ expérimental. Cette approche est largement analysée tout au long de cette recherche, notamment au niveau macroscopique, dans l'analyse des programmes, ensuite au niveau microscopique dans l'analyse des mots et expressions utilisés dans chaque classe.

Contenus liés à l'enseignement de l'énergie en classe de première scientifique

Dans cette partie nous donnons les concepts essentiels que nous jugeons nécessaires à la compréhension du principe de conservation de l'énergie qui est le but des enseignements des phénomènes énergétiques en classes de première scientifique.

La théorie énergétique est à un « haut niveau » théorique pour les classes de première scientifique même si on les considère comme des « spécialistes » par opposition aux non-spécialistes » (Ballani, 1997). Cette théorie englobe de nombreux domaines si on se réfère aux programmes d'enseignement (mécanique, thermodynamique, électricité, nucléaire, chimie etc). Or les élèves ne maîtrisent pas ces domaines et en particulier les formes et modes de transferts d'énergie qui leur sont associées.

Au-delà des approches que peut utiliser un programme d'enseignement des phénomènes énergétiques, nous pensons que certains concepts sont indispensables pour la compréhension de la conservation de l'énergie. La distinction entre les termes que peut utiliser un élève en classe de physique de ceux que tout le monde (le langage courant ou autre domaines que la physique) peut utiliser est aussi indispensable pour la compréhension de la signification physique de certains termes.

Nous présentons dans le tableau 2 quelques formes d'énergies stockées en physique et les modes de transferts d'énergie.

Tableau 2 Récapitulatif des termes utilisés pour qualifier l'énergie et modes de transferts d'énergie

| Termes utilisés pour qualifier l'énergie dans des domaines autre que la physique | Termes utilisés pour qualifier l'énergie stockée par un système en physique | | Modes de transfert d'énergie |
|---|--|--------------------------|---|
| | Au niveau macroscopique | Au niveau microscopique | |
| Hydraulique, Nucléaire Eolienne, Fossile Thermique, Solaire Géothermique, Verte Renouvelable, Electrique Chimique, Cinétique Potentielle, Mécanique etc | Mécanique, Potentielle Nucléaire, Chimique Interne, Cinétique | Cinétique Potentielle | Travail mécanique Travail électrique Transfert thermique (chaleur) Transfert par rayonnement |

Ce tableau montre l'importance de la maîtrise du lexique pour la compréhension des phénomènes énergétiques aussi bien dans leur sens en physique qu'au quotidien. Il montre aussi que les élèves doivent se référer à plusieurs domaines de la physique (mécanique, électricité, optique) et de la chimie. Il montre aussi l'importance d'expliciter le fonctionnement de la physique aux élèves pour qu'ils puissent en particulier construire des sens spécifiques selon les niveaux macro ou microscopique.

Questions de recherche

Compte tenu de notre problématique générale qui porte sur les pratiques de classe, nous avons élaboré des questions spécifiques auxquelles nous tentons de répondre dans ce travail. Pour chacune des questions nous donnons l'orientation méthodologique choisie.

Q1. Quelles sont les structurations conceptuelles des programmes officiels de physique au lycée en France et au Sénégal et comment les processus de modélisation sont-ils mis en œuvre dans les programmes officiels de physique au lycée en France et au Sénégal ?

Nous pensons que la caractérisation des textes du programme de physique peut se faire à l'aide d'une analyse de contenu d'une part et de modélisation d'autre part.

Q2. Quelles sont les pratiques d'enseignement dans chaque classe et comment les comparer ?

La méthodologie choisie consiste à analyser le savoir en fonction de sa transformation (la transposition didactique) afin de caractériser les classes et de les comparer. Ce qui conduit aux questions suivantes :

Q2.1. Comment rendre compte du savoir enseigné qui est essentiellement éphémère car principalement oral ?

Q2.2. Quelles sont les pratiques de classes selon les différentes dimensions choisies dans le cadre théorique (phases didactiques, organisation de classe, chronogenèse et topogenèse) et les hypothèses sous jacentes ?

Q2.3. Comment les processus de modélisation combinés aux registres sémiotiques sont-ils mis en œuvre lors de l'enseignement de l'énergie dans le discours de la classe et dans les activités réalisées ?

Une question d'ordre méthodologique est en lien avec le logiciel utilisé (Transana) pour analyser les enregistrements vidéo.

Q2.4. En quoi le logiciel d'analyse des enregistrements vidéo des classes (Transana) participe-t-il à la vérification de la cohérence des reconstructions du savoir enseigné à différentes échelles ?

Q3. Quels liens peuvent être établis entre le discours et les activités de la classe d'une part, l'acquisition par les élèves des concepts dans le champ de l'énergie d'autre part ?

L'administration d'un questionnaire avant et après enseignement, son analyse suivant les pourcentages des réponses (en termes de catégorisation par appartenance à un ensemble conceptuel) devraient permettre de faire le lien entre la pratique de classe et l'acquisition du savoir par les élèves.

Deuxième partie. Méthodologie

La présentation de notre méthodologie est structurée à partir de nos trois questions de recherche. Nous donnons tout d'abord les méthodes utilisées pour l'analyse des programmes officiels des deux pays. Ensuite nous présentons la méthodologie que nous avons élaborée pour l'étude des pratiques de classe, puis nous discutons la méthode que nous avons adoptée pour étudier les liens entre pratiques de classe et acquisition de connaissances par les élèves.

Méthodes utilisées pour analyser les programmes officiels

Nous rappelons notre première question de recherche.

Q1. Quelles sont les structurations conceptuelles des programmes officiels de physique au lycée et comment les processus de modélisation sont-ils mis en œuvre dans les programmes officiels de physique au lycée en France et au Sénégal ?

Nos données sont les programmes officiels, dont nous présentons ci-dessous, la méthode choisie pour analyser la structuration conceptuelle et les processus de modélisation mis en œuvre.

Données recueillies

Nous sommes partis des textes officiels relatifs à l'enseignement des sciences physiques dans les deux pays : la France (BOEN. 1999, applicable en 2001) et le Sénégal (Programmes des sciences physiques des cycles moyens, secondaire général et technique. Tome 1. 1999), pour les deux premières années du lycée (seconde et première). Nous avons sélectionné les parties des programmes concernant les filières scientifiques pour la France et les séries scientifiques et techniques (S_1 et S_3) pour le Sénégal.

On peut noter d'ors et déjà que la structuration des deux programmes est à peu près identique. Pour le programme français, chaque partie (proposant l'enseignement d'un concept ou d'une relation entre concepts) comprend : un objectif, un bloc de trois colonnes relatives aux activités, aux contenus et aux connaissances et savoir-faire exigibles, et un texte qui sert de commentaire. Dans le cas du Sénégal, chaque chapitre (proposant l'enseignement d'un concept ou d'une relation entre concepts) comprend un bloc de trois colonnes relatives respectivement au contenu, aux activités d'apprentissage et aux compétences exigibles ou en cours d'apprentissage. Ce bloc est suivi d'un texte qui sert de commentaire.

Méthodes d'analyse des programmes officiels

Afin de mieux caractériser l'enseignement des phénomènes énergétiques dans les deux pays, nous avons tout d'abord analysé l'organisation de l'enseignement des sciences physiques, par exemple les différentes filières, le volume horaire accordé à chaque contenu d'enseignement, les types d'organisation d'enseignement proposés.

Ensuite, nous focalisant sur les parties des programmes qui proposent l'enseignement des concepts relatifs à l'énergie en première, nous avons pris comme référence Tiberghien et al (1994-2007) pour identifier les deux mondes (objets/événements-théorie/modèles) dans les documents.

Dans une deuxième analyse, nous avons comparé les contenus du point de vue des concepts en jeu et de leur organisation (Bardin, 1977). Pour approfondir cette analyse nous avons choisi d'utiliser les cartes conceptuelles (Bruguière et al, 1994, 2002). En effet, cette forme de représentation permet de mettre en évidence les relations entre les concepts. L'utilisation du logiciel « cmap tool » (<http://cmap.ihmc.us/>) nous a permis de relier les différents concepts entre eux, ce qui permet de visualiser leur structuration dans chaque programme. A cet effet nous avons pris deux types de liaison pour suivre la progression dans ces cartes conceptuelles :

- sur la partie haute de l'axe vertical, nous avons mis les mots ou groupes de mots relatifs à des concepts et sur sa partie basse, ceux qui relèvent des expériences ou plus largement, de situations matérielles ;

- entre chaque mot ou groupe de mots, nous avons utilisé les « mots outils » ou « mots fonctionnels de liaisons : articles, prépositions, pronoms, adverbes, conjonctions etc », Bardin, 1977 p. 81) pour faire la liaison entre concepts.

Dans un troisième niveau d'analyse, nous nous sommes encore intéressés aux processus de modélisation (en termes d'identification des deux mondes) qui pourraient exister dans chaque programme.

C'est ainsi que dans un premier temps, nous caractérisons le savoir à enseigner selon le type de monde et le sens de la relation entre les deux mondes qui est privilégié. Pour cela nous avons identifié dans les textes des deux programmes (parties activités et commentaires) les propositions (ensembles de phrases) qui relèvent soit du monde des objets/événements, soit du monde la théorie/modèles, soit de la relation entre ces deux mondes. En les regroupant selon ces catégories et en calculant le nombre de propositions dans chacune d'elle, nous avons caractérisé le savoir à enseigner proposé par les deux programmes (annexe 1).

Dans un deuxième temps, nous nous sommes intéressés à chaque phrase de la partie « commentaires », dans la mesure où nous considérons que sa fonction est de prescrire les formes d'introduction, l'importance à accorder au concept et les mises en relation entre les différents concepts ou notions. Cette méthode nous permet de caractériser chacun des deux programmes selon qu'il privilégie les définitions des concepts, les lois ou les théorèmes, ou les introductions et les généralisations, etc. Pour cela, en prenant la phrase comme unité d'analyse, nous avons identifié les concepts (approche lexicale) puis nous avons repéré les prescriptions sur la façon de les traiter, essentiellement à partir du verbe (voir annexe 2). A partir de cet ensemble nous définissons une catégorie. De la sorte, dans ce type d'analyse, où les concepts sont identifiés en gras dans le texte de chacun des programmes, nous avons construit dix catégories qui nous permettent de relier les différents concepts (cf. paragraphe Relation entre les concepts dans les programmes des deux pays). Nous donnons, à titre d'exemple les deux cas suivants.

Catégorie 1 : introduction, généralisation à partir de situations ou d'exemples. Elle est constituée des phrases qui font référence à l'introduction ou à la généralisation à partir de situations ou d'exemples. Ainsi, dans la partie « commentaires » du programme sénégalais on peut lire : « le chapitre *pourrait être introduit* par l'analyse de **diverses situations** dans lesquelles le mot **travail** est utilisé dans le langage courant ». Dans cette phrase « diverses situations » est relié au concept travail par la prescription « pourrait être introduit ».

Une autre catégorie (la 9^{ème}) regroupe tout ce qui relève d'une limitation sur le plan conceptuel. La phrase « **le transfert d'énergie par rayonnement ne fait ici que l'objet** d'une

approche simple et qualitative à partir d'exemples courants (soleil, lampe...) (partie « commentaires » du programme français).

Dans un troisième temps, en tenant compte des résultats issus des deux premières opérations, nous centrons notre analyse sur les différents concepts, en particulier ceux qui sont communs aux deux programmes. Nous avons identifié les différents concepts ou notions (qui sont du savoir scolaire) en référence au savoir universitaire que chaque programme utilise. L'identification de ces concepts nous a permis de construire un outil qui nous servira pour la comparaison du savoir enseigné dans les deux classes : « l'ensemble conceptuel »

Méthodes utilisées pour l'étude des pratiques d'enseignement

La question générale à laquelle nous devons répondre est la suivante :

Q2. Quelles sont les pratiques d'enseignement dans chaque classe et comment les comparer ?

Pour répondre à cette question nous avons choisi de procéder en quatre étapes.

Q2.1. Comment rendre compte du savoir enseigné qui est essentiellement éphémère car principalement oral ?

Q2.2. Quelles sont les pratiques de classes selon les différentes dimensions choisies dans le cadre théorique (phases didactiques, organisation, de classe, chronogenèse et topogenèse) et les hypothèses sous jacentes ?

Q2.3. Comment les processus de modélisation combinés aux registres sémiotiques sont-ils mis en œuvre lors de l'enseignement de l'énergie dans le discours de la classe et dans les activités réalisées ?

Q2.4. En quoi le logiciel (Transana) d'analyse des enregistrements vidéo des classes participe-t-il à la vérification de la cohérence des reconstructions du savoir enseigné à différentes échelles ?

Pour traiter ces questions, nous avons choisi une méthodologie d'étude de cas. Nous avons pris une seule classe dans chacun des pays. Il ne s'agit pas ici de représentativité mais de mettre au point une méthodologie d'analyse qui permet d'étudier des pratiques très diverses. C'est le cas de ces classes qui sont dans des pays de cultures différentes, même si des composantes institutionnelles comme par exemple la forme des programmes officiels sont très proches.

La sélection de ces deux classes a été faite pour des raisons pratiques. Il n'est pas facile de trouver des enseignants qui acceptent d'être filmés tout au long d'une séquence. Nous avons donc sollicité des enseignants qui nous sont proches, aussi bien en France qu'au Sénégal. En France, l'enseignante a participé à l'élaboration de documents pour l'enseignement réalisé par le groupe SESAMES, groupe de recherche-développement, comprenant des enseignants et des chercheurs, qui est associé à l'équipe de recherche où la thèse a été menée côté français (SESAMES, 2006). Au Sénégal, du fait de notre position de formateur des maîtres, et donc pour ne pas influencer l'enseignant, nous avons choisi quelqu'un dans le dernier établissement où nous avons servi comme professeur de lycée, et qui à ce titre va nous considérer davantage comme alter égo.

Nous identifions d'abord les données qui nous permettent de répondre globalement à nos différentes sous questions, ensuite selon la spécificité de chacune d'elles selon les besoins.

Données recueillies pour l'analyse des pratiques de classe

Il s'agit donc des données principales ; dans le cas où nous avons recueilli des données spécifiques pour une des questions, nous le précisons à temps opportun.

Les données principales sont : les documents (feuilles distribuées aux élèves, les dossiers réalisés par les élèves, les photocopies de certaines pages du livre utilisé) et les films.

Les documents utilisés dans les deux classes.

Les documents sous forme de papiers ou numériques

Les feuilles distribuées aux élèves sont de trois types:

- les feuilles qui contiennent les textes auxquels les deux classes se réfèrent pour les activités (documents sésames pour la classe 1) ou pour les cours magistraux (documents réalisés personnellement par l'enseignant de la classe 2),
- les feuilles d'activités ou d'exercices qui permettent à la classe de construire le savoir mis en jeu et de l'appliquer et deux feuilles (une pour chaque classe) contenant le texte d'un devoir surveillé proposé vers la fin de la séquence dans chaque classe.

Nous avons également recueilli quelques dossiers réalisés sur les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes (classe 1) (nous avons photocopié les dossiers des élèves que nous avons filmés lors des séances de travaux pratiques).

Les pages du livre que l'enseignante de la classe 1 a utilisées durant son enseignement (Hatier édition 1998) sont aussi photocopiées.

Les documents officiels dans lesquels se trouvent les programmes de sciences physiques sont récupérés dans des sites Web pour chaque pays.

Les documents d'accompagnement que la classe 1 a utilisés durant la séquence sont récupérés dans le site http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/physique/sesames/outils_premiere.html

Les cahiers des deux élèves que nous avons suivis durant la séquence d'enseignement dans la classe 1 sont photographiés par un appareil photo numérique.

Les documents vidéographiques

Les ressources utilisées

Nous avons utilisé deux caméras pour l'enregistrement de la séquence dans les deux classes : deux numériques pour la classe 1 et une numérique et une analogique pour la classe 2. Chacune des caméras est accompagnée de son support (trépied) pour stabiliser l'image et surtout pour éviter d'avoir une personne présente constamment avec la caméra et ainsi perturber au minimum les élèves et l'enseignant.

Les trois caméras numériques sont accompagnées de micros cravates, la caméra analogique n'est pas équipée de micro cravate.

Quatre cassettes analogiques (VHF) nous permettent de récupérer l'image dans la caméra analogique et de la numériser ensuite. Ce nombre est suffisant puisque la numérisation se fait tout juste après la séance, ce qui permet de libérer une cassette pour les prochaines séances.

Trente cassettes numériques (mini DV) nous permettent de récupérer toutes les images en numérique (7 séances pour la classe 1 et 8 séances pour la classe 2) ; elles constituent les supports natifs des films.

Nous avons prévu aussi quelques CD et DVD enregistrables pour sauvegarder les images et

les documents numériques, et un disque dur externe en cas de défaillance de l'ordinateur que nous utilisons durant les trois ans de la préparation de la thèse.

Les dispositifs d'enregistrement dans les deux classes

Pour étudier les pratiques de classe nous avons choisi de prendre la classe sous deux angles, celui du professeur et celui des élèves. De plus, pour la caméra tournée vers les élèves, en vue de permettre ultérieurement d'autres études sur l'apprentissage des élèves en situation de classe, nous avons choisi de filmer les mêmes élèves tout au long de la séquence ; ceci est particulièrement important quand ces derniers ont l'occasion de travailler de manière autonome en discutant.

Dans la classe 1, nous distinguons deux dispositions :

- une disposition quand tout l'effectif de la classe est dans la salle : une caméra est toujours placée au fond de la salle pour permettre de suivre les mouvements de l'enseignante. Elle est donc mobile, le micro cravate accroché sur les rebords de la poche de la blouse de l'enseignante nous permet de récupérer le son. La deuxième caméra est toujours placée devant la salle, dans un coin, près du tableau, pour nous permettre d'avoir en image au moins les trois quarts des élèves à défaut d'avoir toute la classe. Elle est fixe et le micro cravate correspondant est toujours placé sur le bureau de l'enseignante pour nous permettre d'avoir un son audible.

- une deuxième disposition est utilisée quand nous sommes en présence de la moitié des élèves (en travaux pratiques : TP). La salle de TP est constituée de deux rangées de 4 paillasse et peut accueillir un groupe constitués de 16 élèves, donc de 8 binômes. Nous avons suivi un seul groupe et dans ce groupe nous avons enregistré le même binôme durant toute la séquence. A chaque TP, le dispositif d'enregistrement pour l'enseignante ne change pas (toujours derrière la salle, mobile et le micro cravate accroché sur le rebord de la poche de la sa blouse). Cette caméra permet aussi de prendre en image une partie des élèves du groupe. La deuxième caméra est placée sur la rangée principale, juste près de la quatrième paillasse et en face du binôme. Ce binôme est toujours sur la dernière paillasse dans la salle de TP (comme tous les autres binômes qui ont choisi leur paillasse dès le premier TP). Il faut remarquer que nous avons choisi ce binôme aléatoirement dès le premier TP. C'est avec l'accord de l'enseignante (avant que ne rentrent les élèves dans la salle au premier TP) que nous avons décidé du lieu où la caméra doit être placée pour la rendre la plus discrète possible.

Dans la classe 2, les deux caméras sont mobiles (nous sommes aidés par le préposé à la caméra du département de micro enseignement de la faculté à laquelle nous appartenons). La caméra analogique est toujours placée devant la salle, sur un coin, elle est tenue par le préposé à la caméra. Elle n'est pas équipée de micro cravate, seul fonctionne le micro incorporé. Nous tenons toujours la caméra numérique qui suit l'enseignant (comme pour la classe 1) au fond de la salle.

Il faut remarquer que les cassettes ont une durée d'enregistrement de 1 heure 30 minutes (avec un léger dépassement qui tourne autour d'une quinzaine de minutes selon la marque) et que dans cette classe, la plupart des séances durent 2 heures. Nous étions donc confrontés aux problèmes de prise intégrale des images et son avec la caméra professeur. L'option que nous avons choisie dès la première séance de 2 heures, est d'arrêter la caméra sur des intervalles de temps où il n'y a pas de verbalisation, tout en étant conscient qu'ils font partie intégrante de la pratique de classe. Nous avons donc décidé de prendre quelques minutes sur cet intervalle

pour marquer juste le moment dans le film. Il faut remarquer que cela n'est pas automatique dans toutes les séances et nous évaluons intuitivement la possibilité ou non que la cassette a pour stocker les images suivant la durée qui reste à filmer. Notre erreur est de ne pas prendre la durée que prend cet arrêt volontaire dans les séances où cela se produit

Traitement des données vidéographiques

La caméra numérique permet de stocker directement les images dans des cassettes numériques (mini DV) de durée 1 heure 30 minutes environ. En ce qui concerne la caméra analogique, nous devons réutiliser les cassettes de stockage des images (cassette VHF). La transformation de l'image analogique en image numérique se fait au fur et à mesure que nous enregistrons dans la classe 2. A chaque enregistrement, nous procédons à cette digitalisation pour libérer une cassette VHF pour le prochain enregistrement. Ainsi, à la fin de l'enregistrement dans la classe 2, nous disposons de 16 cassettes numériques (mini DV) qui stockent les images issues de la caméra élève (8) et de la caméra professeur (8).

L'enregistrement dans la classe 1 ne nécessite pas cette transformation, car nous avons à notre disposition 2 caméras numériques. Nous disposons de 14 cassettes qui stockent les images issues de la caméra élèves (7) et de la caméra professeur (7).

Par la suite les images et son des 30 cassettes DV sont numérisés et compressés au format MPEG1 (à l'aide d'un logiciel de numérisation) et stockés dans un disque dur.

Nous avons alors procédé à la transcription avec le logiciel Transana. Il faut remarquer que nous réservons le vocable film à un enregistrement d'une séance : ainsi nous parlons de film élève (enregistrement d'une séance avec la caméra élève) ou film professeur (enregistrement d'une séance avec la caméra professeur). Notre option étant d'analyser la pratique de classe en privilégiant la caméra orientée sur l'enseignant, la transcription est faite à partir du film professeur (deux exemples de transcription sont donnés en annexe 7). Cependant, du fait de contraintes techniques qui peuvent se produire (son inaudible, perturbation de l'image) et de la difficulté liée à la durée de stockage des cassettes (inférieures à 2 heures), nous avons recours, le cas échéant, au film élève pour des compléments.

La transcription est faite de la façon suivante : Chaque interlocuteur est identifié, s'il s'agit du professeur qui parle nous avons mis la lettre « P » au début et s'il s'agit d'un élève nous l'identifions par « élève ». La transcription est continue quand un interlocuteur parle, le changement de ligne indique qu'il y a un autre interlocuteur qui prend la parole. Les énoncés et certains gestes indispensables (efface le tableau, reproduit un tableau à colonnes au tableau noir de la classe etc) sont séparés par le caractère « / ». Toutes les séances (7 pour la classe 1 et 8 pour la classe 2) sont transcrites. Les intonations, les pauses et les gestes accompagnant le discours ne sont pas pris en comptes.

Il faut noter que le texte représentant tout ce qui est dit dans la classe est en couleur noire, sans caractère en gras ou en italique. Les gestes indispensables sont en entre parenthèse et en *italique*. Certaines annotations sont mises en caractère gras (thèmes, phase didactique et organisation de classe), d'autres en italique et soulignées (sous thèmes). A chaque film professeur, nous avons associé une transcription dans laquelle nous faisons un traitement, en utilisant les balises temporelles (ce sont les indications temporelles qui permettent d'insérer dans le texte des repères qui, par leur fonction, intègrent les autres fenêtres du logiciel), au moment de l'analyse des dimensions.

Méthode d'analyse des différentes dimensions permettant de rendre compte des pratiques de classe

La question à laquelle nous devons répondre est la suivante.

Q2.2. Quelles sont les pratiques de classes selon les différentes dimensions choisies dans le cadre théorique (phases didactiques, organisation, de classe, chronogenèse et topogenèse) et les hypothèses sous jacentes ?

En ce qui concerne la reconstruction du savoir, nous avons repris les dimensions proposées par Tiberghien et al. (2007 a) : la phase didactique, l'organisation de la classe, le thème et le sous-thème, la topogenèse et la chronogenèse. Les deux dernières dimensions sont construites en tenant compte entre autres des trois premières.

L'analyse de ces six dimensions est qualitative, elle est réalisée grâce à l'exploitation des quatre fenêtres du logiciel Transana (cf méthode d'analyse du savoir enseigné).

Pour répondre à cette question nous devons d'abord faire une analyse descriptive de chaque séance du point de vue des phases didactiques et de l'organisation de la classe. Il s'agit dans ce cas d'identifier indépendamment les différentes phases didactiques et les différentes organisations de la classe pour chaque séance (des exemples sont donnés). Ensuite nous procédons à un découpage thématique que nous affinons en sous-thèmes qui renvoient au savoir mis en jeu. L'analyse de chaque thème, du point de vue de l'avancée du savoir (la chronogenèse) et de la position des acteurs par rapport à ce savoir (la topogenèse) fera intervenir les résultats obtenus dans l'analyse en termes de phases didactique et d'organisation de la classe.

Nous présentons d'abord le logiciel que nous utilisons, ensuite, à travers des exemples, nous expliquons le découpage que nous avons utilisé pour décrire la classe, par séance, en termes de phases didactiques, d'organisation de la classe et de thèmes.

Présentation du logiciel de traitement : Transana

Le logiciel Transana présente un certain nombre de caractéristiques que nous décrivons dans les lignes qui suivent.

Les fenêtres de ce logiciel sont visualisées dans la figure 1, elles sont au nombre de quatre :

- la fenêtre « transcription » (en bas à gauche) qui nous permet d'utiliser un texte (transcription intégrale ou résumé, note, etc). En haut de cette fenêtre se trouvent certaines commandes (balise, activation de la transcription, mots clé et enregistrement)

- la fenêtre « son » (en haut à gauche), elle visualise le son. Cette fenêtre a une fonction multiple : elle peut visualiser seul soit le son (un graphique de forme sinusoïdale (en haut de la fenêtre)), soit des barres qui donnent des informations sur les formes de découpage utilisés ou combiné comme le montre la figure 1. Des informations temporelles se trouvent au bas de cette fenêtre.

- la fenêtre « vidéo » (en haut à droite) qui visualise les films ou les clips ou micros clips (avec des informations temporelles en bas de la fenêtre)

- la fenêtre « base de données » qui est la partie qui permet à l'utilisateur de manipuler les films qu'il introduit en créant des « séries » de films et des « collections » de clips ou de micros clips ou en faisant des recherches automatiques sur les collections.



Figure 1. Les différentes parties de la fenêtre du logiciel « Transana »

Méthodes de créations des « séries »

Rappelons que nous avons défini un film comme un enregistrement d'une séance de cours qu'il soit fait avec la caméra élève ou la caméra professeur. Ces films sont organisés dans la catégorie « série », chaque série créée porte un nom. L'utilisateur peut choisir de construire n « séries » comportant i films (n et i dépendent de la capacité de l'ordinateur). Pour un corpus vidéographique donné, la façon de disposer les « séries » dépend de l'objet de la recherche. Les cas de dispositions extrêmes, entre lesquelles toute autre forme est possible, sont : un film par « série » (donc autant de « séries » que de films) ou une série contenant tous les films du corpus vidéographique (dans ce cas on est en présence d'un seul élément dans cette catégorie). Dans ce continuum de dispositions des films, c'est l'objectif que l'on s'est visé qui oriente le choix de l'utilisateur.

Dans notre recherche, nous souhaitons avoir une vue globale sur les phases didactiques, les organisations de la classe, les découpages thématiques dans toute la séquence, c'est la raison pour laquelle nous avons choisi de regrouper tous les films qui participent à la « base de données » dans une seule et unique « série » (figure 2). Il faut noter que le nom utilisé pour identifier une base de données ne peut pas être modifié sur cette fenêtre, pour le faire il faut recourir à une autre commande du logiciel « exporter en fichier XML ». Nous avons utilisé cette commande pour disposer de deux bases de données avec la même disposition adoptée pour la série : une pour l'analyse au niveau macroscopique et une pour l'analyse microscopique.

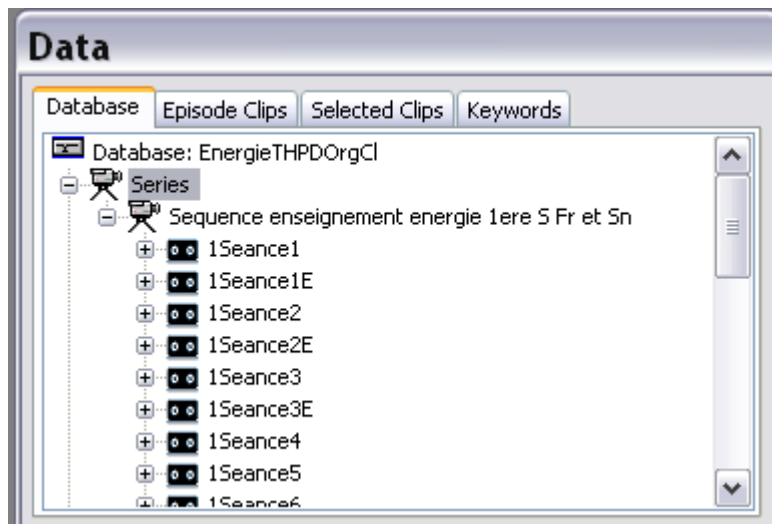


Figure 2. Visualisation des composants de la série (une partie des films). Forme de regroupement (tous les films concernant enseignement de l'énergie en 1^{ère} S) créant les différentes séries.

Méthode de création des « collections »

La « collection » est la deuxième catégorie qui figure dans la fenêtre « base de données », elle peut contenir des clips de différentes durées selon la granularité voulue par l'utilisateur. Dans notre recherche, les clips ont des durées allant de quelques secondes à des dizaines de minutes, car, notre découpage se fait en thèmes et sous thèmes voire en mots et expressions. Nous appelons « micros clips » les clips de durée allant de quelques secondes à quelques minutes et clips ceux dont la durée est de quelques minutes à des dizaines de minutes.

L'organisation des « collections » dépend de l'utilisateur, il peut choisir de les présenter individuellement ou sous forme imbriquée selon l'objectif de sa recherche. Remarquons que quelle que soit la forme utilisée, c'est une présentation qui n'a pas d'influence sur les relations qui peuvent exister entre les différents clips ou micros clips. Sa fonction est de pouvoir visualiser la forme hiérarchique des découpages choisis, par exemple les sous thèmes qui sont inclus dans les thèmes ou les parties d'organisation de classe et de phases didactiques qui coïncident avec une partie du thème ou du sous-thème. Puisque dans notre découpage nous utilisons le lien du point de vue plage horaire entre les trois dimensions (organisation de classe, phases didactiques et thèmes (ou sous thèmes), nous avons adopté la forme imbriquée, ce qui nous permet de gérer les différents clips dans des collections variées (figure 3).

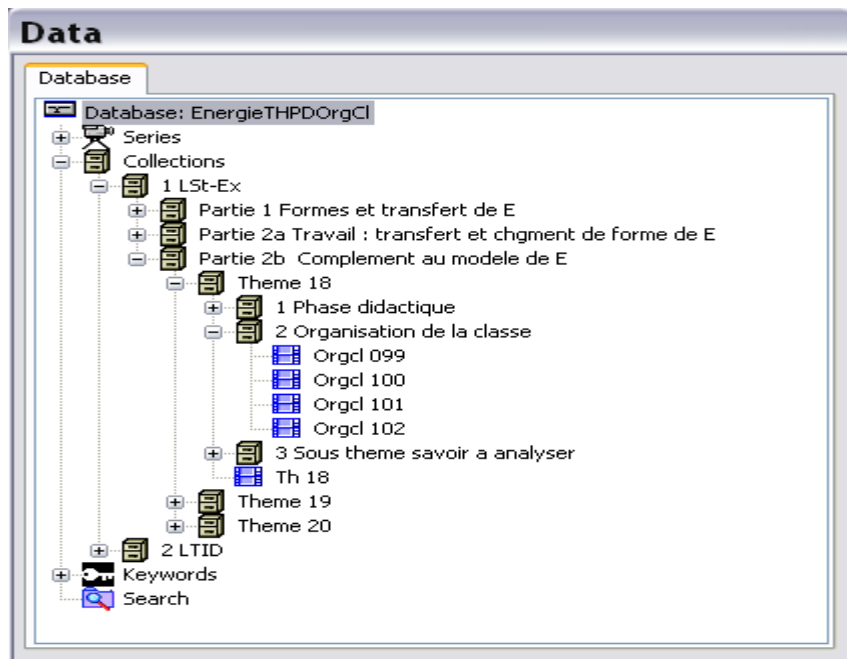


Figure 3. Exemple de structuration d'une collection (imbrication de collection dans la collection « thème 18 »)

Dans la figure 3 nous avons visualisé le thème numéro 18 auquel nous avons adjoint le clip intitulé Th 18. Cette collection en contient d'autres que le logiciel appelle des « collections imbriquées ». Chacune des collections (Phase didactique ou organisation de la classe ou sous thème du savoir à analyser) contient des clips dont le découpage coïncide avec une partie du clip Th 18. Notre exemple de collection imbriquée sera repris dans la partie méthode d'analyse des thèmes ou sous thèmes.

Utilisation des mots clés

Rappelons que les quatre fenêtres de Transana sont liées par la balise temporelle. Un clip (ou micro clip) est un découpage qui est indiqué d'abord dans la fenêtre transcription par deux balises (début du clip et fin du clip). La balise est la commande qui se situe en haut de la fenêtre « transcription », en première ligne (ou Ctrl+T sur le clavier).

Pour qu'un clip mis dans une collection puisse activer les trois autres fenêtres, il faut nécessairement qu'il contienne au moins un mot clé, sinon il n'est présent que pour une forme de rappel (sorte de mémoire) dans notre base de données.

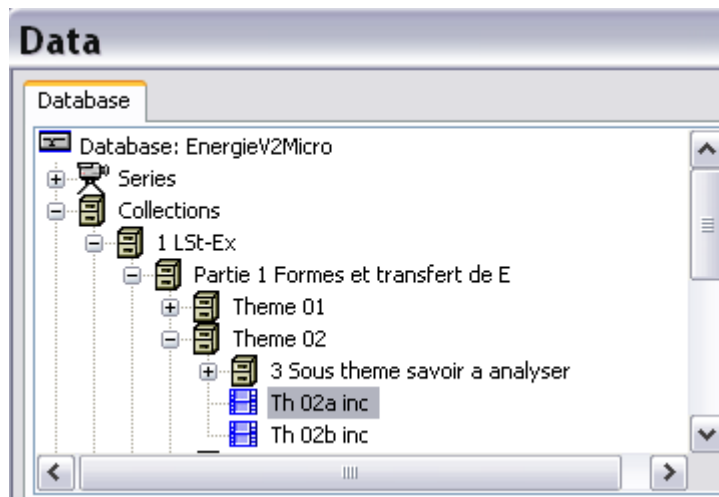


Figure 4. Un exemple de clips qui servent de mémoire dans la base de données.

Comme nous le verrons dans la méthode d'analyse des thèmes ou sous thèmes, le thème 2 (figure 4) est en fait inclus dans le thème 1, toutes les informations que les mots clés fournissent y sont déjà. Le savoir en jeu dans ce thème 2 est différent de celui du thème 1.

La transcription qui correspond à un clip est délimitée par deux balises temporelles (début et fin) dans la transcription de l'ensemble de la séance. Cette partie délimitée peut constituer un clip inséré dans une collection. Si ce clip est associé à des mots clés, il peut activer les trois fenêtres si nous faisons une recherche sur ce mot clé, s'il n'en contient pas, la seule façon de l'activer est de cliquer sur son icône, il n'est lié à aucun élément de la base de données.

Donc les clips (ou micros clips) que nous créons contiennent des mots clés. Ils sont créés à partir de mots ou groupes de mots qui permettent d'identifier un clip ou toutes autres informations (en texte) se trouvant dans la partie correspondante de la transcription et de la vidéo (gestes ou autre) qui ont été repérées. La seule contrainte est que ce mot qui sert de repérage à une information quelconque ne peut pas être repris une deuxième fois dans un même clip.

Ainsi dans notre recherche plusieurs mots clés de nature différente peuvent se trouver dans un même clip (figure 5).

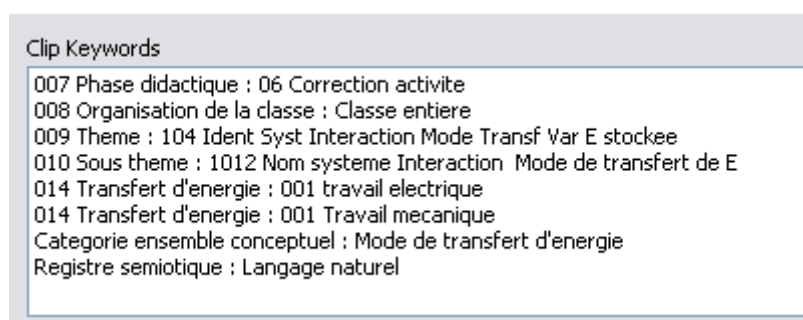


Figure 5. Mots clés se trouvant dans un clip dont la durée est de 28 secondes.

Remarque : nous ne connaissons pas la limite de saturation du nombre de mots clés, avec le volume de mots clés que nous avons traité, nous n'avons jamais été confrontés à un problème de limite de nombre de mots clés dans un micro clip. Les seules contraintes sont: le nombre de caractères, et le fait qu'on ne puisse pas changer le nom donné à une catégorie de mots

clés (une erreur d'écriture nécessite donc un déplacement manuel des mots clés de la catégorie vers celle nouvellement créée)

Caractérisation de chaque classe en termes de phases didactiques et d'organisation de la classe.

Nous présentons la méthode que nous avons utilisée pour obtenir les différentes phases didactiques et organisations de la classe. Chaque séance est décrite indépendamment en termes de phases didactiques et en termes d'organisation de la classe. Nous présentons tout d'abord le découpage de chaque séance selon l'angle choisi, ensuite nous décrivons globalement chacune des deux dimensions avant d'entreprendre une présentation plus détaillée. Les résultats obtenus avec cette démarche sont utilisés dans l'analyse thématique.

Méthode de découpage en phases didactiques

Les phases didactiques que nous avons définies dans la partie théorique comprennent six catégories : introduction, cours magistral, contrôle oral de connaissance, réalisation, correction et clôture. Ces phases caractérisent un type d'activité de la classe sans préjuger des acteurs professeurs ou élèves qui les réalisent. La dimension de la topogénèse prend en compte l'implication des acteurs vis-à-vis du savoir.

L'analyse consiste à décrire chaque séance en se focalisant sur les différentes phases didactiques qui se présentent dans la classe. A l'aide de la balise temporelle nous délimitons dans le texte de la transcription les moments correspondants à chacune de ces phases que nous avons classées en moyenne en quatre catégories.

- Phase « d'introduction », (d'une séance, d'un cours, d'un exercice, d'une activité). Un cas particulier s'est présenté dans la classe 2, l'exercice est d'abord écrit au tableau par l'enseignant qui le dicte en même temps à toute la classe. Nous avons décidé de mettre cette partie dans la phase d'introduction de l'exercice. Nous avons mis aussi les rappels dans l'introduction en prenant soin de mentionner s'ils accompagnent une introduction de séance. Dans les introductions d'expérience nous avons mentionné les consignes qui y font référence.
- Phase « cours magistral » : nous y rangeons les situations de lecture et explication de texte, le développement d'une expression littérale au tableau etc. Il s'agit des cas de discours magistraux.
- Phase « réalisation » : elle renvoie à la réalisation d'exercices, d'activités (en mentionnant dans ce cas les parties concernant les expériences).
- Phase « correction » : il s'agit de correction d'exercices, d'activités.
- Phase « clôture » : elle comprend la clôture de séance, de cours, d'exercices, d'activités.

Nous avons aussi mentionné les particularités suivantes : une synthèse, un résumé ou une anticipation. En ce qui concerne les contrôles oraux de connaissances, nous les avons mentionnés et nous les regroupons dans la partie cours magistral.

A partir de cette catégorisation, nous affectons un mot clé à la partie de transcription délimitée par les balises correspondant à l'apparition de l'événement. Chacun des éléments des catégories décrites ci-dessus est aussi un mot clé de la base de données. Ainsi nous pouvons avoir une partie de la transcription qui est seulement une introduction de séance (nous mettons le mot clé « introduction de séance » dans le clip délimité par le champ texte) ou qui est en même temps un rappel (dans ce cas nous mettons dans le clip correspondant : les mots clés « introduction de séance » et « rappel »).

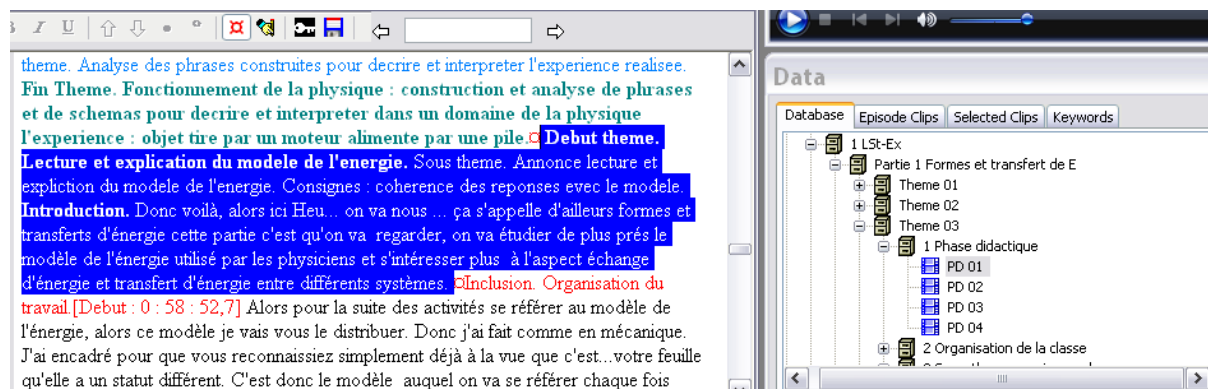


Figure 6. Visualisation d'un clip de phase didactique : introduction de cours magistral.

La figure 6 donne un exemple de découpage d'un clip correspondant à une phase didactique : ici une introduction de cours magistral. Dans la fenêtre de transcription (à gauche), le champ de texte est délimité par les deux balises, se retrouve dans la fenêtre « base de données » sous forme de clip sélectionné et codé PD 01. Nous pouvons aussi visualiser les repérages dans les fenêtres son et vidéo avec les informations temporelles correspondantes.

La transcription ci-dessous montre la façon dont nous procédons pour le découpage en phase didactique.

Cet exemple correspond à la situation suivante : la séance qui dure 1 h 29 min 29 s a débuté avec l'expérience de l'objet tiré sur une table horizontale par un moteur qui est alimenté par une pile. Les élèves ont décrit, expliqué et interprété l'expérience par des phrases qui sont écrites au tableau. L'enseignante, après avoir analysé avec les élèves ces phrases, introduit un nouveau cours. Les indices de cette introduction sont tout d'abord les marqueurs langagiers : « donc voilà » et « un moment d'hésitation « alors ici heu... on va nous...ça s'appelle d'ailleurs (...) ». Elle commence par :

P_ (...) «<3511771>Donc voilà/ alors ici Heu...on va nous.../ ça s'appelle d'ailleurs formes et transferts d'énergie cette partie c'est qu'on va regarder/ on va étudier de plus près le modèle de l'énergie utilisé par les physiciens et s'intéresser plus...à l'aspect échange d'énergie et transfert d'énergie entre différents systèmes/ Alors pour la suite des activités se référer au modèle de l'énergie/ alors ce modèle je vais vous le distribuer/ Donc j'ai fait comme en mécanique/ J'ai encadré pour que vous reconnaissiez simplement déjà à la vue que c'est...votre feuille qu'elle a un statut différent/ C'est donc le modèle auquel on va se référer chaque fois qu'on aura une question théorique qu'on voudra interpréter une expérience.»<3563402> (...)

On voit que les termes utilisés marquent un début de phase qui va correspondre à la lecture d'un texte : (...) c'est ce qu'on va regarder (...) on va étudier de plus près ce modèle (...) alors ce modèle je vais vous le distribuer/ j'ai fait comme en mécanique/ j'ai encadré...

Notons que les balises temporelles qui sont des signes dans la fenêtre transcription sont suivies d'un nombre si nous exportons la transcription dans un document Word. Elles nous indiquent, dans un texte libre, le début et la fin du clip. L'unité utilisée par le logiciel dans ce cas est la milliseconde (ms), ainsi cette introduction d'un cours a débuté à 3511771 ms (58 min 31,8 s) et s'est terminée à la 3563402 ms (59 min 23,4 s).

Les informations temporelles que nous avons en temps réel sur les différentes fenêtres sont dans le texte, aussi ce dernier peut être utilisé indépendamment des autres fenêtres pour une éventuelle analyse sans la vidéo. Par exemple pour cette séance qui a une durée de 1 h 29 min 29 s, nous voyons que le cours magistral va débiter à la fin de la séance et l'enseignante l'a

introduit en 51,6 s, environ 1 minute.

Puisque dans la fenêtre transcription, toutes les balises sont identiques, nous avons utilisé le caractère gras et la couleur pour différencier les phases. Ainsi pour cette introduction, nous mettons devant le signe de la balise et en gras « **Introduction** ». Cela permet de voir son début, et dans le clip que nous avons nommé PD 01 (figure 6), nous introduisons le mot clé « introduction de cours ».

Comment le repérage de la fin de l'introduction est-il fait ? Nous continuons toujours avec notre exemple.

Au moment où l'enseignante va commencer la lecture et l'explication du texte du modèle, une élève l'interrompt à l'instant 3563402 ms.

P_ (...) C'est donc le modèle auquel on va se référer chaque fois qu'on aura une question théorique qu'on voudra interpréter une expérience/ <3563402>

Elève_ Pour les schémas/

P_ Ah les schémas/ Ah oui vous devez mettre des bouts dans le tableau/ On a oublié les schémas/ Effectivement personne n'en a mis dans le tableau/ Je crois que c'était possible de les mettre (...)

Les marqueurs qui délimitent cette introduction sont : E _Pour les schémas/ P_ Ah les schémas.../

Débutent alors, une phase didactique qui est ici particulière, un retour à la correction de l'activité précédente (correction des schémas pouvant expliquer, décrire ou interpréter l'expérience). C'est pourquoi, devant la balise correspondant au moment « 3563402 ms » nous mettons en gras « **correction** ».

Suite de la situation : la correction des schémas continue dans la classe jusqu'au moment :

P_ (...) <3818523> Ce qui est intéressant c'est que vous arriviez à reconnaître sur votre schéma différents domaines/ Est ce que c'est la représentation d'objet/est ce que c'est ...est ce que je mets en jeu le modèle de l'électricité qu'utilisent les physiciens/ Bien ça c'est typiquement quand je dessine les représentations conventionnelles utilisant l'électricité/ Est ce que ça met en jeu le modèle des forces/ Certains ont représenté des forces des flèches pour représenter des forces/ Est ce que ça met en jeu un autre ...euh modèle/ je sais pas/ j'en... j'ai pas vu/ donc vous pouvez maintenant faire l'analyse vous même et vous pourriez mettre des bouts de schémas dans chaque colonne/ C'est possible/<3854877>Alors on va lire ensemble le modèle de l'énergie /et donc dans toute cette partie et dans la partie qui va suivre ça sera...la référence pour vous chaque fois que vous aurez une question d'ordre théorique/ les réponses que vous (...)

La correction des schémas se termine à l'instant: 3854877 ms (1 h 04 min 14,9 s), les marqueurs qui nous permettent de dire que la phase de correction est terminée sont :

- Les marqueurs conclusifs « donc vous pouvez maintenant faire l'analyse vous même et vous pourriez mettre des bouts de schémas dans chaque colonne/» et « C'est possible/ »

-les marqueurs transitifs et introductifs « Alors on va lire ensemble le modèle de l'énergie /« et donc dans toute cette partie et dans la partie qui va suivre ça sera (...) la référence pour vous chaque fois que vous aurez une question d'ordre théorique, les réponses que vous (...) »

A partir de ce moment, elle invite les élèves à lire ensemble le texte du modèle. Nous considérons que le cours magistral débute à cet instant.

Et donc dans le clip qui débute à 59 min 23,4 s et se termine à 1 h 04 min 14,9 s nous mettrons le mot clé « correction activité ».

Le cours magistral commence donc à l'instant 1h 04 min 14,9 s et se termine à 4651549 ms

(1h 17min 31,5s) et une autre activité démarre.

P_ (...) Une chaîne énergétique complète commence et se termine toujours par un réservoir/ Y a forcément heu...l'énergie étant donné qu'elle se conserve elle...elle va vers un autre réservoir et le réservoir initial est forcément différent du réservoir final/«<4651549>Voilà on s'arrête là/ Je vais vous distribuer.../vous avez le début de l'activité 2/Le début de l'activité 2 est en bas de page et la fin de l'activité 2 je vous la distribuer./ (inaudible).../ça va devenir plus parlant/ (...)

Dans ce clip qui donc débute à 3854877 ms (1h 04 min 14,9 s) et se termine à 4651549 ms (1h17min31,5 s) nous mettons le mot clé « cours magistral » et pour montrer que le cours se fait à l'aide d'un texte nous ajoutons un autre mot clé « lecture et explication de texte ».

En résumé, pour une séance donnée, nous balisons les débuts, les fins qui permettent de délimiter chaque phase didactique, en prenant soin de mettre en gras un repère de texte à côté de cette balise (**introduction activité, développement cours** etc).

Comme on peut le constater, chaque séance est analysée sous l'angle des phases didactiques, c'est la première forme d'analyse que nous avons entamée après notre transcription des séances dans chaque classe. Dans le texte brut qui était une transcription, nous avons ajouté à côté des balises temporelles des indications qui marquent les débuts et les changements de phases didactiques en caractères gras.

Méthode de découpage en organisations de la classe

Une fois repérées les phases didactiques pour chaque séance, nous procédons alors à un autre découpage qui, cette fois-ci, se fait sous l'angle de l'organisation de la classe.

Rappelons que les types d'organisation de classe repérés dans chaque séance sont classe entière, groupe (nous avons regroupé les situations de travail en petit groupe et celle où l'élève travaille individuellement, c'est pourquoi nous mettons groupe ou individuel) et mixte. Le type d'organisation mixte correspond au cas où les élèves travaillant par groupe ou individuellement, le professeur s'adressant à toute la classe. Chacun de ces types d'organisation est considéré comme un mot clé.

Dès lors, il s'agit de reprendre chaque séance et de repérer les changements d'organisation de classe de la même manière que nous avons procédé avec les changements de phases didactiques. A titre d'exemple, nous prenons la même séance pour illustrer notre méthode tout en ne perdant pas de vue que la méthode de découpage en organisations de classe est indépendante de celle en phases didactiques.

La classe a travaillé en binôme pour construire des phrases qui décrivent, expliquent ou interprètent l'expérience de l'objet tiré sur une table horizontale par un moteur qui est alimenté par une pile. Puis en groupe de quatre, ils ont analysé leurs phrases et les ont inscrites dans des colonnes appropriées, ensuite un représentant de chaque groupe de quatre est allé reproduire au tableau leur production. Quand le dernier représentant a fini d'écrire l'enseignante dit :

P_ (...) «<2629787>Bon et bien merci.../ Donc vous lisez ce qu'ont mis vos ...vos copains/ Vous essayez de... les phrases sont petites/ Est ce qu'il faut que je les relise là/ Jonathan, je sais pas si vous .../

Jonathan_ Oui/

P_...arrivez à lire au tableau les phrases de Noé/

Jonathan_ Hum.../

L'enseignante invite tout le monde à suivre la correction, nous sommes en présence d'une

organisation de type « classe entière » qui débute à l'instant 2629787 ms (43 min 49,8s). Les marqueurs d'hésitation (les mots à trous) ; de civilité (Bon et bien merci) qui montrent que le dernier représentant a fini d'écrire au tableau ; d'injonction, invitant à lire les phrases écrites et les questions posées à certains élèves pour savoir s'ils arrivent à lire les phrases écrites au tableau sont autant d'outils langagiers qui nous permettent de dire qu'une nouvelle organisation de classe est en train de se créer.

Nous écrivons alors dans le texte de la transcription, à coté de la balise temporelle l'indication « **Organisation classe CE** » en caractère gras et en couleur.

Cette organisation de type classe entière continue jusqu'à l'instant 3705284 ms (1h 01min 45,3s), où pendant la vérification des schémas dans les cahiers des élèves, l'enseignante s'arrête et commence à discuter avec quelqu'un. Un autre type d'organisation de classe débute donc et que nous appelons « **groupe ou individuelle Gr ou Ind** »

P_ (...) C'est vrai que vous auriez pu les mettre/ J'ai complètement oublié/ Et qu'est ce que vous avez d'autre/ Est ce que y en a qui ont d'autres types encore/ ça c'est le plus courant/ C'est à dire le schéma électrique avec la ficelle qui s'accroche/ Oui/[⌘]*<3705284>Alors vous c'est à... vous les.../*

Elève_ .../

P_ C'est un schéma électrique ou.../

Elève_ Oui mais.../

P_ Sans schéma.../

Elève_

P_ ... qu'est ce qui représente l'objet/ Non c'est pas grave.../Tu l'appelles un schéma électrique (...)/

Le marqueur qui nous permet de dire qu'il y a changement d'organisation de classe, en plus de la vidéo où la proximité avec l'élève est visible, est cette imbrication d'expressions (un dialogue) entre l'enseignante et un élève, ponctuée par des déictiques (alors vous/tu) des mots à trous (Alors vous c'est à...vous les ...).

Nous mettons dans la collection « Organisation de la classe » ce clip d'une durée de 17 min 55,5 s (1h 01min 45,3-43 min 49,6) où nous mettons comme mot clé « classe entière ».

Dans l'organisation de classe « groupe ou individuelle » qui débute à l'instant 3705284 ms (1h 01 min 45,3s) et qui se poursuit jusqu'à l'instant 3781171 ms, l'enseignante s'adresse à nouveau à toute la classe après avoir conclu avec l'élève.

P_ Oui alors avec la force représentée je le mettrai dans la mécanique/ Sans la force ça fait juste la description/ C'est...pas très net hein/ Y a pas toujours des réponses précises/

Elève_ Voila/voila/

⌘[⌘]*<3781171>P_ S'il vous plait/*

Elève_ .../

P_ Oui/

Elève_ .../

P_ Merci. Vos schémas/[⌘]*<3786447>Pensez des schémas/ s'il vous plait/ Les schémas c'est simplement un schéma descriptif et vous en avez des schémas comme ça où... / Finalement c'est l'objet qui est représenté même en perspective ou on arrive à reconnaître l'objet c'est plutôt de la description/ça rentre dans la colonne de gauche (...)/*

Les marqueurs, en plus de la vidéo, sont : l'expression « voilà/ voilà » employé par l'élève avec qui elle dialoguait et l'enchaînement de l'enseignante : « s'il vous plait » qui essaie de

ramener l'ordre en s'adressant maintenant à toute la classe.

Le clip d'une durée d'environ 1 min 21s (1 h 03 min 6,4s-1 h 01 min 45,3s) est aussi mis dans la collection « organisation de la classe » avec le mot clé « groupe ou individuelle ».

Une autre organisation en classe entière débute à l'instant 3781171 ms et se poursuit jusqu'à l'instant 4757640 ms (1 h 19 min 17,6s).

A partir de là, et coïncidant presque avec la fin de la séance, certains élèves continuent de travailler en groupe. Compte tenu des difficultés techniques liées à la caméra professeur, nous avons continué à filmer avec la caméra élève qui est orientée vers le binôme choisi.

*(...) P_Ce qu'on va faire c'est réfléchir à la situation l'expérience que vous avez faite tout à l'heure toujours la pile qui alimente le moteur et justement heu... / Représentez ces situations avec les chaînes énergétiques et analysez un peu ce qui s'est passé en termes de transfert d'énergie.
«<4757640> [Recours à la camera élève] (Début : 1: 10 : 55,7)]*

B_ C'est pile en premier

J_ heu bon d'accord/ réservoir transformateur...réservoir/

B_ Le transformateur c'est le moteur/

J_ Oui/

B_ En fin en indiquant sous chaque rectangle/

J_ Le ...le 1 c'est heu/

B_ Pile/

Les marqueurs, en plus de la vidéo, sont : les consignes que l'enseignante donne à toute la classe et le dialogue entre deux élèves d'un même binôme (J et B)

Ce travail par groupe se fait pendant 10 min 01,4 s et il doit en principe se poursuivre à la maison.

Outils d'analyse des dimensions phase didactique et organisation de classe.

A partir du découpage de chaque séance en termes de phases didactiques et d'organisations de la classe, nous procédons à une analyse qui nous permet de caractériser chaque classe. Celle-ci s'opère en deux moments, d'abord une analyse globale de la séquence suivie d'une analyse détaillée. Pour cela nous avons utilisé la fonction « graphe de mots clés » de la base de données (figure 7).

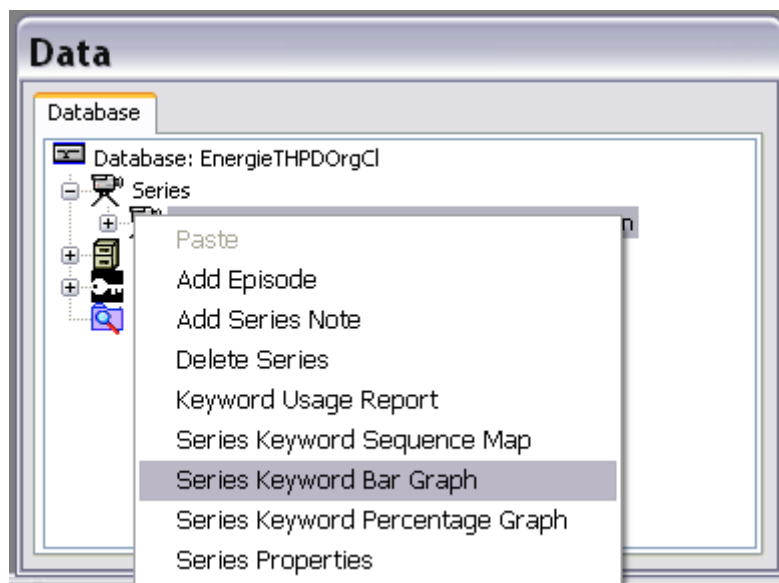


Figure 7. Obtention d'un graphe global (phases didactique ou organisation de la classe).

En sélectionnant « graphe de mots clés » nous pouvons obtenir, moyennant un nettoyage, l'ensemble des phases didactiques et des organisations de classe en fonction de leur durée dans chacune des séances de toute la séquence.

Pour une analyse détaillée de chaque séance, nous sélectionnons dans chaque film la fonction « graphe des mots clés » pour obtenir un graphique détaillé en termes de phase didactique et d'organisation de la classe (graphique 8)

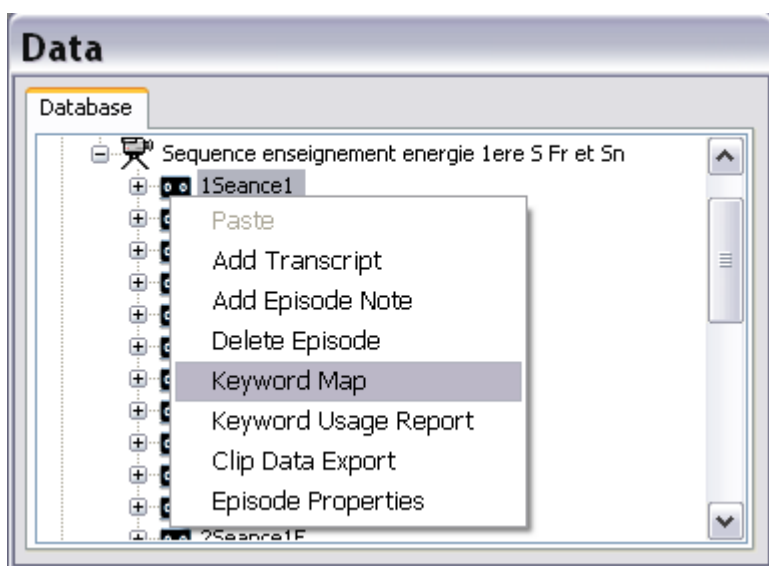


Figure 8 Obtention des phases didactiques et d'organisations de classe par séance.

Il est également possible de visionner directement ces graphes dans la fenêtre dite « son » (en haut à gauche)

Méthode d'analyse du savoir enseigné

Le troisième type d'analyse se centre sur le savoir en jeu dans la classe. La méthode de découpage est indépendante des deux précédentes (phases didactiques et organisations de classe), nous l'illustrons en prenant l'exemple de la deuxième séance de la classe 2.

Méthode de découpage des thèmes et des sous thèmes

Rappelons que nous avons choisi une approche thématique pour analyser le savoir enseigné d'une classe. Il s'agit de structurer ce savoir à l'échelle mésoscopique par son contenu (partie théorique). Nous identifions donc les frontières (introduction et clôture) d'un ensemble thématiquement cohérent d'une durée de l'ordre de la dizaine de minutes. Les frontières peuvent être floues, si bien que certains éléments qui ne font pas partie du savoir en jeu sont intégrés dans le découpage thématique. Il s'agit des organisations de travail (planning des cours, méthode de travail, etc) ou de gestion de classe (les absences, les bavardages, etc). Cette décision nous permet d'assurer la continuité du point de vue temporel du découpage de la séance, lorsque nous le découpons en thème.

Méthode de découpage en thèmes

Nous prenons un exemple de séance dans la classe 2, déjà découpée en organisations de classe et en phases didactiques. Sa durée est de 1 h 44 minutes 30 secondes. Il s'agit maintenant d'un troisième découpage qui se centre sur les frontières d'un contenu cohérent.

La situation est la suivante : dans la première séance, la classe avait étudié, vers la fin, le travail d'une force pour un déplacement rectiligne et quelconque. Pour cela, l'enseignant avait utilisé le travail élémentaire pour arriver à la définition du travail d'une force constante pour un déplacement rectiligne. La classe a entamé, en fin de séance, l'étude du travail d'une force conservative pour un déplacement quelconque. L'enseignant avait promis de faire une application avec le poids d'un objet qui se déplace dans l'espace au voisinage de la Terre.

La deuxième séance débute par un rappel de tout cela après gestion de classe (vérification des absences).

(...)

Élève_ Vous ne m'avez pas appelé/ c'est Mouhamadou. M. ... oui/

P_...Diallo/

Élève_ Oui/

P_ Mohamed Diallo oui/ Vous c'est Mohamed/

élève_Mouhamadou L. Ndiaye/

P_ Mouhamadou/ OK/Alors on avait fait le travail élémentaire et à partir du travail élémentaire lorsque le déplacement était quelconque il fallait donc utiliser le travail élémentaire et faire la somme des.../

Élève_ travaux/

P_ ...travaux élémentaires pour avoir le travail total/ Et on avait vu que donc quand la force était constante le travail d'une force constante ne dépendait pas du chemin suivi/ Et cette force était appelée comment/

Élève_ conservative/

P_ Force conservative/ Alors maintenant en application/ Application travail du poids (...)/

Le début du thème coïncide avec le début de la séance, ouverte par un moment de gestion de classe (travail administratif : appel des élèves sur la liste officielle donnée par l'administration) et qui constitue un indicateur d'une phase de début de séance dans cette classe. Ensuite l'enseignant procède par un rappel du point de vue savoir, revenant sur le travail du poids d'un objet. Ce rappel du savoir enseigné dans la séance précédente, est suivi du marqueur langagier « Maintenant en application/travail du poids (...) » qui est indicateur de l'introduction d'un savoir nouveau. Donc l'introduction dure (de 0 à 121852 ms) environ 2 minutes.

A la suite de l'introduction, jusqu'à l'instant 19 h 28 s (1167737 ms), la classe étudie le travail du poids d'un objet qui se déplace d'une altitude z_A à une altitude z_B . Le thème est clos à l'instant 1167737 par cet énoncé $P_$ (...) Donc vous utilisez cette relation n'est valable que lorsque l'axe des z est vers le haut/ Il faut faire attention hein d'accord/ Cette relation n'est valable que lorsque l'axe des z est dirigé vers le haut/Donc mettez ça ici/ NB valable...donc l'expression analytique là... que lorsque Oz vertical ascendant/ Donc ça c'est l'expression mathématique je dis hein cette expression là/ Vertical ascendant<1167737> . Les indications de fin de ce thème sont : « Donc cette relation n'est valable que », « il faut faire attention hein d'accord/cette relation n'est valable que (...) » « Donc mettez ça ici/NB valable/Donc...que/ », « Donc ça c'est », « je dis hein ». Ils annoncent l'insistance sur les contenus de savoir que sont l'orientation de l'axe, vertical ascendant et expression mathématique. Nous sommes en présence d'un thème qui dure 1167737 ms (19 min 28) et qui est intitulé « Expression du travail du poids d'un solide en déplacement en fonction des altitudes »

Un autre thème débute dans cette classe, comme l'illustre les marqueurs langagiers contenus dans cet énoncé « Un solide S est poussé par un ouvrier sur le trajet AB (...) ». Signalons que cette introduction est articulée à un changement de phase, il s'agit de l'introduction d'une phase d'exercice. $P_$ Maintenant on va faire une application/ Exercice d'application/ Exercice d'application numéro 1/. Ce nouveau thème s'intitule « Calcul du **travail** d'une **force constante** en **déplacement** sur un **plan horizontal** avec des **frottements** », les mots clés utilisés pour son codage sont : « Travail Déplacement, Plan horizontal, frottement »

Dans la fenêtre « transcription », après la balise représentant le début du thème, nous indiquons son titre tout en le différenciant du texte de la transcription (par exemple nous avons utilisé le caractère gras et une couleur). A la fin du thème, tout juste avant la balise marquant l'instant 1167737 ms (19 min 28 s) nous indiquons, avec le même style et la même couleur : « **Fin thème** ». Ainsi le clip représentant le thème qui porte chronologiquement le numéro 3 est délimité et nous avons créé sur la base de données, une collection « thème 03 » qui accueille le clip Th 03 (figure 9).

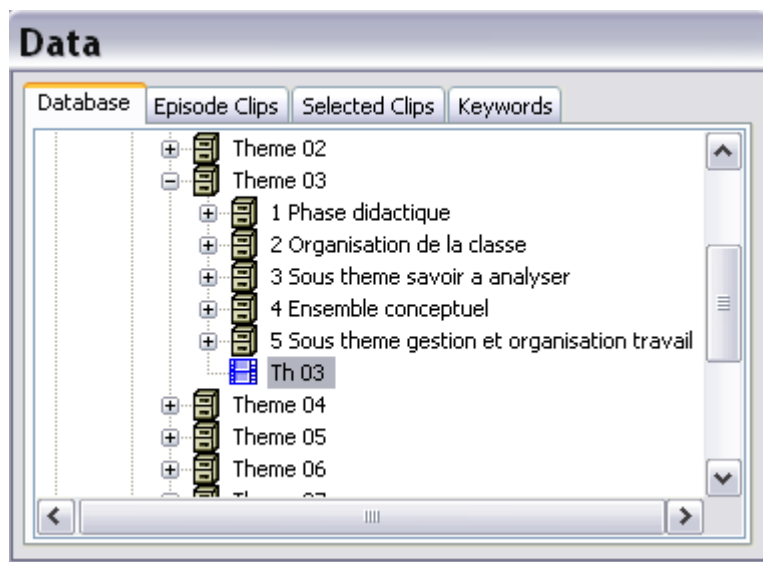


Figure 9. Création de la collection thème 3. Classe 2.

Pour permettre le repérage des thèmes, nous avons choisi des mots clés figurant dans les titres que nous leur avons donnés. Ainsi dans le titre du thème 3 (Expression du travail du poids d'un solide en déplacement en fonction de la variation des altitudes) nous avons pris le mot clé « expression travail du poids, variation altitude » que nous indiquons par « expres.travail P var altitude » dans la catégorie « thèmes » des mots clés Transana.

A partir de ce moment nous pouvons visualiser des graphes donnant les plages horaires d'organisations de classe et de phases didactiques et les situer dans les thèmes. Le procédé est le suivant :

- créer des collections à l'intérieur de ce thème, ce que nous appelons des collections imbriquées de phases didactique ou d'organisation de classe ;
- chaque collection imbriquée recevra les parties de clips qui coïncident avec l'intervalle de temps qu'occupe le thème en question.

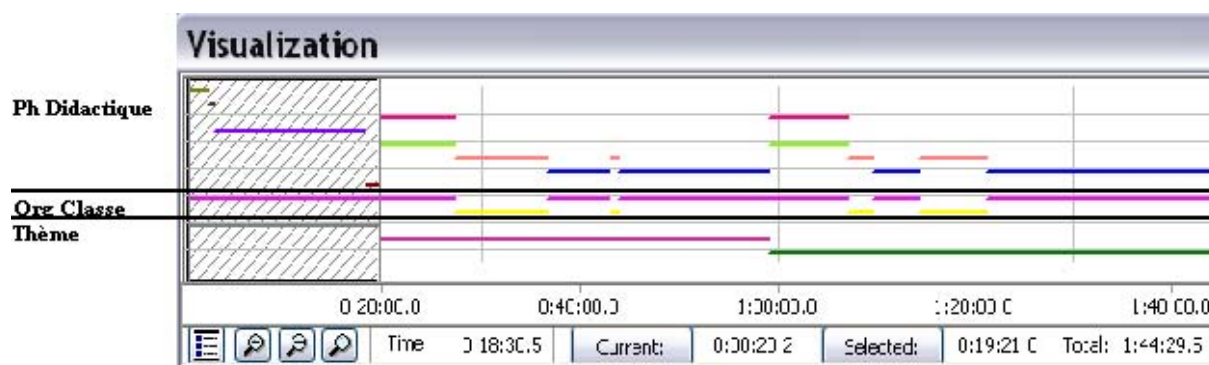


Figure 10. Visualisation de la relation entre thème, phase didactique et organisation de classe.

Le graphique 10 indique la relation temporelle qui peut exister entre le thème, les phases didactiques et les organisations de la classe. La partie hachurée indique la plage horaire concernant le thème 3 et de haut en bas nous avons : phase didactique (introduction de séance et de cours, cours magistral et clôture de cours), organisation de classe (classe entière) et en bas le thème 3 qui débute cette deuxième séance. Si nous indiquons par le curseur un trait

vertical qui correspond à un moment déterminé dans le thème, nous pouvons dire que le savoir en jeu se manifeste dans une phase didactique « x » et dans une organisation de la classe « y ». Ainsi le logiciel Transana permet de visualiser et de traiter une mise en relation entre ces trois dimensions qui ont été découpées indépendamment

A partir de ce découpage de la séance en thème, nous prenons chaque clip de thème que nous isolons et nous commençons l'analyse fine du point de vue du savoir en jeu (les sous thèmes).

Méthode de découpage en sous thèmes

Rappelons qu'en raison du caractère continu (du temps) que nous voulons sauvegarder dans nos découpages, nous avons inséré, au moment du repérage thématique, certains passages qui, du point de vue du savoir spécifique, auraient pu être isolés (gestion de travail, gestion de la classe etc). Cependant, pour l'analyse fine en sous thèmes, nous séparons les parties qui concernent le savoir en jeu de ces gestion de travail et de classe. Ce savoir en jeu spécifique est délimité selon des passages indiqués par des marqueurs langagiers du genre « **maintenant on va exprimer P dans le système d'axe** ». Nous expliquons la méthode qui nous permet d'identifier le changement de sous thème à partir d'un exemple tiré de la deuxième séance dans la classe 2. Il s'agit de déterminer l'expression du travail du poids d'un système qui se déplace d'une altitude z_1 à z_2 ($z_1 > z_2$). L'enseignant a dessiné au tableau un objet qui se déplace, il a tracé un système d'axe (x, y, z) et a pris une base (O, i, j, k). Il a utilisé les résultats de la séance précédente (le travail d'une force conservative ne dépend pas du chemin suivi, il dépend de la position de départ et d'arrivée), ce qui lui permet d'écrire l'expression : $W(\mathbf{P}) = \mathbf{P} \cdot \mathbf{AB}$ (sous thème appelé « Expression du travail du poids »).

P_ Alors maintenant voilà ce qu'on a... on va chercher on va représenter donc.../voilà la force appliquée le poids P... et exprimer les coordonnées/Position de départ on note ça A/ position d'arrivée on note ça B/On avait vu que donc P était une force constante/ le travail de P est égale à $\mathbf{P} \cdot \mathbf{AB}$ /Force constante travail du poids c'est P scalaire \mathbf{AB} / $\approx <385250>$ Maintenant on va exprimer P dans le système d'axe là/Quelles sont les composantes en fonction de i, j et k/ j, i et k quelles sont les composantes du poids dans le système d'axe/Quelles sont les composantes de ce vecteur là/ Oui (...)/

A l'instant 385250 ms nous remarquons un changement d'objet d'étude, il est identifié par le marqueur langagier « maintenant on va exprimer P dans le système d'axe ». Nous considérons qu'il y a inclusion d'un autre sous thème à l'intérieure de celui qui est en train de se dérouler, que nous intitulos : « Coordonnées des vecteurs poids et déplacement et des points A et B ». Ce sous thème débutant par le marqueur langagier « maintenant on va exprimer P dans le système d'axe » se termine par un autre marqueur langagier « Donc finalement on aura quoi/ $\mathbf{P} \cdot \mathbf{AB} = P(z_B - z_A)$ » qui exprime la fin de la détermination des coordonnées du vecteur déplacement et du vecteur P. Le professeur peut alors poursuivre l'étude de l'expression du travail du poids (transcription ci-dessous)

P_ on aura quoi/ k.k vaut combien.../ k.k vecteur unitaire hein vaut vous parlez fort.../ élève_1/

P_1/ vecteur unitaire k.k vaut 1/ $\approx <640910>$ Donc finalement on aura quoi/ $\mathbf{P} \cdot \mathbf{AB} = -P(z_B - z_A)$ / voilà/ Donc le travail du poids de A vers B égale à.../ je remplace P par quoi mg.../ $-mg(z_B - z_A)$ (...)

La fin du sous thème inclus est donc indiquée par la balise à l'instant 640910 ms, elle indique aussi la poursuite du sous thème principal « Expression du travail du poids ».

Forme de structuration d'un thème

La figure 11 montre la structuration du thème 3 en sous thèmes dont un sous thème qui est spécifique à l'objet d'étude (sous thème encadrant), un autre sous thème (sous thème inclus appelé « Coordonnées de vecteurs poids et déplacement »). Ces deux sous thèmes sont précédés d'un passage qui n'est pas spécifique au savoir en jeu, ici il s'agit de gestion de classe (appel pour identifier d'éventuel absent, ce qui permet à l'enseignant d'effectuer la partie administrative).

Chacun de ces sous thèmes est identifié par des mots clés qui représentent leur titre, ces derniers sont introduits dans les clips correspondants et mis dans les collections appropriées comme le montre la figure 9.

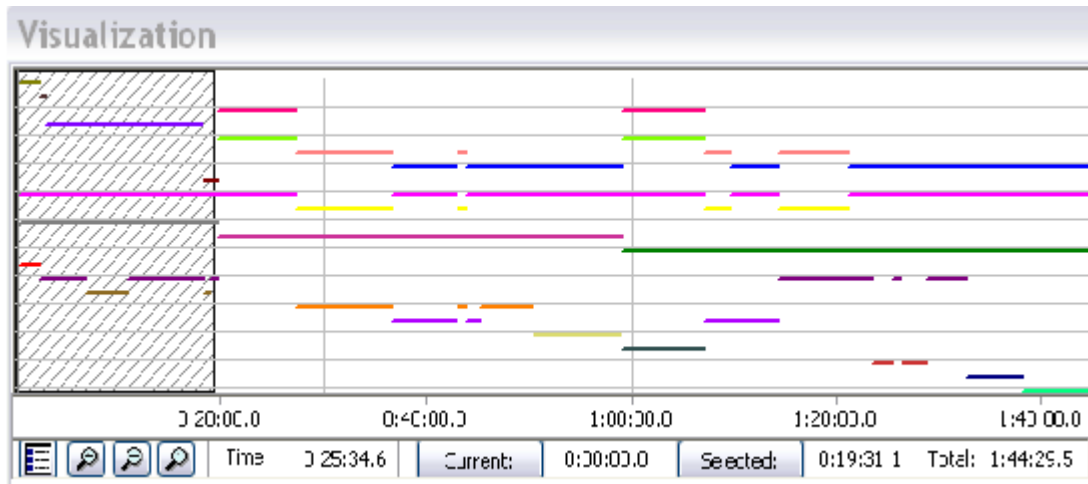


Figure 11. Structuration du thème 3 : partie hachurée en bas.

Ainsi la structuration du thème 3 est donnée en « temps réel » par la figure 11 et en termes de collection par la figure 9.

En résumé voici la structuration d'un thème.

- Collection thème (accompagnée de son clip)
- Collection « phases didactiques » (clips correspondant aux parties des phases didactiques qui sont internes au thème)
- Collection « organisation classe » (clips correspondant aux parties des organisations de la classe qui se situent au sein du thème)
- Collection savoir à analyser (clip correspondant aux savoirs spécifiques (ici les sous-thèmes) dans le thème)
- Collection organisation du travail et gestion de la classe (clips qui regroupent toutes les étendues qui ne correspondent pas aux savoir spécifiques)

Méthode d'analyse des thèmes

Les thèmes se structurant quasiment manière que celle montrée dans le cas du thème, l'analyse consiste à les présenter (position dans les différentes séances, durée, structuration en termes de sous thèmes qui constituent le savoir spécifique en jeu), à identifier le but que vise un thème en y adjoignant les ressources nécessaires (fiche d'activité ou d'exercices etc), en fin à analyser de l'avancée du savoir (la chronogenèse) et la position des acteurs par rapport à

cette avancée (la topogénèse). Cette deuxième phase de l'analyse se fait en s'appuyant sur les portions de phases didactiques et d'organisation de la classe qui accompagnent le thème.

La rédaction de la première partie de cette analyse (présentation du thème) se fait principalement sous forme de tableaux et de graphiques accompagnés de textes explicatifs. La deuxième partie (avancée du savoir et position des acteurs) est faite en adoptant le style narratif.

Introduction des ensembles conceptuels

Reprenons la question numéro 2 de notre cadre théorique : Quelles sont les pratiques d'enseignement dans chaque classe et comment les comparer ?

Certes, les développements relatifs aux méthodes de découpage et d'analyse des thèmes et sous thèmes permettent de répondre au premier volet de la question (caractérisation de chaque classe). La difficulté c'est qu'en ce qui concerne le savoir en jeu, nous sommes confronté à un nombre important de sous thèmes que les séquences ont générés (70 pour la classe 1 et 103 pour la classe 2). Il est apparu que ces sous thèmes, dans leur majorité, sont différents du point de vue du savoir spécifique en jeu entre les deux classes. Il est donc clair que cette première approche reste insuffisante pour établir des éléments de comparaison entre les pratiques de deux classes Or il s'agit là de l'un des objectifs de notre recherche. C'est pourquoi, depuis l'analyse des programmes jusqu'à l'analyse au niveau mésoscopique, nous cherchons des similitudes et des différences. En vue d'homogénéiser les analyses du savoir dans les deux classes et de les comparer, nous sommes remontés aux programmes pour définir et identifier des catégories appelées « ensembles conceptuels » communes aux deux programmes. Nous avons alors analysé chaque thème à partir de ces catégories en prenant le point de vue suivant. Au sein de chaque thème, nous cherchons les objets d'étude que nous identifions aux différents ensembles conceptuels que nous avons définis. Une fois identifié l'objet d'étude à une échelle de temps de l'ordre de la minute ou moins, nous codons dans la base de données, à partir de la transcription et de la vidéo, tous les mots et expressions relatifs à des concepts qui sont alors introduits dans le clip qui lui-même est classé dans l'ensemble conceptuel correspondant à l'objet d'étude. Notons que ces mots/expressions peuvent être différents d'un objet d'étude à un autre.

Nous sommes en présence d'une autre méthode de découpage différente de celle utilisée pour les sous thèmes.

Construction des ensembles conceptuels

Les ensembles conceptuels que nous utilisons sont les suivants. Ils sont identifiés à partir des deux programmes.

- énergie ;
- forme ou adjectif qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours,
- forme ou adjectif qualifiant l'énergie en physique ;
- forme d'énergie stockée ;
- mode de transfert d'énergie (travail mécanique, travail électrique, transfert thermique, rayonnement) ;
- système ;
- chaîne énergétique ;

- changement de forme d'énergie (transformation d'énergie) ;
- variation/évolution énergie stockée ;
- variation de quantité d'énergie transférée ;
- conservation d'énergie, processus de modélisation et fonctionnement de la physique, puissance
- et vitesse successive (détermination de vitesses successive d'un objet en chute libre à partir d'un document).

Il s'agit donc de recenser les mots et expressions qui font référence aux phénomènes énergétiques et qui sont utilisés quand un ensemble conceptuel est à l'étude dans un thème. La contrainte du logiciel Transana fait qu'un clip ne peut pas contenir deux fois le même mot clé. Nous avons donc décidé de couper un clip dès la deuxième apparition du même mot ou expression. Il faut noter aussi que nous ne prenons pas en compte les redites (un même mot/expression répété par le même interlocuteur, repris par l'un des interlocuteurs etc). Nous avons aussi coupé en clips dès qu'il y a un changement d'idée qui est identifié en général par un marqueur langagier : par exemple « et si on avait... », « et l'objet... » etc.

A chaque micro clip, les mots clés associés sont les mots et expressions recensés. Donc chaque mot ou expression recensé est codé comme mot clé dans la base de données Transana.

Chaque micro clip découpé est logé dans une collection qui est imbriquée à la collection « thème » correspondante comme le montre la figure 12

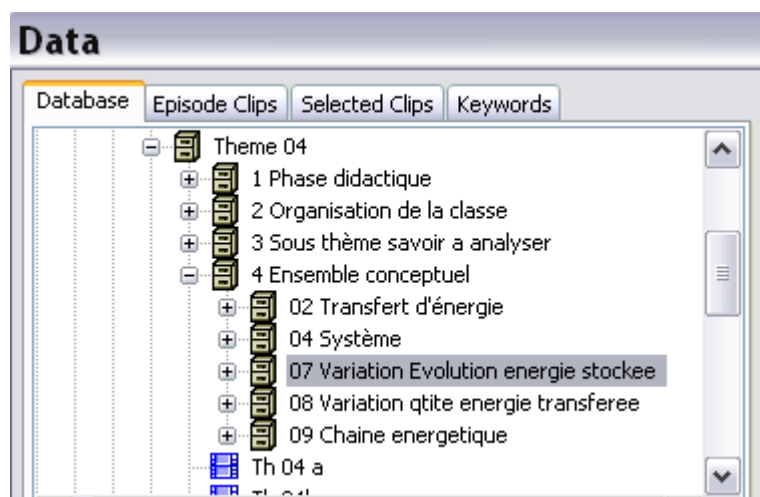


Figure 12. Visualisation de la collection d'ensemble conceptuel « variation/évolution énergie stockée » dans le thème 4

Nous illustrons un exemple de construction d'un ensemble conceptuel à partir d'un extrait qui dure environ 3 minutes, (de 139286 ms à 314765 ms) lui-même découpé en micros clips.

Nous décrivons d'abord la situation.

Cet extrait est pris dans le thème 4, dans la classe 1, intitulé : « chaîne énergétique en termes d'identification de noms des systèmes, des modes de transferts et de variation d'énergie stockée par les systèmes en interaction ». Dans cet extrait, l'objet d'étude est le comportement des systèmes en interaction, du point de vue variation et évolution de l'énergie stockée. L'étude se fait à l'aide d'une chaîne énergétique schématisée sur une feuille, qui comprend de

gauche à droite une pile, un moteur, un objet et l'environnement.

L'exemple d'ensemble conceptuel que nous donnons est nommé : « variation/évolution énergie stockée » ainsi qu'il est visualisé dans la figure 12. Dans la transcription qui suit, les balises de temps indiquent les coupures en micros clips. Nous avons mis en gras les mots et expressions codés pour cet ensemble conceptuel.

P_ (...) [⌘]<139286> Donc dans le **modèle** on vous dit qu'un **transformateur**...un **objet** est un transformateur s'il **donne autant d'énergie** qu'il en reçoit/ Et le **moteur** vous l'avez mis dans les transformateurs/ Donc

Charles_ça reste le même/

P_...ça veut dire que **l'énergie du moteur est constante**/ Que toute l'énergie qu'il reçoit et bien il la redonne...à l'objet./

[⌘]<159244>Laurence_...inaudible/

P_ la **pile son énergie diminue** oui/ Donc elle diminue parce que **elle en donne une partie** ...au **moteur**/

Laurence_...Le moteur en reçoit plus.../

P_ il en reçoit plus que quoi/

Elève_ .../

[⌘]<180332>P_ Ce qu'on regarde là c'est effectivement **l'énergie stockée**...par les **systèmes**/ Je comprends pas quand tu dis heu... Laurence quand tu dis **il en reçoit plus**/[⌘]<197738>Mais si vous voulez vous pouvez très bien penser que le **moteur reçoit plus d'énergie** que ce qu'il en **donne**/ Le problème c'est que vous êtes en **désaccord avec le modèle** là/ Il faut que vos réponses soient cohérentes et en **accord avec le modèle**/ Et dans le modèle on vous dit qu'un **transformateur** c'est...**il donne autant qu'il reçoit**/[⌘]<217677>Et ensuite le...**l'objet**/ **L'énergie stockée** par l'objet/ Oui/

Elève_ augmente/

P_ elle augmente/ Laurence ce que tu disais tout à l'heure/ En fait je pense que...quand tu parlais **d'énergie qui augmente** d'ailleurs tu me disais parce que la **vitesse de l'objet augmente**/ Et donc ça c'est **l'énergie de l'objet** en fait dont tu parles/[⌘]<244979> Et **l'environnement**/

Elève_ .../

P_ Si on regarde sur le **schéma** ici l'environnement il fait que **recevoir de l'énergie** hein/ Donc heu...son **énergie ne peut que augmenter**/ Tout comme d'ailleurs la **pile** elle fait que **en donner**/ Donc c'est normal que son **énergie diminue**/[⌘]<267439>Vous vous taisez s'il vous plaît/ Vous vous taisez/[⌘]<273917>On a dit pour l'**environnement l'énergie stockée augmentait** et c'est vrai que sur le **schéma** si on regarde le schéma c'est un des intérêts d'un schéma c'est visuellement on a une image/ C'est pour ça que vous avez hésité/ mais en tout cas **il donne et il reçoit** et l'environnement il y a q... les flèches ne font que arriver/ Donc **fait que recevoir**/

Laurence_ Et l'**objet**/

P_ Et l'objet/ Alors l'objet heu...c'est pareille y a des ...des **flèches** par contre ce qu'on sait sur l'objet ce qui est donné dans l'énoncé... et dont vous servez pour répondre là/ Oui Jessica/

Jessica_ .../

P_ Sa **vitesse augmente**/ Donc on est dans une **phase** où l'objet est en train de ...de **recevoir plus d'énergie qu'il ne donne**/ Par contre si sa **vitesse diminuait** se serait le contraire/[⌘]<314765>

Nous avons fait une coupure au moment 159244 ms qui se justifie par la reprise du mot « moteur » et l'intervention d'un autre interlocuteur. S'il n'y avait pas ce mot « moteur », cette partie pourrait intégrer le clip (139286-159244 ms)

La coupure au moment 180332 ms est justifiée par la reprise de l'expression « reçoit plus d'énergie » et par un changement d'interlocuteur qui circonscrit le sujet de discussion. La seule clarification du sujet de discussion est un critère qui permet de faire la coupure à cet endroit.

Dans cette clarification d'idée, le même interlocuteur reprend la même expression « reçoit plus d'énergie », ce qui justifie la coupure au moment 197738 ms.

La coupure au moment 217677 ms s'explique par une continuation dans la correction, ce que nous considérons comme un changement ou une poursuite de l'idée avec le marqueur langagier « et ensuite l'objet ».

La création du micro clip ((244979-267439 ms) est liée à l'occurrence de l'expression « énergie augmente ».

Les petits intervalles (267439 ms et 273917 ms) de gestion de classe sont aussi utilisés pour la création de micros clips. En plus de ce petit intervalle de gestion de classe, il y a le mot « environnement » qui revient une deuxième fois. Il faut remarquer que dans ce dernier micro clip (273917-314765 ms), un interlocuteur « Laurence » intervient, mais c'est dans la poursuite du sujet et en plus, aucun mot n'est repris une deuxième fois. Cet exemple montre la variété des mots clés qui peuvent être associés à un ensemble conceptuel.

Méthode d'analyse des ensembles conceptuels

L'analyse des ensembles conceptuels repose sur l'exploitation des nombres de mots et expressions recensés. Nous avons précisé à chaque fois les conditions dans lesquelles un mot ou expression est utilisé par les caractéristiques suivantes : le thème, le registre sémiotique, la phase didactique et l'organisation de classe, les mondes (objets/événements-théorie/modèles) et l'ensemble conceptuel. Par la suite, nous utilisons l'expression « conditions » pour qualifier le contexte (d'après nos dimensions) dans lequel un mot est mis en jeu dans la classe.

Le logiciel Transana peut être utilisé pour visualiser les thèmes où un ensemble conceptuel est présent et le nombre de mots qui s'y trouvent. Il peut également être utilisé pour des calculs d'occurrences des mots/expressions se trouvant dans des ensembles conceptuels différents.

Nous nous sommes servi de cette deuxième fonction au cours de l'analyse microscopique. Notons que nous qualifions cette analyse de microscopique parce que les mots/expressions sont des énoncés qui ont une durée de l'ordre de la seconde.

Le logiciel Transana peut donner pour tout un mot clé (mot/expression dans le niveau microscopique) le nombre de micros clips où il est présent. Le regroupement de ces clips par mot/expression énoncé dans les mêmes conditions est fait à l'aide du logiciel SPSS

Nous donnons un exemple de calcul du nombre de fois qu'un mot est utilisé (tableau 3) : cela équivaut au nombre de micros clip où il a été introduit au moment de l'analyse au niveau microscopique. Ce calcul se fait grâce au logiciel SPSS.

Tableau 3 Exemple de calcul du nombre d'utilisation d'un mot/expression.

| nergieCELSt-Ex - Editeur de données SPSS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|---------|-------|-------|------|------|-----|--------|-------|-------|
| Edition Affichage Données Transformer Analyse Graphes Outils Fenêtre Aide | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| iscencp 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | motterme | mtmmoe | v | v | v | v | v | v | v | v | f | ensce | regists | pd | lecte | con | intr | rap | resusy | theme | |
| 7 | Reservoir | MTM Physique No | 0 | 1 | . | . | . | . | . | . | . | 1 | Chaîne | Langa | Dév | Lect | Pa | Pa | 0 | Pas d | TH03C |
| 8 | Reservoir | MTM Physique No | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | Energi | Langa | Dév | Lect | Pa | Pa | 0 | Pas d | TH03C |
| 9 | Reservoir | MTM Physique No | 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | Systè | Langa | Cor | Pas | Pa | Pa | 0 | Pas d | TH04C |
| 10 | Reservoir | MTM Physique No | 1 | 0 | . | . | . | . | . | . | . | 1 | Forme | Langa | Clô | Pas | Pa | Pa | 0 | Pas d | TH08C |
| 11 | Reservoir | MTM Physique No | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | Modes | Langa | Cor | Pas | Pa | Pa | 0 | Pas d | TH09C |
| 12 | Reservoir | MTM Physique No | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | . | 5 | Chaîne | Langa | Cor | Pas | Pa | Pa | 0 | Pas d | TH11C |
| 13 | Reservoir | MTM Physique No | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | Variati | Langa | Cor | Pas | Pa | Pa | 0 | Pas d | TH12C |
| 14 | Reservoir d | MTM Physique No | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | . | . | 1 | Forme | Langa | Dév | Lect | Pa | Pa | 0 | Pas d | TH07C |

Dans le tableau 3 nous avons visualisé le mot « réservoir ». Les numéros des lignes (de 7 à 13 colonne de gauche) facilitent le repérage de chaque mot ou groupe de mots. Nous voyons que ce mot appartient au monde de la théorie/modèles (colonne qui suit tout juste le mot à droite), il appartient au savoir nouveau (qui est étudié du point de vue de l'énergie). Les colonnes qui suivent (v) représentent le nombre de micros clips où apparaît ce mot. La colonne nommée f qui suit donne le nombre de clips (l'occurrence) pour chaque mot. Ensuite viennent respectivement l'ensemble conceptuel, le registre sémiotique, la phase didactique et ses particularités (introduction, rappels, lecture et explication de texte) et le thème. Ainsi si nous prenons ce mot dans un ensemble conceptuel, par exemple « chaîne énergétique » (lignes 7 et 12), il apparaît 6 fois dans deux conditions différentes : 5 fois dans la ligne 12 (MTM physique nouveau, chaîne énergétique, langue naturelle, correction d'activité et thème 11) et 1 fois dans la ligne 1 (MTM physique nouveau, chaîne énergétique, langue naturelle, développement cours magistral (avec lecture et explication de texte) et thème 3.

Pour chaque ensemble conceptuel, nous avons calculé les nombres de mots et expressions dans les différents clips, ce qui nous donne une sorte de distribution du nombre de mots et expressions selon les ensembles conceptuels et les thèmes (annexe 3). L'exploitation de ces tableaux nous indique le nombre de mots et expressions utilisés par classe et par organisation de classe : 3085 pour la classe 1 dont 1703 en classe entière et 1382 en groupe ou mixte et 3084 pour la classe 2 dont 3009 en classe entière et 75 en groupe. Toutes les analyses que nous faisons avec les ensembles conceptuels au niveau microscopique partent de ces nombres et nous utilisons généralement le pourcentage par rapport au nombre total par organisation de classe.

A partir de ce calcul nous faisons d'abord une analyse globale en fonction des pourcentages des mots/expressions utilisés, de la durée de l'enseignement et de la distribution des ensembles conceptuels par organisation de classe. Ensuite nous nous intéressons aux conditions d'utilisation de certains ensembles conceptuels et nous faisons aussi une analyse de ces mots et expressions en termes de mondes (objets/événements-théorie/modèles) et de registres sémiotiques.

Méthode de vérification de la cohérence des reconstructions du savoir enseigné

D'une manière interne, au niveau microscopique, nous avons également procédé à une vérification de notre identification des mots et expressions. Cette identification n'est pas automatique dans le logiciel Transana. Nous avons codé, à partir du visionnement de la vidéo

et/ou de la lecture de la transcription, les mots et expressions en les identifiant comme des mots clés de la base de données que nous avons construite.

Pour vérifier la cohérence de cette analyse avec celle des thèmes, nous avons comparé ces mots et expressions de certains thèmes, en tenant compte de leur occurrence, avec les titres des thèmes. Cette première vérification nous permet d'assurer la cohérence entre les mots et expressions utilisés et le titre qui est attribué au thème.

Une deuxième vérification a été réalisée avec une méthode d'analyse automatique proposée sur la base de données CLAPI (<http://clapi.univ-lyon2.fr>). Une recherche automatique de tous les mots utilisés dans un discours peut être faite si le discours est transcrit de manière compatible avec ce logiciel, ce qui est notre cas puisque notre transcription a été faite avec Transana. La contrainte qu'il faut respecter dans cette deuxième vérification est que le texte de la transcription (Transana) doit être conforme aux normes utilisés par CLAPI (norme ICOR). La méthode que nous avons utilisée est la suivante : pour contrôler la cohérence de notre façon de coder, dans le discours de la classe, les mots et expressions faisant référence à l'énergie, nous comparons nos résultats dans un certain nombre de thèmes avec ceux issus de la base de données CLAPI. La position des mots et expressions du point de vue de la fréquence d'apparition dans le texte de la transcription doit être en accord avec celle qui est sortie par la base de données CLAPI. Donc en soumettant des textes issus de la transcription (Transana) à la base de données CLAPI, nous avons pu vérifier que les mots et expressions, qui relèvent de l'énergie, et qui appartiennent à un thème donné, respectent leur position du point de vue du nombre d'utilisation dans les résultats de la base de données CLAPI. Ainsi cette base de données, qui recense tous les mots sans distinction, nous a permis de vérifier la cohérence des mots et expressions (qui font référence à l'énergie) utilisés dans chaque thème.

Méthodes utilisées pour les liens entre pratiques de classe et performances des élèves

Q3. Quels liens peuvent être établis entre le discours et les activités de la classe d'une part, l'acquisition par les élèves des concepts dans le champ de l'énergie d'autre part ?

Pour répondre à cette question, nous présentons d'abord les données et la façon dont nous les avons recueillies, ensuite la méthode utilisée pour les traiter et les analyser.

Données recueillies

Les données qui permettent d'évaluer les acquisitions des élèves sont : les copies des élèves concernant le devoir surveillé (chaque classe a fait un devoir surveillé durant la séquence) et un questionnaire administré avant et après enseignement.

Nous n'avons exploité que le questionnaire avant et après enseignement.

Ce questionnaire a été préparé à partir des deux programmes de physique dans leur partie concernant les phénomènes énergétiques. Ensuite il a été testé une première fois dans les deux lycées à des intervalles différents (début septembre 2005 dans un des lycées de la ville où se trouve la classe 1 et début octobre dans le lycée où se trouve la classe 2, avec des élèves qui vont débiter la terminale (les cours n'ayant pas encore commencé)). Il a été modifié à la suite de ce test. Du fait du démarrage des cours dans le lycée d'appartenance de la classe 2, il a été administré sans avoir subi un deuxième test. Donc c'est le questionnaire qui a subi une seule modification qui est administré dans les deux classes. Cette contrainte de temps explique que certaines questions n'ont pu être exploitées du fait d'ambiguïtés apparues ultérieurement. Ce

questionnaire est donné en annexe 4.

L'administration s'est d'abord faite dans la classe 2 en octobre 2005, puis une deuxième fois en début janvier 2006, tout juste après les vacances de Noël. Dans la classe 1, il a été administré pour une première fois en mi janvier 2006, ensuite une deuxième fois au début du mois de mars 2006, après les vacances d'hiver.

Méthodes de traitement

Toutes les réponses sont introduites, après codage, dans le logiciel SPSS puis ont subi un traitement suivant les requêtes données au logiciel.

Nous nous sommes intéressés aux résultats globaux dans chaque classe. Nous avons calculé pour chaque question posée les pourcentages globaux de réponses de la classe que nous jugeons adéquates (du point de vue de la physique) avant et après enseignement.

Méthode d'analyse

Pour analyser, le questionnaire nous avons repris les principaux ensembles conceptuels et nous avons regroupé les questions selon ces ensembles.

Ainsi suivant l'analyse mésoscopique et microscopique du savoir enseigné, nous centrons cette analyse sur les catégories suivantes:

A. Fonctionnement des sciences et processus de modélisation (Q1 à Q3)

Ce premier regroupement se réfère à l'ensemble conceptuel « Processus de modélisation et fonctionnement du savoir (physique).

B. Termes relatifs à l'énergie utilisés dans la vie de tous les jours et/ou en physique (Q4 et Q5).

Il se réfère aux ensembles conceptuels « formes ou adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours » et « formes ou adjectifs qualifiant l'énergie en physique au niveau microscopique et macroscopique »

C. Etude de systèmes en interaction : identification des systèmes et modes de transfert d'énergie (Q6 avec les sept situations) et plus spécifiquement :

C₁. Identification des systèmes qui fournissent ou qui reçoivent de l'énergie. (Système qui fournit de l'énergie et Système qui reçoit de l'énergie)

Il se réfère à l'ensemble conceptuel « système »

C₂. Identification des systèmes susceptibles de stocker de l'énergie (Système qui est en train de stocker de l'énergie) et formes sous laquelle l'énergie est stockée.

Ce regroupement se réfère aux ensembles conceptuels « système » et « forme d'énergie stockée »

C₃. Modes de transfert d'énergie entre systèmes (Mode(s) du transfert de l'énergie à partir de ce système et Mode(s) du transfert de l'énergie à ce système).

Ce regroupement se réfère aux ensembles conceptuels « système » et « modes de transfert d'énergie ».

D. Transfert d'énergie par travail mécanique (Q7)

Ce regroupement se réfère au sous-ensemble conceptuel « travail mécanique »

E. Formes d'énergie stockée et conservation de l'énergie

Ce regroupement se réfère aux sous-ensembles conceptuels « forme d'énergie stockée » et « conservation de l'énergie ».

F. Identification d'un système en termes de réservoir et de transformateur, formes d'énergie stockée et modes de transfert d'énergie (Q9)

F₁. réservoir et transformateur. (Q 9.1)

Il se réfère aux ensembles conceptuels « système » et « chaîne énergétique »

F₂. Formes d'énergie stockée (Q9. 2)

L'ensemble conceptuel de référence est : « forme d'énergie stockée »

F₃. Modes de transfert d'énergie entre systèmes (Q9. 2).

Les ensembles conceptuels de référence sont : « modes de transfert d'énergie » et « système »

Nous donnons une tendance générale de l'évolution des réponses des élèves par classe dans chacune de ces catégories et enfin une synthèse permettra de tirer un bilan reprenant ce qui semble acquis (ou ce qui paraît ne pas être acquis) dans les deux (ou dans l'une des deux) classes.

Troisième partie. Analyse des programmes de physique des deux pays

Introduction.

Les questions auxquelles nous cherchons à répondre sont : quelles sont les organisations conceptuelles de chacun des programmes, leurs similarités et leurs différences ? Comment les processus de modélisation sont-ils mis en œuvre dans la partie concernant l'énergie des programmes officiels de physique au lycée en France et au Sénégal ?

Les réponses à ces questions nécessitent d'analyser les parties des deux programmes concernant l'énergie. Nous proposons dans ce qui suit d'analyser les contenus, les processus de modélisation et les relations entre les différents concepts mis en jeu.

Filières d'enseignement concernées par l'étude

Les sciences physiques sont enseignées dans les séries scientifiques (S) et littéraires (L) dans les deux pays (le Sénégal et la France). Mais nous nous intéressons surtout à la classe de première des séries scientifiques dans la mesure où c'est à ce niveau que les phénomènes énergétiques sont enseignés dans les deux pays.

Les séries scientifiques constituent un seul ensemble en France (première et terminale) dénommées série S, la seconde ne comporte pas de filières. Au Sénégal dès la seconde les orientations dans les séries littéraires (L), scientifiques et techniques se précisent (S et T). Les séries scientifiques qui nous intéressent sont constituées de S_1 , S_2 , et S_3 . Les séries S_1 et S_2 sont dans les lycées d'enseignement général et la série S_3 dans les lycées d'enseignement technique et professionnel. Les élèves orientés dans les séries S_1 et S_2 sont regroupés dans une même classe de seconde ; l'orientation définitive se fera en première où les classes seront séparées. Quant à l'orientation dans les filières S_3 , elle se fait dès la seconde. Le coefficient que l'on multiplie à la note (sur 20) obtenue au moment des compositions ou à l'examen du baccalauréat dans chaque série est une caractéristique de la série dans le système éducatif sénégalais. Il donne le caractère dominant de la matière dans une série. C'est ainsi que nous avons la série S_1 , avec les mathématiques et les sciences physiques comme matières dominantes du fait de leur coefficient, alors que dans la Série S_2 ce sont les sciences de la vie et de la Terre (SVT), les mathématiques et les sciences physiques qui constituent les matières dominantes pour les mêmes raisons. Dans la série S_3 se sont les mathématiques, les sciences physiques et la construction mécanique qui sont affectées de coefficients faisant d'elles les matières dominantes (tableau 4).

Tableau 4. Séries et coefficients attribués à chaque niveau de la seconde à la terminale.

| Matières dominantes | Séries concernées | Seconde | Première | Terminale |
|---|-------------------|---------|----------|-----------|
| Mathématiques | S ₁ | 5 | 8 | 8 |
| | S ₂ | 5 | 5 | 5 |
| | S ₃ | 5 | 8 | 8 |
| Sciences physiques | S ₁ | 5 | 8 | 8 |
| | S ₂ | 5 | 6 | 6 |
| | S ₃ | 5 | 8 | 8 |
| Sciences de la Vie et de la Terre (SVT) | S ₁ | | | |
| | S ₂ | 5 | 6 | 6 |
| | S ₃ | | | |

Le coefficient affecté aux sciences dans les trois séries est le même : 5. C'est en première que se fait la différence. Pour l'enseignement des sciences physiques, les séries S₁ et S₃ se voient affecter un coefficient 8.

Nous allons nous intéresser à ces deux séries (S₁ et S₃). Elles ont le même programme de physique et de chimie de la seconde à la terminale et aux épreuves du baccalauréat les élèves subissent les mêmes épreuves.

L'analyse des contenus à enseigner (en seconde et en première) dans les deux programmes se centre sur :

- les notions demandées en secondes qui pourront être réutilisées en première (force, mouvement, interaction etc).
- la partie concernant les phénomènes énergétiques au niveau de la première.

Les contenus à enseigner dans les deux programmes

Dans cette partie nous allons nous intéresser à la répartition des contenus d'enseignement dans les deux niveaux (seconde et première), aux types d'organisations institutionnelles (forme d'organisation des cours (TP, Cours magistraux, travaux dirigés), à la répartition des heures suivant ces types d'organisation etc) et aux approches que chaque programme utilise pour l'enseignement des phénomènes énergétiques. Le but de cette analyse est de caractériser chaque programme en termes de contenus, d'organisations institutionnelles et de fil conducteur (approche et progression) et d'identifier les caractéristiques qui leur sont communes.

Le programme sénégalais préconise trois types d'organisation pour l'enseignement des sciences physiques.

Dans une première forme, le professeur fait un cours avec la classe entière. Il lui est loisible de faire, durant cette séance, une ou des expériences sur sa paillasse et de les exploiter avec les élèves (TP-cours). Il peut aussi décider de faire un cours magistral.

Une deuxième forme d'organisation consiste à faire des expériences avec les élèves. Dans ce cas il est souhaitable que la classe soit divisée en deux. Ce type d'organisation est appelé « travaux pratiques :TP ».

Une troisième forme d'organisation consiste à faire travailler les élèves sur des exercices en groupe ou individuellement. Ce type est appelé « travaux dirigés : TD ». Durant ces TD les élèves appliquent et/ou approfondissent les notions vues durant le cours magistral.

Il faut aussi remarquer une quatrième organisation dont nous n'avons pas tenu compte dans notre corpus, il s'agit d'utiliser les heures consacrées aux travaux dirigés pour des devoirs surveillés.

Le programme donne des indications horaires pour les trois premières formes d'organisation en fonction des contenus comme le montrent les tableaux 5 et 8.

Le programme français demande de faire des travaux pratiques (TP) où les élèves font des expériences (en général en binômes). Dans cette forme d'organisation la classe est divisée en deux.

Une deuxième organisation est préconisée, où toute la classe est présente. C'est dans ce type que se font les cours magistraux, les activités qui prolongent les TP et les exercices.

Le document officiel (que nous reproduisons partiellement) donne à titre indicatif le nombre de TP et le nombre d'heures pour chaque contenu d'enseignement (tableaux 5 et 8).

Les contenus à enseigner en seconde

Le but de cette étude est d'identifier dans les deux programmes les éventuelles notions qui peuvent contribuer directement ou indirectement à l'enseignement de l'énergie en classe de première.

Le programme des sciences physiques au Sénégal est organisé autour de thèmes que l'on retrouve dans l'enseignement de la physique dans les classes supérieures (les premières années de l'université). En seconde déjà, l'enseignement de la physique propose les rubriques suivantes : électricité, électronique, mécanique et optique (tableau 5).

Le programme des sciences physiques en France est organisé en thèmes d'enseignement qui recouvrent des parties de notre univers matériel : l'exploration de l'espace, l'univers en mouvement et le temps ; l'air qui nous entoure (tableau 5).

Le programme sénégalais en seconde

Au niveau de la seconde l'enseignement de la physique est subdivisé en trois parties : électricité, mécanique et optique (tableau 5).

Dans la partie « électricité et électronique », les notions suivantes sont traitées : phénomènes d'électrisation, généralités sur le courant électrique, intensité du courant électrique, tension électrique, dipôles passifs, dipôles actifs et amplificateur opérationnel (amplification d'une tension).

Dans la partie optique, nous retrouvons les notions suivantes : propagation rectiligne de la lumière, réflexion et réfraction de la lumière.

La partie mécanique est constituée de cinq grands chapitres : généralités sur le mouvement, vitesse, généralités sur les forces, masse et poids, la relation entre poids et masse, équilibre d'un solide sous l'action de forces non parallèles et équilibre d'un solide mobile autour d'un axe.

Le programme français en seconde

Ce programme est divisé en trois thèmes :

- Exploration de l'espace
- L'Univers en mouvement et le temps
- L'air qui nous entoure (tableau 5)

Dans le premier thème « exploration de l'espace » les différentes échelles de longueurs sont présentées, ensuite viennent en deuxième chapitre des concepts relatifs à l'optique.

C'est dans le thème II « l'Univers en mouvement et le temps » que la mécanique est abordée.

Dans le thème III « l'air qui nous entoure », le programme français étudie à travers l'air les différents niveaux d'appréhension (macroscopique et microscopique) du monde naturel.

Nous remarquons que dans ces programmes, l'accent est mis sur la sensibilisation aux ordres de grandeurs de distances et de temps du monde observable. Une différence existe entre les titres donnés. Le programme sénégalais utilise dès la seconde les termes habituels de physique (électricité, mécanique etc) alors que celui de la France est plus proche d'un découpage de l'environnement (espace, univers, air).

Tableau 5. Contenus d'enseignement au niveau de la seconde dans le programme des deux pays.

| Programme sénégalais (S ₁ , S ₂ et S ₃) | | | | Programmes français | | |
|---|----------------|-----|------------|-------------------------------------|--------------|---------|
| Niveau seconde | | | | | | |
| Domaines d'enseignement | Cours /TPcours | TP | TD/Devoirs | Thèmes d'enseignement | Nombre de TP | H en CE |
| Electricité, Electronique | 14h | 6h | 12h | Exploration de l'espace | 5 | 10h |
| Mécanique | 12h | 3h | 10h | L'univers en mouvement et le temps. | 4 | 8h |
| Optique | 4h | 2h | 4h | L'air qui nous entoure | 3 | 6h |
| Total | 30h | 11h | 26h | Total | 12TP | 24h |

Le programme des sciences physiques au Sénégal conseille en tout 56 heures de cours et Travaux dirigés pour l'enseignement de la physique en seconde là où celui de la France n'indique que 24 heures.

Les heures de travaux pratiques préconisées par les programmes sont sensiblement différentes, respectivement de 11 heures (Sénégal) et 18 heures (12TP*1h30) (pour la France) (tableau 5)

Nous pouvons dire à partir de cette première analyse de surface que les deux programmes proposent des formes d'organisation différentes au niveau de la seconde. Celui du Sénégal propose des Cours/TP-cours et des Travaux dirigés (TD) où toute la classe est présente, et des séances de travaux pratiques où la classe sera divisée en groupe. Le programme français subdivise son enseignement en heures de travaux pratiques (TP), avec des classes divisées en deux, et des heures d'enseignement (cours magistraux, activités ou exercices) où toute la classe est présente.

L'enseignement de la mécanique en seconde dans les deux programmes

Nous résumons sous forme de tableau (Tableau 6) les contenus dans le domaine de la mécanique que le programme sénégalais juge essentiels pour qu'un élève puisse aborder la partie « énergie et champs » en première.

Tableau 6 Contenus à enseigner en seconde (partie mécanique) : programme du Sénégal

| Chapitres (en respectant l'ordre du programme) | Contenus ² |
|--|--|
| Généralités sur le mouvement. Vitesse | mouvement ; référentiels ; translation et rotation ; vitesse |
| Généralités sur les forces | interactions entre objets ; force ; principe des interactions |
| La masse. Le poids. La relation entre le poids et la masse | masse ; masse volumique ; poids ; relation entre poids et masse. |
| Equilibre d'un solide soumis à des forces non parallèles | équilibre d'un solide sous l'action de forces non parallèles ; loi de composition des forces |
| Equilibre d'un solide mobile autour d'un axe | rotation autour d'un axe ; moment d'une force par rapport à un axe ; équilibre d'un solide mobile autour d'un axe ; couples des forces |

L'enseignement de la mécanique peut être divisé en trois parties.

Une première partie est constituée des généralités sur le mouvement et sur la vitesse. C'est une partie qui propose une initiation à la cinématique.

La deuxième partie propose des généralités sur la force et l'étude d'une force particulière : le poids.

La troisième partie est une étude de l'équilibre d'un solide soumis à des forces. C'est une étude statique d'un solide en termes de forces qui lui sont appliquées (tableau 6).

Pour le programme français les contenus à enseigner en classe de seconde sont répartis en deux chapitres (tableau 7).

Il s'agit ici « d'une première analyse de la cause du mouvement des objets (qui) a permis d'introduire le principe de l'inertie, dont l'utilisation heuristique est illustrée dans le cas de la gravitation » (BOE, 1999).

Le contenu que les deux programmes ont en commun est le mouvement. Le programme sénégalais étudie ensuite le concept de force et les notions d'équilibre d'un système, alors que celui de la France se centre sur le principe de l'inertie, la relation force-mouvement et la gravitation universelle, les phénomènes astronomiques et les dispositifs construits par

² Les termes sont ceux du texte officiel

l'Homme.

Tableau 7 Contenus à enseigner en seconde (partie mécanique) : programme du français.

| | | |
|--|-------------------------------------|--|
| chapitre « mouvement et forces » | Relativité du mouvement | Référentiels différents |
| | Principe de l'inertie | Effets d'une force sur le mouvement d'un corps. Rôle de la masse d'un corps Enoncé du principe d'inertie par un observateur terrestre |
| | Gravitation universelle | L'interaction gravitationnelle entre deux corps La pesanteur résulte de l'attraction terrestre Trajectoire d'un projectile |
| chapitre « temps » | Phénomènes astronomiques | Alternance des jours et des nuits, phases de la lune, des saisons permettent de régler le rythme de la vie (jour, heure, mois, année) |
| | Dispositifs construits par l'Homme. | Dispositifs construits par l'Homme |

Les contenus à enseigner en première dans les deux programmes

Nous nous intéressons ici exclusivement à l'analyse des contenus liés aux phénomènes énergétique dans les deux programmes, ainsi qu'aux relations qu'on peut établir entre les différents concepts.

Cet enseignement est divisé en quatre parties dans les deux programmes comme le montre le tableau 8.

Tableau 8 Contenus d'enseignement au niveau de la première dans le programme des deux pays.

| Programme sénégalais | | | | Programme français | | |
|---------------------------------------|----------------|----|-------------|--------------------------------|--------------|---------|
| Niveau : Première | | | | | | |
| Contenus | Cours /TPcours | TP | TD/ Devoirs | Contenus | Nombre de TP | H en CE |
| Energie et champs | 26h | 2h | 15h | Les interactions fondamentales | 1 | 3h |
| Electronique | 2h | 2h | 2h | Forces, travail et énergie | 6 | 18h |
| Phénomènes vibratoires et propagation | 2h | 2h | 2h | Electrodynamique | 5 | 15h |
| Optique | 4h | 2h | 4h | Optique | 3 | 9h |
| | 34h | 8h | 23h | | 15TP | 45h |

Les phénomènes énergétiques sont abordés dans les parties suivantes (voir tableau n 8):

- pour le programme sénégalais : Energie et champs ;
- pour le programme français : Forces, travail et énergie, électrodynamique.

Le programme français de physique de première commence par étudier les interactions fondamentales, ce qui a été demandé par celui du Sénégal en seconde.

Le programme sénégalais propose 8 heures pour les travaux pratiques là où celui de la France en suggère 22 heures 30 minutes (15 travaux pratiques).

Les heures consacrées aux enseignements, TP-cours ou TD, sont de 57 heures pour le programme sénégalais. En France, celles consacrées en classe entière est de 45 heures.

En première nous remarquons que le programme français utilise des termes liés à des disciplines de l'enseignement de la physique dans des classes supérieures (Les interactions fondamentales, optique, etc) (tableau 8).

Les contenus se trouvant dans les parties «énergie et champs» pour le Sénégal et « travail, forces et énergie » et « électrodynamique » pour le programme français, peuvent être considérés comme ayant des recouvrements importants. Les deux programmes désignent les mêmes concepts mais les mises en relation avec d'autres notions diffèrent.

Le détail de ces contenus concernant les phénomènes énergétiques se trouve dans le tableau 9.

Tableau 9 Contenus d'enseignement relatifs aux phénomènes énergétiques dans les programmes de première.

| Sénégal 1999 | France 2001 |
|--|---------------------------------------|
| Energie et champs | Forces, travail et énergie |
| Travail et puissance | Forces et mouvement |
| Energie cinétique | Travail mécanique et énergie |
| Energie potentielle. Energie mécanique | Electrodynamique |
| Calorimétrie | Circuit électrique en courant continu |
| Force et champ électrostatique | Magnétisme |
| Travail de la force électrostatique | Forces électromagnétiques |
| Energie potentielle électrostatique | |
| Energie électrique totale mise en jeu dans un circuit électrique | |
| Condensateurs : capacité, énergie emmagasinée | |

Approches préconisées dans l'enseignement des phénomènes énergétiques

Dans cette partie, notre but est d'étudier l'approche que chaque programme utilise afin de dégager les différentes relations entre les concepts mis en jeu.

Approche préconisée dans le programme sénégalais

Le programme sénégalais demande d'étudier d'abord le travail d'une force constante pour un déplacement rectiligne. A partir de cette première étude, les facteurs dont dépend le travail sont dégagés, ce qui permet de donner la formulation du travail d'une force constante en déplacement rectiligne comme un produit scalaire entre les vecteurs force et déplacement. Les

notions de travail moteur, travail résistant et de travail nul sont à distinguer durant cette première étude. Le travail du poids d'un corps entre deux positions d'altitude est abordé à partir de la généralisation du travail d'une force en déplacement quelconque. Ce travail du poids indépendant du chemin suivi permet d'introduire la notion de force conservative. Cette généralisation est faite en introduisant la notion de travail élémentaire. Le travail de forces variables (tension d'un ressort, couple de torsion) est donné sans aucune démonstration. En clôturant ce chapitre par les concepts de puissance moyenne et instantanée, le programme demande de donner quelques ordres de grandeurs de leurs valeurs.

Ensuite les concepts d'énergie cinétique et d'énergie potentielle sont introduits. Le programme invite à donner l'expression de l'énergie cinétique pour un solide en mouvement de translation et pour un solide en rotation autour d'un axe fixe. Les propriétés de l'énergie cinétique sont données : « grandeur scalaire positive dont la valeur dépend du référentiel mais qui ne donne aucune information sur le sens et la direction du mouvement » (p.90).

Ce programme demande d'introduire le moment d'inertie d'un solide en rotation sans démonstration, et de donner sa signification physique. Il invite à donner les expressions des moments d'inertie de quelques solides simples : un disque, un cylindre etc, d'énoncer le théorème de l'énergie cinétique, de donner sa formule dans le cas général, de le vérifier à l'aide d'un enregistrement et de l'appliquer à d'autres systèmes.

Il demande d'aborder l'étude de l'énergie potentielle en faisant un retour sur les exemples de formes d'énergie et d'en déduire qu'elle (énergie potentielle) « est une énergie « en réserve » liée aux positions des différentes parties du système » (p. 91). Il préconise de donner l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur sans démonstration. A partir de cette expression, il insiste sur « le fait que cette énergie (potentielle de pesanteur) est définie à une constante près » (p.91). Il donne des indications sur la détermination de la constante « choix de la référence : état pour lequel l'énergie potentielle est nulle et de l'origine de l'axe des côtes » (p.91). L'étude de la variation de l'énergie potentielle de pesanteur qui conduit à sa mise en relation avec le travail du poids est généralisée. Ainsi la variation de l'énergie potentielle (de pesanteur, élastique, de torsion) est liée au travail de la force intérieure conservative appliquée au système. Le programme demande d'insister sur « les concepts de forces intérieures et de forces extérieures » et de montrer qu'ils « dépendent des limites du système choisi » (p.91).

Le programme sénégalais met l'accent sur la variation de ces deux formes d'énergie : variation de l'énergie cinétique et variation de l'énergie potentielle. Cette variation est mise en relation avec le travail des forces appliquées au système étudié. C'est ainsi que le théorème de l'énergie cinétique et la relation entre la variation de l'énergie potentielle de pesanteur et le travail de forces intérieures conservatives sont constamment utilisés au cours de l'enseignement des phénomènes énergétiques.

Il demande de définir l'énergie mécanique et d'établir l'expression de sa variation. La conservation de l'énergie mécanique est étudiée dans des cas simples : « pendule élastique horizontal, pendule pesant... » (p.91)

Le cas de la variation négative de l'énergie mécanique est abordé (dégradation de l'énergie mécanique) pour introduire le travail de la force de frottement (du point de vue macroscopique) et le transfert d'énergie sous forme de chaleur (du point de vue microscopique). La notion de température est reprise, elle est expliquée par l'agitation des particules au voisinage des zones de contact entre les deux systèmes en interaction.

L'étude des transferts d'énergie entamée dans le chapitre « énergie mécanique » est poursuivie dans un autre chapitre appelé « calorimétrie » où le transfert thermique est étudié en utilisant le terme « chaleur ».

En somme le programme sénégalais met l'accent sur le fait que l'énergie mécanique liée à un système (isolé du point de vue énergétique) est une grandeur constante (on est dans le cas où il n'y a que des forces intérieures conservatives). Cette loi sera appliquée dans les chapitres portant sur l'énergie électrique. Le transfert d'énergie entre systèmes est abordé aussi dans l'étude de la variation de l'énergie mécanique, de même que la transformation ou le changement de forme d'énergie au sein d'un système isolé. Le programme n'insiste pas sur le fait que le travail d'une force est considéré comme un transfert d'énergie entre systèmes ; mais il insiste sur la relation entre ce travail et la variation des deux formes d'énergie (cinétique et potentielle). Il se limite par ailleurs à donner la formule de l'énergie cinétique d'un système et de donner son théorème.

L'étude de la calorimétrie permet d'approfondir le transfert thermique, appelé aussi chaleur. Le transfert par rayonnement n'est que cité, le programme ne s'y attarde pas.

Approche préconisée dans le programme français

Le programme français préconise de commencer par le travail d'une force en indiquant dans sa partie « contenu » les effets possibles d'une force dont le point d'application se déplace. Ensuite il prescrit d'étudier le travail d'une force constante, de donner l'expression du travail du poids. Les notions de travail moteur, travail résistant sont aussi indiquées. Cette première partie se termine par la notion de puissance du travail d'une ou de plusieurs forces.

Dans la deuxième partie, l'accent est mis sur un mode de transfert d'énergie entre systèmes : le travail. L'interprétation de la relation $W_{AB}(\mathbf{P}) = \Delta [(1/2)MV_G^2]$ de façon énergétique permet d'introduire l'énergie cinétique d'un solide en translation. Cette relation est généralisée à un solide soumis à diverses forces. Est ensuite étudiée, l'énergie potentielle d'un solide en interaction avec la Terre. Les transformations d'énergie potentielle en énergie cinétique sont abordées dans le cas de la chute libre. La notion d'énergie interne, qui regroupe tous les autres effets du travail reçu (déformations élastiques, élévation de température, changement d'état physico-chimiques) est étudiée.

Dans la troisième partie, le programme postule le principe de la conservation de l'énergie en ces termes : « A tout système dans un état donné, on peut associer une grandeur appelée « énergie ». Si l'énergie d'un système augmente ou diminue, c'est qu'il a reçu ou cédé de l'énergie, que ce soit par travail, par transfert thermique ou par rayonnement. » (BOEN, 1999, p. 189).

Ces deux programmes étudient donc le principe de conservation de l'énergie en utilisant des approches différentes.

En conclusion nous pouvons dire que les deux programmes enseignent les mêmes concepts que sont, l'énergie cinétique, l'énergie potentielle, le travail et les autres transferts d'énergie (thermique, rayonnement). Le programme français, après avoir étudié le travail, introduit la notion d'énergie cinétique par l'intermédiaire du travail du poids et de $\Delta [(1/2)MV_G^2]$. L'énergie potentielle de pesanteur est introduite indirectement par la variation de l'énergie cinétique d'un système qui est déplacé d'une position à une autre par un opérateur (le rôle de l'opérateur est de faire varier la vitesse du solide). L'énergie interne englobe tous les autres effets liés au travail reçu (déformation, élévation de température etc). Celui du Sénégal étudie

successivement le travail, l'énergie cinétique, l'énergie potentielle et l'énergie mécanique.

De manière générale, l'approche utilisée est différente suivant le pays. Pour le Sénégal l'étude des phénomènes énergétiques se fait d'une façon distincte. Chaque concept est enseigné séparément mais en prenant soin d'établir sa relation avec d'autres à travers ce qu'il appelle des théorèmes : théorème de l'énergie cinétique, théorème de l'énergie potentielle, théorème de l'énergie mécanique, etc. Celui de la France privilégie le transfert entre systèmes, ce qui lui permet de qualifier, dès le début, le travail comme un transfert d'énergie et de le lier aux autres formes d'énergie (cinétique, potentielle).

L'organisation de l'enseignement se fait au Sénégal en cours magistraux ou TP-cours, travaux dirigés (TD) où toute la classe est présente, en TP où la classe est divisée en deux. Celui de la France est organisé en TP où la classe est divisée en deux et en cours théoriques où les autres activités se font avec toute la classe. Dans les horaires nous notons une dominance des cours magistraux dans le programme sénégalais, ainsi qu'en atteste le cas de la première où pratiquement 8 h de TP sont préconisées contre 57 h de cours théoriques. Et en France le programme demande 15 TP (30 heures) et 45 h consacrées aux activités avec toute la classe.

Exemple de modélisation dans la partie énergétique des deux programmes

Pour cette analyse des formes de modélisation nous prenons l'orientation proposée par Tiberghien et al (2005). Dans ces processus de modélisation il y a une description du phénomène physique dans le monde des objets/événements. L'interprétation et la prévision se font par la mise en relation d'une telle description et de(s) modèle(s) utilisé(s) provenant du monde de la théorie/modèles (avec des aller-retours).

Nous allons maintenant centrer notre analyse du savoir à enseigner sur les formes de modélisation qu'on peut trouver dans les deux programmes. Comme nous l'avons présenté dans le cadre théorique, cette analyse vise à identifier, dans la partie concernant les phénomènes énergétiques, les parties (provenant des phrases ou des paragraphes des activités ou dans le commentaire) qu'on peut attribuer :

-soit au monde des objets/événements (MOE)

-soit au monde de la théorie/modèles (MTM)

-soit à la relation entre monde des objets/événements et monde de la théorie/modèles. R (MOE/MTM).

L'étude de chaque chapitre du programme de sciences physiques dans sa partie énergétique consiste à analyser les textes issus des parties « commentaires » et « activités d'apprentissage » ou « exemples d'activités ». Pour cette analyse, les textes sont décomposés en propositions qui correspondent le plus souvent à un ensemble de phrases dans la mesure où nous cherchons les idées principales. Nous classons ces propositions selon les trois catégories décrites ci-dessus.

Dans cette forme de classification nous focalisons notre analyse sur l'idée ou les idées que véhicule un ensemble de phrases.

Types de relations entre MOE et MTM

En référence au titre de notre recherche, cette analyse se limite aux parties des programmes relatifs aux phénomènes énergétiques.

Types de relations entre les deux mondes dans le texte du programme sénégalais

A la suite de l'analyse du texte selon les trois catégories liées à la modélisation, nous essayons, après chaque identification, de déterminer le sens de cette relation par une analyse des propositions se situant dans cette catégorie. Chaque tableau (annexe 1) regroupe l'ensemble des propositions (une à plusieurs phrases concourant à construire une idée) issues d'un même chapitre. Le tableau 10 récapitule les résultats obtenus pour ce type d'analyse.

Récapitulation de l'analyse en termes de relations entre les mondes

Ce tableau 10 nous permet de récapituler l'ensemble des propositions en adoptant la méthode suivante :

- une croix représente une proposition dans les activités ou dans les commentaires ;
- une croix aussi représente une proposition dans la relation entre les deux mondes et
- une flèche à côté pour représenter le sens de la relation.
- une croix avec flèche double sens dans la catégorie relation si la proposition peut avoir les deux sens.

Tableau 10 Récapitulatif des propositions suivant les deux mondes et la relation entre ces deux mondes (programme sénégalais).

| Chapitres | Acti/commentaires | MOE | R(MOR/MTM) | MTM |
|----------------------------|-------------------|-----|------------|------------|
| Travail et puissance | Activités | | | XX |
| | Commentaires | | XX→ | XXXXX XXXX |
| Energie cinétique | Activités | | X← | X |
| | Commentaires | | X→ | XXXXXXXX |
| | | | X← | |
| E potentielle. E mécanique | Activités | | X↔ ; XX← | |
| | Commentaires | | | XXXXX |
| | | | X← | |
| | | | | XX |
| Calorimétrie | Activités | | XXX→ ; X↔ | |
| | Commentaires | | XX→ | XXXX |
| | | | XX→ | X |
| | | | X→ | XX |
| | | | X | XX→ |
| Total | | 1 | 20 | 34 |

Ce tableau nous montre la prédominance des propositions que nous avons classées dans le monde de la théorie/modèles (34)

Dans cette partie du programme, la répartition des propositions du point de vue quantitatif (55³ propositions) est la suivante :

-34 propositions dans le monde de la théorie/modèles (un pourcentage de 62%) ;

-1 proposition dans le monde des objets/événements (2%)

- 20 propositions dans la « relation entre les deux mondes » (36%).

Dans cette dernière catégorie « relation entre les deux mondes » nous en retrouvons 13 qui vont du monde des objets/événements vers celui de la théorie/modèles (soit 63% des 20) (exemple : Vérification du théorème de l'énergie cinétique à partir d'enregistrements ou de valeurs numériques) et 5 du monde de la théorie/modèles vers celui des objets/événements (soit 26%) et 2 qui peuvent avoir les deux sens (11%) (exemple : Les facteurs dont dépend le travail seront dégagés à partir de l'analyse d'exemples de mouvements de translation).

Nous détaillons la procédure adoptée suivant dans chaque chapitre du programme (annexe 1).

Chapitre « Travail et puissance »

Les propositions issues de la partie « activités d'apprentissage » sont classées dans la catégorie du monde de la théorie/modèles, par exemple : déterminer quelques travaux, déterminer des puissances moyenne et instantanée.

L'introduction dans la partie « commentaires » peut être classée dans la catégorie de relations entre le monde des objets/événements et celui de la théorie/modèles car elle propose d'analyser des situations où le mot travail est utilisé dans la vie courante. A partir de ce moment, le programme invite l'enseignant à faire la différence entre le langage dans la vie courante et la définition donnée par un physicien.

La mise en relation entre le monde de la théorie/modèles et celui des objets/événements comprend aussi la proposition issue de la partie « commentaires » suivante : « les facteurs dont dépend le travail seront dégagés à partir de l'analyse d'exemples de mouvements de translation ». Cette mise en relation propose de partir des événements (exemples de mouvement de translation) pour dégager des grandeurs qui influencent le concept de travail. Nous pensons que le sens de la relation est : du monde des objets/événements vers le monde de la théorie/modèles

Nous pouvons conclure que dans le chapitre « Travail et puissance », il n'existe pas des propositions issues du monde des objets/événements. Le monde de la théorie/modèles est majoritairement présent dans la prescription du programme.

³ Une différence sera notée avec le nombre de propositions dans le paragraphe relation entre les concepts (p.70) où nous avons pris une proposition comme une phrase ou même quelque fois deux propositions dans une même phrase. Ici la proposition repose sur l'idée que véhicule la partie du commentaire ou de l'activité ; elle peut donc être un ensemble de phrases, alors qu'en page 70 nous postulons que l'unité d'analyse «la phrase » permet mettre en relation des concepts ou des notions

Chapitre « Energie cinétique »

Dans ce chapitre, aucune proposition n'est classée dans la catégorie du monde des objets/événements. Les activités proposées peuvent être catégorisées soit dans la partie monde de la théorie/modèles (calcul de...) soit dans celle de la relation entre les deux mondes.

Dans la catégorie relevant de la relation entre les deux mondes, nous classons deux propositions issues des commentaires. La première proposition est une introduction du concept d'énergie à partir de situations qui sont familières aux élèves. Le sens est du monde des objets/événements vers le monde de la théorie/modèles.

La seconde proposition est une vérification d'un théorème (Il pourra être vérifié à l'aide d'un enregistrement), son sens est du monde de la théorie/modèles vers celui des objets/événements.

Nous remarquons une rupture avec le chapitre précédent. Il n'y a pas de façon explicite une relation entre ce chapitre et le chapitre « travail et puissance ». La relation existe, mais implicitement et on la retrouve à la fin du chapitre dans l'énoncé du théorème de l'énergie cinétique. En énonçant le théorème de l'énergie cinétique, une mise en relation entre les deux mondes est proposée dans le sens du monde de la théorie/modèles vers celui des objets/événements.

Chapitre « Energie potentielle. Energie mécanique »

Dans le chapitre « Energie potentielle. Energie mécanique » les propositions issues des activités relèvent de la catégorie relation entre les deux mondes. Dans les commentaires, une seule proposition peut être rangée dans cette dernière catégorie (« On étudiera alors sa conservation dans des cas simples (pendule élastique horizontal ; pendule pesant) »), toutes les autres propositions sont dans la catégorie du monde de la théorie/modèle.

Les propositions de la partie « activité d'apprentissage » sont toutes classées dans la catégorie relation entre les deux mondes. La première proposition peut prendre les deux sens (exploitation d'enregistrements). Les deux autres de cette partie sont des vérifications de théorème, leur sens est du monde de la théorie/modèles vers celui des objets/événements.

Nous remarquons qu'à l'exception de la première proposition de la partie « activités d'apprentissage » toutes les autres partent du monde de la théorie/modèles vers celui des objets/événements. Dans ce chapitre, la première proposition de la partie « commentaires » sert de lien avec le chapitre précédent.

Chapitre « Calorimétrie »

Les activités se limitent à des expériences (expériences illustrant la transformation de l'énergie mécanique en énergie thermique, expérience de détermination de la chaleur de réaction...). Ces activités, majoritaires dans cette partie et qui sont classées dans la catégorie « relation entre les deux mondes », nous laissent penser que le sens est du monde des objets/événements vers celui de la théorie/modèles.

Cependant, des propositions comme « étude des modes de transfert de chaleur » peuvent être dans les deux sens.

Type de relation entre les deux mondes dans le texte du programme français

Le même procédé utilisé pour l'analyse des parties « activités » et « commentaires » du programme sénégalais est reconduit ici.

Récapitulation de l'analyse dans le texte du programme français

Le tableau 11 récapitule les différentes catégories proposées. Nous reprenons la même présentation que dans le cas du programme sénégalais. La légende est identique à celle du tableau 10.

Tableau 11 Récapitulatif de l'analyse du texte du programme français

| Paragraphe de chapitres | Activités et commentaires | MOE | R (MOE/MTM) | MTM |
|--------------------------------|---------------------------|-----|-------------|--------|
| Travail | Activités | | X→ | |
| | Commentaires | | X→ | XXXX |
| Travail et énergie cinétique | Activité | | X→ | |
| | Commentaires | | X→ | XXXXX |
| Travail et énergie potentielle | Activités | | X→ | |
| | Commentaires | | | XXXXXX |
| Travail et énergie interne | Activités | | X→ | |
| | Commentaires | | XXX→ | X |
| Transfert thermique | Activités | | XX | |
| | Commentaires | | XXX→ | XXX |
| Total | | | 14 | 19 |

On peut retenir dans l'analyse de cette partie du programme qu'un seul sens est adopté, celui du monde des objets/événements vers le monde de la théorie/modèles.

Du point de vue quantitatif nous avons 14 propositions sur un total de 33 qui relèvent de la catégorie de relations entre les deux mondes, ce qui donne un pourcentage de 42% (relations) et 58% (MTM).

Le détail de chaque partie du programme est le suivant:

Paragraphe « Travail »

Des activités sont proposées pour identifier les effets sur un solide de forces dont les points d'application se déplacent dans le référentiel terrestre. Toutes ces activités sont classées dans la catégorie « relation entre les deux mondes ». Le sens proposé est du monde des objets/événements vers celui de la théorie/modèles. Dans la partie « commentaire » une proposition sur cinq (1/5) est classée dans la catégorie « relation entre les deux mondes ». Son sens est du monde des objets/événements vers celui de la théorie/modèles. Dans la partie activité, une autre proposition est placée la catégorie de « relations entre mondes », son sens est du monde des objets/événements vers celui de la théorie/modèles.

Paragraphe « Travail et énergie cinétique »

Dans ce paragraphe presque toutes les propositions (au nombre de 5) sont classées dans la catégorie du monde de la théorie/modèles (5/7). Nous trouvons aussi deux propositions qui sont classées dans la catégorie « relation entre les deux mondes » (1/7) et leur sens est du monde des objets/événements vers le monde de la théorie/modèles.

Paragraphe « Travail et énergie interne »

Dans ce paragraphe nous trouvons une activité qui relève de la relation entre les deux mondes et son sens est du monde des objets/événements vers celui de la théorie/modèles.

Dans la partie « commentaires » trois des quatre propositions (3/4) sont classées dans la catégorie « relation entre les deux mondes » et leur sens est du monde des objets/événements vers le monde de la théorie/modèles.

Paragraphe « Transfert thermique »

Deux activités sont classées dans la catégorie de relation entre les deux mondes, mais leur sens nous est difficile à proposer.

Dans la partie commentaire trois propositions sur six (3/6) sont classées dans la catégorie relation entre les deux mondes. Et leur sens est du monde des objets/événements vers celui de la théorie/modèles.

En conclusion nous pouvons dire que dans le programme français, les propositions se partagent entre le monde de la théorie/modèles et la relation entre les deux mondes. Les activités proposées pour étudier un concept ou une relation de concepts partent toujours du monde des objets/événement vers celui de la théorie/modèles (annexe 1).

Par contre dans celui du Sénégal, les propositions se partagent entre le monde de la théorie/modèles et la catégorie relation entre ces deux mondes sauf une proposition qui est classée dans le monde des objets/événements (« on présentera le calorimètre, appareil de mesure des quantités de chaleur » (annexe 1)

Cette analyse doit être prise avec prudence, le texte des programmes ne nous permet pas de juger de la forme de l'enseignement effectif.

Relation entre les concepts dans les deux programmes

Notre analyse consiste dans un premier temps à identifier dans chaque chapitre des deux programmes les termes utilisés en référence aux phénomènes énergétique, le lexique présent dans le texte (Bardin, 1977, Bruguière et al, 1994, 2002). Dans un deuxième temps, nous identifions les expressions qui lient ces concepts dans la partie « commentaires » des deux programmes (cf commentaires qui accompagnent chaque tableau en annexe 1) avec la notation suivante : les concepts en gras et les expressions en italique. Nous les regroupons en des catégories homogènes (annexe 2).

Nous subdivisons ces textes en unités comprenant en moyenne deux phrases que l'on regroupe en catégories homogènes. Ce regroupement se fait en analysant les expressions qui lient les concepts dans la ou les phrase(s). Il nous a permis d'avoir dix catégories.

Caractérisation des deux programmes selon les modalités de présentation des concepts

Les catégories que nous avons construites sont les suivantes.

Première catégorie : introduction ou généralisation à partir de situations ou d'exemples.

Dans cette catégorie nous avons regroupé les expressions (en italique voir annexe programmes des deux pays) du type :

« Introduction ou illustration à partir de diverses situations, de divers exemples (...) » « dégagé (es) à partir d'exemples » ou « à partir d'exemples on expliquera » ou « permet de rappeler que » « on s'appuie sur l'étude de situations simples » ; « une introduction (...) en vue de généraliser ».

Un exemple tiré du programme sénégalais : le chapitre pourrait être introduit par l'analyse de diverses situations dans lesquelles le mot **travail** est utilisé dans le langage courant. (cat 1)

Deuxième catégorie : différence ou distinction entre deux notions ou concepts

Elle regroupe toutes les expressions qui demandent d'insister sur un phénomène, une expression ou qui font la différence entre des idées.

Par exemple : « On insistera sur la différence » ; « On fait remarquer que » ; « On distinguera ».

Exemple tiré du programme sénégalais : *On distinguera* travail moteur (W_m), travail résistant (W_r) et travail nul (cat 2)

Troisième catégorie : tout ce qui est de l'ordre de la présentation : d'expérience, d'objets, de méthode....

Exemple tiré du programme sénégalais : *On présentera le calorimètre, appareil de mesure des quantités de chaleur.* (cat 3)

Quatrième catégorie : définition de concepts, formulation de relation entre concepts ou expression de, de loi, de théorème, de principe.

Nous regroupons dans cette catégorie tout ce qui relève de définition, de formule, de relation entre les concepts, de lois, de théorèmes, de principes etc.

Par exemple : « On donnera la formule... », « ...sera exprimé(es) par... », « ...est donné (es) par l'expression », « On montre que... »

Exemples tirés du programme sénégalais : « Ce **travail est indépendant du chemin suivi** : le **poids** est une **force conservative** » et français : « L'**énergie potentielle de pesanteur** est définie par la grandeur **Mgz** , z étant l'**altitude** ».

Cinquième catégorie : tout ce qui est de l'ordre de l'explication d'idées, de dispositifs, de phénomènes, d'un choix, d'une méthode...

Exemple tiré du programme sénégalais : « Dans le cas particulier d'un cycliste ou d'un automobiliste qui freine on mettra l'accent sur l'**élévation de température** au niveau des freins, phénomène qui se produit en même temps que la diminution de l'**énergie mécanique.** »

Sixième catégorie : développement de procédures, de méthodes en utilisant des lois, des formules vues précédemment

Nous regroupons toutes les expressions qui indiquent un développement de procédures, une méthode qu'on avait expliquée (cinquième catégorie) et qu'on continue à développer, une procédure de calcul ou une démonstration qui va aboutir à un résultat ou à une formule.

Exemple issu du programme français : « Pour élever le **centre d'inertie** de ce corps de l'altitude Z_A à l'altitude Z_B il faut lui appliquer et faire **travailler** une **force F** (c'est la **force** exercée par l'opérateur) ».

Septième catégorie : tout ce qui ressort de l'utilisation de formule ou de vérification

L'utilisation de formules ou de lois, de théorèmes ou leurs vérifications sont regroupées dans cette catégorie.

Exemple issu du programme français : « On aborde ainsi une première fois la **conservation** de l'**énergie** sans pour autant l'évoquer de manière explicite aux élèves. »

Huitième catégorie : tout ce qui relève de rappels venant de cours précédents

Nous regroupons ici les expressions qui renvoient à des rappels.

Exemple issu du programme français : « Il a été vu en classe de seconde que la **température** est la **variable macroscopique** rendant compte de l'**agitation des molécules** d'un gaz. »

Neuvième catégorie : mise en garde, limitation

Toutes les expressions qui limitent ou qui mettent en garde sont regroupées dans cette catégorie.

Par exemple « On se limitera à des cas où... », « Le calcul de... est hors programme », « L'expression, la formule ...hors programme ».

Exemple issu du programme français : « Le **transfert d'énergie** par **rayonnement** ne fait ici que l'objet d'une approche simple et qualitative à partir d'exemples courant (soleil, lampe...) »

Dixième catégorie : tout ce qui relève de l'ordre de l'interdisciplinarité dans le programme de physique.

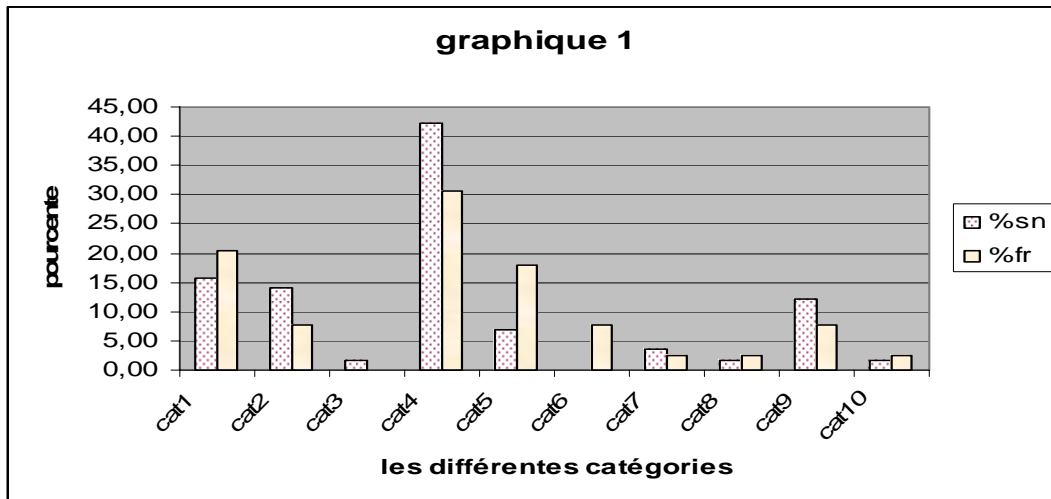
Exemple issu du programme français : « Cette notion de **transfert thermique** sera réinvestie dans l'enseignement de SVT. »

Exemple issu du programme sénégalais : « Les unités SI de **quantité de chaleur** est le **joule** ; pour des raisons d'interdisciplinarité on signalera la **calorie** comme unité ; toutefois on habituera les élèves à travailler avec l'unité SI de quantité de chaleur. »

A partir de cette catégorisation et du décompte des unités d'analyse dans l'ensemble des chapitres qui étudient les phénomènes énergétiques, nous obtenons le graphique 1 et le récapitulatif au tableau de l'annexe 1.

Dans ce tableau nous avons noté les fréquences d'apparition (et leur pourcentage) des propositions sur l'ensemble du texte mentionné ci-dessus.

Le graphique 1 nous donne un aperçu des différentes catégories qui prédominent dans les deux programmes.



Graphique 1 Pourcentages selon les catégories de présentation des concepts

La catégorie 4 est majoritaire dans les deux programmes. Elle représente celle des définitions des concepts, des lois et des théorèmes. Cette catégorie montre, du fait du caractère abstrait de l'enseignement des phénomènes énergétiques, la prédominance des définitions.

La catégorie 1 qui regroupe les introductions ou les généralisations est aussi importante dans les deux programmes.

Les catégories 5 et 6, qui relèvent soit d'explication d'idées, de dispositifs, de méthode, d'un phénomène (N°5°) soit de leurs développements, ne sont pas d'égale importance suivant les programmes.

Les catégories N°2 et N°9 sont tout aussi importantes dans les commentaires des programmes. La catégorie 9 relève des mises en garde ou des limitations dans les contenus d'enseignements. Et la catégorie 2 insiste sur les possibles différences entre des formules, des lois, des théorèmes etc. Les mises en gardes et les différenciations sont plus nombreuses du côté du programme sénégalais.

Les différents concepts utilisés dans les deux programmes

L'analyse des deux programmes de physique nous a conduit à relever les contenus communs. Ils sont déduits du tableau 9 qui donnait les différents recouvrements entre les contenus. Nous venons de montrer dans le paragraphe précédent que les programmes des deux pays privilégient dans leur majorité les expressions des concepts ainsi que la relation entre eux (catégorie 4). Nous nous intéressons maintenant à cette catégorie pour déterminer les différents concepts et leurs mises en relation avec d'autres tels qu'ils apparaissent dans le domaine de la mécanique. Il s'agit des parties « Forces, travail et énergie » dans le programme français et « énergie-champs » dans le programme sénégalais. Pour le programme français, nous retrouvons force et mouvement, travail mécanique et énergie ; et pour celui du Sénégal, le travail et la puissance, l'énergie cinétique, l'énergie potentielle, l'énergie mécanique. Chacun des concepts étant utilisé avec d'autres dans les deux programmes à des endroits différents, nous analysons dans ce qui suit, certains d'entre eux et les notions auxquelles ils sont associés.

Le concept de travail

Les concepts communs aux deux programmes qui interviennent dans l'enseignement du travail sont : force, force constante, point d'application, travail moteur, travail résistant, mouvement ou déplacement (rectiligne ou de translation, de rotation), le poids (ou force de pesanteur) chute libre, puissance. Les formules de base se résument à la définition du travail d'une force constante en déplacement rectiligne ($W_{AB}(\mathbf{F}) = \mathbf{F} \cdot \mathbf{AB} = F \cdot AB \cdot \cos\alpha$).

Toutefois, le programme sénégalais, en plus de ces concepts, utilise dans son commentaire d'autres comme force variable, travail élémentaire, force conservative et certaines formules qui dans leur majorité, découlent de ces concepts ($W_{1-2} = \frac{1}{2} C (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)$ et $W_{1-2} = \frac{1}{2} k (x_1^2 - x_2^2)$) et $p = \mathbf{F} \cdot \mathbf{V}$. Nous remarquons en outre que le programme sénégalais demande d'appliquer le travail du poids pour un déplacement d'une altitude z_1 à une autre z_2 , ce qui lui permet de donner dès ce chapitre la formule $W(P) = mg(z_1 - z_2) = mg\Delta z$.

Le concept d'énergie cinétique

A l'exception des concepts de translation, de direction et du théorème de l'énergie cinétique, les deux programmes utilisent des approches différentes. Celui de la France réinvestit les concepts enseignés dans le paragraphe « travail », ce qui est conforme au titre du chapitre « travail et énergie cinétique ». Le programme sénégalais définit directement ce concept et l'applique à travers le théorème de l'énergie cinétique.

Une autre différence est que le programme sénégalais demande d'enseigner l'énergie cinétique pour un solide en mouvement de translation et de rotation, ce qui justifie le concept de moment d'inertie.

Le concept d'énergie potentielle

La méthode utilisée pour l'énergie cinétique est reprise par le programme français, c'est-à-dire un réinvestissement des concepts des paragraphes précédents. Alors que celui du Sénégal définit le concept d'énergie potentielle en partant d'observations familières. Une différence d'approche de la formule donnée dans les deux programmes existe ($E_{pp} = mgz$ pour la France et $mgz + cte$ pour le Sénégal). La généralisation sur les autres types d'énergie potentielle (élastique et torsion) est faite par le programme sénégalais là où celui de la France se limite à l'énergie potentielle de pesanteur.

Le programme sénégalais aborde ici directement la conservation de l'énergie à travers le concept d'énergie mécanique qu'il définit alors que celui de la France la souligne, mais seulement pour les professeurs.

Les autres concepts (énergie interne, transfert thermique, calorimétrie)

A travers l'enseignement de ces concepts, les deux programmes utilisent des notions comme transfert d'énergie, échelle (macroscopique, microscopique), rayonnement, conduction etc.

L'agencement des intitulés est différent selon les programmes : énergie interne, transfert thermique pour la France, Calorimétrie pour le Sénégal.

L'énergie interne fait l'objet d'un chapitre où le programme français demande de ne donner aucune expression, tandis que celui du Sénégal en donne quelques-unes (travail des forces élastiques (tension d'un ressort, couple de torsion))

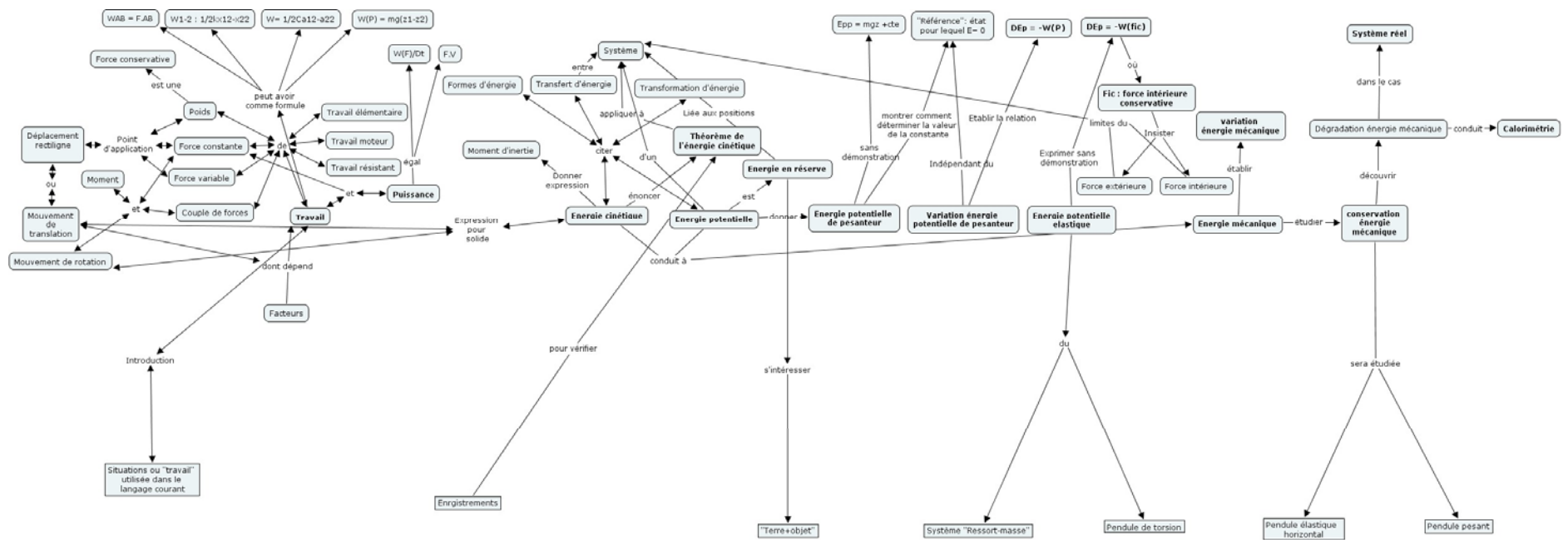
Nous pouvons dire que malgré le différent agencement des deux programmes, ils utilisent dans leur majorité les mêmes concepts pour l'enseignement des phénomènes énergétiques. Ils diffèrent sur l'approche (ou fil conducteur) et sur l'organisation conceptuelle comme le montrent les cartes conceptuelles (graphiques 2 et 3 ci dessous).

Cartes conceptuelles

La mise en relation et la progression de l'enseignement des concepts sont données par les cartes conceptuelles (Bruguière et al, 1994, 2002). Elles résument la structuration conceptuelle de chaque programme.

Carte conceptuelle du programme sénégalais (graphique n° 2)

La carte conceptuelle reproduisant les relations entre les concepts et les objets et événements donne une vision de libellé des programmes. Les relations entre les concepts sont plus nombreuses que celles entre les objets et événements et concepts. L'ensemble des relations montre le caractère séparé de l'étude des concepts essentiels (travail, énergie cinétique, énergie potentielle et énergie mécanique). La densité des relations de certains concepts avec celui du travail explique l'importance que ce programme lui donne. Cette densité peut être interprétée comme la preuve de l'étude détaillée du concept de travail. Il faut noter que la relation du travail avec l'énergie cinétique est implicite, elle se fait par l'étude du théorème de l'énergie cinétique. Pour l'étude des formes d'énergie stockée, le programme se limite aux deux formes essentielles. La conservation de l'énergie (mécanique) est abordée à la fin de la progression.



Partie énergétique du programme sénégalais (classe de première, 1999)

Les concepts

Monde des objets et événements

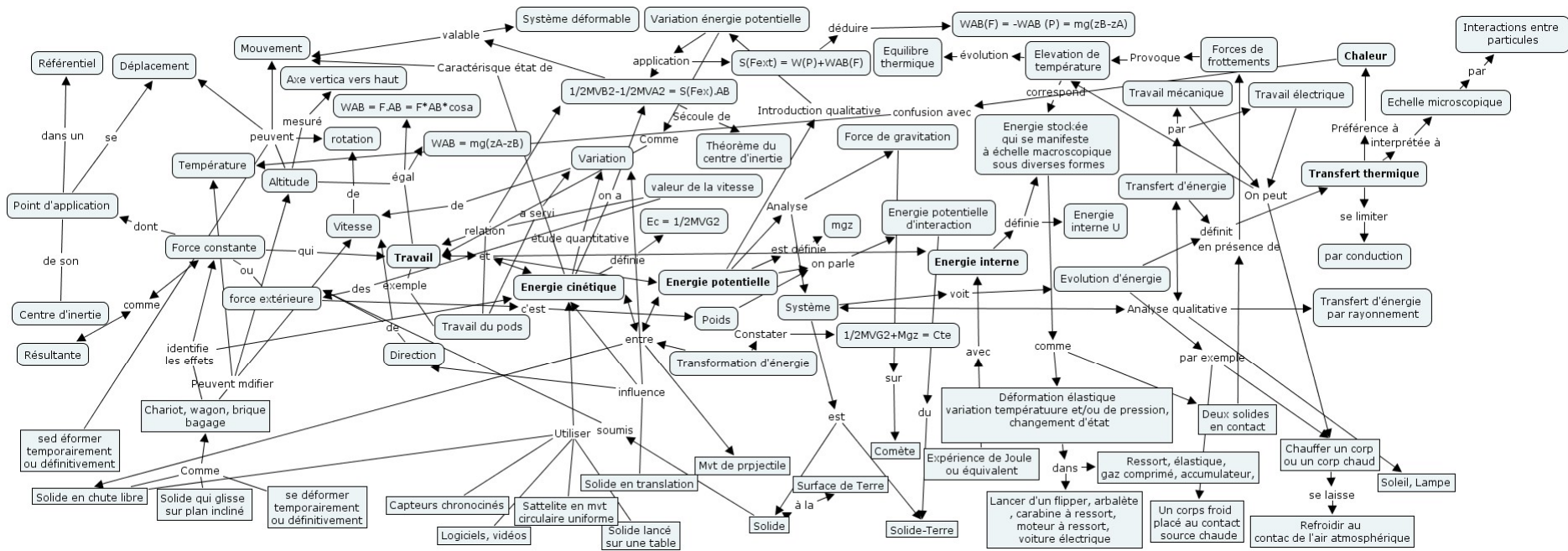
Graphique 2. Carte conceptuelle visualisant les concepts essentiels du programme sénégalais. De haut en bas : mondes de la théorie et des modèles, monde des objets et événements. De gauche à droite : la progression suivant les chapitres du programme.

Carte conceptuelle du programme français (graphique n° 3)

Le concept de travail qui débute le paragraphe « Force, travail et énergie » dans le programme français est relié aux autres concepts par la conjonction « et ». La densité des relations entre le monde des objets/événements et celui de la théorie/modèles est importante. La carte conceptuelle permet d'observer une certaine homogénéité entre les mondes des objets/événements et de la théorie/modèles, même si la relation entre les concepts semble prédominer.

Comparaison entre les deux cartes conceptuelles

Les deux cartes conceptuelles montrent que les programmes préconisent de démarrer avec le concept de travail. A partir de là, chacun des programmes suit un cheminement différent que révèle le type de mise en relation dans les deux cartes conceptuelles. La conservation de l'énergie est demandée à la fin dans les deux programmes avec des différences dans les prescriptions. Celui du Sénégal se limite à la conservation de l'énergie mécanique dans cette partie alors que celui de la France utilise l'énergie dans sa globalité. Les notions de transferts et de changement de formes d'énergie sont beaucoup plus présentes dans le programme français que dans celui du Sénégal. Ceci peut s'interpréter par le fait que l'équivalence entre les types d'énergie est le fil conducteur de l'étude de la conservation de l'énergie dans le programme français. De son côté, celui du Sénégal semble privilégier le stockage de l'énergie par un système et un seul mode de transfert d'énergie (le travail). Ce qui peut expliquer la limitation à la conservation de l'énergie mécanique. L'étude détaillée du travail mécanique dans le programme sénégalais se traduit par la densité de liens autour de ce concept.



Partie énergétique du programme sénégalais (classe de première, 2001)

Concept

Monde des objets et événements

Graphique 3. Carte conceptuelle visualisant la relation entre les différents concepts utilisés dans la partie du programme français concernant les phénomènes énergétiques. La chronologie prescrite dans le programme va de gauche à droite et la relation entre les mondes (objets/événements et théorie/modèles) de bas en haut.

Ensemble conceptuel

Pour préparer les analyses aux niveaux mésoscopique et microscopique, ces concepts et notions, que ces deux programmes utilisent sont rassemblés dans des ensembles que nous appelons « ensembles conceptuels ». Nous construisons un ensemble conceptuel autour des principaux concepts utilisés dans le domaine de l'énergie dans les deux programmes. Ainsi un ensemble conceptuel n'est pas défini par une analyse de la physique mais par celle des programmes. Dans chaque ensemble conceptuel nous regroupons tous les mots ou groupes de mots que nous recensons dans le texte du programme et qui font référence (cf partie théorique) à un concept donné. Cette définition nous permet d'identifier 11 d'ensembles conceptuels recensés concernant les phénomènes énergétiques dans les deux programmes. Nous les énumérons ci-dessous.

1. **Energie.** Dans cette catégorie, nous avons regroupé les notions que l'on retrouve dans le texte du modèle de l'énergie et ceux utilisées pour les formes et adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours et en physique dans les deux niveaux

1.1. Modèle de l'énergie

1.2. Forme ou adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours

1.3 Forme ou adjectif qualifiant l'énergie en physique au niveau microscopique et/ou macroscopique

3. **Forme d'énergie stockée.** Elle contient les mots utilisés pour caractériser les formes d'énergie stockée par un système

3. **Mode de transfert d'énergie.** Dans le cas du transfert d'énergie, nous utilisons quatre

3.1. Travail mécanique

3.2. Travail électrique

3.3. Transfert thermique

3.4. Transfert par rayonnement

4. **Système.**

5. **Chaîne énergétique.**

6. **Changement de forme ou transformation d'énergie.**

7. **Variation ou évolution d'énergie stockée.**

8. **Variation de quantité d'énergie transférée.**

9. **Conservation de l'énergie.** Les termes ou les formules qui font référence à la conservation de l'énergie, conservation de l'énergie mécanique, théorème de l'énergie cinétique et relation entre variation de l'énergie potentielle et travail du poids et plus généralement des forces intérieures conservatives.

10. **Puissance.**

11. **Processus de modélisation et fonctionnement de la physique.**

Conclusion.

Pour comparer le savoir à enseigner dans les deux programmes nous avons procédé de la manière suivante.

Dans un premier temps nous avons analysé l'organisation de l'enseignement des sciences physiques dans le programme des deux pays. Nous avons remarqué que chaque programme a

une organisation qui lui est spécifique. Celui du Sénégal est organisé en Cours/TP-cours où le professeur peut faire un cours ou bien un cours illustré par une expérience. Durant cette forme d'organisation toute la classe est présente. Il peut utiliser des heures pour faire des travaux dirigés, dans ce cas les élèves appliquent ou approfondissent les notions vues durant les heures de cours. Il lui est loisible de faire des travaux pratiques (TP) si le matériel est disponible. Durant cette phase il doit diviser la classe en deux groupes.

De la seconde à la première les heures de TP et de cours magistraux sont différentes d'un programme à l'autre. L'analyse de la répartition horaire nous laisse croire que le programme des sciences physiques au Sénégal privilégie les cours : 8 heures de TP et 57 heures de cours/TP - cours en première.

Dans un deuxième temps nous avons analysé les contenus à enseigner de la seconde à la première. Dans ce cas nous avons remarqué qu'en seconde les deux programmes n'ont qu'un seul contenu commun : le mouvement. En première les contenus communs sont l'énergie et l'optique.

Cependant nous avons remarqué qu'un même contenu qui est étudié au niveau de la seconde pour l'un des programmes peut se retrouver au niveau de la première pour l'autre : c'est le cas de la notion de force et des interactions.

L'approche utilisée en première dans la partie énergétique est différente suivant le pays. Pour le Sénégal l'étude se fait d'une façon séparée au sens où chaque concept est présenté séparément en prenant soin d'établir ensuite leurs relations à travers ce qui est appelé des théorèmes : théorème de l'énergie cinétique, théorème de l'énergie potentielle, théorème de l'énergie mécanique, etc. Le programme français privilégie le transfert entre systèmes, ce qui permet de qualifier dès le début le travail comme un transfert d'énergie et de le lier aux autres formes d'énergie (cinétique, potentielle).

Nous avons analysé le texte des programmes de physique dans leur partie concernant les phénomènes énergétiques du point de vue de la modélisation. Nous avons remarqué que dans ces deux programmes les deux mondes sont présents dans les textes. La mise en relation est aussi présente dans les deux textes avec une différence dans le sens de la relation entre les deux mondes (le programme sénégalais utilise les deux sens alors que celui de la France utilise un seul sens).

Le programme sénégalais utilise les deux sens de la relation entre les deux mondes. Parfois nous avons remarqué que pour une même proposition les deux sens de la relation sont possibles.

Le programme français préconise un seul sens de la relation : du monde objets/événement vers celui de la théorie/modèles.

Du point de vue des relations entre les concepts nous notons une forte présence des définitions dans les deux programmes. Ce qui peut s'expliquer par le caractère abstrait des concepts liés aux phénomènes énergétiques.

Les mêmes noms des concepts sont utilisés dans le texte des programmes des deux pays, mais la chronologie dans l'étude et les liens avec d'autres termes ou notions ne sont pas les mêmes. Pour harmoniser l'analyse aux niveaux mésoscopique et microscopique, nous avons défini et construit des « ensembles conceptuels ». Ces ensembles conceptuels nous permettent d'avoir un outil de comparaison du savoir enseigné.

Quatrième partie. Analyse des pratiques de classes au niveau mésoscopique

Ce chapitre vise à répondre à la question : « comment rendre compte de la vie du savoir dans les deux classes ? » par une analyse au niveau mésoscopique.

Dans un premier temps nous allons nous limiter à une étude descriptive pour caractériser les classes du point de vue de la phase didactique et de l'organisation de la classe, sans formuler d'hypothèses précises. Les conclusions de cette partie contribueront à l'analyse de la vie du savoir dans les thèmes. Cette caractérisation se poursuit dans un second temps, à travers une analyse thématique qui portera sur quelques thèmes. Celle-ci permettra de faire le lien entre les différentes dimensions décrites dans la première partie et la vie du savoir en classe. Cette analyse sera introduite par une présentation des établissements dans lesquelles les séances étaient filmées et dans sa conclusion nous dégagerons des invariants des pratiques observées.

Présentation des établissements où les enregistrements se sont déroulés.

Comme nous l'avons dit dans la méthodologie, les enregistrements vidéo et l'administration du questionnaire se sont faits dans une même classe dans chacun des lycées respectivement choisis en France et au Sénégal. En France, la classe (désormais classe 1 dans notre texte), est dans un lycée de l'académie de Lyon, situé dans un quartier périphérique de la ville. Au Sénégal, la classe (nommée 2) est dans un lycée de l'académie de Dakar, situé dans un quartier à proximité du centre ville, et qui accueille des élèves issus de milieu très différents. L'établissement abritant la classe 1 est polyvalent tandis que celui de la classe 2 est un lycée essentiellement technique et professionnel.

Les classes scientifiques qui nous intéressent dans cette étude ont des effectifs de 31 et de 17 élèves respectivement pour la classe 1 et la classe 2. La classe 1 est constituée de 17 filles et 14 garçons alors que la classe 2 compte 3 filles pour 14 garçons. L'âge des élèves dans la classe 1 est dans l'intervalle 16-18 ans et celui de la classe 2 dans l'intervalle 17-21 ans.

Les enseignants qui tiennent ces classes, une femme pour la classe 1 et un homme pour la classe 2, ont une ancienneté de 15 ans au moins. Ils ont tous l'habitude de tenir des classes de premières scientifiques.

Phase didactique et organisation de la classe

Avant de commencer l'analyse, nous présentons les plages horaires qu'utilisent ces classes et celles de nos enregistrements (tableaux 12 et 13).

Tableau 12 Numéro des séances, date et durées officielles et filmées. Classe 1

| N° séance et date | Durée officielle | Durée filmée | Forme de présence |
|--------------------------------|------------------|--|-------------------|
| Séance n° 1 le 19 janvier 2006 | 1 : 30 : 00 | 1 : 29 : 18 (10 min dans caméra élève) | Demi classe |
| Séance n° 2 le 23 janvier 2006 | 1 : 30 : 00 | 1 : 12 : 49 | Toute la classe |
| Séance n° 3 le 26 janvier 2006 | 1 : 30 : 00 | 1 : 35 : 37 | Demi classe |
| Séance n° 4 le 30 janvier 2006 | 1 : 30 : 00 | 1 : 19 : 04 | Toute la classe |
| Séance n° 5 le 6 février 2006 | 1 : 30 : 00 | 1 : 17 : 20 | Toute la classe |
| Séance n° 6 le 7 février 2006 | 1 : 00 : 00 | 0 : 52 : 36 | Toute la classe |
| Séance n° 7 le 14 février | 1 : 00 : 00 | 0 : 49 : 16 | Toute la classe |
| Durée totale | 9 : 30 : 00 | 8 : 36 : 00 | |

Le pourcentage d'heures filmées par rapport à la durée totale de la séquence est de 89,14% dans classe 1. La différence entre les deux durées peut s'expliquer soit par le fait que les heures, dans la plupart des cas, sont précédées par d'autres enseignements et que les élèves doivent changer de bâtiment, soit alors qu'elles se situent tout au début de la journée. Ce faisant, le respect du quart d'heure pédagogique peut être une des causes.

Tableau 13 Numéro des séances, date et durées officielles et filmée. Classe 2

| N° de la séance et date | Durée officielle | Durée filmée | Forme de présence |
|-------------------------|------------------|--------------|-------------------|
| 8 novembre 2005 | 1 : 00 : 00 | 0 : 48 : 54 | Toute la classe |
| 9 novembre 2005 | 2 : 00 : 00 | 1 : 44 : 30 | Toute la classe |
| 15 novembre 2005 | 2 : 00 : 00 | 1 : 32 : 49 | Toute la classe |
| 16 novembre 2005 | 2 : 00 : 00 | 1 : 32 : 04 | Toute la classe |
| 22 novembre 2005 | 2 : 00 : 00 | 1 : 33 : 06 | Toute la classe |
| 23 novembre 2005 | 2 : 00 : 00 | 1 : 22 : 00 | Toute la classe |
| 06 décembre 2005 | 2 : 00 : 00 | 1 : 18 : 20 | Toute la classe |
| 16 décembre 2005 | 1 : 00 : 00 | 0 : 51 : 45 | Toute la classe |
| Durée totale | 14 : 00 : 00 | 10 : 43 : 28 | |

Le pourcentage d'heures filmées par rapport à la durée officielle accordée à la séquence est de 75,48% dans la classe 2. Dans cette classe, la partie concernant la réalisation individuelle des exercices et que l'on retrouve dans les séances 3, 5 et 7 n'a pas été filmée à cause des contraintes techniques. Il faut aussi noter que les horaires se trouvent au milieu de la matinée (10 h à 12 h), et que le quart d'heure dû à la pause est à déduire de cet horaire.

Comme le montrent les tableaux 12 et 13, les durées officielles des deux séquences sont différentes, celle de classe 1 équivaut aux 2/3 de celle de la classe 2. Les durées filmées sont inférieures aux durées officielles.

Analyse en termes de phases didactiques dans les deux séquences

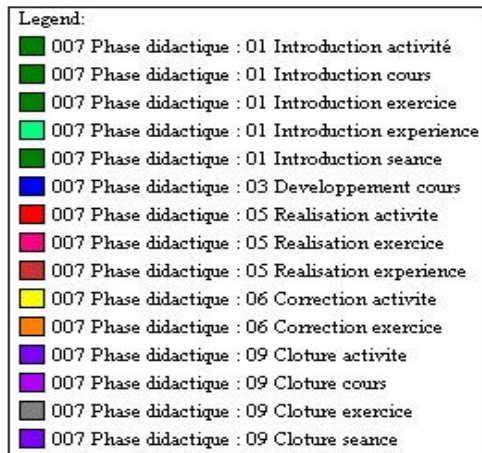
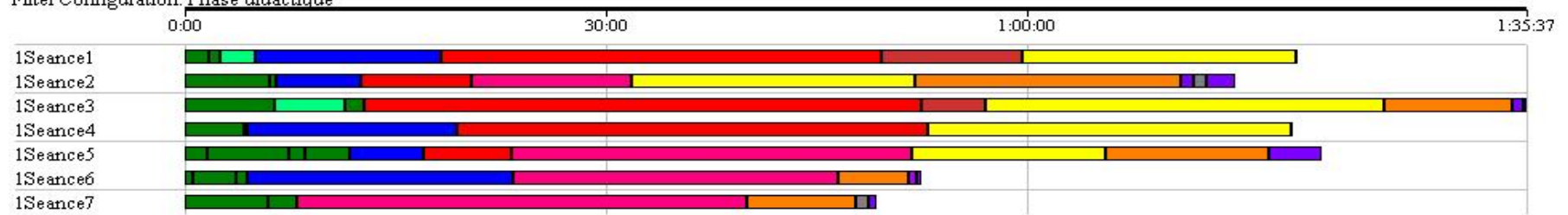
L'analyse en termes de phases didactiques est faite dans chacune des classes comme nous l'avons présenté dans la méthodologie. Nous commençons par une vue globale de la séquence, ensuite une séance de chaque classe est analysée pour nous permettre de donner une ou des caractéristiques qui gouverne(nt) chaque classe. Cependant dans le corps du texte, nous ne présentons que l'analyse d'une séance, le reste figure en annexe 5.

Analyse des phases didactiques dans la séquence d'enseignement de la classe 1.

Le graphique 4 et le tableau 14 montrent la durée par séance des différentes phases didactiques dans de la classe 1.

Series: Sequence enseignement energie 1ere S Fr et Sn
 Filter Configuration: Phase didactique

Series Keyword Bar Graph



Graphique 4 Graphique représentant les phases didactiques dans l'analyse globale de la séquence d'enseignement de l'énergie. Classe 1.

Tableau 14 Durée des phases didactiques par séance

| Séance | Intro. Séance | Cours | Activité | Exercice | Clôture Séance | Total |
|---------|---------------|----------|----------|----------|----------------|----------|
| S1 | 00:02:49 | 00:14:03 | 01:00:16 | | 00:01:17 | 01:18:24 |
| S2 | 00:00:49 | 00:05:52 | 01:03:54 | | 00:02:00 | 01:12:34 |
| S3 | 00:01:32 | | 01:24:23 | 00:08:56 | 00:00:28 | 01:35:19 |
| S4 | 00:00:31 | 00:14:39 | 01:03:09 | | 00:00:31 | 01:18:49 |
| S5 | 00:03:22 | 00:11:05 | 00:21:40 | 00:41:21 | | 01:17:27 |
| S6 | 00:00:51 | 00:20:04 | | 00:31:05 | 00:00:25 | 00:52:25 |
| S7 | 00:02:08 | | | 00:46:29 | 00:00:33 | 00:49:11 |
| Total | 00:12:02 | 01:05:42 | 04:53:22 | 02:07:51 | 00:05:13 | 08:24:10 |
| %classe | 12,4% | 13,0% | 58,2% | 25,4% | 1,0% | 100,0% |

Les phases de réalisation (activités, exercice) occupent une grande partie de la durée de cette séquence. Viennent ensuite les phases de correction et les cours. Les phases d'introduction occupent la troisième place en ordre d'importance dans cette séquence. Cependant dans chacune de ces phases, selon qu'on se focalise sur un type bien déterminé, par exemple une réalisation d'activité, la durée accordée devient différente. C'est pourquoi nous allons décrire dans chaque séance, ces différentes phases didactiques afin de déterminer le type le plus marquant.

Phases didactiques de la deuxième séance. Classe 1

Rappelons que dans la méthodologie, nous avons dit que le découpage de chaque séance en termes de phase didactique est indépendant de son découpage en termes d'organisation de la classe. Nous présentons l'analyse d'une séance (séance 2) où nous décrivons les différentes phases didactiques qu'elle contient. Ensuite nous donnons une synthèse de toute la séquence.

Dans ce qui suit, la séance est décrite en se focalisant sur les types de phases didactiques présentes, ensuite les caractéristiques sont comparées avec celles relevées dans les séances précédentes.

La séance a une durée de 1 heure 12 minutes. Nous reproduisons le graphique détaillé (graphique 5) montrant les différentes phases didactiques de cette deuxième séance.



Graphique 5 Phases didactiques dans la séance 2. Classe 1

La séance est introduite et clôturée. Elle est entièrement constituée de deux activités dont une qui est seulement corrigée et une autre qui est réalisée et corrigée en classe et d'un exercice réalisé et corrigé. La deuxième activité est précédée de la lecture-explication d'un texte (que nous considérons comme un cours). La clôture de la séance sert aussi d'introduction pour une activité qui devrait se faire à la maison. La séance étant introduite, ainsi que les exercices et les activités, c'est ce qui explique que cette catégorie introductive (graphique globale 4) est plus longue que celle se trouvant dans la première séance. C'est dans cette introduction de la séance qu'est abordé le sujet sur le dossier énergétique proposé aux élèves.

Le développement de cours constitué de la lecture-explication de texte faite par l'enseignante est plus long dans la première séance que dans la deuxième. Ceci s'explique par le fait que dans la première séance, le texte sert à se familiariser avec le modèle de l'énergie, alors que dans la deuxième, il s'agit d'un texte (lu et expliqué en classe) qui informe les élèves sur la classification historique des formes d'énergie en physique, il sert d'introduction pour la réalisation de l'activité qui suit. Nous pouvons systématiser la structuration de cette séance du point de vue phase didactique de la sorte : une correction d'activité précède la réalisation et la correction d'exercice qui est suivie par une lecture-explication de texte (cours) ouvrant la voie à une deuxième réalisation et correction d'activité. Ces deux étapes se font entre une introduction et une clôture de séance, cette dernière sert aussi de phase d'introduction pour une autre activité.

Résumé des phases didactiques de la séquence dans la classe 1

Le graphique 6 donne un résumé de la séquence d'enseignement de l'énergie de la classe 1 sous l'angle des phases didactiques. Nous résumons la composition en phases didactiques de chaque séance : les introductions, cours, activités, exercices et clôtures. Ensuite nous donnons la tendance globale qui caractérise cette classe.

Nous adoptons la catégorisation suivante :

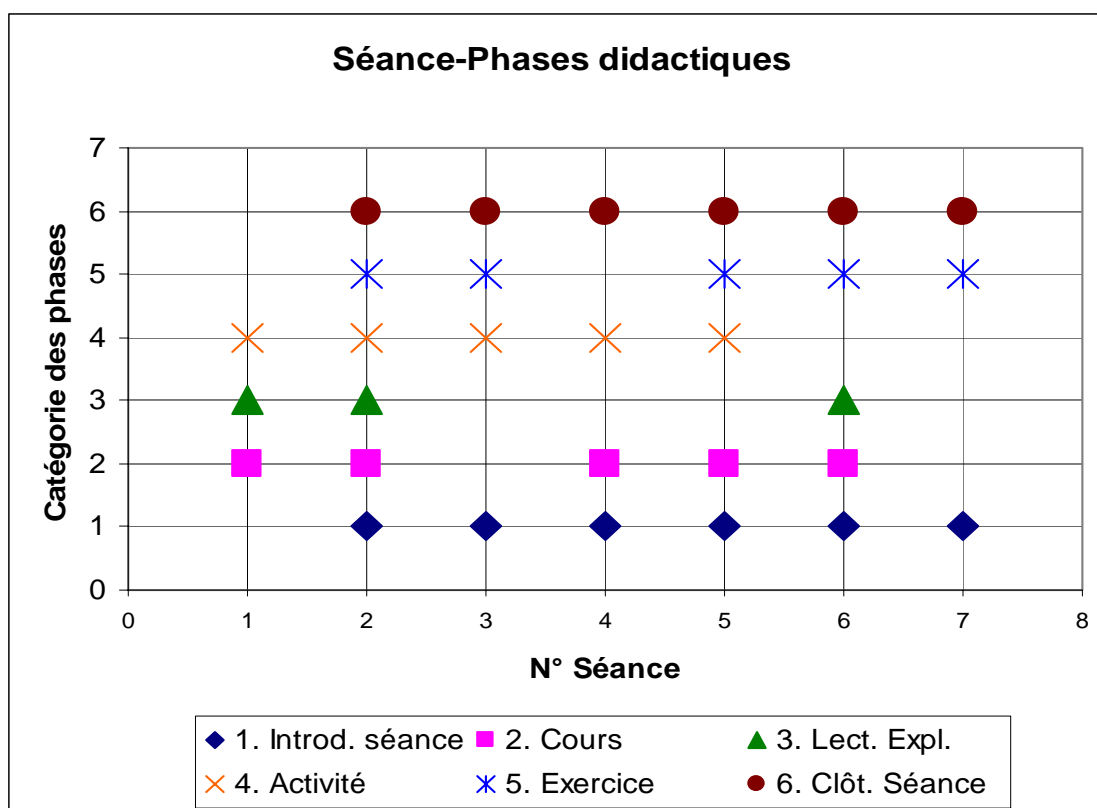
Catégorie 1. Introduction de la séance

Catégorie 2. Cours qui concerne le cours magistral, les anticipations, les résumés et synthèses, les contrôles oraux qui ont un statut de récapitulation du cours et les lectures, explications ou commentaires de texte.

Catégorie 3. Activité qui comprend des introductions, réalisations, corrections, clôtures. Les expériences font partie des activités.

Catégorie 4. Exercice qui comprend les introductions, les réalisations, les corrections et les clôtures.

Catégorie 5. Elle concerne les clôtures de séance.



Graphique 6 Séance et phases didactiques. Classe 1

Catégorie 1. Introduction de séance

Il s'agit dans cette partie d'analyser les différentes phases d'introduction de séance.

Comme on peut le remarquer, seule la première séance ne comprend pas d'introduction et de clôture. Les introductions des séances 2, 3, 4, 5, 6 et 7 sont de formes variables. Ainsi, l'introduction de la séance 2 comporte une discussion sur le travail donné dans les séances précédentes, alors que celle de la troisième séance est axée sur des conseils que l'enseignante donne aux élèves, elle les invite à redoubler d'efforts dans le travail. A l'ouverture de la quatrième séance, elle annonce la continuation du travail entamé dans celle précédente. S'agissant de la séance 5, elle a été introduite par différentes discussions, une première sur l'agenda des deux semaines futures (les cours à terminer, le devoir surveillé à faire), la deuxième axée sur l'absence de l'enseignante deux jours avant, et la troisième sur les précautions à prendre pour les prochains jours à cause d'un mouvement de grève annoncé. Dans la séance 6, il s'agit d'une information sur le travail à faire. Concernant la séance 7, la discussion comprend deux sujets, le premier porte sur l'agenda du présent cours et celui d'une séance ultérieure, le second, sur la précaution à prendre pour les séances prochaines à cause d'une réunion de certains professeurs qui est annoncée.

Au total, les concernant le savoir en jeu, elle concerne les séances 2, 4 et 6, les questions d'organisation du travail des élèves et de la gestion de la classe, elle concerne les séances 3, 5 et 7. Pour autant, la revue des introductions de séance permet de voir que deux ensembles se dégagent, les différences nonobstant. A l'arrivée, il devient possible de caractériser la classe en introductions mettant le savoir en jeu et trois autres de gestion de travail et de classe.

Catégorie 2. Cours magistral

Nous distinguons quatre formes de cours, une première où il s'agit de lire et de commenter un texte, une deuxième où le professeur développe son cours soit en dictant, soit en écrivant au tableau, une troisième où il fait un rappel en début de séance, une synthèse ou un résumé à un moment donné et un contrôle oral qui résume ou synthétise une partie du savoir et une quatrième forme où il s'agit de préparer une prochaine séance (anticipation).

La première forme (lecture et explication de texte) est présente dans les séances 1, 2 et 6. La deuxième forme se trouve dans les séances 4 et 5. La troisième à la séance 5. La quatrième (anticipation) est absente de cette séquence.

La phase de cours se trouve dans cette classe dans 5 séances sur 7 et dans ces dernières, la forme de lecture et commentaires de texte est observée dans 3 séances, la forme développement de cours se trouve dans 2 séances et le rappel dans une seule. Dans cette classe, le cours magistral se fait soit sous forme de commentaire de texte ou de développement de formules écrites au tableau par l'enseignante qui les dicte en même temps. Le rappel de cours est aussi utilisé même si c'est une catégorie qui est repérée dans une séance sur cinq.

Catégorie 3. Activités

La phase d'activités comprend les expériences, la réalisation et la correction de l'activité.

Les activités qui débutent par une expérience se trouvent dans la première et la troisième séance. Les activités (sans expériences) réalisées, soit en classe soit à la maison et corrigées en classe, se trouvent dans cinq séances sur sept, ce qui conforte la caractéristique de cette classe qui utilise les activités dans la construction du savoir. Nous trouvons neuf activités dans cette séquence dont sept sont réalisées et corrigées en classe (tableau 15).

Tableau 15 Phases didactiques et ressources. Classe 1

| N° S | Cours | Nombre d'activité | | | | Exercice | | | Ressources |
|------|-------|-------------------|-----------------|--------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---|
| | | Exp | Réalisée classe | Corrigée en classe | A la maison | Réal. En cl | Corre ct. cl | Réal. maison | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | Modèle énergie « sésames ». feuilles activités. Mat. Exp. |
| 2 | 1 | | 1 | 2 | 1 | | 1 | | feuilles activités |
| 3 | | 1 | 2 | 3 | | | 1 | | feuilles activités |
| 4 | 1 | | 2 | 2 | | | | | feuilles activités Utilisation tableau |
| 5 | 1 | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | Utilisation tableau |
| 6 | 1 | | | | | 1 | 1 | | feuilles activités |
| 7 | | | | | | 1 | 1 | | feuilles activités |
| Tot | 5 | 2 | 7 | 9 | 2 | 4 | 5 | 1 | |

Catégorie 4. Exercices.

La phase d'exercice se trouve dans 5 séances sur 7 (séances 2, 3, 5, 6 et 7). Quatre de ces cinq exercices sont réalisés et corrigés en classes et un seul est réalisé à la maison et corrigé en classe.

Catégorie 5. Clôture

Nous distinguons dans cette rubrique celles qui concernent le savoir mis en jeu (séances 2, 3, 4, et 5) et celles qui concernent la gestion et l'organisation du travail (séances 5 et 6).

Si donc nous nous référons aux phases didactiques qui font avancer le savoir dans la classe, nous remarquons que les réalisations (d'activités ou d'exercices) occupent la plus grande partie du point de vue de la durée (tableau 14) ; Et du point de vue du nombre, nous relevons 14 réalisations (dont 9 en activités et 5 en exercices) alors que le cours magistral apparaît dans 5 séances au cours de la séquence (tableau 15).

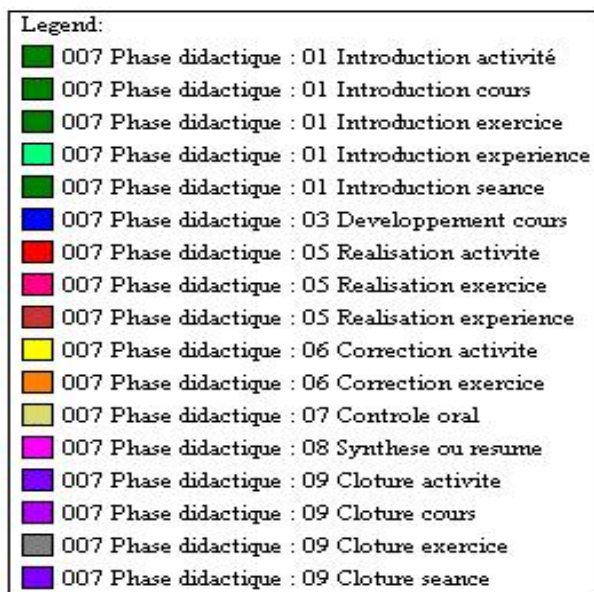
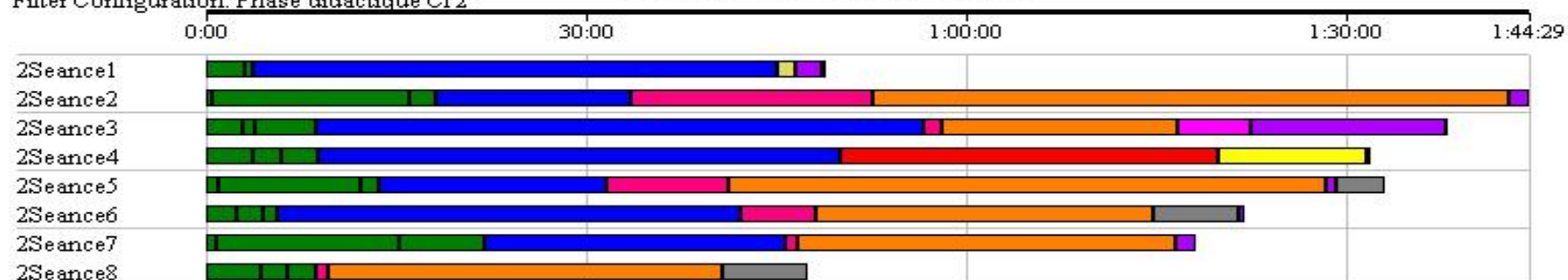
Analyse des phases didactiques dans la séquence d'enseignement de la classe 2.

Le même procédé, utilisé pour l'analyse de la séquence de la classe 1 est reconduit dans le cas présent.

Le graphique 7 et le tableau 16 nous montrent que le cours est la phase didactique la plus importante, ensuite viennent par ordre de grandeur de la durée, les corrections et les réalisations d'exercices (ces dernières n'ont pas été filmées à cause de contraintes techniques), les introductions et les clôtures. Des résumés ou synthèses, des contrôles oraux et des anticipations ont été notés mais à des degrés moindre. Ces phases seront logées dans celle appelée cours.

Series: Sequence enseignement energie 1ere S Fr et Sn Series Keyword Bar Graph

Filter Configuration: Phase didactique C12



Graphique 7 Graphique représentant globalement les phases didactiques dans la séquence d'enseignement de l'énergie. Classe 2.

Tableau 16 Durée des phases par séances

| Séance | Intro. Séance | Cours | Activité | Exercice | Clôture Séance | Total | Remarque |
|--------|---------------|----------|----------|----------|----------------|----------|--------------------------------|
| S1 | 00:00:38 | 00:47:52 | | | 00:00:24 | 00:48:16 | |
| S2 | 00:02:01 | 00:17:20 | | 01:24:38 | | 01:41:58 | |
| S3 | 00:04:47 | 01:06:04 | | 00:21:31 | | 01:27:35 | Une partie Ex n'est pas filmée |
| S4 | 00:03:07 | 00:43:17 | 00:45:22 | | | 01:28:39 | |
| S5 | 00:01:30 | 00:19:49 | | 01:11:49 | | 01:31:38 | Une partie Ex n'est pas filmée |
| S6 | 00:01:19 | 00:38:57 | | 00:41:36 | 00:00:32 | 01:21:05 | |
| S7 | 00:06:41 | 00:26:07 | | 00:45:02 | 00:00:15 | 01:18:05 | Une partie Ex n'est pas filmée |
| S8 | 00:02:20 | | | 00:41:00 | | 00:41:00 | |
| Total | 00:22:23 | 04:19:26 | 00:45:22 | 05:05:36 | 00:01:10 | 10:18:15 | |
| % | 3,6% | 42,0% | 7,3% | 49,4% | 0,2% | 100,0% | |

Phases didactiques de la septième séance. Classe 2

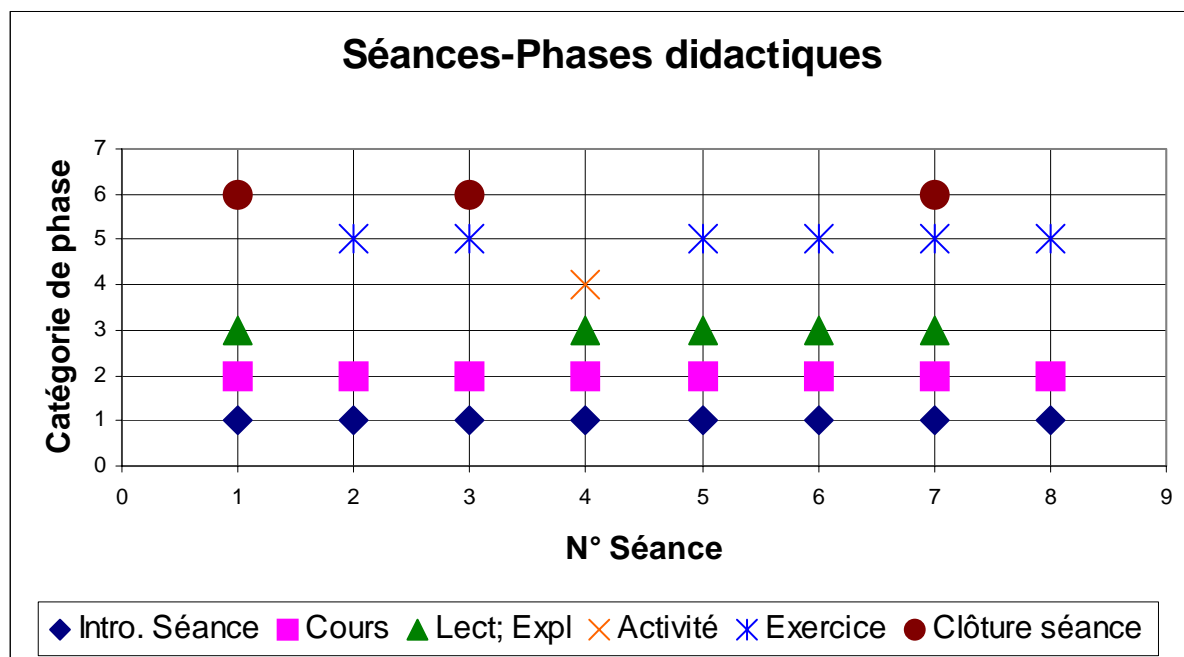
Le graphique détaillé (graphique 8) montre les différentes phases où il existe un rappel des cours précédents, d'un cours magistral accompagné de temps en temps de lecture et explication de texte. Une réalisation et une correction d'exercice suit ce cours. Un deuxième exercice est entamé et sera terminé dans la séance suivante. La durée de la correction du premier exercice est importante mais ne peut être comparée à celle de la réalisation à cause des coupures opérées sur cette dernière. L'écriture du texte de l'exercice au tableau est aussi remarquée dans cette séance.



Graphique 8 Phases didactiques de la séance 7. Classe 2

Résumé des phases didactiques de la séquence dans la classe 2.

Nous adoptons la même catégorisation que dans l'interprétation des différentes phases didactiques de la classe 1, ce que visualise le graphique 9.



Graphique 9 Phases didactiques de chaque séance. Classe 2

Catégorie 1. Introduction de séance.

Les introductions de séance peuvent être classées dans quatre formes.

La première forme contient les introductions qui annoncent le cours ou la première partie du programme. On les retrouve dans la première séance.

La seconde forme concerne celle qui fait office de gestion et organisation du travail de la classe. Elle se retrouve dans une seule séance, la séance 2.

La troisième forme, la plus importante, concerne les introductions de séance par des rappels de cours. On les repère dans les séances 3, 4, 5, 6 et 7.

Et la quatrième forme d'introduction de séance où le rappel concerne une correction d'exercice se trouve dans la séance 8.

Avec cette catégorisation, nous remarquons que les rappels constituent l'une des caractéristiques de cette classe. Ce procédé se trouve dans 5 séances sur 8.

Catégorie 2. Cours magistraux

Dans cette classe les rappels sont classés dans l'introduction de la séance même s'il s'agit de cours à cause de leur statut par rapport au début de la séance. Les autres catégories sont les mêmes que celles annoncées dans l'analyse au niveau de la classe 1.

Nous retrouvons dans cette classe deux séances (2 et 3) où il est question de développement de formules dans les cours. Dans cinq séances il y a soit un développement de cours accompagné de lecture et explication (qui est quelque fois faite par l'enseignant, quelquefois par un élève) soit un développement sans de lecture et explication de texte, ce sont les séances : 1, 4, 5, 6 et 7.

La séance 3 contient une anticipation et un résumé ou synthèse.

Le développement de cours, accompagné ou non de lecture et explication est une deuxième caractéristique de cette classe.

Catégorie 3. Activité

L'activité est une phase pratiquement (une fois sur sept séance) absente dans cette classe.

Catégorie 4. Exercice

Les phases exercices se retrouvent dans les séances 2, 3, 5, 6. L'ensemble des exercices sont réalisés et corrigés en classe et dans une séance à l'exception d'un seul dont la réalisation correction s'est étalée sur deux séances (7 et 8).

Le cours et l'exercice sont les phases les plus importantes du point de vue nombre et du point de vue de la durée dans cette classe.

Catégorie 5. Clôture de séance.

Les clôtures de séances de cette classe sont du genre « on arrête là », « on continuera la prochaine fois » etc.

Tableau 17 Récapitulation des phases didactiques et des ressources utilisées. Classe 2

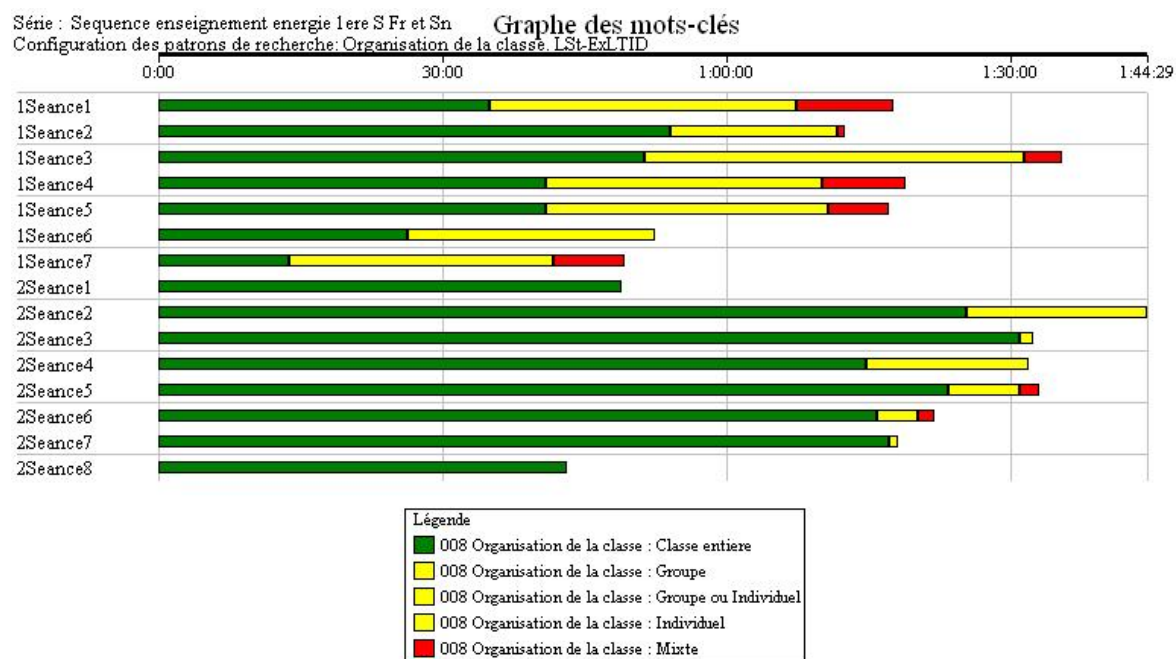
| S | Cou rs | Activité | | | | Exercice | | | Ressources |
|------|-----------|----------|-------------|------------|-------------|-----------|------------|------------|--|
| | | Exp | Réa l.Cl | Réa . M | Cor r Cl | Réa Cl | Corr Cl | déb uté | |
| N°1 | 1 | | | | | | | | Tab Texte |
| N°2 | 1 | | | | | 2 | 2 | | Tab Ex sur feuille Equerre |
| N°3 | 1 | | | | | 1 | 1 | | Tab Compas Equerre Document Ex sur feuille |
| N°4 | 1 | | 1 | | 1 | | | | Tab Compas Equerre |
| N°5 | 1 | | | | | 2 | 2 | | Tab Ex sur feuille Equerre Compas |
| N° 6 | 2 | | | | | 1 | 1 | | Texte Tab Ex sur feuille Equerre |
| N°7 | 1 | | | | | 2 | 1 | 1 | Tab Ex sur feuille Texte Equerre |
| N°8 | 1* | | | | | | 1 | | Tab Equerre |
| Totl | 9 | | 1 | | 1 | 8 | 8 | | |

* C'est à la fois la clôture de l'exercice et l'introduction à un cours prochain.

Pour cette classe, les exercices, au nombre de 8, et le cours magistral, au nombre de 8, en éliminant celui de séance 9 qui est une introduction au cours à suivre, sont les phases prépondérantes du point de vue du nombre et de la durée comme le montre le tableau 17. Ce nombre 8 signifie que chaque développement de cours est suivi d'un exercice d'application. La quasi absence d'activité est notable dans cette classe (tableau 17).

Organisation de la classe

Le graphique 10 représente globalement les différentes formes d'organisation de la séquence dans chacune des deux classes.



Graphique 10 Organisation de la classe. De 1Séance1 à 1Séance7 pour la classe 1 et de 2Séance1 à 2Séance8 pour la classe 2.

L'organisation en classe entière est présente dans les deux classes, de par sa durée, fortement prépondérante la classe 2 et à peu près égale dans la classe 1. Ensuite viennent respectivement les organisations en groupe ou individuel (pour la classe 1) et individuel (pour la classe 2). L'organisation mixte est beaucoup plus accentuée dans la classe 1 et ne se manifeste dans la classe 2 qu'aux séances 5 et 6 avec une très faible durée. Cette première vue doit être confirmée par l'analyse par séance qui va suivre.

Nous analysons l'organisation de chaque classe avant de les comparer.

Organisation de la classe. Classe 1

La séquence d'enseignement de cette classe comporte sept séances dont la plupart ont une durée officielle de 1 heure 30 minutes.

Chacune des séances se fait avec une variété d'organisation de classe. Les organisations en classe entière et groupe ou individuelle sont les plus prépondérantes en durée (tableau 18).

Tableau 18 Durée des organisations de la classe (en minute). Classe 1.

| Séance | CE | Gr Ind | Mixte | Total |
|----------|-------|--------|-------|--------|
| S1 | 32 | 37 | 10 | 79 |
| S2 | 54 | 17 | 1 | 72 |
| S3 | 51 | 40 | 4 | 95 |
| S4 | 41 | 30 | 9 | 80 |
| S5 | 41 | 30 | 6 | 77 |
| S6 | 27 | 26 | 0 | 53 |
| S7 | 13 | 28 | 8 | 49 |
| Total | 259 | 208 | 38 | 505 |
| Pourcent | 51,3% | 41,2% | 7,5% | 100,0% |

Organisation de la classe. Classe 2

Cette classe utilise une organisation en classe entière, les autres types d'organisation sont pratiquement inexistantes. Les séances 3, 5 et 7 où l'organisation individuelle n'est pas filmée pourrait augmenter le pourcentage, ce qui influencerait l'écart entre les deux classes (tableau 19).

Tableau 19 Durée des organisations de la classe (pour les séances qui sont entièrement filmées). Classe 2

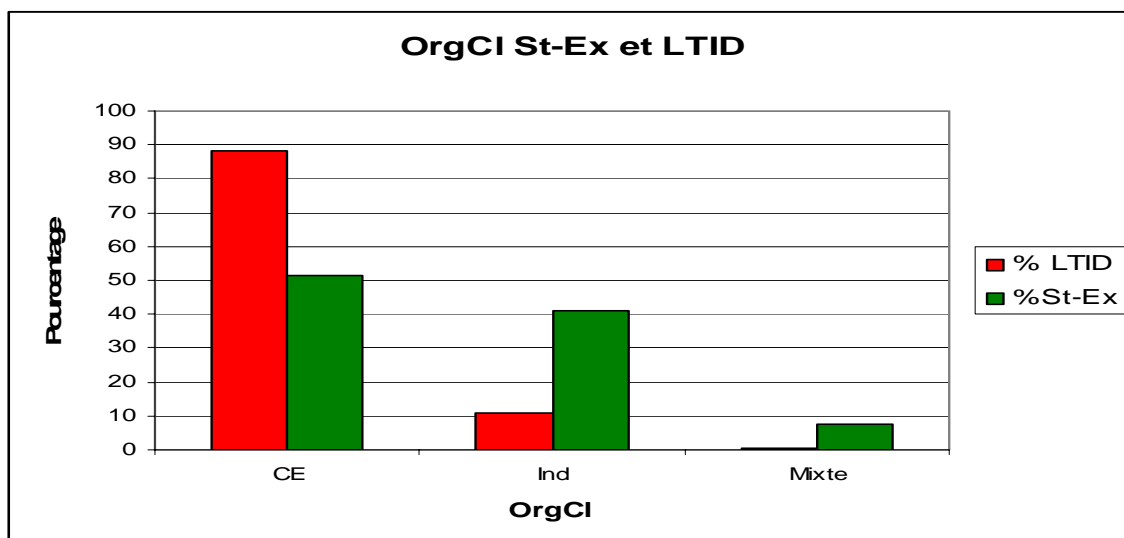
| Durée organisation de la classe | | | | Total |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Séance | CE | Ind | Mixte | |
| S1 | 00:48:54 | | | 00:48:54 |
| S2 | 01:44:19 | 00:19:31 | | 02:03:50 |
| S4 | 01:13:42 | 00:18:22 | | 01:32:04 |
| S6 | 01:14:48 | 00:04:20 | 02:52,6 | 01:22:00 |
| S8 | 00:43:20 | | | 00:43:20 |
| Tot | 05:45:03 | 00:42:13 | 00:02:53 | 06:30:08 |
| % | 88,4% | 10,8% | 0,7% | 100,0% |

Comparaison des dimensions dans les deux classes.

A l'aide de graphiques, nous donnons les caractéristiques des deux classes du point de vue phase didactique et organisation de la classe, ensuite nous identifions leur ressemblance et leur différence.

Comparaison du point de vue organisation de la classe

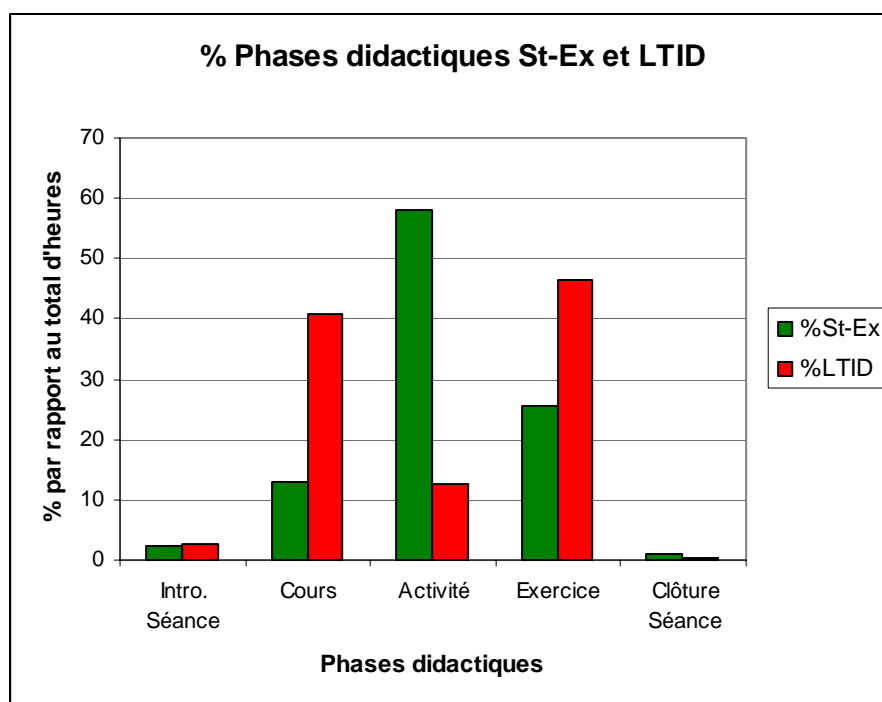
Nous trouvons des caractéristiques différentes du point de vue organisation de la classe (graphique 11). La classe 1 utilise les trois types d'organisation avec des durées relativement égales CE (51%), Gr ou Ind et Mixte (49%). La classe 2 se caractérise pour sa part, par une durée plus longue en ce qui concerne l'organisation en CE (88%), l'organisation de groupe n'a été utilisée qu'une seule fois. L'organisation individuelle, bien que n'ayant pas été filmée totalement dans trois séances, occupe un pourcentage relativement faible par rapport à la classe entière.



Graphique 11 Pourcentage des organisations de classe (7 séances pour la classe 1 et 5 Pour classe 2)

Comparaison du point de vue des phases didactiques

Les deux classes ne privilégient pas les mêmes phases didactiques. La classe 1 utilise plus d'activités, ensuite le cours et l'exercice là où la classe 2 privilégie également l'exercice et les phases de développement du cours. L'activité est presque absente du point de vue de la durée (graphique 12)



Graphique 12 Pourcentage par rapport à la durée totale des séances complètement filmées dans les deux classes. (7 séances pour la classe 1 et 5 séances pour la classe 2)

Les cinq séances de la classe 2 que nous conservons ne sont pas concernées par les coupures dans l'enregistrement.

Les deux classes introduisent la séance, avec des formes différentes. La classe 1 utilise deux types d'introduction : celles qui contribuent proprement à l'avancée du savoir et celles qui, tout en contribuant à cette avancée du savoir, sont du ressort de gestion de la classe et de l'organisation du travail. Dans la classe 2, l'introduction de la séance se résume pratiquement à des rappels des cours précédents.

Sur un autre point, la clôture de séance est plus accentuée dans la classe 1 que dans la classe 2. Dans la première l'enseignante donne à la fin de certaines séances des travaux à faire alors que celui de la classe 2 utilise des clôtures classiques du type : « on finira ça demain ».

Thèmes

Introduction

Dans cette partie, l'analyse du point de vue mésoscopique porte sur la chronogenèse et la topogenèse du savoir. Chaque thème est analysé suivant la chronologie du savoir mis en jeu, dans ce cas, les numéros des sous-thèmes permettent de baliser son évolution. Nous présentons d'abord le thème dans la séance en utilisant à chaque fois un graphique provenant du traitement avec le logiciel Transana. La structuration du thème en sous-thèmes sera faite en utilisant des tableaux qui permettent de mettre en valeur, en accord avec le graphique, les formes d'imbrication et d'inclusion. Dans ces différentes présentations, nous incluons toute caractéristique qui peut différencier un thème d'un autre (les durées d'enregistrement, les formes d'organisation de classe, la durée de chaque sous-thème etc). La deuxième phase d'analyse consiste à décrire l'avancée du savoir et les positions des acteurs dans chaque thème. Cette analyse sera faite sur un échantillon, les autres étant versés en annexe 5.

Structuration des séquences en thèmes ou sous-thèmes

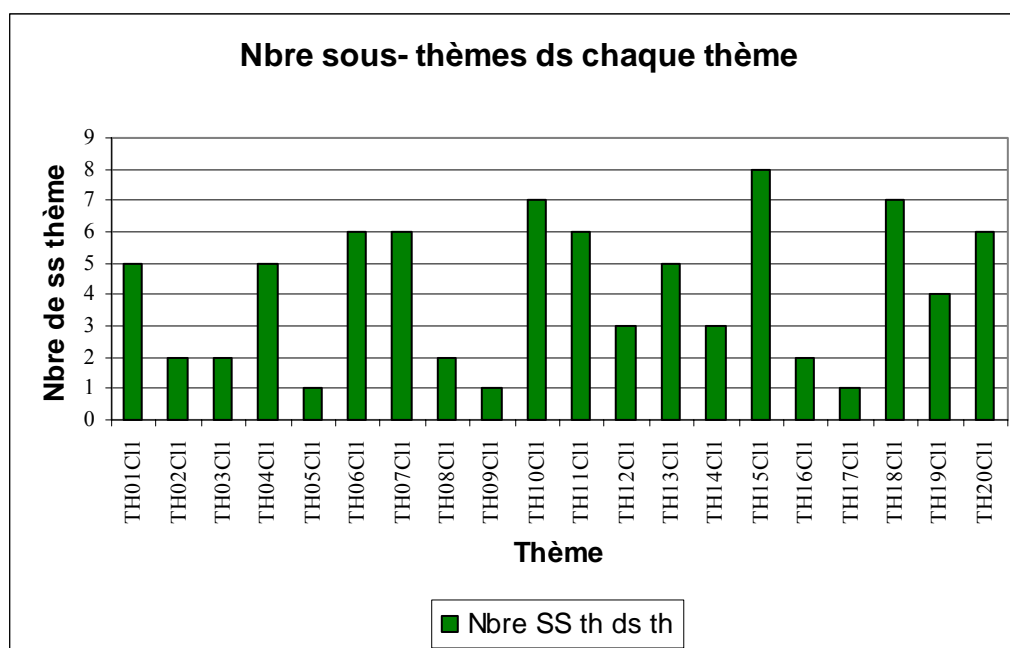
Dans chaque séance plusieurs aspects du savoir sont abordés. Rappelons que nous utilisons le découpage thématique. Comme nous l'avons présenté en méthodologie, un thème est un ensemble de savoir homogène relatif à un sujet donné. Il comprend en général une introduction, un développement et une clôture. Nous avons adopté, en fonction des séances, des thèmes généraux qui regroupent un ensemble de savoirs qui traitent du même objet. La durée de ces thèmes, relativement importante, nous a conduit à les découper en sous-thèmes pour avoir des unités plus centrées sur le savoir.

Nous prenons comme exemple le thème 4 de la classe 1 intitulé : « chaîne énergétique en termes d'identification de noms, de modes de transferts et variation d'énergie stockée par les systèmes en interaction ». Il a été découpé en 5 sous thèmes. Le premier sous thème (chaîne énergétique en termes de transfert d'énergie) est une sorte d'introduction aux différentes analyses que l'enseignante annonce au début de l'activité. Ne pouvant se rattacher à aucun des savoirs spécifiques abordés au cours de cette activité, nous avons décidé d'en faire un sous-thème qui tient lieu en même temps d'introduction. Les quatre autres sous thèmes sont spécifiques au savoir donné qui est traité. Les articulations entre les thèmes et les sous-thèmes sont les suivants :

Les thèmes et les sous thèmes sont numérotés. Les premiers se situent dans l'ordre chronologique, ils ne se répètent pas au cours de la séquence, chaque intitulé apparaît une seule fois. Par contre, un même thème peut se situer dans deux séances, le professeur n'ayant pas terminé à la fin d'une séance le poursuivra au cours d'une autre. Les sous-thèmes quant eux peuvent se répéter à des endroits différents de la séquence. Par exemple le sous thème 11

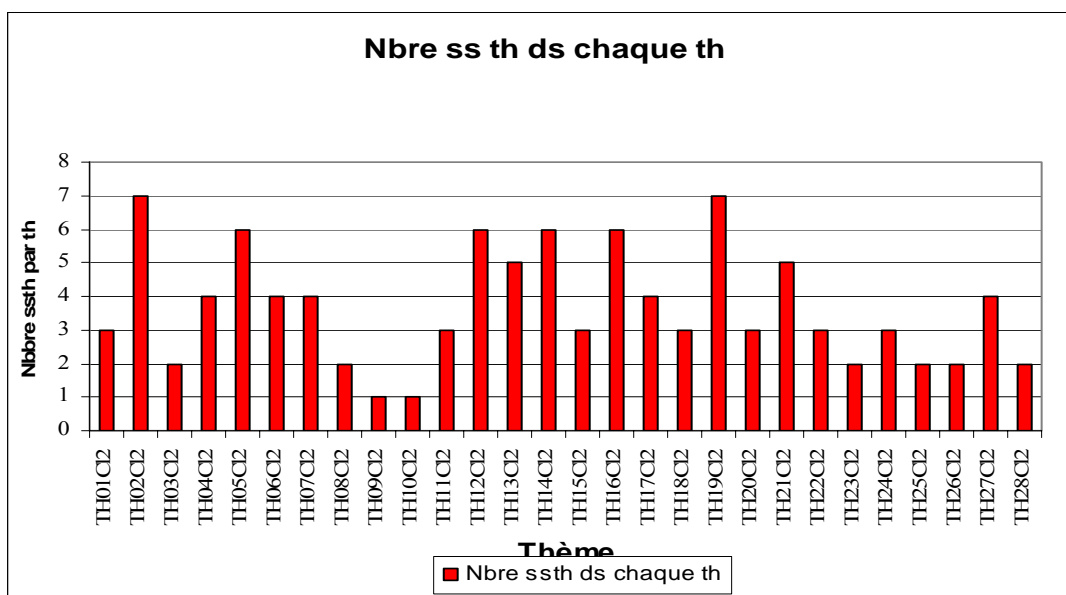
de la classe 2 intitulé « Travail du poids d'un système se déplaçant d'une altitude z_A à une altitude z_B » qui apparaît pour une première fois au thème 3 (Expression du travail d'un solide en déplacement en fonction de la variation des altitudes) se retrouve aux thèmes suivants : thème 5 (Travail de forces s'exerçant sur un pendule) et thème 13 (Energie cinétique). Ce sous-thème garde le même numéro dans ces différents thèmes.

Nous présentons, avant d'entamer l'analyse thématique, le nombre de sous-thèmes que contient chaque thème dans les deux classes (graphiques 13 et 14) afin d'avoir une vue d'ensemble.



Graphique 13 Nombre de sous thèmes composant chaque thème. Classe 1

Le nombre de sous-thèmes dans la classe 1 va de 1 (5, 9 et 17) à 8 sous-thèmes (15). Remarquons que nous avons décompté ici tous les sous-thèmes qui participent à l'avancée du savoir. Le thème 5 (Les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes (compte rendu de dossier), qui contient un sous-thème faisant référence au dossier sur les formes d'énergie dans la région de Rhône-Alpes, se poursuit dans un autre thème (17) où la correction effective a eu lieu. Le thème 9 (Chaîne énergétique : identification de noms, de modes de transfert d'énergie et de variation d'énergie stockée par les systèmes en interaction) fait référence à l'identification des noms d'un système en interaction et aux modes de transferts d'énergie mis en jeu. Il fait suite au thème 4 du point de vue de la construction du savoir. Ce savoir mis en jeu coïncide avec une phase d'exercice à faire à la maison, il sera corrigé avant la réalisation de l'expérience du lancer et réception du médecine-ball.



Graphique 14 Thèmes et nombre de sous thèmes. Classe 2

Dans la classe 2, le nombre de sous-thèmes va de 1 (9 et 10) à 7 sous-thèmes (2 et 19) (graphique 14). Le thème 9 (Fonctionnement du physicien et travail d'une force) constitue, du point de vue du savoir, une synthèse du premier chapitre concernant le travail d'une force en déplacement. Le thème 10 qui suit immédiatement concerne un travail donné aux élèves, il s'agit d'expliquer l'exploitation du document concernant la photographie d'une bille en chute libre sans vitesse initiale. Le travail consiste à déterminer les vitesses successives des points représentés dans ce document distribué aux élèves.

La décomposition de la séquence d'enseignement d'énergie en thèmes diffère en nombre. Celle de la classe 1 se fait en 20 alors que dans la classe 2 nous retrouvons 28 thèmes. Cette différence peut s'expliquer par les contenus étudiés malgré l'utilisation des mêmes concepts. Par exemple la classe 2 étudie l'énergie potentielle de pesanteur, l'énergie potentielle élastique et de torsion là où la classe 1 se limite à l'énergie potentielle de pesanteur. Le travail d'une force variable pour un déplacement quelconque est étudié dans la classe 2 alors que la classe 1 se contente du travail d'une force constante pour un déplacement rectiligne. Cette différence du point de vue du contenu pourrait expliquer aussi la logique de la différence de la durée entre les deux classes.

Du point de vue des sous-thèmes, nous remarquons que les nombres varient de 1 à 7 ou 8 selon les classes. Le thème 15 de la classe 1 qui est composé de 8 sous-thèmes et les thèmes 2 et 19 de la classe 2 composés de 7 sous thèmes montrent l'importance que chacune des classes accorde à une partie de la séquence : travail d'une force en déplacement pour les deux classes et énergie potentielle pour la classe 2.

L'analyse thématique qui va suivre permettra de déceler d'autres différences en plus de celles que nous venons de présenter.

Analyse thématique dans la classe 1.

La durée des bandes vidéo concernant la classe 1 est de 8 heures 36 minutes. Nous l'avons décomposée en 20 thèmes comme le montre le tableau 20. Le nombre de sous-thèmes que contient chacun de ces thèmes varie de 1 à 9 (graphique 13).

Tableau 20 Intitulés des thèmes. Classe 1

| Partie | Thème | Intitulé des thèmes | D. Tot (en mn) | D. CE (mn) |
|---------------------------------------|--|--|-------------------|---------------|
| I S1_ S2 | 01 | Description et/ou interprétation d'une expérience dans un domaine de la physique : construction et analyse de phrases et de schémas de l'expérience « objet tiré par un moteur alimenté par une pile » | 55 | 17 |
| | 02 | Fonctionnement de la physique et processus de modélisation | 4 | 4 |
| | 03 | Modèle de l'énergie (lecture et explication de texte) | 19 | 19 |
| | 04 | Chaîne énergétique en termes d'identification de noms, de modes de transferts et de variation d'énergie stockée par les systèmes en interaction. | 18 | 11 |
| | 05 | Les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes (compte rendu de dossier réalisé). | 2 | 2 |
| | 06 | Mode de transfert d'énergie par travail mécanique dans une chaîne énergétique | 31 | 21 |
| II S2_ S3 | 07 | Adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours, dans les domaines technologiques et économiques, en physique du point de vue microscopique et macroscopique. | 30 | 22 |
| | 08 | Adjectifs qualifiant l'énergie stockée par un système dans les domaines de la physique (microscopique et macroscopique) et de la vie de tous les jours. | 12 | 12 |
| | 09 | Chaîne énergétique : identification des systèmes, des modes de transferts d'énergie. | 9 | 9 |
| III S3_ S4 S4_ S5 | 10 | Lien entre force et mouvement : étude des actions de lancer et de réception de médécines-ball de masse différentes. | 36 | 20 |
| | 11 | Transfert d'énergie entre systèmes : représentation en chaîne énergétique. Evolution et changement de forme d'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique. | 36 | 8 |
| | 12 | Variation, évolution et changement de formes d'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique. Grandeurs dont dépend l'énergie potentielle de pesanteur | 34 | 19 |
| | 13 | Transfert d'énergie par travail mécanique : diagramme d'interaction, représentation des forces dans une interaction. Grandeurs dont dépend le travail mécanique. | 34 | 7 |
| | 14 | Expression du travail d'une force constante en déplacement rectiligne | 29 | 29 |
| | 15 | Travail d'une force constante en déplacement rectiligne. | 41 | 13 |
| | 16 | Signification du travail comme changement de forme d'énergie pour un système isolé du point de vue énergétique. Travail du poids d'un système se déplaçant sur une hauteur h. | 18 | 10 |
| 17 | Les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes (compte rendu de dossier réalisé). | 4 | 4 | |
| IV | 18 | Les formes d'énergie stockée et leur relation avec le travail (théorème de l'énergie cinétique et relation entre variation d'énergie potentielle et travail du poids) et la puissance. | 21 | 21 |
| | 19 | Application du théorème de l'énergie cinétique et de la relation entre variation énergie cinétique et travail du poids. | 32 | 6 |
| | 20 | Calcul de la vitesse de lancement et de la hauteur d'un solide situé au-dessus du sol. Application des expressions faisant référence à la conservation de l'énergie. | 49 | 14 |

Pour analyser finement le savoir enseigné nous avons décidé de choisir quelques thèmes représentatifs de la classe du point de vue des phases didactiques, des types d'organisation de classe et des contenus du savoir enseigné.

Concernant les phases didactiques et l'organisation de la classe, rappelons que notre analyse a montré que la classe 1 utilisait plus d'activités et d'exercices que de développement de cours magistral, tandis que la classe 2 privilégie le cours magistral et les exercices. L'organisation

de la classe était plus variée dans la classe 1 que dans la classe 2.

En ce qui concerne le contenu thématique, nous regroupons les vingt thèmes en quatre parties qui structurent le savoir.

La première partie porte sur le fonctionnement de la physique et les processus de modélisation, l'analyse des modes de transfert d'énergie à l'aide de chaîne énergétique. Elle regroupe les six premiers thèmes (de 1 à 6). Cette partie débute avec l'expérience de l'objet tiré sur une table horizontale par un moteur qui est alimenté par une pile et se termine par un exercice. Cet exercice utilise les transferts d'énergie par travail mécanique qui sont analysés du point de vue des interactions et met en jeu les représentations vectorielles des forces.

La deuxième partie porte sur les adjectifs qualifiant l'énergie du point de vue de la physique macroscopique et microscopique et dans la vie de tous les jours. Cette partie est introduite par la lecture d'un texte qui fait référence à la classification historique que les physiciens ont utilisée (thème 7). Elle se poursuit par l'étude des qualificatifs de l'énergie stockée par un système dans les mêmes domaines et se termine par la correction d'un exercice qui appartient, du point de vue du savoir, à la première partie. C'est un exercice qui a été donné en préparation à la maison (thème 9).

La troisième partie porte sur le transfert d'énergie par travail mécanique ; elle s'étend du thème 10 au thème 17. Cette partie débute avec la réalisation de l'expérience de lancer et de réception de médécines-ball de masses différentes. La majeure partie des thèmes de cette partie porte sur le transfert par travail mécanique. Les variations, les évolutions et les changements de formes d'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique sont étudiés dans cette partie. Les formes d'énergie (cinétique et potentielle) sont aussi analysées dans cette partie.

Ces trois parties comportent des activités et des exercices avec quelques moments de cours magistraux surtout dans la troisième, avec le travail d'une force constante en déplacement rectiligne.

La quatrième partie porte sur la conservation de l'énergie. Elle débute avec une lecture de texte qui comporte les expressions de toutes les grandeurs étudiées : les expressions des énergies cinétique et potentielle, l'expression de l'énergie mécanique, de la conservation de l'énergie et les relations entre les variations des formes d'énergie (cinétique et potentielle de pesanteur), avec respectivement, la somme des travaux des forces et l'opposé du travail du poids. C'est un thème consacré à la lecture-explication de toutes ces expressions (thème 18). Les autres thèmes qui composent cette partie sont des exercices qui permettent à la classe d'appliquer le principe de conservation à diverses situations physiques (thèmes 19 et 20).

Nous allons étudier en détail quelques thèmes que nous considérons comme les plus représentatifs selon les critères suivants :

- les thèmes doivent refléter à la fois les phases didactiques et les organisations de classe que privilégie chaque classe ; aussi, les phases didactiques qui sont privilégiées sont les réalisations et corrections des activités ou des exercices où se retrouvent par ailleurs, tous les types d'organisation de classe,

- les quatre parties énumérées ci-dessus doivent être présentes dans l'échantillon ; le recours à des expériences, schémas ou textes, qui font partie des caractéristiques des classes, doit aussi être pris en compte dans l'échantillon.

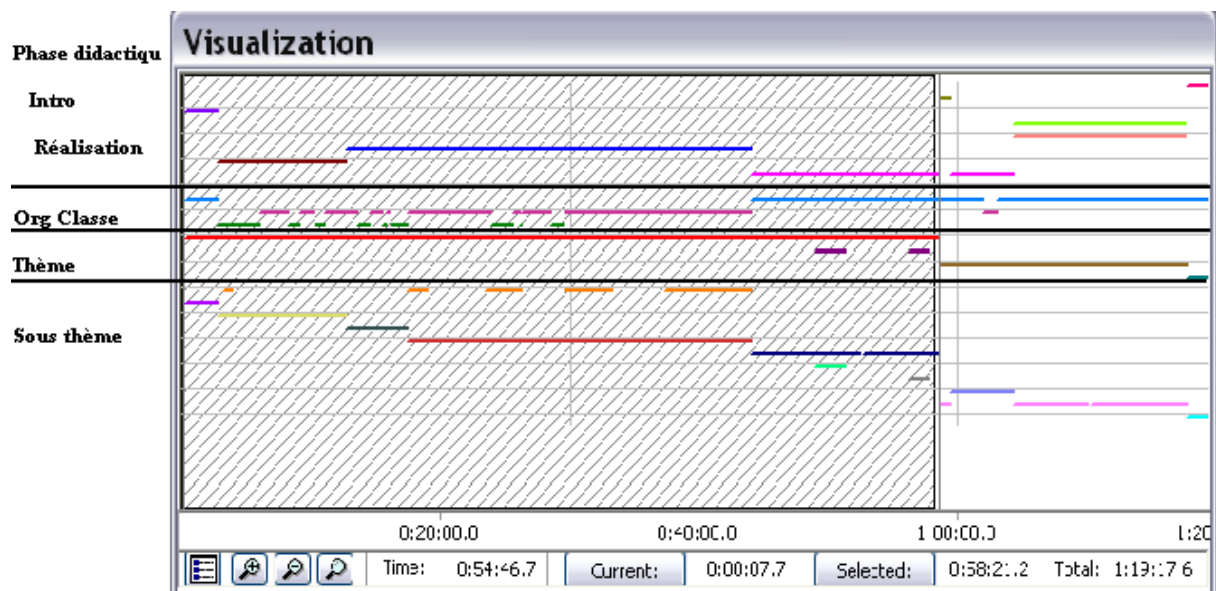
Nous avons choisi 10 thèmes, ce choix est basé sur la représentativité en nombre 10 thèmes sur 20 et de la variété des phases didactiques et d'organisation de la classe. Les autres thèmes

sont présentés en annexe 5.

Thème n° 1. Description et/ou interprétation d'une expérience dans un domaine de la physique : construction et analyse de phrases et de schémas de l'expérience « objet tiré par un moteur alimenté par une pile » et thème n° 2. Fonctionnement de la physique : processus de modélisation.

Ce thème ouvre la séquence d'enseignement de l'énergie dans cette classe. Il se situe donc au début de la première séance en présence de la demi-classe que nous suivons. Il dure 54 minutes. Le tableau 21, dans lequel les lignes respectent la chronologie de la séance dans la classe, représente la structuration en sous-thèmes.

La particularité de ces activités qui sont de l'ordre de la réflexion, d'abord sur ses propres productions, ensuite sur le fonctionnement de la physique, nous a conduit à inclure le thème 2 intitulé « Fonctionnement de la physique : processus de modélisation » dans le thème 1. Cette disposition est montrée dans le tableau 21 et le graphique 15. Ce thème 2 a une durée de 4 minutes environ.



Graphique 15. Visualisation du thème 1 (partie hachurée) dans la première séance. De haut en bas : Phases didactiques (Introductions expérience, réalisation (expérience et activité) et correction). Organisation de la classe (CE, Groupe, Mixte), des thèmes et les sous-thèmes

Tableau 21 Structuration du premier et deuxième thème en sous-thèmes. Classe 1. Les traits éliminés dans le champ « intitulé des sous-thèmes » indiquent l'inclusion d'un sous-thème dans l'autre. Les durées indiquées sont celles du sous-thème seul.

| Thème 1(Durée : 59 min) | | Thème 2. Fonctionnement de la physique : processus de modélisation (Durée 4 min) | Org Cl |
|---|---|--|---------|
| .Description et/ou interprétation d'une expérience dans un domaine de la physique : construction et analyse de phrases et de schémas de l'expérience « objet tiré par un moteur alimenté par une pile » | Sous-thèmes | Inclusions | |
| | 1. Consignes pour la réalisation de l'expérience et préparation du matériel (Durée : 3 min) | | CE |
| | 2. Observation, description et interprétation de l'expérience réalisée (Durée : 10 min) | | Gr ou M |
| | 3. Description et interprétation (Durée : 5 min) (Réflexion sur les termes) | | Gr ou M |
| | 4. Construction et analyse, par les élèves, de phrases et de schéma pour décrire en termes d'objets et/ou événements et pour interpréter l'expérience selon les domaines phénoménologiques de la physique. (Durée : 26 min) | | Gr ou M |
| | 5. description et/ou interprétation de l'expérience réalisée (analyse des phrases construites) (Durée : 11 min) | 6. Interprétation d'un phénomène à l'aide de modèles selon les différents domaines. Caractère évolutif d'un modèle. (Durée : 2 min) | CE |
| | | 7. Différence entre « description » et « interprétation ». Choix du domaine phénoménologique lors de l'interprétation. (Durée : 2 min) | |

L'activité faite durant ce thème vise à :

« Faire le lien entre les connaissances du quotidien ou du monde industriel et le modèle de l'énergie du physicien.

Expliciter aux élèves que le physicien dispose de plusieurs modèles pour interpréter les situations expérimentales et qu'il choisit de se placer dans l'un ou l'autre des domaines (mécanique, énergie) en fonction des questions qu'il se pose » (PEGASE/INRP)

Le texte des activités est donné dans le tableau 22

Tableau 22 Activités à réaliser dans ce thème. Classe 1

| | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| <p>On alimente un moteur grâce à une pile. Sur l'arbre du moteur un fil s'enroule et entraîne un objet qui glisse sur un support horizontal (paillasse).</p> <p>1. Décrivez par écrit ce qu'il se passe. Proposez une interprétation à partir de ce que vous savez en sciences physiques ou dans la vie quotidienne. Faites un ou plusieurs schémas pour illustrer cette interprétation.</p> <p>2. Pourrait-on répéter un grand nombre de fois cette expérience (en replaçant l'objet à sa position initiale à chaque fois) ?</p> <p>3. Confronter vos schémas avec ceux des autres binômes.</p> <p>4. Classez en quatre catégories, dans le tableau (tableau 23), les différentes phrases (ou parties de phrases) de vos textes ainsi que vos schémas.</p> | | | |
| Objets et événements | Interprétation | | |
| | Dans le domaine de l'électricité | Dans le domaine de la mécanique | Dans un ou plusieurs domaines |

SOURCE : PEGASE/INRP.

Comme le montre le graphique 15, ce thème débute par une phase d'introduction de l'expérience. Durant cette introduction, l'enseignante donne, en classe entière, le but de l'expérience et les consignes nécessaires à sa réalisation. Du point de vue de la topogenèse, durant cette phase d'introduction de l'expérience, l'avancée du savoir est d'abord sous la responsabilité de l'enseignante. Celle-ci explique en classe entière la procédure d'installation de l'ensemble du matériel (comment il faut brancher les fils électriques au moteur et accrocher une ficelle pour que celui-ci puisse tirer un objet plus ou moins léger) et le résultat que l'on doit avoir quand le moteur tourne. Les élèves écoutent (sous-thème 1). Dans la suite, la responsabilité de l'avancée du savoir est partagée entre l'enseignante et les élèves. Ces derniers lisent le texte qui a été distribué et un des membres de chaque binôme récupère le matériel en attendant de recevoir le moteur qui est en train d'être préparé par l'enseignante. Celle-ci, en faisant ce travail invite les élèves à lire le texte des questions qui vont suivre (sous-thème 2).

Les élèves travaillent en groupe de deux pour la réalisation de l'expérience et pour la construction de phrases. Durant la réponse aux questions en groupe de deux et du point de vue de la topogenèse, l'avancée du savoir qui, en principe devrait être du ressort des élèves, est bloquée à cause des difficultés de compréhension que ces derniers ont eues et qui a été soulevées en premier par les deux groupes du fond de la salle (sous-thème 3). L'enseignante aide alors les élèves d'abord en groupe, puis toute la classe. Durant ces moments, l'avancée du savoir, qui consiste en la compréhension des termes « description » et « interprétation », est initiée par l'enseignante. Ensuite les élèves prennent la responsabilité de cette avancée qui consiste, après la distinction des termes, à construire des phrases et des schémas décrivant et interprétant ce qui est observé durant l'expérience (Sous-thème 4). Quand l'enseignante voit que les élèves ont fini de faire des schémas, elle leur demande de se mettre par groupe de quatre (environ 9 à 10 minutes depuis le début du sous-thème 4). Ils travaillent en groupe de quatre pour confronter leurs propositions et sélectionner les phrases qu'un représentant ira écrire au tableau dès que le groupe sera prêt, l'enseignante ayant écrit préalablement au tableau noir, les titres des colonnes (tableau 23). Du point de vue organisation de la classe,

durant cette réalisation, il y a alternance entre « groupe » et « mixte ». Et du point de vue topogénèse, l'avancée du savoir est sous la responsabilité des élèves qui doivent faire fonctionner leur montage. L'enseignante les aide à cette tâche. Nous observons un changement d'organisation de groupe (passage de groupe de 2 à groupe de 4) au moment de la confrontation en groupe des productions, ainsi que d'autres formes de savoir en jeu. Durant cette analyse (des phrases et des schémas), la responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort des groupes de 4. L'enseignante y participe en écrivant d'abord les colonnes au tableau, ensuite en discutant au sein des groupes. Ce thème manifeste un contrat dans l'organisation de la classe. En effet les passages de classe entière en groupe de deux puis de quatre ainsi que l'écriture au tableau d'un élève, représentant le groupe de 4 se font de manière fluide, sans coupure nette dans ces organisations ; les élèves n'ayant pas besoin qu'on leur donne des indications de travail. Il semble donc qu'il s'agit d'une pratique habituelle de la classe.

Tableau 23 Phrases écrites au tableau par les représentants des groupes de 4 élèves. Classe 1

| Objets et événements observables | Interprétation à partir de ce que vous savez en sciences physiques | | |
|--|--|--|---|
| | dans le domaine de l'électricité | dans le domaine de la mécanique | dans un (ou plusieurs) autre(s) domaine(s) |
| <p>Pile, moteur, objet, ficelle. On ferme le circuit électrique qui relie une pile et un moteur. Celui ci se met en action, son arbre tourne, enroulant progressivement la ficelle qui attire l'objet fixé à son autre extrémité.</p> <p>L'arbre du moteur tourne et enroule la ficelle. L'objet est entraîné.</p> <p>Le moteur fait tourner l'arbre qui fait s'enrouler la ficelle autour de lui.</p> <p>La pile alimente le moteur, le fil s'entoure au domino et l'objet s'avance jusqu'au moteur</p> | <p>La pile produit de l'énergie électrique qui passe par le système moteur.</p> <p>L'énergie électrique est transmise au système moteur⁴</p> <p>La pile fournit de l'électricité au moteur</p> <p>La pile transmet de l'énergie électrique au moteur, énergie transmise par les fils.</p> <p>Transfert d'énergie de la pile au moteur</p> | <p>Le système moteur transforme l'énergie électrique en énergie mécanique. La pile transmet de l'énergie électrique au moteur..énergie transférée par les fils</p> <p>Le heu l'objet et le moteur...en interaction par l'intermédiaire de la ficelle.</p> <p>L'énergie électrique est transformée en énergie mécanique, ce qui entraîne la rotation de l'arbre du moteur</p> <p>L'arbre exerce une force sur la ficelle qui exerce une force sur l'objet</p> | <p>Une partie de l'énergie électrique se transforme en énergie thermique.</p> <p>cette expérience produit de l'énergie thermique.</p> <p>La réaction chimique à l'intérieure de la pile produit de l'énergie, énergie thermique produite.</p> <p>La réaction chimique à l'intérieur de la pile produit de l'énergie</p> |

Au début de la correction en classe entière (sous-thème 5), l'enseignante donne les consignes

⁴ Phrase rajoutée pendant la correction

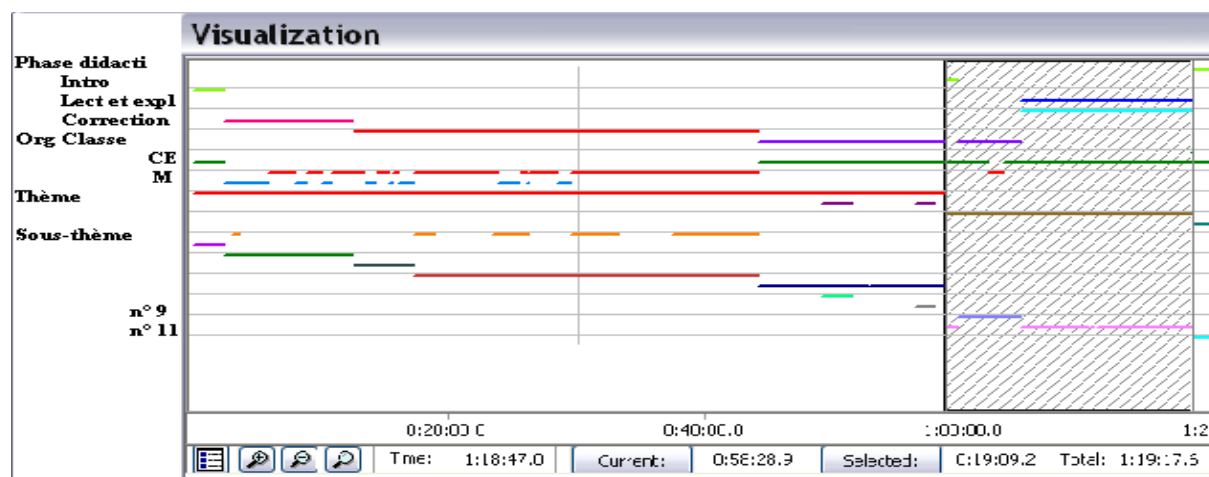
de lecture et la façon de valider ou non des phrases à leur emplacement.

La lecture des phrases est d'abord réalisée successivement par les élèves dans les deux premières colonnes (un élève lit à haute voix), puis par l'enseignante dans les deux dernières colonnes (tableau 23). Durant cette lecture, l'enseignante, en interrogeant les élèves, répète leurs réponses, donne des explications supplémentaires, accepte des rajouts de phrases. Elle profite de la lecture de ces phrases pour donner le fonctionnement de la physique et le processus de modélisation (sous-thèmes 6 et 7 appartenant au thème 2) (tableau 21). Les élèves participent à la correction en donnant leur avis sur certains termes ou en interpellant l'enseignante pour des clarifications supplémentaires. La responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort de l'enseignante, les élèves y participent en répondant aux questions ou en demandant des clarifications.

A la clôture du thème, en classe entière, l'enseignante fait avancer le savoir qui consiste à montrer aux élèves que durant ce qui va suivre, il peut arriver un moment où c'est à eux de choisir, suivant la situation, le domaine (mécanique, électrique, énergie) dans lequel ils doivent travailler. Elle leur fait remarquer que la situation où l'enseignant doit indiquer toujours le domaine dans lequel le travail se fait peut ne pas être explicitée. La conclusion du thème fait référence au texte du modèle de l'énergie qui permet à la classe d'analyser les phénomènes énergétiques.

Thème n° 3. Le modèle de l'énergie.

Comme le montrent le tableau 24 et le graphique 16, le thème 3 est le prolongement des premières activités (réalisation d'expérience, rédaction et analyse de phrases conduisant à l'introduction du fonctionnement de la physique et du processus de modélisation). Il introduit le texte du modèle de l'énergie qui servira de référence tout au long de la séquence (annexe 0). Sa durée est de 19 minutes environ, il est constitué d'un seul sous-thème (sous-thème 10, tableau 24) et d'une inclusion qui fait partie du point de vue du savoir en jeu au thème 1 (sous-thème 9).



Graphique. 16 Visualisation du thème 3 (Partie hachurée) dans la première séance. De haut en bas : Phases didactiques (Introduction cours, Développement cours et lecture), Organisation de la classe (CE, Ind), Thème, Sous-thèmes et inclusion.

Tableau 24 Structuration du troisième thème Classe 1

| Thème N° 3 (Durée : 19 min) Modèle de l'énergie (lecture et explication du texte) | Sous-thèmes | Inclusion | Org Cl |
|---|--|--|--------|
| | Introduction. (N°8 = 10). Annonce de l'étude du texte du modèle de l'énergie (Durée 1 min) | | CE |
| | | N° 9 Description et interprétation l'expérience réalisée (analyse des schémas) (Durée : 5 min) | |
| | N° 10 Le modèle de l'énergie (lecture et explication (Durée : 13 min) | | |

L'introduction de ce thème s'est faite avec la distribution d'une nouvelle feuille. Le texte en question est le modèle de l'énergie que l'enseignante souligne en insistant sur son statut qui est différent de celui des énoncés des activités ou des exercices. Elle est très rapidement interpellée par une élève lui rappelant la correction de la partie concernant les schémas (tableau 22)

L'enseignante revient alors sur cette activité pour introduire les schémas (inclusion 9). En interrogeant les élèves, elle en déduit que les schémas peuvent décrire, auquel cas ils seront dans la colonne objets et événements observables, ou interpréter des phénomènes, alors ils seront mis dans l'une des colonnes de l'interprétation dans un domaine précis. Elle fait comprendre qu'en général on retrouve dans un schéma différents domaines (électricité, mécanique, autres), il s'agit de choisir la partie qui concerne chacune des colonnes. Durant cette correction des schémas, l'enseignante interroge d'abord les élèves (organisation de la classe : CE), ensuite elle passe dans les rangs, vérifie le travail chez certains en discutant avec eux (organisation de la classe en groupe ou individuel). Elle s'adresse ensuite à toute la classe (organisation de type classe entière) et donne des indications sur la façon de repérer les parties de schéma qui correspondent à une description ou à une interprétation dans un domaine précis. A la suite de cette correction, elle invite les élèves à la lecture du texte du modèle de l'énergie. Du point de vue de la topogenèse, la responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort de l'enseignante. C'est elle qui corrige la partie concernant les schémas sous le rappel des élèves, qui les interroge durant cette activité et vérifie leur production, les invite ensuite à la lecture du texte du modèle qui doit suivre (sous-thème 10).

L'enseignante revient au texte du modèle et informe, avant de commencer sa lecture, que dans toute cette partie, le modèle de l'énergie sera la référence chaque fois que sera analysé un phénomène du point de vue énergétique. Elle précise que si les réponses sont en désaccord avec ce modèle c'est qu'elles sont fausses. Elle commence alors la lecture du texte qui fait référence au système auquel l'énergie est associée, aux propriétés de l'énergie (stockage, transfert et changement de forme d'énergie) pour la première partie. La deuxième partie fait référence à la conservation de l'énergie et à ses conséquences. La troisième partie parle des modes de transfert d'énergie (travail, thermique et rayonnement). Et la quatrième partie fait référence aux modes de représentation schématique dans le domaine de l'énergie : les chaînes énergétiques.

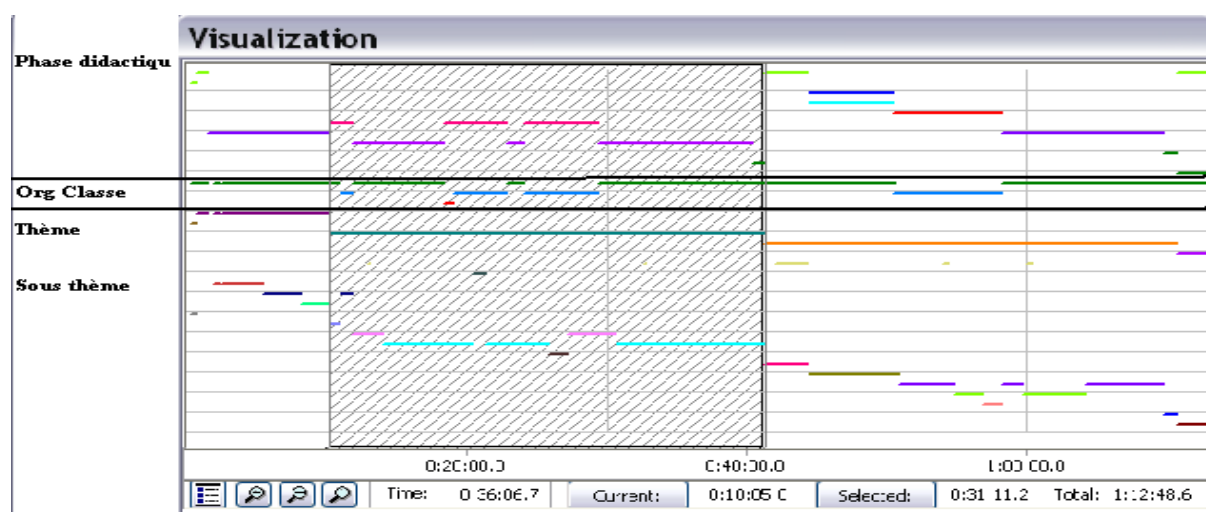
L'introduction du texte du modèle de l'énergie est sous la responsabilité de l'enseignante. Elle lit le texte et le commente en donnant des exemples. Les élèves y participent en répondant à ses questions ou en l'interpellant pour des clarifications.

A la fin de la lecture, elle propose aux élèves, en distribuant de nouvelles feuilles (concernant des activités), de commencer la réalisation d'une activité qui sera continuée à la maison.

Thème n° 6. Mode de transfert d'énergie par travail mécanique dans une chaîne énergétique

Le thème 6, qui termine la première partie de notre découpage (tableau 20), consiste en un exercice introduisant les liens entre le domaine de l'énergie et les autres (mécanique, électrique ou chimique) qu'un physicien doit faire quand il interprète le monde qui l'entoure. Il dure 31 minutes. Le mode de transfert qui est analysé dans cet exercice est le travail mécanique.

Comme le montrent le graphique 17 et le tableau 26, il est constitué de deux sous-thèmes et d'inclusions (sous-thèmes 12 et 14). Les deux sous-thèmes sont imbriqués (graphique 17). Les deux premières inclusions appartiennent à des savoirs déjà étudiés (les moyens pour diminuer les frottements : sous-thème 14, la nature et la fonction d'un réservoir : sous-thème 12). La troisième (sous-thème 20) est un savoir qui n'est pas encore étudié (le mouvement des électrons dans le transfert par travail électrique entre la pile le moteur). La séance est faite en présence de tous les élèves.



Graphique 17. Visualisation du thème 6 (Partie hachurée) dans la deuxième séance. De haut en bas : Phases didactiques (Réalisation, correction), Organisation de la classe (CE, Gr ou Ind, Mixte), Thème, sous-thèmes et inclusions

Le but de l'exercice est de familiariser les élèves à l'analyse des transferts d'énergie en utilisant les termes faisant référence à d'autres domaines (mécanique ici) (tableau 25).

Tableau 25 Enonce de l'exercice. Classe 1

Exercices (situation : objet tiré par un moteur qui est alimenté par une pile)
 Se référer au paragraphe " le transfert par mode travail " du modèle de l'énergie pour répondre.

1. Décrire l'interaction en jeu pour les transferts par mode travail n° 2 et 3 ((fig 13):
 - en nommant les deux systèmes qui interagissent ;
 - en représentant sur un schéma les forces représentant cette interaction et en les nommant.

Indication : pour le transfert 2, on considérera que le fil fait partie du moteur.

2. Qu'est-ce qui est en mouvement dans le transfert 1 ?

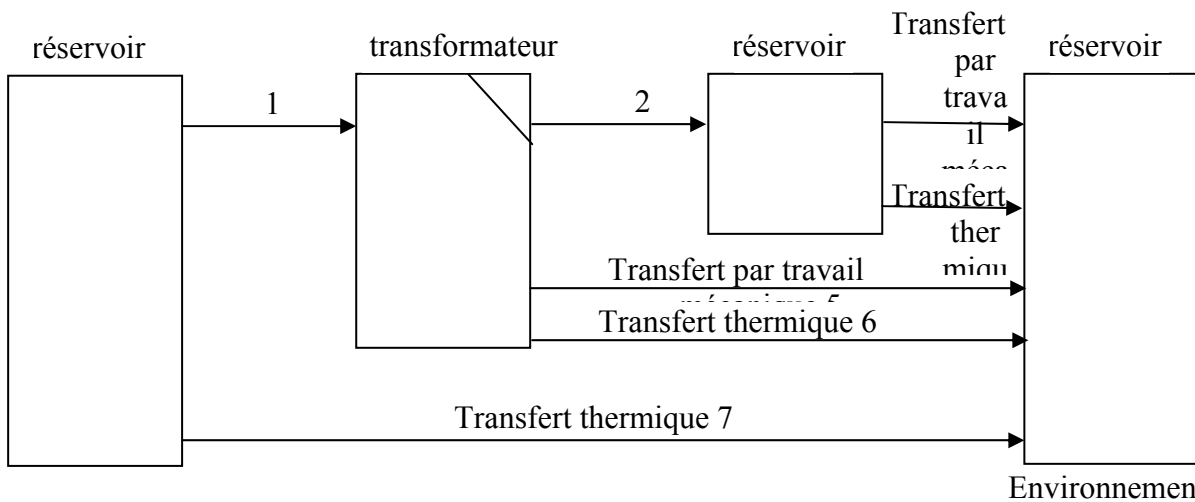


Figure 13 Schéma de la chaîne énergétique correspondant à la première situation étudiée (moteur alimenté par une pile et tirant un objet sur un support horizontal) pour l'analyse des modes de transferts d'énergie.

source PEGASE/INRP

Tableau 26 Structuration du thème 6 Classe 1

| | | | |
|---|--|--|-------------|
| Thème n° 6 (Durée : 31 min). Mode de transfert d'énergie par travail mécanique dans une chaîne énergétique | Introduction (Durée 1 min) | | Org Cl |
| | N° 17 Transferts en termes d'interaction et de représentation de forces dans une chaîne énergétique (introduction) (Durée : 1 min) | | CE |
| | Sous-thèmes | Inclusions | |
| | | N° 14 Transfert d'énergie d'énergie par mode thermique dans une chaîne énergétique (Durée 1 min) | Gr/Ind |
| | N° 18. Description de l'interaction en jeu dans des transferts d'énergie par travail mécanique (Durée : 6 min). | | CE |
| | | N° 12 Identification des noms et des modes de transferts d'énergie entre des systèmes en interaction dans une chaîne énergétique (Durée 1 min) | Ind |
| | | | Gr/Ind/CE |
| | N° 19 Analyse de l'interaction en termes de forces mises en jeu (Durée 21 min). | | CE/M/Gr/Ind |
| N° 20 Identification des particules en mouvement dans un transfert d'énergie par mode travail mécanique (Durée 1 min) | | Gr | |
| | | CE | |

L'enseignante annonce en 1 minute, en classe entière, la suite du travail (Introduction 17) qui consiste en un exercice donné en travail à la maison la séance précédente ; il s'agit d'analyser les transferts 2 et 3 (fig 13).

Elle circule dans les rangs, regarde rapidement quelques cahiers d'élèves ; est interpellée par un groupe d'élèves sur les transferts thermiques entre le moteur et l'environnement (inclusion

14, tableau 26 ou graphique 17); leur répond et annonce le début de la correction en les invitant à se focaliser sur le transfert entre le moteur et l'objet (transfert 2: transfert par mode travail mécanique) (fig 13).

L'enseignante fait elle-même la correction dans le cas du transfert 2 (interaction moteur+fil et objet). Il s'agit d'un transfert d'énergie où les forces qui sont mises en jeu sont relativement simples à identifier et à représenter. A ce titre, elle rappelle à la classe des savoirs introduits antérieurement relatifs au modèle de la mécanique, schématise l'interaction au tableau (photo 1) et en même temps, interroge les élèves sur le type d'interaction. Les élèves proposent l'interaction de contact qu'elle valide (fin de la première partie du sous-thème 18, graphique 17). Elle pose à la classe la question sur les forces en jeu dans l'interaction (début du thème 19, graphique 17), et écrit au tableau les réponses (quatre forces : $F_{\text{objet/terre}}$, $F_{\text{moteur/fil}}$, $F_{\text{fil/moteur}}$ et $F_{\text{table/objet}}$) en respectant leur formulation et les répète à haute voix. A partir de là, elle demande aux élèves de choisir deux forces. Elle reprend les réponses, mais insiste à la fin sur celle qui est exacte ($F_{\text{moteur/fil}}$, $F_{\text{fil/moteur}}$). Après quoi elle rappelle le principe des actions réciproques. Elle peut alors conclure cette correction en expliquant qu'on n'a pas choisies ces forces parce qu'elles se compensent, mais parce qu'on s'intéresse à cette interaction. Elle poursuit en abordant la représentation de ces forces, dessine au tableau les deux points représentant le moteur+fil et l'objet ainsi que le sens du mouvement, invite enfin les élèves à réaliser la représentation des forces en petits groupes.

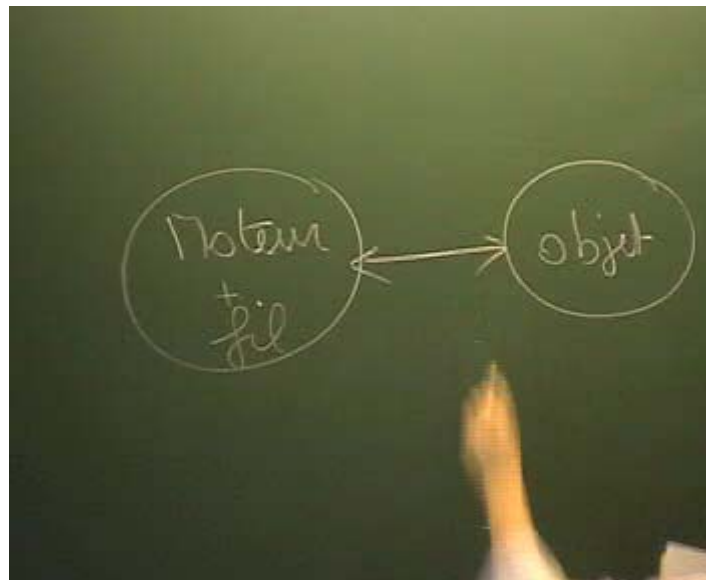


Photo 1. Visualisation du diagramme d'interaction moteur+fil et objet. Classe 1

En ce moment, l'organisation de la classe devient mixte. En effet, en circulant dans les rangs, elle fait remarquer qu'elle n'a pas vue dans les cahiers beaucoup de représentations en termes de forces. Elle dit aux élèves qu'ils ont oublié d'aller chercher dans le texte du modèle de la mécanique. Un élève lui demande si ce texte sera fréquemment utilisé dans cette séquence. Elle répond, avec des hésitations, en s'adressant à toute la classe, que ce texte sera le plus souvent utilisé dans cette partie. Elle rappelle dans le même mouvement ce qui était dit lors de la première séance : « quand on analyse un phénomène physique en faisant référence à un domaine (donc en utilisant un modèle précis dans celui-ci), cela n'empêche pas d'utiliser un autre modèle provenant d'autres domaines ».

L'organisation de la classe devient « groupe ou individuelle » durant la réalisation de l'exercice. L'enseignante circule dans les rangs en répondant aux interpellations des élèves, en jetant des coups d'œil à leur production. Elle oriente toute la classe vers des savoirs étudiés antérieurement ou les incite à schématiser les forces mises en jeu. Ce sont des moments très courts (inférieurs à une minute) qui apparaissent quand l'enseignante passe d'un élève ou d'un groupe d'élèves à un autre, l'organisation de la classe devient mixte dans ce cas. Le savoir en jeu, dans la suite de ce sous-thème 19 (graphique 17), consiste à représenter les forces mises en jeu entre les systèmes moteur+fil et objet dans le transfert 2 (fig 13).

Les aides concernant ce savoir en jeu consistent en des clarifications sur le type d'analyse qu'il faut faire, sur les types de réponses possibles suivant la formulation de la question. Dans ce cas d'espèce, l'enseignante ne fournit pas la réponse concernant ce savoir en jeu. En ce qui concerne les savoirs inclus du fait de l'interpellation de certains élèves, l'enseignante répond systématiquement à ce type de sollicitations, même si elles ne se situent pas dans le savoir en jeu visé par l'exercice. Elle explique, oriente ou donne quelque fois la réponse. Ces savoirs sont étudiés dans les thèmes précédents (inclusion 12) ou le seront ultérieurement (inclusion 20) (graphique 17 et tableau 26).

La correction de cet exercice est faite en deux temps. L'enseignante invite un élève à faire le schéma au tableau. Pendant ce temps elle continue à discuter avec certains. Cette première partie de la correction se situe dans la phase de réalisation en petit groupes (ou individuel). La deuxième partie est faite par l'enseignante elle-même. Celle-ci explique la procédure de construction des forces mises en jeu : deux vecteurs opposés qui sont sur la même droite. Elle insiste alors sur le fait qu'il fallait changer de modèle de référence et exhorte les élèves à revoir celui de la mécanique (deuxième partie sous-thème 19, graphique 17). A partir de ce moment, elle invite les élèves à refaire la même procédure pour le transfert 3 (fig 13). Du point de vue de la topogénèse, nous pouvons dire que la responsabilité de la correction est du ressort d'un élève au moment où il fait le schéma au tableau, puis de l'enseignante lorsqu'elle explique la procédure qu'il faut suivre, et qu'elle oriente les élèves vers d'autres modèles de référence.

La réalisation de l'exercice recommence et concerne maintenant la schématisation des forces mises en jeu dans le transfert entre la table et l'objet (fig 13). Durant ce moment de la phase où les élèves ont la responsabilité de l'avancée du savoir, les interventions de l'enseignante auprès des groupes de deux se résument à :

- orienter vers un savoir déjà étudié (revoir la troisième loi de Newton) ou à clarifier pour lever certaines confusions (analyse de l'interaction entre deux systèmes et analyse des forces qui agissent sur un système) ;
- utiliser le jeu de questions et de réponses pour amener les élèves à produire la réponse attendue dans le cas d'un savoir qui sera étudié ultérieurement (inclusion 20, graphique 17) ;
- vérifier et la demander de précisions aux réponses données (surtout dans le cas de l'environnement).

Le savoir attendu par l'enseignant est la représentation des forces mises en jeu lors de l'interaction entre la table et l'objet. Cette phase de réalisation concerne successivement les sous-thèmes 19 et 18 et l'inclusion 20. Durant celle-ci elle est interpellée par les élèves dans certains cas, dans d'autres c'est elle-même qui prend l'initiative de regarder le cahier des élèves ; dans tous les deux cas, une discussion s'en suit.

L'enseignante débute la correction (suite sous-thème 18) en insistant d'abord sur les systèmes mis en jeu dans ce transfert 3 (la table et l'objet). La question qu'elle pose concernant le type d'interaction est restée sans réponse. C'est elle-même qui la fournit alors (interaction de contact) en la schématisant au tableau. Elle insiste ensuite sur l'erreur commise par la plupart des élèves qui donnent une représentation verticale de la direction des forces (suite sous-thème 19). Par des jeux de questions auxquelles répondent les élèves, elle procède ainsi : identifier les forces qui s'exercent sur l'objet, utiliser la deuxième loi de Newton pour trouver la direction de la force exercée par la table sur l'objet. A partir de ce moment elle schématise les forces exercées sur l'objet représenté par un point (photo 2)



Photo 2. Visualisation des forces qui s'exercent sur l'objet en mouvement. Classe 1

Elle ré explique pourquoi la direction de la force exercée par la table sur l'objet ne peut être verticale en indiquant que c'est à cause des forces de frottements, ce qu'elle explique davantage ensuite, schématise les deux forces mises en jeu entre la table et l'objet (photo 3).

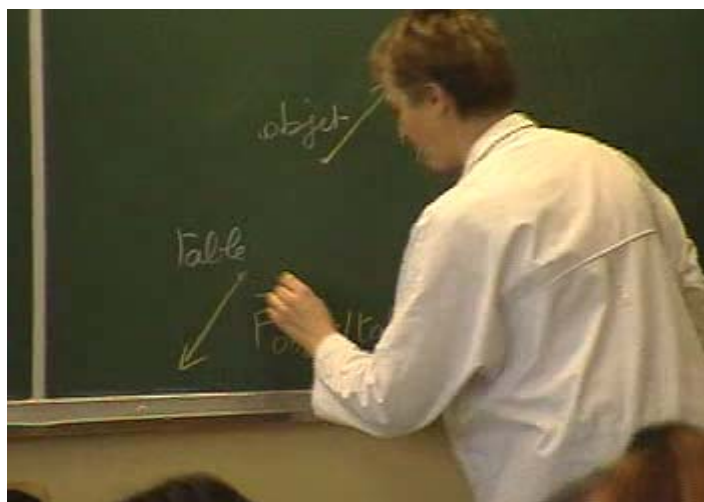


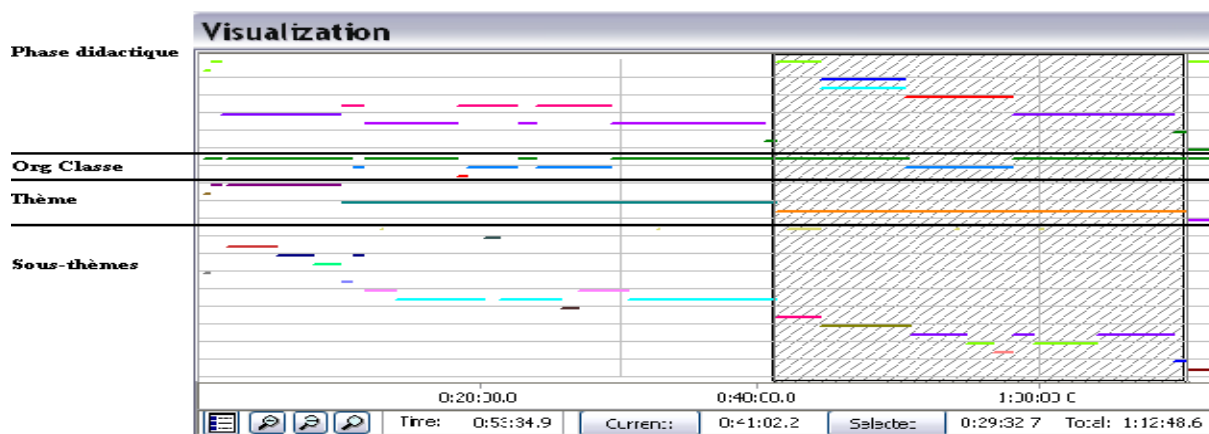
Photo 3. Visualisation de la représentation des forces mises en jeu dans l'interaction entre la table et l'objet en mouvement.

A la clôture du thème, l'enseignante montre aux élèves que l'analyse du point de vue énergétique se fera en utilisant aussi les autres modèles vus antérieurement en mettant en exergue la relation qui existe entre ce modèle de l'énergie et les autres.

Du point de vue de la topogénèse nous divisons cette correction en deux parties. La première partie correspond à un moment où les élèves ne répondent pas aux questions posées par l'enseignante. Ces questions sont toujours suivies d'un court moment de silence. Dans ce cas, soit l'enseignante donne directement la réponse en l'expliquant, soit elle reformule sa question en orientant d'avantage les élèves (« comment retrouver cette direction ? Comment on faisait en mécanique ? La deuxième loi de Newton ça vous dit pas quelque chose ?). Dans la deuxième partie, les élèves répondent aux questions de l'enseignante. Il faut remarquer que celle-ci pose des questions directes. La clôture est une occasion pour elle d'insister sur le lien qui existe entre le domaine de l'énergie et les autres (mécanique, électrique etc).

Thème n° 7. Adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours, dans les domaines technologiques et économiques, en physique du point de vue microscopique et macroscopique.

Le thème 7 débute la deuxième partie notre découpage (tableau 20), c'est le troisième thème de la deuxième séance comme le montre le graphique 18. Il consiste en une activité où les élèves vont classer des adjectifs qui qualifient l'énergie que l'on retrouve dans deux domaines (de vie de tous les jours et technologique, en physique au niveau macroscopique et microscopique). Il est constitué de trois sous-thèmes dont les deux sont imbriqués (sous-thèmes 23 et 24) et d'une inclusion (25) (tableau 27). La durée du thème est de 30 minutes environ. La séance est faite en présence de tout l'effectif de la classe.



Graphique 18. Visualisation du thème 7 (Partie hachurée) dans la deuxième séance. De haut en bas : Phases didactique (Introduction activité, lecture et explication de texte, réalisation, correction et clôture d'activité) ; Organisation de la classe (CE, groupe ou individuelle) ; Thème ; Une introduction ; trois sous-thèmes ; une inclusion et une clôture.

Le but de l'activité est de permettre aux élèves de faire la distinction entre les formes d'énergie utilisées dans ces différents domaines, de connaître les formes d'énergie utilisées en physique microscopique et de pouvoir qualifier une forme d'énergie en physique macroscopique (tableau 28).

Tableau 27 Structuration du septième thème. Classe 1

| | | |
|--|--|------------|
| Thème N° 7 (Durée : 30 min) Adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours, dans les domaines technologiques et économiques, en physique du point de vue microscopique et macroscopique | Introduction (durée : 3 min) | Org Cl |
| | N° 21 Utilisation des adjectifs et mise au point sur les différentes formes d'énergie utilisées dans les différents domaines | CE |
| | Sous-thèmes | Inclusions |
| | N° 22 Historique de la classification des formes d'énergie en physique (Durée : 6 min) | |
| | N° 23 Adjectifs qualifiant l'énergie en physique aux niveaux macroscopique et microscopique (Durée 11 min) | Gr/Ind |
| N° 24 Qualificatif de l'énergie dans des domaines autre la physique (Durée : 8 min) | N° 25 Définition de l'énergie cinétique (Durée 1 min) | |
| | | Gr/Ind/CE |
| | Clôture (Durée 1 min) | |
| | N° 26 Les différents termes à utiliser pour qualifier l'énergie ou les formes d'énergie en physique (mise au point) | |

Tableau 28 Enoncé de l'activité Classe 1

Compléter le diagramme ci-dessous à partir du dossier réalisé, du texte précédent et de vos connaissances en physique.

Certains adjectifs peuvent appartenir à plusieurs domaines (voir exemple fig 2).

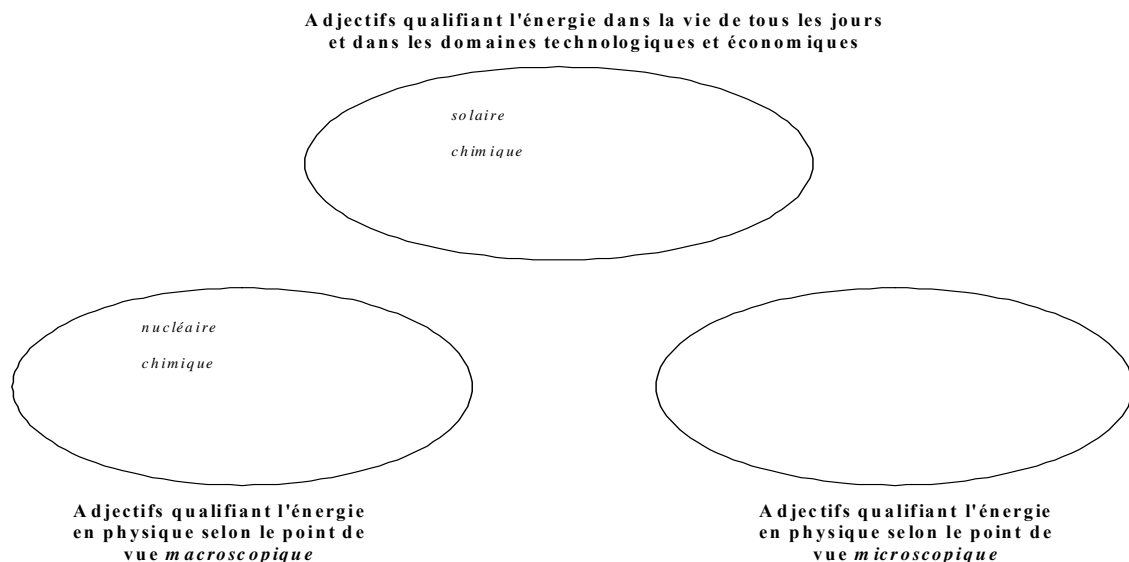


Figure 14 Ensemble à remplir par les élèves. Graphique confectionné par l'enseignante

L'enseignante annonce la nouvelle activité, en faisant référence au travail sur le dossier énergétique. Il s'agit d'étudier les formes d'énergie. Elle demande alors aux élèves de finir le découpage de la dernière partie de la feuille précédente et distribue une nouvelle. Au moment où ces derniers exécutent cette tâche, elle en fait d'autres à administratives. Ensuite elle annonce le début de la lecture. L'introduction dure 3 minutes environs (introduction 21).

L'enseignante lit le titre du texte qui fait référence à l'historique de la classification des formes d'énergie en physique du point de vue microscopique et macroscopique. La lecture est ponctuée par des arrêts (dus à des jeux de questions/réponses) qui lui permettent d'expliquer les formes d'énergie au niveau microscopique (cinétique et potentielle), de donner des exemples, et de faire allusion au dossier énergétique. Après cette lecture, elle explique le travail à faire qui consiste à classer des adjectifs qualifiant l'énergie dans trois ensembles (fig 14): dans la vie de tous les jours, en technologie et en économie, en physique macroscopique et en physique microscopique. Notons qu'elle avait pris le soin de mettre un exemple dans deux de ces ensembles (fig 14). Ensuite elle leur demande de se référer au texte qui vient d'être lu, au dossier qu'ils ont réalisé et à leurs connaissances. A partir de ce moment, elle commence à circuler dans les rangs (sous-thème 22). Du point de vue de la topogénèse l'enseignante a la responsabilité de l'avancée du savoir.

La phase de réalisation en petits groupes (en travail individuel) commence (sous-thèmes 23 et 24 qui sont imbriqués). En circulant dans les rangs, elle est interpellée par les élèves qui ont des difficultés à classer certains termes ou qui ne comprennent pas les exemples mis dans la figure. Elle explique alors pourquoi certains termes sont mis dans deux ensembles ou pourquoi le mot nucléaire est mis en physique macroscopique, fait savoir à d'autres qu'un même adjectif peut être classé dans deux ensembles différents (fig 14). Durant toutes ces explications, elle pose des questions, répond à celles des élèves et leur demande de se référer au texte qui vient d'être lu ou au dossier qu'ils ont réalisé. Les termes qui reviennent durant cette aide aux élèves sont « nucléaire » et « chimique ». Elle donne des explications à certains élèves qui l'interpellent sur des savoirs qui ne sont pas à l'étude (la définition de l'énergie cinétique (inclusion 25). L'avancée du savoir est sous la responsabilité des élèves aidés en cela par l'enseignante.

En quittant l'élève qui demande une aide sur la définition de l'énergie cinétique, elle annonce la correction de l'activité (sous thèmes 23 et 24) dans laquelle elle donne les réponses définitives en ce qui concerne les adjectifs qu'on utilise en physique au niveau microscopique (cinétique et potentielle) et insiste sur le mot nucléaire en demandant aux élèves le terme qu'on doit utiliser à ce niveau. Devant les réponses différentes elle ne donne pas la bonne réponse, elle leur demande d'y réfléchir. Elle continue la correction au niveau macroscopique dans le domaine technologie, puis en physique (tableau 29). Les élèves donnent les termes que l'enseignante répète en apportant des explications et en les écrivant au tableau. La première liste de termes concerne le domaine technologique et économique, elle raye de celle-ci les termes que n'utilise pas le physicien en même temps qu'elle souligne ceux qui sont conformes du point de vue physique. Concomitamment à ces deux tâches, elle donne le critère permettant de distinguer le terme utilisé en physique des autres domaines (si le terme est lié à une grandeur physique). Précisons que pour rayer un terme, elle le lit et demande l'avis des élèves. Si la réponse est cohérente elle donne des explications supplémentaires, si la réponse est fautive elle explique et propose un terme approprié (tableau 29). La correction est sous la responsabilité de l'enseignante.

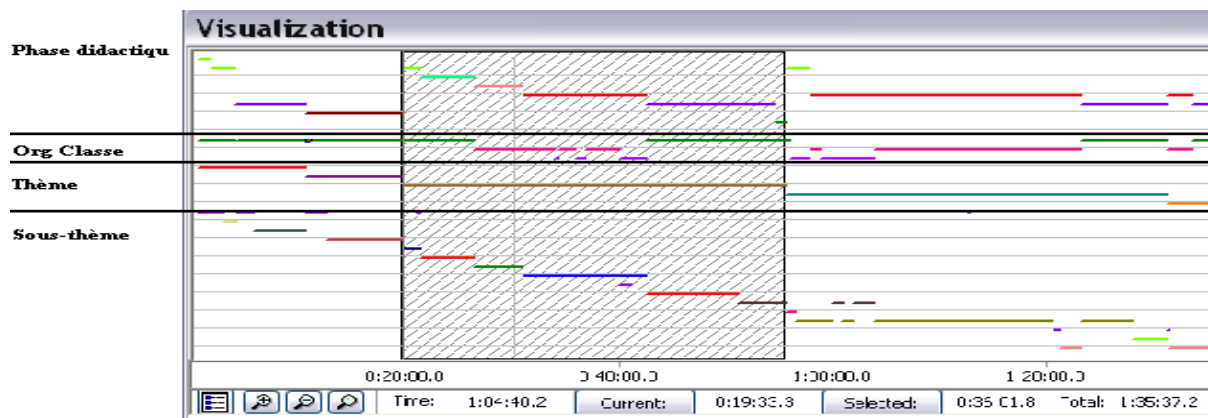
Tableau 29 Correction de la classification des énergies selon les domaines. Classe 1

| | |
|---|---|
| Adjectifs qualifiant l'énergie dans les domaines de la vie de tous les jours, technologiques et économiques | Adjectifs qualifiant l'énergie en physique selon le point de vue macroscopique |
| Hydraulique | Mécanique et Potentielle |
| Nucléaire | Nucléaire |
| Eolienne | Mécanique et cinétique |
| Fossile | Chimique (thermique dans transfert d'énergie) |
| Thermique | Thermique |
| Solaire | Potentielle et Nucléaire |
| Géothermique | Thermique |
| Verte | |
| Photovoltaïque | Nucléaire (stockage au niveau du soleil) et rayonnement transfert vers (photovoltaïque) |
| Renouvelable | |
| Electrique | Electrique (transfert d'électricité) et électrostatique (stockage d'électricité) |
| Chimique | chimique |
| Cinétique | Cinétique |
| Potentielle | Potentielle |
| Mécanique | Mécanique |

En conclusion, l'enseignante insiste sur la différence qu'il faut faire quand on utilise un terme dans le domaine de l'énergie. Elle a la responsabilité de l'avancée du savoir dans cette clôture qui dure 1 minute environ (sous-thème 26). Elle donne des « mises en gardes » sur l'utilisation des termes dans le domaine de l'énergie, exhorte à la vigilance dans l'utilisation de ces termes. Les termes utilisés dans les domaines technologiques, économiques et dans la vie de tous les jours sont plus nombreux que ceux utilisés en physique macroscopique qui eux, sont aussi plus nombreux que ceux utilisés en physique microscopique (cinétique et potentielle).

Thème n° 10. Liens entre force et mouvement : étude des actions de lancer et de réception de médécines-ball de masses différentes.

C'est un thème qui débute une nouvelle série d'activités et d'exercices et qui concernent l'analyse du mode de transfert par travail mécanique, de certaines formes d'énergie (cinétique et potentielle), de changement de formes et d'évolution de l'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique. Il s'agit du troisième thème de la troisième séance. Il dure 36 minutes. La structuration en sous-thème est donnée par le tableau 30 et le graphique 19. Il est composé de deux introductions (30 et 31) qui concernent les différentes activités de cette partie et de l'expérience, de la réalisation de l'expérience (sous-thème 32), de la rédaction des phrases qui décrivent les gestes faits (sous-thème 33 dans lequel il y a une inclusion (34)), de la correction de ces phrases (sous-thème 35) et enfin de l'identification des grandeurs qui émergent de cette description (sous-thème 36). Cette troisième séance est faite en demi-classe.



Graphique 19. Visualisation thème 10 (Partie hachurée) dans la troisième séance. De haut en bas : Phase didactique (introductions activité et expérience, réalisation expérience, réalisation et correction activité, clôture activité) ; Organisation de la classe (CE, Groupe, Mixte) ; Thème ; Deux introductions ; Quatre sous-thèmes et Inclusion.

Tableau 30 Structuration du thème 10. Classe 1

| | | | |
|---|--|---|-----------|
| Thème n° 10 (Durée : 36 min). Lien entre force et mouvement : étude des actions de lancer et de réception de médécines-ball de masses différentes. | Introduction | | Org Cl |
| | N° 30. Mode de transfert d'énergie par travail mécanique (Annonce et consignes concernant le modèle de l'énergie) (2 min). | | CE |
| | Expérience. N° 31. Expression mathématique du travail (Explications et consignes pour la réalisation de l'expérience) (5 min). | | |
| | Sous-thèmes | Inclusion | Org Cl |
| | N° 32. Relation entre force de lancer et de réception et hauteur atteinte par la balle (expérience du lancer et de réception du médécine-ball) (5 min) | | Gr ou Ind |
| | N° 33. Description des gestes observés lors de l'expérience du lancer et de réception du médécine-ball (10 min) | N° 34. Comparaison avec l'expérience du lancer et réception du médécine-ball faite en seconde suivant les points de vue choisis : mécanique/énergie (1 min) | Gr/M |
| | N° 35. Description de gestes (analyse des phrases qui décrivent les gestes observés lors de l'expérience du médécine-ball) (9 min) | | |
| N° 36. Grandeurs physiques mises en jeu lors de la description des gestes observés (4 min). | | CE | |

Tableau 31 Enoncé de la première activité. Classe 1

| | | |
|---|-----------------|-------------------|
| <u>Activité 1</u> : Lancer de médecines-ball | | |
| On dispose de deux médecines-ball, un léger et un plus lourd. | | |
| Lancer verticalement chaque médecine-ball à différentes hauteurs et le rattraper. | | |
| 1. Décrire par quelques mots dans le tableau ci-dessous la façon dont vous vous y prenez : | | |
| - pour le lancer et à faible hauteur et la réception du médecine-ball le plus léger ; | | |
| - pour le lancer à moyenne hauteur et la réception des deux médecines-ball ; | | |
| - pour le lancer et à grande hauteur et la réception du médecine-ball le plus lourd. | | |
| 2. A propos des expériences précédentes, mais <u>uniquement pour le lancer</u> , indiquer les grandeurs physiques mises en jeu dans vos descriptions. | | |
| | Moyenne hauteur | Grande hauteur |
| | MB Léger | MB léger MB lourd |
| Lancer | | |
| Réception | | |

Le but de l'activité est de connaître les grandeurs physiques mises en jeux dans la description des gestes lors de l'expérience de lancer et de réception de médecines-ball de masses différentes à des hauteurs différentes (tableau 31).

L'enseignante annonce la fin de la partie 3 selon sa numérotation (annexe 6) (formes et transfert d'énergie), donne des consignes pour l'utilisation du modèle de l'énergie et invite les élèves à démarrer la quatrième partie qui concerne le travail mécanique. Elle distribue ensuite de nouvelles feuilles indiquant les activités de la partie 4 (voir annexe 6) en rappelant les différents modes de transferts d'énergie et dit que dans cette nouvelle partie on s'intéresse au transfert par travail mécanique. Elle invite ensuite les élèves à découper et coller la première activité dans leurs cahiers et à écrire ensuite leurs réponses en dessous (introduction 30, graphique 19 et tableau 31).

Elle annonce le but de la quatrième partie selon sa numérotation (annexe 6) qui s'intéresse au mode de transfert d'énergie par travail mécanique et au changement de formes d'énergie. Dans la première activité de cette partie, il s'agit de trouver une expression mathématique du travail mécanique. En annonçant l'expérience de lancer et de réception de médecines-ball et en précisant le type d'analyse (cette fois-ci l'analyse se fera du point de vue énergétique), elle explique le fonctionnement de l'expérience et le travail demandé (décrire les gestes observés durant la réalisation et comparer les termes utilisés dans les deux parties de la description (tableau 31). Elle donne ensuite des consignes de sécurité par rapport au plafond de la salle et aux caméras. Aussi invite-t-elle les élèves à faire la réalisation dans des endroits dégagés et loin des caméras (introduction 31).

En ce début d'une nouvelle partie, l'enseignante, qui a la responsabilité de l'introduction du savoir, fait le lien avec la partie qui vient de se terminer notamment sur l'utilisation du modèle de l'énergie avant de rappeler les modes de transfert d'énergie et de préciser celui qui est concerné par cette première activité. Il faut noter que dans cette activité les rappels sont donnés au moment où les feuilles sont distribuées par l'enseignante, ce qui lui permet de gagner du temps. Les activités des élèves se résument pour l'instant au découpage et au collage des feuilles dans leur cahier.

La réalisation de l'expérience commence (sous-thème 32). Les élèves, en groupe de quatre, se font passer les deux ballons (un lourd et un léger) qu'ils lancent et réceptionnent. L'enseignante, près de son bureau, les observe, propose ensuite à ceux qui n'ont pas le ballon d'observer celui qui effectue l'expérience. Elle répond aussi aux sollicitations de certains élèves en leur expliquant ce qu'ils doivent faire. Avant la fin de la réalisation de l'expérience, elle reproduit le tableau de la feuille de l'activité au tableau de la classe et invite les élèves à y mettre leurs phrases à la fin de la description.

Les élèves se mettent ensuite en groupe de deux et commencent la rédaction des phrases (sous-thème 33). L'enseignante se déplace alors de groupe en groupe sous sa propre initiative ou sous l'interpellation d'un élève. Elle discute avec eux sur certains termes qu'ils utilisent dans leurs phrases. Ensuite certains élèves qui ont fini leur travail se mettent spontanément en groupe de quatre et commencent à confronter leurs productions tandis que les autres continuent à travailler en groupe de deux. L'enseignante rappelle le principe que les représentants des groupes de quatre peuvent commencer à écrire leurs phrases au tableau. Durant l'écriture (tableau 32) des phrases au tableau, l'enseignante donne des consignes sur la façon d'écrire pour que les phrases soient lisibles. Elle admettra à la suite qu'elle a mal confectionné les colonnes dans le tableau de la classe. Pendant que les représentants de chaque groupe de quatre transcrivent les phrases au tableau, l'enseignante explique pourquoi cette expérience est répétée en première, insiste sur son intérêt et les différents domaines où elle est utilisée suivant l'orientation de l'interprétation du physicien (sous-thème 34).

Durant la réalisation, les élèves ont la responsabilité de l'avancée du savoir. Ils interpellent l'enseignante pour des clarifications. Les changements de groupe deviennent automatiques pour certains élèves. La reproduction des phrases au tableau se fait selon le rythme d'avancement de chaque groupe de quatre. Au moment où les représentants sont en train de transcrire, l'enseignante parle, à un moment donné, à toute la classe sur les polyvalences de l'expérience de lancer et de réception du médecine-ball.

La correction commence avec une lecture par l'enseignante des phrases écrites au tableau (sous-thème 35) à partir de la colonne de gauche (tableau 32). Durant cette lecture, elle donne des explications, demande des clarifications sur certains termes utilisés qu'elle écrit au tableau. Après la lecture, en interrogeant les élèves, elle souligne les termes qui reviennent souvent. Elle les résume ensuite en les expliquant davantage « plus grande force, il faut lancer plus haut, il faut plus de vitesse ». Elle procède de la même façon pour les phrases écrites dans la colonne représentant la phase de réception et en déduit, en interrogeant toujours les élèves, que les mêmes termes sont employés. A partir de ce moment, elle demande aux élèves les grandeurs physiques qui sortent de cette description (sous-thèmes 36) dans la phase de lancer. Au passage, elle explique, en interrogeant d'abord les élèves, ce qu'est une grandeur en physique « une quantité mesurable ou calculable » et donne des exemples ou répète ceux que les élèves proposent. Elle tire de cette explication, en interrogeant toujours les élèves, les deux grandeurs « force » et « distance » et annonce qu'elles vont intervenir dans les activités ultérieures.

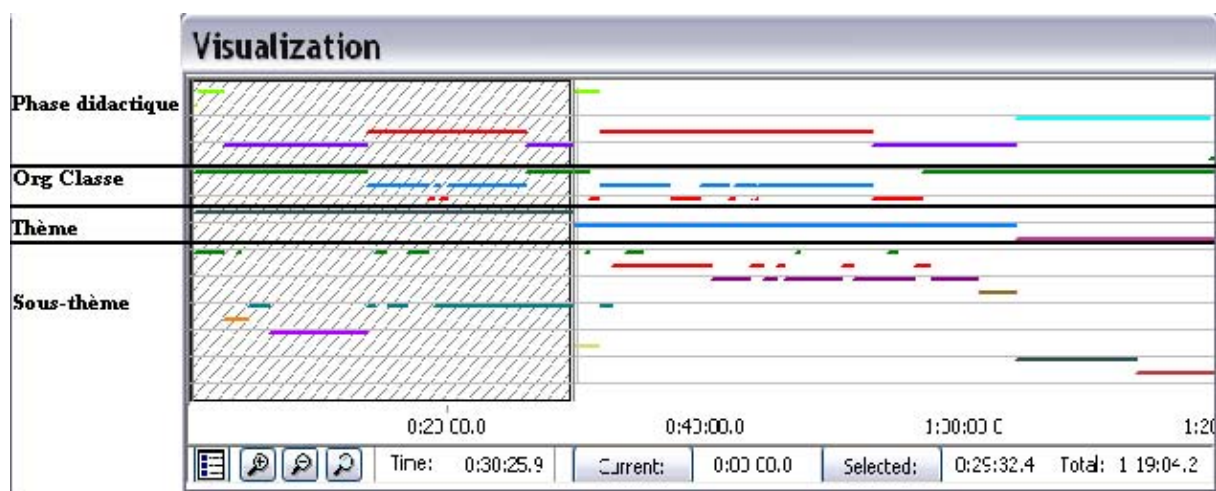
C'est l'enseignante qui a la responsabilité de l'avancée du savoir durant cette correction. Elle interroge les élèves, souligne les termes les plus usités dans les colonnes du tableau, demande des clarifications. C'est elle qui donne, même si c'est en interrogeant les élèves, les grandeurs physiques qui sortent de la description des élèves et annonce leur réutilisation dans les prochaines activités.

Tableau 32 Phrases décrivant les gestes observés. Classe 1

| | Moyenne hauteur | Grande hauteur | |
|-----------|--|---|---|
| | MB Léger | MB léger | MB lourd |
| Lancer | <p>Pas besoin de forcer. On fournit de l'élan au ballon en lançant les bras vers le haut. Poussée vers le haut en accélérant. Petite impulsion sur le Médecine-ball les bras accompagne le mouvement.</p> | <p>On met plus de force pour le lancer plus haut. On fait la même opération pour le Médecine-ball...pour la faible hauteur mais on fait plus vite et plus haut. Idem. Toujours plus vite, toujours plus fort.</p> | <p>Impulsion plus élevée, accompagnement plus haut et plus longtemps Impulsion plus élevée, accompagnement plus haut et plus longtemps Forte impulsion accompagnée.</p> |
| Réception | <p>pas besoin de forcer On lance les bras vers haut à la rencontre du ballon pour compenser l'attraction terrestre, Résistance au poids du ballon avec les mains. Accompagnement du Médecine-ball à sa réception...pas besoin de trop de force pour le rattraper</p> | <p>besoin de plus de résistance. Même Opération plus vite Interception plus haute Accompagnement plus bas. Les bras se plient.</p> | <p>Plus grande résistance. Accompagnement du médecine-ball très bas. Flexion des jambes, besoin de forcer pour retenir. Idem, idem.</p> |

Thème n° 12. Variation, évolution et changement de formes d'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique. Grandeurs dont dépend l'énergie potentielle de pesanteur

Ce thème est réparti entre deux séances, la première partie est faite à la fin de la troisième séance en demi-classe et la deuxième, avec toute la classe dans la quatrième séance. Le graphique 20 montre la deuxième partie et le tableau 33 donne la structuration des trois sous-thèmes imbriqués qui le composent. Du fait de l'étalement sur deux séances, un moment d'introduction de la séance, qui a coïncidé avec une gestion de classe, a pris plus de 2 minutes. Ensuite des rappels aux notions déjà étudiées à la fin de la séance ont eu lieu. La durée totale du thème est d'environ 34 minutes.



Graphique 20. Visualisation de la deuxième partie du thème 12 (Partie hachurée) dans la quatrième séance. De haut en bas : Phase didactique (Introduction séance, réalisation et correction) ; Organisation de la classe (CE, groupe ou individuel et mixte) ; Thème et trois sous-thèmes.

Le but de l'activité est de pouvoir analyser :

- les variations d'énergie stockée par le médecine-ball lors des différentes phases de mouvement ;
- les changements de formes d'énergie stockée par ce même médecine-ball lors des phases de montée et de descente ;
- les variations d'énergie stockée par le médecine-ball lors des phases de lancer et de réception
- l'évolution de l'énergie stockée dans les phases de lancer et de réception ou des formes d'énergies stockées (cinétique ou potentielle de pesanteur) lors des phases de montée et de descente.

Tableau 33 Structuration du douzième thème. Classe 1

| | | |
|--|--|---------|
| Thème N° 12 (Durée : 34 min) Variation, évolution et changement de formes d'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique. Grandeurs dont dépend l'énergie potentielle de pesanteur | Sous-thèmes | Org Cle |
| | N° 41 Grandeurs dont dépend l'énergie potentielle de pesanteur (Durée : 4 min) | Gr/CE |
| | N° 40 Système isolé du point de vue énergétique (Durée : 2 min) | CE |
| | N° 39 Variation, évolution et changement de forme d'énergie stockée par un système (Durée 2 min) | |
| | N° 41 (Suite) Grandeurs dont dépend l'énergie potentielle de pesanteur (Durée : 8 min) | |
| N° 39 (Suite) Variation, évolution et changement de forme d'énergie stockée par un système (Durée : 13 min) | Gr ou Ind/M/CE | |

Le sous-thème 41 se répartit sur les deux séances. Dans la troisième où la durée est 4 minutes, il s'agit d'une réalisation en groupe et d'une correction en classe entière où il est question de donner les grandeurs qui influencent l'énergie potentielle de pesanteur (sous-thème 41). L'enseignante, après avoir aidé certains élèves durant la réalisation, corrige l'activité en les interrogeant et en écrivant au tableau leurs réponses. Les séries de réponses données par ce groupe (groupe 1) sont dans le tableau 34. L'enjeu de la discussion instaurée par l'enseignante

est d'éliminer les notions données par les élèves ne faisant pas partie des grandeurs qui influencent l'énergie potentielle. Pour chaque notion analysée, elle donne des explications. Puisqu'on est à la fin de la séance, la seule notion qui est éliminée, avec explications : « une fois que l'objet est en l'air la force des mains n'intervient pas », est la force des mains. La discussion sera reprise à la prochaine séance. Cette première partie du sous-thème 41 a duré 4 minutes

La quatrième séance débute par un rappel sur les notions déjà vues dans la séance précédente, à savoir le système qui est isolé du point de vue énergétique (sous-thème 40), la variation de l'énergie stockée par le système durant les phases de montée et de descente (sous-thème 39). A la suite de ce rappel, la classe reprend la discussion sur les grandeurs qui influencent l'énergie potentielle de pesanteur (sous-thème 41 (suite)), à l'initiative de l'enseignante, qui auparavant, a recopié les réponses données par les deux groupes (tableau 34) lors de la séance précédente. Cette fois-ci la séance se fait avec tout l'effectif de la classe. A partir des réponses et des arguments donnés soit par les élèves soit par l'enseignante, celle-ci procède par élimination des notions qui sont incohérentes. Il s'agit de la force des mains et de la vitesse. Elle regroupe après les notions comme masse, gravité et poids pour ouvrir une autre discussion qui aboutit à ne retenir que la gravité g et la masse comme grandeurs qui influencent l'énergie potentielle de pesanteur. La troisième forme de regroupement qu'elle opère se fait entre la distance au sol et la hauteur qu'elle juge, en posant des questions aux élèves et en expliquant, qu'elles sont pareilles. Ce qui lui permet de dire en conclusion que l'énergie potentielle de pesanteur dépend de la masse du système, de la pesanteur et de la hauteur ou altitude et que l'énergie cinétique aussi dépendait de la masse et de la vitesse du système. Les expressions de ces grandeurs (E_c et E_p), d'après l'enseignante, seront données dans les séances à venir.

Dans cette partie du thème, le savoir en jeu est composé des notions de grandeurs qui influencent les énergies potentielle et cinétique, de la variation et de l'évolution de ces formes d'énergie au sein d'un système isolé du point de vue énergétique. Durant la réalisation de l'activité, dans la troisième séance, l'avancée du savoir est du ressort des élèves qui interpellent l'enseignante pour des aides. A la fin de la troisième séance, un début de correction a eu lieu avec la demi-classe où l'enseignante reprend la responsabilité de l'avancée du savoir en interrogeant les élèves et en expliquant davantage sur la base des réponses qu'elle reçoit.

Tableau 34 Réponse des groupes pour grandeurs qui influencent l'énergie potentielle de pesanteur. Classe 1

| Réponse du groupe 1 (celui qui est filmé) | Réponse du groupe 2 |
|---|-----------------------------|
| Force des mains | Poids de l'objet |
| Poids de l'objet | Gravité |
| Distance au sol | Hauteur |
| Masse de l'objet | Masse et vitesse de l'objet |

La réalisation des questions b et c (annexe 6) peut alors commencer. Durant celle-ci, l'avancée du savoir est sous la responsabilité des élèves qui travaillent en petits groupes ou individuellement. L'enseignante circule dans les rangs et répond à leurs interpellations. Le savoir mis en jeu est la variation de l'énergie stockée par le médecine-ball et l'évolution des formes d'énergie (cinétique et potentielle de pesanteur) durant la phase de descente (sous-

thème 39). L'enseignante parle de temps en temps à toute la classe (moment où le type d'organisation de la classe est mixte) en leur demandant de se référer aux diagrammes énergétiques construits lors de la séance précédente.

Elle annonce la correction, interroge les élèves, reprend les réponses et les explique davantage. La responsabilité de l'avancée du savoir est de nouveau de son ressort. Les savoirs mis en jeu sont :

- la variation de l'énergie stockée par le médecine-ball et l'évolution des formes d'énergie (cinétique et potentielle de pesanteur) durant la phase de descente ;
- la variation de l'énergie stockée par le médecine-ball durant les phases de lancer et de réception.

Pendant cette correction elle exhorte les élèves à revoir les réponses données lors de la construction des diagrammes énergétiques lors de la séance précédente. Nous pouvons interpréter cette situation comme une incitation à la mobilisation des réponses fournies dans les questions précédentes.

Les réponses données par l'enseignante, en interrogeant les élèves et en recueillant ce qu'ils disent sont :

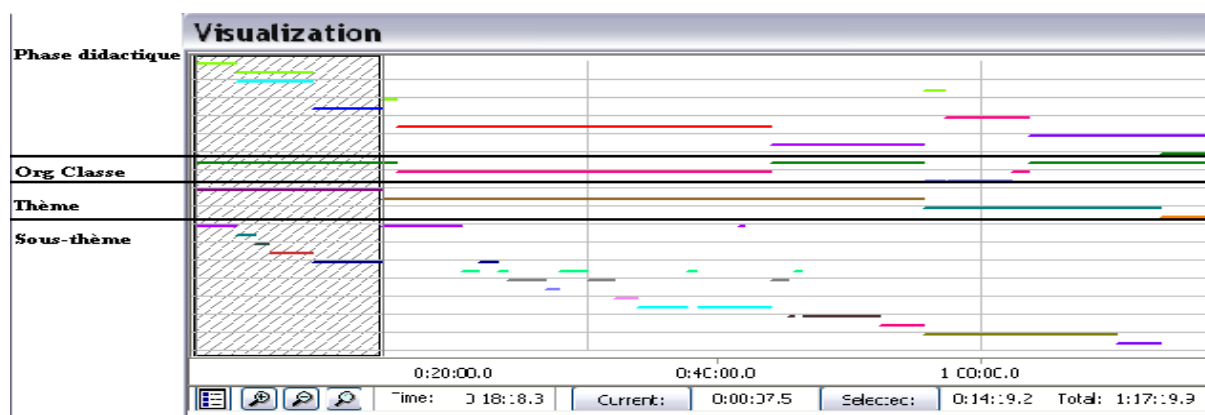
- l'énergie du ballon augmente durant la phase de lancer, elle est minimale au début de lancer, maximale en fin de lancer ;
- l'énergie du ballon diminue durant la phase de réception ; elle est maximale au début de la réception et minimale en fin de réception.

A la suite de cette correction, l'enseignante invite les élèves à débiter l'activité suivante.

Thème n° 14 Expression du travail d'une force constante en déplacement rectiligne

Ce thème s'étale sur deux séances, la fin de la quatrième et le début de la cinquième (graphique 21). Au début de la cinquième séance, après quelques moments de gestion de la classe, l'enseignante revient sur certaines notions en guise de rappel : la variation, l'évolution et les changements de formes d'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique, le travail d'une force constante sur un déplacement rectiligne dans le cas où les vecteurs force et déplacement ont même direction, la composante de la force qui contribue à l'expression du travail. Toutes ces notions sont vues durant la quatrième séance. Dans la cinquième séance, seule l'expression générale du travail d'une force constante en déplacement rectiligne est le nouveau savoir mis en jeu (tableau 35). Cette cinquième séance s'est faite en présence de tous les élèves.

Le but de ce cours magistral est de donner aux élèves l'expression mathématique du travail d'une force constante en déplacement.



Graphique 21. Visualisation d'une partie du thème 14 (Partie hachurée) dans la cinquième séance. De haut en bas : Phase didactique (Introduction séance, introduction cours et rappels, cours magistral) ; Organisation de la classe (CE). Thème ; Gestion de la classe et Quatre sous-thèmes.

Tableau 35 Structuration du quatorzième thème. Classe 1

| Thème N° 14 (Durée : 29 min) | Sous-thèmes | Org Cl |
|---|--|--------|
| Expression du travail d'une force constante en déplacement rectiligne | N° 43 Travail force constante : cas où vecteur force et vecteur déplacement ont même direction (Durée 9 min) | CE |
| | N° 44 Composante vecteur force qui contribue à l'expression du travail (Durée 6 min) | |
| | N° 39 Variation, évolution et changement de forme d'énergie stockée par un système (Durée 1 min) | |
| | N° 43 Travail force constante : cas où vecteur force et vecteur déplacement ont même direction (Durée 1 min) | |
| | N° 44 Composante vecteur force qui contribue à l'expression du travail (Durée 3 min) | |
| | N° 45 Expression générale du travail d'une force constante en déplacement rectiligne (Durée 6 min) | |

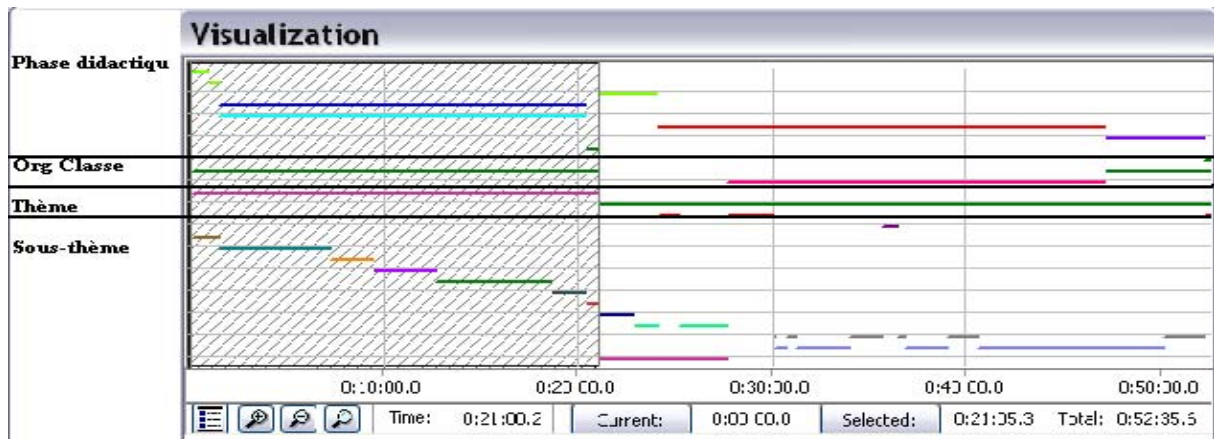
Toute la partie du thème se trouvant dans la quatrième séance s'est faite dans une phase de développement de cours magistral où l'enseignante dicte, écrit les expressions et dessine les schémas au tableau tout en les expliquant. A la fin de la séance, elle invite les élèves à se reporter à la page 97 de leur livre de physique. Elle utilise alors les schémas de ce livre (un wagonnet tiré sur des rails par une personne) pour expliquer la composante de la force qui contribue à l'expression du travail.

La majeure partie de ce thème dans la cinquième séance concerne des rappels. Ces derniers se font sous la direction de l'enseignante qui interroge les élèves, explique et prend des exemples sur l'expérience du lancer et réception du médecine-ball. La suite, où elle donne l'expression générale, se fait sous forme de dictée avec écriture au tableau de l'expression et des schémas.

Du point de vue de la topogénèse, l'avancée du savoir est totalement sous la responsabilité de l'enseignante.

Thème n° 18. Les formes d'énergie stockées et leur relation avec le travail (théorème de l'énergie cinétique et relation entre variation d'énergie potentielle et travail du poids) et la puissance.

Ce thème débute la quatrième partie de notre découpage (tableau 20). Comme le montre le graphique 22, il ouvre la sixième séance. Il est constitué de cinq sous-thèmes (sous-thèmes de 57 à 61) qui sont précédés par une introduction (56), et se termine par une conclusion (62) (tableau 36). Il dure environ 21 minutes. La séance se fait en présence de tout l'effectif de la classe.



Graphique 22. Visualisation du thème 18 (Partie hachurée) dans la sixième séance. De haut en bas : Phase didactique (Introduction séance et cours, cours magistral et lecture-explication de texte, clôture) ; Organisation de la classe (CE). Thème Introduction, Cinq sous-thèmes et clôture

Tableau 36 Structuration du thème 18. Classe 1

| | | |
|--|--|--------|
| Thème n° 18. (Durée : 21 min) Les formes d'énergie stockée et leur relation avec le travail (théorème de l'énergie cinétique et relation entre variation d'énergie potentielle et travail du poids) et la puissance. | Introduction. | Org Cl |
| | N° 56. Introduction des expressions des grandeurs physiques (Durée : 1 min) | CE |
| | Sous-thèmes | |
| | N° 57. Expression de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur (Durée 6 min) | |
| | N° 58. Expression du travail d'une force en déplacement. Signification physique du travail (Durée 2 min) | |
| | N° 59. Travail du poids. Relation entre variation énergie potentielle et travail du poids (Durée 3 min) | |
| | N° 60. Théorème de l'énergie cinétique (Durée : 6 min) | |
| | N° 61. Puissance (Durée : 2 min) | |
| | Clôture. N° 62. Utilisation du modèle de l'énergie (Durée : 1 min) | |

A l'introduction de la séance, et après avoir distribué de nouvelles feuilles portant en intitulé « les compléments au modèle de l'énergie », l'enseignante annonce l'étude des expressions des grandeurs qui ont été introduites dans les séances précédentes.

Durant toute la lecture du modèle, l'enseignante lit l'expression de la grandeur physique, en donnant des exemples et les unités qui lui sont associées. Les élèves suivent et parfois

demandent des clarifications sur les unités associées à ces grandeurs. Les grandeurs physiques sont données dans le tableau 37.

Tableau 37 Compléments au modèle de l'énergie

Energie cinétique.

L'énergie cinétique E_c d'un solide de masse m animé d'un mouvement de translation à la vitesse v dans un référentiel donné s'écrit :

$$E_c = 1/2mv^2$$

Energie potentielle de pesanteur.

L'énergie potentielle de pesanteur d'un système constitué d'un objet de masse m et de la Terre s'écrit :

$$E_p = mgz$$

On pourra considérer que c'est l'énergie potentielle de cet objet au voisinage de la Terre.

z est l'altitude à laquelle se trouve le centre d'inertie de l'objet par rapport à une altitude prise comme référence et pour laquelle l'énergie potentielle est choisie nulle. g est l'intensité de la pesanteur.

On appelle énergie mécanique d'un objet au voisinage de la Terre, la somme de ses énergies cinétique et potentielle.

$$E_M = E_c + E_p$$

Travail.

Le travail effectué par une force constante \vec{F} lors d'un déplacement quelconque de son point d'application de A à B est donné par :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \cdot AB \cdot \cos\alpha \quad \alpha \text{ étant l'angle entre les vecteurs forces et déplacement.}$$

Si \vec{F} est une force intérieure, ce travail correspond à la quantité d'énergie qui change de forme au sein du système.

Si \vec{F} est une force extérieure, ce travail correspond à la quantité d'énergie transférée entre ce système et un autre.

Cette expression dans le cas où la force est le poids P d'un objet s'écrit

$$W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B) = E_{p_A} - E_{p_B} = E_{p_{Initiale}} - E_{p_{Finale}} = -\Delta E_p$$

z_A et z_B étant les altitudes des points A et B par rapport à une altitude prise comme référence.

Théorème de l'énergie cinétique.

Pour un solide de masse m soumis à un ensemble de forces extérieures constantes F_k et animé d'un mouvement de translation d'un point A à un point B, la variation ΔE_c de son énergie cinétique est égale à la somme des travaux effectués par les forces qui s'exercent sur lui pendant ce déplacement.

Cet énoncé peut s'écrire sous la forme suivante :

$$\Delta E_c = E_{cFinale} - E_{cInitiale} = E_{cB} - E_{cA} = \Sigma W_{AB}(\vec{F}_k)$$

E_c , E_p , E_M et W s'expriment en Joule (J)

la masse s'exprime en kg

les distances et altitudes s'expriment en m

la vitesse s'exprime en $m \cdot s^{-1}$.

Puissance.

La puissance est une grandeur associée à un transfert d'énergie entre deux systèmes ou à un changement de forme de l'énergie au sein d'un système. Elle est définie par la relation

$\mathcal{P} = E/\Delta t$ où E est la quantité d'énergie qui est transférée ou qui change de forme, Δt est la durée du transfert ou du changement de forme. Si E est exprimée en joule (J) et Δt en seconde (s), l'unité de la puissance est le watt (W).

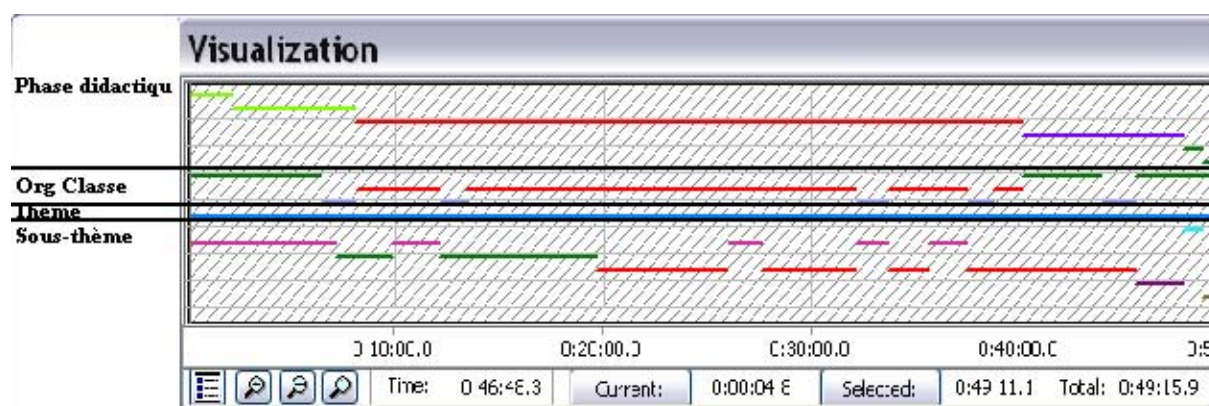
Elle conclut ensuite en conseillant les élèves d'avoir toujours à côté d'eux ce texte pour pouvoir utiliser les expressions suivant la situation donnée. A partir de ce moment, elle annonce la réalisation d'un exercice qui permettra d'employer quelques unes de ces expressions.

Du point de vue de la topogénèse, l'enseignante est responsable de l'avancée du savoir durant cette lecture-explication de texte. Dans cette classe c'est elle qui lit le texte. Cette tâche est entrecoupée par des explications qu'elle donne spontanément ou des demandes de clarification de la part des élèves.

Thème n° 20. Calcul de la vitesse de lancement et de la hauteur d'un solide situé au-dessus du sol. Application des expressions faisant référence à la conservation de l'énergie.

C'est le dernier thème de la séquence d'enseignement de l'énergie dans cette classe. Il coïncide avec la septième séance qui dure officiellement une heure mais dont la durée d'enregistrement n'est que de 49 minutes environs comme le montrent le graphique 23 et le tableau 39. Il s'agit de la dernière séance avant les vacances d'hivers.

Le thème est composé de quatre sous-thèmes dont trois imbriqués. Il s'agit d'un exercice dont le but est de se familiariser avec les principales expressions relatives au théorème de l'énergie cinétique et à la relation entre la variation de l'énergie potentielle de pesanteur et le travail du poids, de pouvoir déduire de celles-ci la valeur de certaines grandeurs physiques (vitesse, distance ou hauteur) dans des situations simples comme le lancer de médécines-ball (tableau 38 donnant l'énoncé de l'exercice).



Graphique 23. Visualisation du thème 20 (Partie hachurée) dans la septième séance. De haut en bas : Phase didactique (introduction : séance et exercice, réalisation exercice, correction exercice, clôture exercice et clôture séance) ; Organisation de la classe (CE, Groupe ou Ind, Mixte) ; Thème et Cinq sous-thèmes et clôture de la séquence.

Tableau 38 Exercice d'application Classe 1

| |
|--|
| <p>3°. Pour lancer à la verticale un médecine-ball de masse $m = 4,0 \text{ kg}$, un élève exerce une force que l'on suppose constante d'intensité $F = 70 \text{ N}$. Il commence son mouvement de lancer alors que le centre du médecine-ball est à une hauteur de 70 cm au-dessus du sol. La distance de poussée est de 80 cm. On prendra $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.</p> <p>a) On s'intéresse à la phase de lancer. Établir les expressions puis calculer :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le travail opéré par la force exercée par l'élève tout au long de l'opération ; - les variations d'énergie, d'énergie cinétique et d'énergie potentielle du système (MB + Terre) ; - la vitesse du médecine-ball à la fin du lancer. <p>Établir une relation simple entre la variation d'énergie cinétique et les travaux opérés par les forces qui s'exercent sur le médecine-ball.</p> <p>b) on s'intéresse à la montée. A quelle hauteur au-dessus du sol va s'élever le médecine-ball ?</p> |
|--|

Tableau 39 Structuration du vingtième questionnaire. Classe 1

| Thème n° 20 (Durée : 49 min) | Sous-thème | Org Cl |
|---|--|------------------|
| Calcul de la vitesse de lancement et de la hauteur parcourue par un solide. Application des expressions faisant référence à la conservation de l'énergie. | n° 67 Gestion du travail et du savoir proposé lors du devoir surveillé (Durée : 19 min) | Gr Ind/M puis CE |
| | n° 68 Définition des notations (point de départ (zA) et point d'arrivée (zB) pour le calcul des variations d'énergie (cinétique et potentielle) (Durée : 11 min) | |
| | n° 69 Calcul du travail du poids et des variations d'énergie (cinétique et potentielle) (21 min). | |
| | n ° 70 Détermination de la hauteur parcourue par l'objet pendant la phase de montée (2 min) | CE |
| | n ° 64 Repérage des altitudes sur un schéma. Choix et orientation de l'axe (1 min) | |

A l'introduction, l'enseignante a évoqué d'abord les problèmes d'organisation des futurs TP et la gestion de certains événements (réunion des professeurs et mouvement de grève) qui vont se dérouler durant la semaine. A la suite de cette discussion, l'enseignante annonce le but de cette séance mais le problème du devoir surveillé qui a eu lieu la veille, soulevé par les élèves, retient l'attention de tout le monde. Il se renouvellera tout au long de la séance.

Cette discussion a duré longtemps et porte sur certaines notions que les élèves pensent ne pas avoir vues, c'est le théorème de l'énergie cinétique. L'enseignante soutient que ce théorème a été vu et que de toute façon, dans un DS, il y aura toujours une partie qui n'est pas vue. Elle les exhorte à se mettre au travail au lieu de discuter, ce qui fait perdre du temps, sachant que cet exercice ressemble à celui du DS. Selon elle, la réalisation doit se faire rapidement parce qu'ils ont passé beaucoup de temps au DS.

Elle donne le but de l'exercice qui consiste à trouver la hauteur parcourue par une balle quand on la lance vers le haut (tableau 38). Toute cette introduction se passe en classe entière.

Durant toute la réalisation, le DS revenait, soit à l'initiative d'un des élèves, soit de l'enseignante. Le fait de revenir sur ce devoir est une façon de légitimer des positions. Le grand problème des élèves durant ce devoir a été la difficulté de l'application du théorème de l'énergie cinétique qu'ils imputent à sa nouveauté. L'enseignante, en regardant les traces de ses notes, leur fait remarquer que ce théorème a été bel et bien utilisé dans des activités ou exercices précédents même si elle admet que son application pose problème.

Après un moment consacré à la gestion administrative (les absences), elle demande à certains

élèves l'état d'avancement de leur travail. Ensuite la discussion sur certains résultats est engagée entre deux élèves, l'un étant dans la première rangée et l'autre au fond de la salle. Cette situation oblige l'enseignante à parler à haute voix. Pendant ce temps les autres élèves continuent à réaliser l'exercice.

Ensuite, elle entame la correction en classe entière. Elle donne les résultats puis décide de les recopier au tableau et de leur donner le corrigé complet. Les résultats écrits au tableau sont discutés, en particulier la procédure pour calculer la variation de l'énergie cinétique : ne connaissant pas la vitesse quand la balle quitte la main, on ne peut qu'utiliser le théorème de l'énergie cinétique. Après cela, la discussion est axée sur la variation de l'énergie potentielle. Le problème de la direction entre le vecteur force et le vecteur déplacement est aussi soulevé durant cette correction en classe entière.

L'enseignante leur demande de poursuivre la réalisation et les oriente vers le texte faisant référence aux compléments du modèle de l'énergie.

Pendant que les élèves continuent la réalisation, elle intervient pour répondre aux questions de certains qu'elle répercute à toute la classe. Ce sont les suivantes : « est-ce que $\Delta E_p = -\Delta E_c$ pendant la phase de lancer ? », « Dans quelles phases peut-on utiliser cette relation ? » Remarquons que ces questions ont été aussi abordées au début de la correction avec un élève en groupe. Des élèves apportent des réponses à ces questions au moment où d'autres continuent à travailler. Ces réponses sont : « conservation de l'énergie du ballon. » L'enseignante reprend la réponse à son compte, la réexpliquant, et ajoute que durant ces phases où l'énergie du ballon est constante, si l'énergie cinétique augmente, l'énergie potentielle diminue et inversement. Elle continue son explication, toujours en mixte, en faisant comprendre que pendant le lancer, l'énergie totale du ballon n'est pas constante. En posant des questions auxquelles certains élèves répondent, elle explique que le système « élève » transfère de l'énergie au système « ballon ». Un élève l'interpelle pendant qu'elle circule dans les rangs tout en consultant ses feuilles. Cependant, elle suggère de discuter avec lui la sonnerie car elle en vérifiant l'heure, elle constate que la sonnerie était arrivée à son terme.

Alors, elle annonce aux élèves que le corrigé exercice leur sera distribué. Mais en anticipation, elle demande les procédures à utiliser pour trouver la hauteur h . Les élèves répondent en donnant deux méthodes : la première, qu'on peut utiliser de la relation entre la variation de l'énergie potentielle et le travail du poids, la seconde : « l'énergie du ballon est constante quand il quitte la main de l'élève ». L'enseignante rejette la première en expliquant que l'altitude n'est pas connue. Elle explique la deuxième en notifiant que l'énergie du ballon est constante donc on peut l'utiliser et puis demande une autre solution. Devant le silence des élèves elle donne la dernière méthode qui est l'utilisation du théorème de l'énergie cinétique. Elle rappelle que le prochain devoir portera aussi ces notions. Elle conclut en revenant sur les notations, lorsque l'exercice ne les donne pas et le bilan des forces qu'il faut faire ensuite.

Elle annonce aux élèves la fin de la séquence de l'enseignement de l'énergie et l'administration prochaine du questionnaire prévue pour le lundi de la rentrée.

Au début de la séance, une médiation s'est établie pour la programmation future des TP de chimie en fonction des événements qui vont se tenir durant la semaine (réunion et mouvement de grève). Les acteurs donnent leur avis pour trouver une solution adéquate.

En ce qui concerne le DS, chacun des acteurs (élèves, Professeur) essaie de donner des arguments sur le bien fondé de leurs remarques par rapport aux contenus du DS. Le souci d'avancer dans le travail préoccupe l'enseignante qui fait remarquer aux élèves les pertes de

temps. En ce qui concerne le savoir qui est l'objet d'étude, l'enseignante oriente les élèves vers le contenu du DS est similaire à celui-ci.

La discussion sur un texte qui permet d'évaluer la production des élèves est une forme de savoir où les élèves peuvent aussi consolider leurs acquis surtout celui du théorème de l'énergie cinétique. La discussion a révélé que ce savoir a été bien étudié et utilisé en classe. Nous sommes en présence d'une discussion d'un des contrats de l'enseignement en général : celui qui fait référence à l'évaluation. Autant que faire se peut, un enseignant ne doit pas poser des questions sur un savoir qui n'a pas été l'objet d'un enseignement. Et c'est ce principe qui pousse l'enseignante à vérifier en consultant les traces de ces notes.

Pendant la réalisation de l'exercice, elle prend l'initiative de circuler de table en table pour discuter avec les élèves. Ainsi, la responsabilité du savoir est de deux ordres. S'il s'agit de la réalisation de l'exercice, en petits groupes ou individuellement, elle est du ressort des élèves qui sont aidés par l'enseignante. S'il s'agit de la négociation du savoir utilisé lors du devoir surveillé, les deux acteurs y participent et l'enseignante est chargée de la vérification.

La première correction est faite sous la responsabilité de l'enseignante qui écrit le développement des formules au tableau en donnant des explications. Pour trouver la vitesse du ballon au moment où il touche le sol, elle leur laisse un peu de temps pour la réalisation. Elle initie la référence au texte du complément du modèle de l'énergie au cours de cette deuxième phase de réalisation qui est de quelques minutes.

L'enseignante reprend la responsabilité de l'avancée du savoir, durant la dernière phase de correction. Elle pose des questions aux élèves pour arriver au savoir attendu (l'utilisation du théorème de l'énergie cinétique pour en déduire la vitesse du ballon). La procédure de développement de la formule pour y parvenir est consignée à un texte qu'elle distribue à la fin de la séance.

Analyse thématique dans la classe 2.

La séquence d'enseignement de l'énergie dans la classe 2 est découpée en 28 thèmes. Ils sont regroupés en quatre parties (tableau 40).

Une première partie qui fait référence à l'étude du travail d'une force en déplacement (thème 1 à thème 11). Cette partie débute par une introduction au fonctionnement de la physique et aux processus de modélisation (thème 1). Elle est clôturée par un thème (exercice d'application) où le travail d'une force variable et d'une force constante sont étudiés dans une même situation (thème 11).

La deuxième partie regroupe l'étude de l'énergie cinétique (thèmes 12 à 17). Elle est introduite par une activité où la classe donne une classification des formes d'énergie utilisées en physique du point de microscopique et macroscopique. Cette étude permet à la classe de se centrer sur les deux formes d'énergie particulières : énergie cinétique et potentielle. Le théorème de l'énergie cinétique est étudié dans cette partie (thème 15) qui se termine par un exercice d'application.

La troisième partie prolonge l'étude des formes particulières d'énergie : l'énergie potentielle (thèmes 18 à 21). Les énergies potentielles de pesanteur, élastique et de torsion sont étudiées successivement. Un retour sur le système isolé et les forces intérieures et extérieures clôturera cette partie.

La quatrième partie concerne l'étude de l'énergie mécanique et la conservation et non conservation de l'énergie mécanique d'un système (thèmes 22 à 28). Elle est clôturée par des

exercices d'application.

Il faut noter que, dans cette classe, les élèves ne disposent pas de manuels scolaires; l'enseignant utilise personnellement ceux de la France. Il a conçu des textes qui accompagnent son enseignement qu'il distribue aux élèves au début de la séance, ces derniers les collent sur leur cahier. Le contenu du texte donne les éléments essentiels du cours, il s'agit de définitions des notions, d'expressions littérales. Il faut noter que l'enseignant disposait des documents sésames, les mêmes que ceux utilisés par la classe 1 ; il a repris essentiellement le modèle de l'énergie, mais en modifiant l'ordre, en particulier la conservation de l'énergie (thème 23).

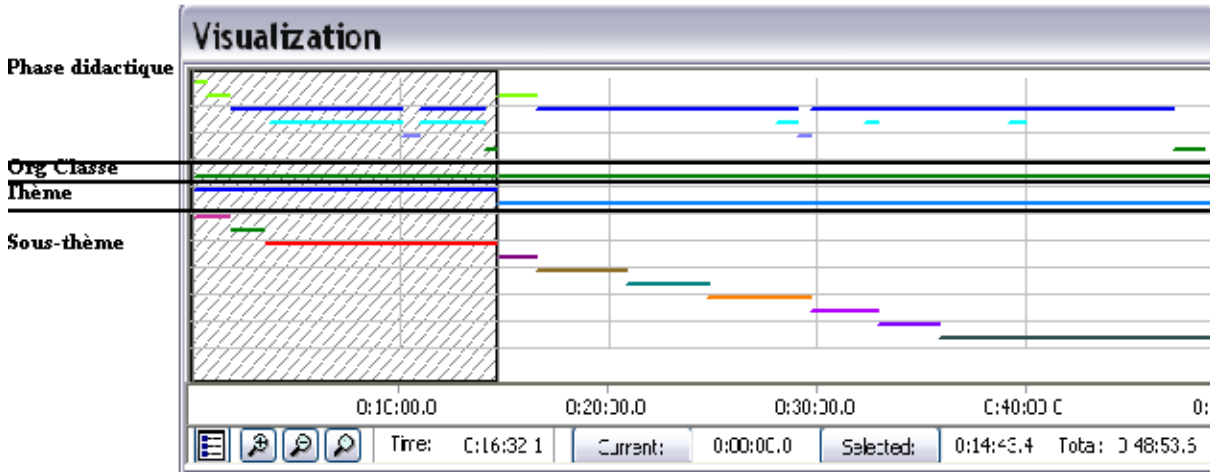
Les mêmes critères utilisés pour construire l'échantillon de thèmes dans la classe 1 sont repris dans cette classe 2.

Tableau 40 Intitulés des thèmes. Classe 2

| Partie | N° Thème | Intitulé des thèmes | D. Tot (mn) | D. CE (mn) |
|--------------------------|-------------|--|----------------|---------------|
| I S1 S2 S3 | 1 | Modèle de l'énergie. Notions de système en physique, propriétés et modes de transfert d'énergie. Chaînes énergétiques | 15 | 15 |
| | 2 | Travail d'une force constante en déplacement | 34 | 34 |
| | 3 | Expression du travail du poids d'un solide en déplacement en fonction de la variation des altitudes | 20 | 20 |
| | 4 | Calcul du travail d'une force constante en déplacement sur un plan horizontal (avec frottement). | 40 | 19 |
| | 5 | Travail des forces s'exerçant sur un pendule | 45 | 36 |
| | 6 | Travail d'une force constante dont le point d'application décrit un mouvement de rotation. Travail élémentaire. Moment d'une force ou d'un couple de forces | 21 | 21 |
| | 7 | Travail d'une force variable ou d'un couple de torsion. Mouvement de translation et de rotation. | 27 | 27 |
| | 8 | Puissance. | 12 | 12 |
| | 9 | Fonctionnement du physicien : utilisation du modèle pour interpréter ou prévoir. Propriétés de l'énergie. Travail d'une force. Facteurs qui influencent le travail d'une force. Travail moteur, travail résistant et travail nul | 6 | 6 |
| | 10 | Détermination de vitesses successives d'une bille lâchée sans vitesse initiale d'une hauteur h. | 5 | 5 |
| | 11 | Travail des forces qui s'exercent sur un pendule élastique. | 21 | 20 |
| II S4 S4_ S5 | 12 | Adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie courante. Les deux formes d'énergie utilisées en physique : énergie cinétique et énergie potentielle | 49 | 31 |
| | 13 | Energie cinétique | 20 | 20 |
| | 14 | Moment d'inertie d'un solide en mouvement de rotation autour d'un axe fixe. | 30 | 30 |
| | 15 | Théorème de l'énergie cinétique. | 16 | 16 |
| | 16 | Utilisation du théorème de l'énergie cinétique. Détermination de la vitesse d'un solide | 44 | 35 |
| | 17 | Utilisation du théorème de l'énergie cinétique dans le cas d'un mouvement de rotation. Détermination d'angle. | 28 | 27 |
| III S6 S6_ S7 | 18 | Energie potentielle de pesanteur. | 14 | 14 |
| | 19 | Détermination de la constante dans l'expression de l'énergie potentielle en fonction des choix de l'état de référence et de l'origine des altitudes | 41 | 35 |
| | 20 | Energie potentielle élastique. | 20 | 20 |
| | 21 | Définition d'un système isolé. Energie potentielle. Forces intérieures et extérieures. | 14 | 14 |
| IV S8 | 22 | Energie mécanique. | 11 | 11 |
| | 23 | Théorème de l'énergie mécanique | 16 | 16 |
| | 24 | Application des expressions faisant référence à la conservation de l'énergie mécanique. Système conservatif. Transfert et/ou transformation d'énergie. | 22 | 22 |
| | 25 | Calcul de l'énergie cinétique et de la vitesse d'un solide à une altitude donnée. | 10 | 10 |
| | 26 | Transformation d'énergie au sein d'un système isolé | 13 | 13 |
| | 27 | Utilisation de la conservation de l'énergie mécanique pour déterminer la longueur d'un ressort | 25 | 25 |
| | 28 | Calcul du travail des forces de frottements. Variation de l'énergie mécanique. Introduction à la notion de chaleur | 18 | 18 |

Thème n° 1. Modèle de l'énergie. Notions de système en physique, propriétés et modes de transfert d'énergie. Chaînes énergétiques.

Comme le montre le graphique 24, ce thème débute la première séance de la séquence d'enseignement de l'énergie dans cette classe. Cette séance a une durée officielle de 1 heure et l'enregistrement a pris 49 minutes environs. Le thème qui nous intéresse dure de 15 minutes environs. Il est composé de 3 sous-thèmes (graphique 24 et tableau 41).



Graphique 24. Visualisation du thème 1 (partie hachurée) dans la première séance. De haut en bas : Phases didactiques (introduction séance et cours, cours magistral et lecture de texte, contrôle oral et clôture cours) ; Organisation de la classe (CE) ; Thème et trois sous-thèmes

Tableau 41 Structuration du thème 1. Classe 2

| | | |
|--|---|--------|
| Thème N° 1 (Durée : 15 min). | sous-thèmes | Org Cl |
| Modèle de l'énergie. Notions de système en physique, propriétés et modes de transfert d'énergie. Chaînes énergétiques. | N° 1. Fonctionnement de la physique : les fonctions du modèle en physique (Durée : 2 min) | CE |
| | N° 2. Exemples de formes d'énergie (Durée : 2 min) | |
| | N° 3. Notions de système en physique. Propriétés de l'énergie. Modes de transferts d'énergie et Chaînes énergétiques (Durée : 11 min) | |

En introduction l'enseignant distribue des feuilles (les textes qu'il a conçus) et annonce le premier chapitre : champ et énergie puis le modèle de l'énergie.

Ensuite, il commence à expliquer le fonctionnement de la physique, l'utilise des modèles pour expliquer, interpréter et prévoir les phénomènes physiques. Pendant ce temps les élèves suivent.

Avant de commencer l'explication du modèle de l'énergie il interroge les élèves en leur demandant de proposer des exemples de formes d'énergie. Ce que ces derniers font en levant le bras un à un. L'enseignant reprend ses réponses en les écrivant au tableau. Il s'appesantit sur l'énergie solaire en identifiant le système qui fournit l'énergie et celui qui la reçoit : la photopile.

La lecture d'une partie du texte du modèle permet à l'enseignant d'insister, en interrogeant les élèves, sur la notion de système qu'il qualifie comme étant l'objet d'étude. Les parties de ce texte sont : les propriétés de l'énergie (grandeur liée à un système, stockage, transfert et changement de forme), les modes de transfert d'énergie (travail, transfert thermique et rayonnement), les systèmes (réservoir et transformateur) et l'étude des chaînes énergétiques. Durant la lecture, la notion de transfert par mode travail mécanique a reçu un traitement particulier. L'enseignant revient de temps en temps sur la

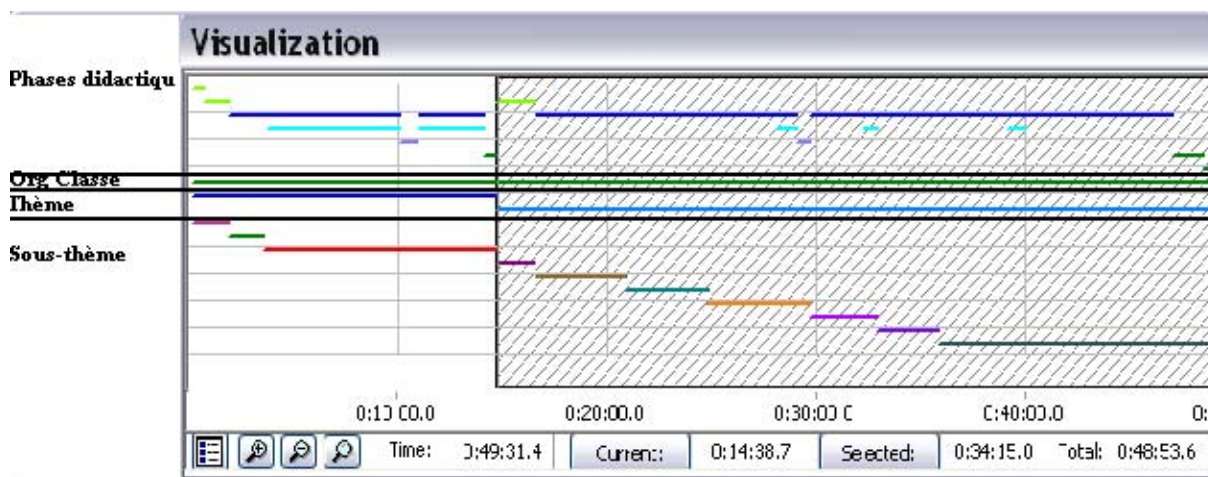
fonction de description et d'interprétation.

La responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort de l'enseignant qui lit le texte et donne des explications. Les élèves participent à cette avancée en répondant aux questions qu'il pose. Il faut remarquer que ce cours magistral est fait sur la base de lecture-explication d'un texte.

A la fin de la lecture, l'enseignant annonce l'étude du premier mode de transfert d'énergie : le travail d'une force en déplacement.

Thème n° 2. Travail d'une force constante en déplacement

Le thème 2 fait suite au premier et termine la première séance qui dure 49 minutes environs. Il dure environ 34 minutes, est composé de six sous-thèmes comme le montrent le graphique 25 et le tableau 42.



Graphique 25. Visualisation du thème 2 (partie hachurée) dans la première séance. De haut en bas. Phase didactique : (introduction cours ; développement cours, lecture de texte ; contrôle de connaissances ; clôture (cours, séance)) ; Organisation de la classe (CE) ; Thèmes Une introduction et six sous-thèmes

Tableau 42 Structuration du deuxième thème. Classe 2

| | | |
|---|---|--------|
| Thème N° 2 | Introduction (Durée : 2 min) | Org CI |
| (Durée : 34 min). | N° 4 Mode de transfert d'énergie par travail mécanique : travail d'une force. | CE |
| Travail d'une force constante en déplacement | Sous - thèmes | |
| | N 5° Transfert d'énergie par mode travail mécanique et déplacement du système (Durée : 4 min) | |
| | N ° 6 Travail d'une force. Déplacement du point d'application de la force (Durée 4 min) | |
| | N° 7 Les facteurs qui influencent le travail d'une force en déplacement. (Durée (5 min) | |
| | N ° 8 Travail moteur, travail résistant et travail nul. (Durée : 3 min) | |
| N° 9 Travail d'une force constante en déplacement rectiligne (Durée 3 min) | | |
| N ° 10 Travail d'une force constante en déplacement quelconque. Travail élémentaire. Force conservative (Durée (13 min) | | |

L'enseignant annonce le titre du thème, l'écrit au tableau et commence à distribuer une nouvelle feuille en précisant les consignes d'utilisation : « il faut les coller au niveau du cahier pour ne pas les perdre ». Cette introduction dure 2 minutes environ.

La durée relativement longue de cette introduction peut être imputé au fait que c'est l'enseignant lui-même qui distribue les feuilles à chaque groupe d'élèves.

Après cette distribution, l'enseignant revient au tableau et annonce qu'il va partir d'un exemple : « un ouvrier qui soulève un objet par l'intermédiaire d'une poulie ». Il explique la situation en la dessinant au tableau. Certains élèves suivent, tandis que d'autres commencent à copier sur leur cahier. Après le dessin, l'enseignant commence par une série de questions qui concernent l'énergie reçue par l'objet soulevé. Il faut remarquer que dans cette classe l'objet est appelé tout simplement « masse ». Un élève répond que l'objet ne reçoit pas d'énergie, c'est la poulie qui en reçoit. L'enseignant le guide en parlant à toute la classe : « qui donne cette énergie à la poulie ? » L'élève répond que c'est la personne. L'enseignant lui demande « est-ce que l'énergie reste sur la poulie ? » L'élève confirme en disant que l'énergie est stockée par la poulie. L'enseignant reprend : « maintenant la masse là (en indiquant le dessin au tableau) ne reçoit rien ? » L'élève décrit l'événement : « la personne en tirant la corde soulève la « masse » et s'arrête. Après un moment de silence l'enseignant reprend la question : « oui maintenant la masse en se déplaçant ne reçoit pas d'énergie ? » Un silence s'ensuit. L'enseignant demande à partir de ce moment aux autres élèves s'ils sont d'accord. Un élève répond que l'objet reçoit de l'énergie. Par une série de petites questions, comme celles utilisées avec le premier élève, l'enseignant réussit à faire dire à celui-ci la réponse attendue : « la personne fournit de l'énergie à l'objet par l'intermédiaire de la corde et de la poulie ». L'enseignant enchaîne en demandant aux élèves pourquoi l'objet reçoit de l'énergie. L'un d'eux répond que c'est parce que l'objet monte. Ce que l'enseignante reformule en utilisant le terme déplacement. Il récapitule en se basant sur le schéma au tableau et en insistant sur le terme « déplacement » du fait de l'action de l'ouvrier.

Le savoir en jeu, à ce stade, dans cette classe est la relation entre l'énergie fournie et le déplacement de l'objet.

Le professeur enchaîne en identifiant le système « objet » qui se déplace et demande les forces qui s'exercent sur lui. Il faut remarquer les termes de transition utilisés par cet enseignant pour passer d'un savoir à un autre (« alors ici », « maintenant si on revient sur », « maintenant nous allons voir » etc)

Les élèves répondent par le poids et la tension du fil. Le professeur reprend la réponse et superpose sur le dessin les vecteurs tension du fil et poids de l'objet. Il se lance ensuite dans une série d'explications pour faire remarquer aux élèves que c'est grâce à l'action de l'ouvrier (à travers le fil) que le déplacement de l'objet a eu lieu. Ces explications lui permettent d'introduire les notions de point d'application qui se déplace et de travail d'une force en déplacement. A partir de ce moment, il invite les élèves à donner une définition du travail. Un des élèves dit : « une force effectue un travail lorsque son point d'application se déplace ». Le professeur, en reprenant la phrase, différencie la notion de travail en physique de celle de la vie courante. Il explique encore ce nouveau savoir en s'appuyant sur le schéma au tableau.

Ensuite, il enchaîne (avec toujours les termes de transition : « alors maintenant... ») avec les facteurs qui influencent le travail d'une force. Il reprend le schéma superposé en remplaçant l'objet par un autre qui a une masse plus grande. La question qu'il pose aux élèves est la suivante : « est-ce que l'ouvrier va fournir plus d'énergie ou non ? ». Les élèves répondent que l'ouvrier va fournir plus d'énergie par conséquent le travail de la tension va augmenter. L'enseignant en déduit que le travail est proportionnel à l'intensité (valeur) de la force, ce qu'il écrit alors au tableau et conclut : « la valeur de la force est un facteur qui influence le travail ». Pour trouver les autres facteurs (la distance et l'angle) il modifie une partie du premier schéma selon la situation : la hauteur de déplacement de l'objet ou la direction de déplacement. Durant ces changements de situations il interroge les élèves et reprend leur réponse en l'expliquant davantage ou en la reformulant. Ceci consiste à donner le début du mot et les élèves poursuivent ($P_...$ dép.../E_ déplacement).

A partir de ce moment l'enseignant lit un texte (de la feuille distribuée) faisant référence aux facteurs qui influencent le travail d'une force en déplacement (l'intensité (ou valeur) de la force, la distance de déplacement et l'angle entre le vecteur force et le vecteur déplacement).

Ensuite, il enchaîne (transition : « Maintenant si on revient au premier cas ») avec l'étude des notions de « travail moteur », « travail résistant » et « travail nul ». Il se base alors sur le premier schéma (l'ouvrier qui soulève un objet sur une hauteur h) et demande aux élèves de se centrer sur le sens de déplacement de la tension et sur celui du poids de l'objet. Pour définir ces notions, Il utilise le terme « favorise ou non le déplacement de l'objet ». Ces définitions ont été données avec la participation des élèves qui répondent aux questions. Le savoir établi à ce stade est le suivant : lorsque la force favorise le déplacement de l'objet, on dit que le travail est moteur et dans le cas contraire le travail est résistant. L'enseignant poursuit en disant que ces grandeurs sont positives, négatives ou nulles et par convention le travail moteur est affecté du signe positif et celui qui est résistant du signe négatif. Le travail nul d'une force en déplacement est aussi expliqué.

Le professeur enchaîne (en utilisant toujours « Maintenant nous allons voir... ») avec l'étude des déplacements particuliers de l'objet. Il explique d'abord les types de mouvement : translation et rotation. Il rappelle les facteurs qui influencent le travail d'une force en déplacement et donne son expression dans le cas du mouvement de translation rectiligne : $W_{AB}(\mathbf{F}) = \mathbf{F} \cdot \mathbf{AB} = F \cdot AB \cdot \cos\alpha$, avec $\alpha = (\mathbf{F}, \mathbf{AB})$ (photo 4).

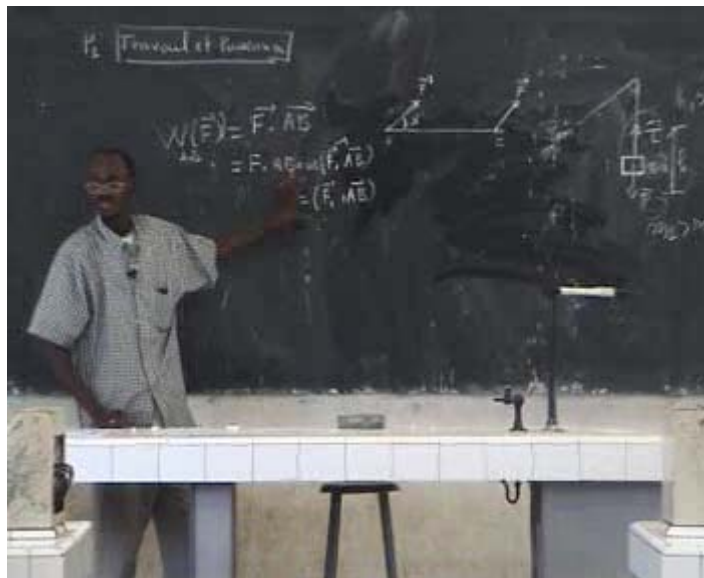


Photo 4 Visualisation du tableau au moment où l'enseignant est en train d'expliquer l'expression du travail de la force en déplacement rectiligne. En haut le titre encadré. A droite du tableau figure le schéma superposé qui a servi à introduire les notions, au milieu celui qui a servi à introduire l'expression et à gauche les formules.

A partir de ce moment il demande aux élèves de copier les schémas et les formules sur leur cahier. Au moment où ils commencent à écrire, l'enseignant schématise au tableau une force qui se déplace sur un segment de droite AB. La durée accordée aux élèves pour recopier est d'environ une minute.

L'enseignant enchaîne (en utilisant toujours sa forme de transition « Alors maintenant... ») avec l'étude d'un déplacement quelconque. Il dessine au tableau un objet qui est tiré par une personne sur deux plans successifs, l'un horizontal et l'autre incliné, et demande aux élèves d'exprimer le travail de cette force sur l'ensemble du trajet. Un des élèves répond qu'il faut calculer d'abord le travail de la force sur chaque trajet, ensuite faire la somme des travaux. L'enseignant reprend la réponse de l'élève et nomme chaque expression par « travail élémentaire ». Il insiste alors sur le fait qu'à chaque fois que le déplacement est quelconque, il faut recourir au travail élémentaire sur une portion rectiligne. Il

explique ensuite la procédure qu'il faut suivre pour arriver au travail élémentaire.

A partir de ce moment il poursuit la lecture du texte faisant référence au travail élémentaire puis il reprend l'explication du travail élémentaire avec un exemple plus général. Il représente alors un déplacement quelconque qui matérialise le trajet suivi par la force constante. En reprenant la procédure de décomposition du trajet en petits éléments qu'il appelle déplacement élémentaire, il en déduit l'expression du travail élémentaire ($\delta W = \mathbf{F} \cdot \delta \mathbf{l}$). Il développe alors la formule du travail de la force qui se déplace sur tout le trajet en utilisant l'expression du travail élémentaire. Durant ce développement, il interroge de temps en temps les élèves, ces derniers répondent par des mots ou des groupes de mots. Le professeur retrouve à la fin du développement l'expression de la formule donnée ci-dessus ($W_{AB}(\mathbf{F}) = \mathbf{F} \cdot \mathbf{AB}$). L'application de cette procédure lui permet d'introduire la notion de force conservative : « une force est dite conservative si le travail qu'il effectue est indépendant du chemin suivi ».

A partir de ce moment il invite les élèves prendre le schéma et les formules dans leur cahier. Au moment où ces derniers recopient, l'enseignant circule dans les rangs, ensuite efface une partie du tableau en annonçant aux élèves le travail qui va suivre demain : « l'application du travail du poids d'un objet qui se déplace d'une hauteur h ».

Au bout de 3 minutes, il commence à dicter des phrases concernant la notion de force conservative. A la fin de cette dictée coïncidant avec la fin de la séance, il annonce de nouveau le travail de la prochaine séance.

Durant ce cours magistral c'est l'enseignant qui a la responsabilité de l'avancée du savoir. Les élèves y participent en répondant aux questions.

Le savoir en jeu est introduit par l'enseignant à partir d'un dessin qui résume une situation tirée de la vie courante dans ce pays (soulever un objet à l'aide d'une poulie : seau d'eau au fond d'un puits ou les ouvriers qui soulèvent des briques dans les chantiers de construction de bâtiments).

Une transition est régulièrement employée par l'enseignant pour introduire un nouveau savoir (alors ici..., maintenant si nous revenons sur..., maintenant on va...). Il introduit le savoir en jeu par des éléments de savoir assez petits. Le travail d'une force en déplacement illustre la façon dont l'enseignant les introduit.

1. Définition du travail d'une force en déplacement
2. Facteurs qui influencent le travail d'une force
3. Notions de travail moteur, de travail résistant et de travail nul
4. Définition du travail d'une force constante sur un déplacement :
 - rectiligne (expression générale du travail d'une force)
 - quelconque (expression du travail élémentaire)

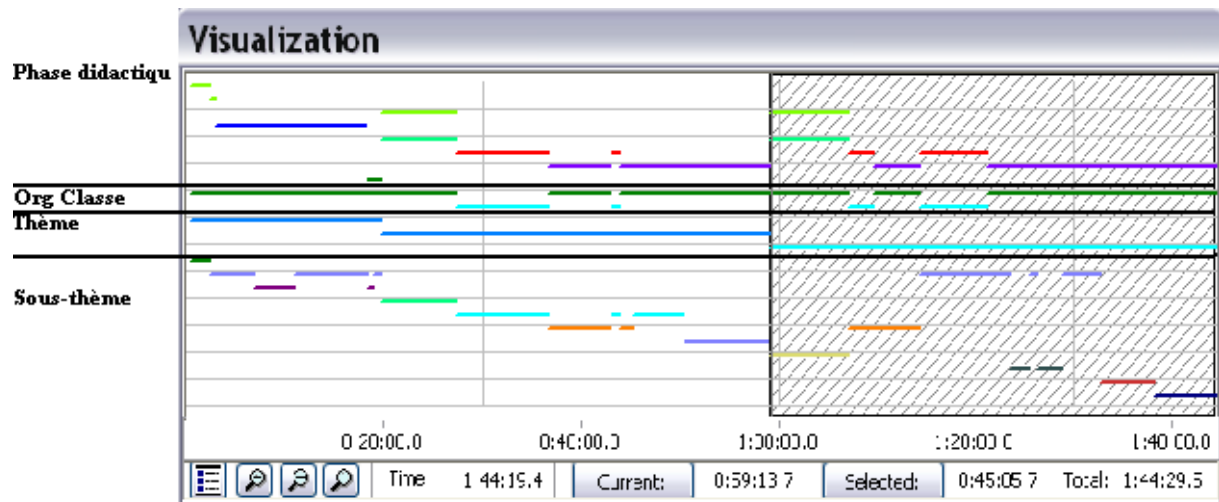
Il existe une régularité dans l'introduction de ces petits éléments de savoir dans cette classe. La lecture du texte d'accompagnement précède ou suit (c'est le cas ici) une première explication, ensuite une généralisation s'en suit. Cette généralisation (avec développement des formules littérales) est toujours accompagnée de nouveaux schémas ou de compléments du dessin qui est fait au début. Après cette généralisation, les élèves sont invités à recopier sur leur cahier. La durée donnée pour l'écriture au niveau des cahiers varie de 1 à 3 minutes dans ce thème.

Les savoirs introduits successivement dans ce thème sont les suivants : relation entre l'énergie fournie par un système et le déplacement de l'autre système, le point d'application d'une force qui se déplace, la définition en physique du travail d'une force en déplacement, le travail moteur, le travail résistant, le travail nul, l'expression du travail d'une force en déplacement rectiligne et quelconque (travail élémentaire) et en fin la définition d'une force conservative. Une dictée et l'annonce du travail

ultérieur clôture le thème.

Thème n° 5. Travail des forces s'exerçant sur un pendule.

Ce thème est le prolongement des séries d'exercices d'application concernant le travail d'une force constante en déplacement. Il fait référence à la fois au travail du poids d'un système en déplacement d'une altitude à une autre et du travail d'une force constante sur un déplacement non rectiligne (ici un arc de cercle). Sa durée est 45 minutes environs, il termine la deuxième séance comme le montre le graphique 26.



Graphique 26. Visualisation du thème 5 (partie hachurée) dans la deuxième séance. De haut en bas. Phases didactiques (Introduction et écriture exercice, réalisation, correction) ; Organisation de la classe (classe entière, Individuel) ; thème ; Ecriture énoncé ex (Introduction exercice) ; Quatre sous-thèmes et une inclusion.

C'est un thème qui est composé de 4 sous-thèmes principaux et d'un sous-thème inclus (graphique 26 et tableau 43). Le sous-thème 11 est déjà étudié au début de cette deuxième séance en cours magistral (un objet de masse m qui passe d'une altitude z_A à une autre z_B ($z_A > z_B$)), il est repris ici en exercice d'application avec une situation différente : l'objet est retenu par un fil inextensible et passe d'une altitude z_A à une z_B (avec ($z_A > z_B$)). Le thème « identification des noms des systèmes en interaction et les modes de transferts d'énergie » a été étudié en exercice dans le thème précédent (sous-thème 15).

Tableau 43 Structuration du thème 5 Classe 2

| | | | |
|--|--|---|--------|
| Thème n° 5 (Durée : 45 min). Travail des forces s'exerçant sur un pendule. | Ecriture de l'exercice au tableau. (Durée : 8 min) | | Org Cl |
| | N° 17. Pendule se déplaçant d'une altitude à une autre | | CE |
| | Sous-thèmes | Inclusions | |
| | N° 15. Identification des noms des modes de transfert d'énergie entre systèmes (Durée : 7 min) | | Ind |
| | | | CE |
| | N° 11. Travail du poids du poids du solide suspendu sur le fil inextensible (Durée : 14 min) | N° 18. Repères et altitudes (Durée : 4 min) | Ind |
| | | | CE |
| | N° 19. Choix de l'origine : position d'équilibre. Travail du poids (Durée : 6 min) | | |
| N° 20. Travail de la tension du fil (Durée : 6 min) | | | |

Le but principal de cet exercice est de familiariser les élèves aux choix des axes et des origines des altitudes et ensuite d'appliquer l'expression du travail élémentaire dans une situation simple (tableau 44).

Tableau 44 Enoncé de l'exercice d'application du thème 5

| |
|--|
| <p>Un solide de masse m égale 100g est fixé à l'extrémité d'un fil inextensible de longueur l égale égal 60cm. L'autre extrémité est fixée en un point O. Le fil est écarté de sa position d'équilibre de $\alpha = 60^\circ$. Tout en restant tendu, puis lâché sans vitesse initiale.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Quel est le système qui fournit l'énergie. Quel est le système qui reçoit l'énergie entre l'instant où le fil est lâché et l'instant où il passe par la verticale. Faire la chaîne énergétique 2. Trouver le travail effectué par le poids du solide entre ces deux instants. 3. Le travail de la tension du fil au cours du déplacement est nul, expliquer. |
|--|

L'écriture accompagnée de la lecture du texte de l'exercice correspond à l'introduction d'un deuxième exercice d'application. En même temps les élèves recopient le texte. A la fin, l'enseignant dessine au tableau la situation.

Les élèves commencent alors la réalisation individuellement. Le professeur circule dans les rangs, regarde leur production sans parler.

Au bout d'un moment de réalisation, il invite un élève à aller au tableau. Ce premier élève est chargé, sous la conduite du professeur, de corriger la question relative aux systèmes qui fournissent ou qui reçoivent de l'énergie, ainsi qu'à la construction de la chaîne énergétique. Remarquons que dans cette classe, toute l'étude est axée sur le système. Le poids devient pour eux une force extérieure au système solide, ce qui leur permet de considérer le travail du poids comme de l'énergie transférée. C'est sur cette base, expliquée par l'enseignant, que l'élève au tableau construit la chaîne énergétique.

A la suite de la correction des premières questions, l'enseignant laisse les élèves soit recopier ce qui est écrit au tableau soit continuer la réalisation individuelle des autres. Il passe de table en table, regarde le cahier des élèves, au bout d'un moment, il invite un autre élève à corriger la dernière question en avertissant les autres.

Cette correction porte sur le travail des forces appliquées au solide (tension de la ficelle qui le retient

et son poids). L'élève au tableau a des difficultés pour repérer les positions du solide quand il passe d'une altitude z_A supérieure à une autre z_B . Sous la conduite du professeur, il choisit un axe ascendant passant par le point O où est accroché l'autre bout de la ficelle qui retient le solide. Ce même point O est aussi pris par l'élève comme origine des altitudes, l'enseignant le laisse faire et continue de l'assister. Toujours sous la conduite du professeur, qui parle à toute la classe, l'élève part de la définition générale du travail. Il l'applique à la tension de ce solide en mouvement de rotation autour d'un axe passant par O lors de son déplacement de l'altitude z_A à z_B . En développant cette expression, en s'appuyant sur le schéma superposé qu'il a complété, l'élève aboutit au résultat suivant : $W_{AB}(\mathbf{P}) = mgl(1 - \cos\alpha)$. A partir de cette dernière expression, l'élève donne l'application numérique. Remarquons que durant cette correction, les notations qui permettent de repérer le solide ne sont pas maîtrisées par cet élève, ce que l'enseignant a repris après le résultat final : choix de l'orientation de l'axe, de l'origine des altitudes. Durant ces explications le professeur reprend le choix de l'origine des axes en prenant la position d'équilibre du solide quand il passe à la verticale (point B) et recommence le développement des formules (sous-thème 19). Il aboutit en fin au même résultat que l'élève. Pendant ce temps certains élèves suivent sans prendre de notes, tandis que d'autres font les deux. L'enseignant continue alors la correction en interrogeant les élèves sur le travail nul de la tension de la ficelle lors du déplacement du solide (Sous-thème 20). En partant des réponses données par un élève « vecteur déplacement et vecteur tension perpendiculaire », l'enseignant introduit le travail élémentaire d'une force constante en déplacement quelconque qu'il développe jusqu'à arriver au résultat voulu : « $W_{AB}(\mathbf{T}) = 0$ ».

Après l'écriture de ces formules et le résultat attendu, l'enseignant propose aux élèves de suspendre la séance.

Du point de vue de la topogénèse, durant l'écriture de l'énoncé de l'exercice, chacun des acteurs fait avancer le savoir. L'enseignant a la charge d'écrire l'énoncé au tableau et les élèves, pour pouvoir le réaliser, doivent le recopier dans leur cahier. Il faut remarquer que chaque exercice écrit au tableau est accompagné d'un dessin qui illustre la situation.

Les élèves ont la responsabilité de l'avancée du savoir durant la réalisation individuelle de l'exercice. L'enseignant est chargé de vérifier leur production en se déplaçant de rangée en rangée sans parler. Il choisit toujours un élève au bout d'un instant pour faire la correction au tableau.

La correction de l'exercice est sous la responsabilité de l'enseignant qui, par l'intermédiaire d'un élève au tableau ou des autres, fait avancer le savoir d'une façon séquentielle. Chaque question de l'exercice est résolue avant de passer à l'autre. Au cours de chaque résolution il suit le développement des formules pas à pas en interrogeant soit l'élève au tableau soit les autres, en donnant des explications supplémentaires ou même dans ce cas-ci en continuant simplement le reste de l'exercice. Il faut aussi remarquer que l'enseignant laisse un moment aux élèves pour qu'ils recopient ou qu'ils continuent la réalisation des autres questions.

Thème n° 11. Travail des forces s'exerçant sur un pendule élastique.

Comme le montre le graphique 27, le thème termine la troisième séance. Et en même temps il clôture le premier chapitre selon le découpage du programme de physique sénégalais : travail et puissance. Il dure 21 minutes environ et est constitué de deux sous-thèmes (graphique 27 et tableau 46). Le but de ce thème est d'analyser une situation où les forces qui se déplacent sont de natures différentes (une force variable et une force constante sur un même déplacement) (tableau 45).

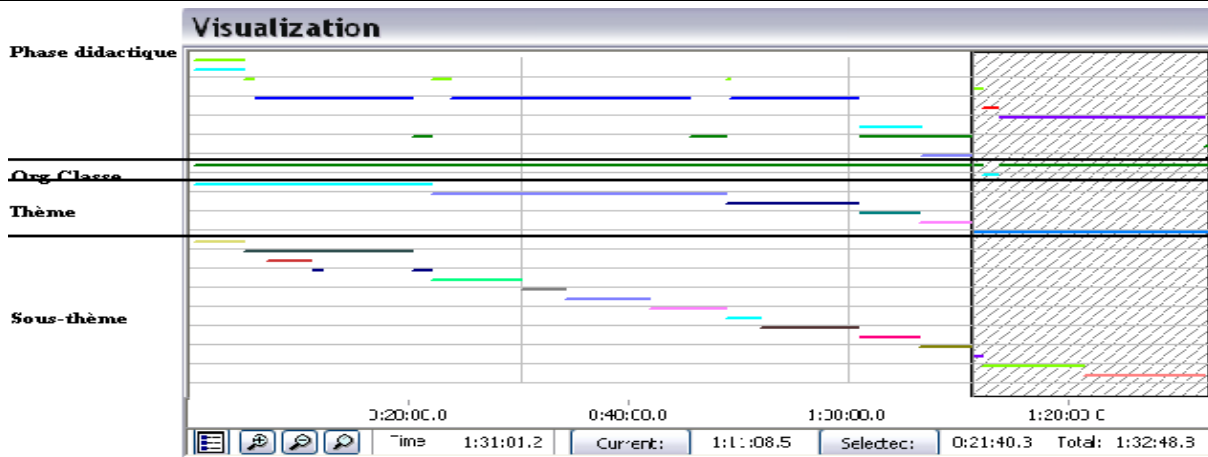
C'est l'un des exercices qui n'est pas écrit au tableau, mais pris dans une feuille qui a été distribué aux élèves. Rappelons qu'il avait donné une petite pause aux élèves à la fin du thème 9, c'était pour aller récupérer des feuilles au préposé à la photocopie de l'école. Cette série d'exercices tirée en général d'un certain nombre de livres de physique de première scientifique, permettra aux élèves de s'exercer

à la maison. Il en choisit donc un que les élèves vont réaliser en classe comme exercice d'application pour clôturer le chapitre.

Tableau 45 Enoncé de l'exercice d'application. Classe 2

Un ressort de raideur $k = 100\text{N/m}$ est fixé en un point A. A l'extrémité libre, on accroche un solide de masse $m = 200\text{g}$. Le ressort s'allonge d'une longueur x et le solide s'immobilise. Calculer pendant ce déplacement :

1. le travail effectué par le poids de l'objet de masse m ,
2. le travail de la tension du ressort.



Graphique 27 Visualisation du thème 11 (Partie hachurée) dans la troisième séance. De haut en bas. Phase didactique (introduction exercice, réalisation, correction et clôture séance) ; Organisation de la classe (CE, Individuel). Thèmes ; Introduction et deux sous-thèmes.

Tableau 46 Structuration du onzième thème. Classe 2

| | | |
|--|--|--------|
| Thème n° 11 (Durée : 12 min) Travail des forces qui s'exercent sur un pendule élastique. | Sous-thèmes | Org Cl |
| | N° 36 Travail du poids d'un objet accroché à un ressort vertical. (Durée : 9 min) | Ind/CE |
| | N° 37 Travail de la tension d'un ressort en déplacement vertical. (Durée : 12 min) | CE |

A l'introduction de ce thème le professeur demande aux élèves de faire l'exercice 6 sur la feuille distribuée auparavant. Il écrit en même temps le numéro et la page au tableau.

La réalisation se fait dans les mêmes conditions que les autres exercices : travail individuel des élèves et pendant ce temps l'enseignant circule dans les rangs et regarde leur production.

Au bout d'un moment de réalisation individuelle, un élève est invité à aller au tableau pour corriger. Cet élève ne commence pas à décrire les différentes phases de mouvement préalables à l'équilibre du système « ressort+ solide ». Il superpose directement les forces appliquées sur le solide au moment où ce système est en équilibre. L'enseignant lui demande d'écrire d'abord la question au tableau, ce qu'il fait. En lui dictant la phrase, l'enseignant lui demande de corriger les fautes d'orthographe. L'enseignant n'est plus près de l'élève au tableau, comme d'habitude durant les corrections d'exercice. Il circule dans les rangs et l'élève au tableau, avec une certaine autonomie, développe la méthode qu'il utilise.

L'élève écrit d'abord la formule donnant le travail du poids du solide accroché au ressort quand le

déplacement a une longueur x : $W(\mathbf{P}) = \mathbf{P} \cdot \mathbf{x} = P \cdot x \cdot \cos 0 = mgx$. Après un moment d'hésitation, le professeur voulant l'aider à trouver la valeur de x lui propose une valeur : $x = 5\text{cm}$. Un autre élève intervient pour lui dire qu'on peut calculer la valeur de x . Le professeur se rétracte et efface la valeur en disant à l'élève au tableau qu'il faut chercher x . A ce moment là l'élève au tableau écrit : $P = T = k \cdot x$ et en déduit $x = P/k$ et donne la valeur numérique (2 cm).

Le professeur, qui est près de la première rangée à droite, intervient alors en disant qu'il faut préciser : $\mathbf{P} + \mathbf{T} = \mathbf{0}$ à l'équilibre. Il faut remarquer l'intervention du professeur à ce moment précis du développement des formule : « préciser à l'équilibre », en effet il s'en servira ensuite comme argument.

Contrairement à son habitude où il est proche de l'élève au tableau, ici il reste près de la première rangée et indique à l'élève l'emplacement où il doit écrire ce qu'il vient de dire en le précisant d'avantage. Le professeur laisse l'élève poursuivre malgré des propositions erronées (la valeur numérique trouvée ainsi que l'unité du travail).

Le professeur, toujours restant à sa place, demande à l'élève de dessiner au tableau la position de départ et la position d'arrivée. Remarquons que l'élève n'avait mis dans son schéma superposé que la position d'équilibre du système « solide+ ressort ». Quand l'élève au tableau commence à dessiner cette première position, les autres interpellent le professeur pour lui signifier les erreurs commises en donnant la valeur du travail du poids : d'abord l'unité (J et non N), ensuite la valeur numérique (0,04 au lieu de 4) qu'il lui demande de rectifier.

L'enseignant lui demande ensuite de représenter le déplacement du système si on accroche à ce ressort un solide de masse m . L'élève complète donc le schéma et indique le déplacement x . L'enseignant déduit, en s'adressant à toute la classe, que le vecteur déplacement et le vecteur poids sont colinéaires. A partir de ce moment l'élève entame la seconde question qui consiste à trouver le travail de la tension du ressort au cours de ce même déplacement. Après quelques hésitations de l'élève au tableau, l'enseignant intervient et lui demande ce qu'il veut faire. Ensuite il lui demande d'écrire la question au tableau en s'adressant en même temps à toute la classe. L'élève écrit alors au tableau : $\mathbf{P} + \mathbf{T} = \mathbf{0}$ donc $W(\mathbf{P}) = -W(\mathbf{T})$, donne la valeur de ce travail, l'encadre et se précipite pour regagner sa place. L'enseignant le retient au tableau et demande à ses camarades s'ils sont d'accord.

Un élève qui n'est pas d'accord donne ses raisons. Il est d'accord sur l'expression $\mathbf{P} + \mathbf{T} = \mathbf{0}$, mais non sur $W(\mathbf{P}) = -W(\mathbf{T})$. L'enseignant lui demande pourquoi. Il s'en suit un silence. L'enseignant prend en charge l'explication en posant des questions aux élèves. Si $P = T$, cela veut dire que l'une des forces est motrice, l'autre résistante. Il enchaîne ensuite, si $\mathbf{P} + \mathbf{T} = \mathbf{0}$, effectivement $W(\mathbf{P}) + W(\mathbf{T}) = 0$. Le problème ne se trouve pas là.

Après un moment de silence, l'enseignant pose la question à savoir : $\mathbf{P} + \mathbf{T} = \mathbf{0}$ correspond à quelle situation ? Les élèves répondent : « à l'équilibre ». L'enseignant reprend cette réponse en précisant davantage : cela correspond à l'état d'équilibre. En ce moment il se déplace vers la rangée principale de la classe et pose une autre question toujours à toute la classe. Rappelons que l'élève qui avait donné le résultat est toujours au tableau. La question posée concerne le mode transfert d'énergie qui est utilisé dans cette résolution. Les élèves répondent en disant qu'il s'agit du mode de transfert par travail. L'enseignant enchaîne en demandant la relation entre travail et déplacement. Il faut remarquer ici le type de question qu'il utilise : les phrases à trous : « P y a travail si et seulement si.../Elève : déplacement/ P déplacement...hein parlez fort/Elève : déplacement du point d'application...)

Il fait remarquer à l'élève qui est toujours au tableau et aux autres que la situation qu'il a prise ne concerne qu'une position : il n'y a pas de déplacement du système. Rappelons que le professeur avait souligné cette position au moment où l'élève écrivait la relation $\mathbf{P} + \mathbf{T} = \mathbf{0}$.

A partir de ce moment l'élève qui est au tableau applique la formule donnant le travail d'une force

variable en déplacement dans le cas d'un ressort ($1/2k(x_1^2 - x_2^2)$).

En conclusion l'enseignant demande si c'est clair pour tout le monde. Après un moment de silence, il clôture le thème en disant encore qu'il faut toujours partir de la relation de définition du travail.

Du point de vue de la topogenèse, à l'introduction comme à la clôture, c'est l'enseignant qui prend la responsabilité d'indiquer l'exercice qu'il faut prendre et de faire une petite synthèse en insistant sur le début de la procédure de résolution (commencer toujours à écrire la définition du travail).

La réalisation étant individuelle, la responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort des élèves, chacun travaille avec son propre rythme. L'enseignant ne participe pas à cette avancée, il circule dans les rangs et regarde la production des élèves.

Du point de vue procédure, durant les premiers moments de la correction, il y a une rupture par rapport à la pratique habituelle d'une correction où l'enseignant est toujours près de l'élève qui est au tableau et le suit pas à pas. Ici il dévie de la procédure habituelle, il circule dans la rangée principale de la classe et au début de cette correction l'élève au tableau assure entièrement la responsabilité de l'avancée du savoir.

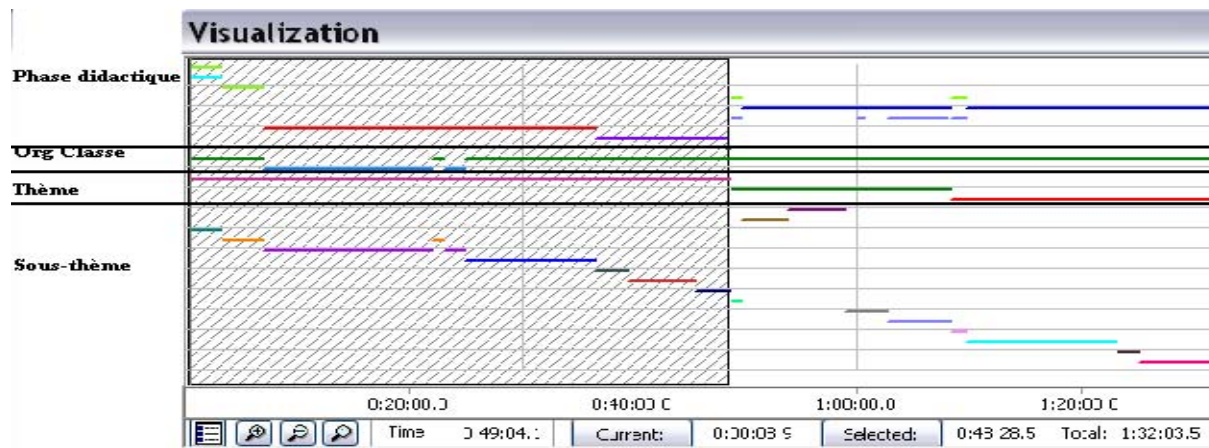
Cet élève bute sur la longueur du déplacement. L'enseignant voulant l'aider en imposant une valeur a été contredit par les élèves qui lui font savoir que cette valeur peut être calculée. Nous sommes en présence de déplacement de responsabilité de l'avancée du savoir. L'enseignant prend la responsabilité de cette avancée devant l'élève qui a buté sur une valeur qu'il faut tirer des informations issues du texte de l'exercice : « la longueur du déplacement du système « solide+ ressort » qui doit se déduire de la relation $P = T = kx$ à l'équilibre ». Mais les autres élèves lui retirent cette responsabilité en s'appuyant sur l'énoncé du texte, ce que l'enseignant accepte. Cette situation illustre bien le rôle du texte dans cette classe qui, à certains moments, permet à l'enseignant de « s'effacer » devant lui, aussi bien celui des feuilles distribuées que celui écrit au tableau. Il y a une dépersonnalisation du savoir.

Ensuite l'élève au tableau reprend l'avancée du savoir en développant les formules et en effectuant l'application numérique. Il se trompe sur la valeur numérique trouvée et sur l'unité du travail. A partir de ce moment ce sont les autres élèves qui facilitent l'avancée du savoir en indiquant à l'enseignant les erreurs.

En clôturant ce thème, l'enseignant reprend ainsi la responsabilité de l'avancée du savoir en insistant sur le fait qu'il faut toujours commencer par la relation de définition.

Thème n° 12. Adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie courante. Les deux formes d'énergie utilisées en physique : énergie cinétique et énergie potentielle.

Comme le montre le graphique 28, le thème 12 débute la quatrième séance dont la durée de l'enregistrement est de 1 heure 32 minutes. Il concerne la seule activité faite dans cette classe durant la séquence d'enseignement de l'énergie. Sa durée de 49 minutes environ. Il est composé de sept sous-thèmes dont deux imbriqués (graphique 28 et tableau 47).



Graphique 28 Visualisation du thème 12 (Partie hachurée) dans la quatrième séance. De haut en bas : Phase didactique (Introduction séance et rappel, introduction activité, réalisation activité, correction activité) ; Organisation de la classe (CE, Groupe) ; Thème et sept sous-thèmes.

Tableau 47 Structuration du douzième thème. Classe 2

| Thème n° 12. (Durée : 49 min) | Sous-thèmes | Org Cl |
|--|---|-----------|
| Adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie courante. Les deux formes d'énergie utilisées en physique : énergie cinétique et énergie potentielle. | N° 38 Fonctionnement du physicien. Le modèle de l'énergie : propriétés et mode de transfert d'énergie (Durée : 3 min) | CE |
| | N° 39. Consignes pour classer les formes d'énergie dans des domaines et mise au point (Durée : 5 min). | Gr |
| | N° 40. Les formes d'énergie dans les domaines tels que la physique ou la vie courante (consignes de classification) (Durée : 17 min). | |
| | N° 42 Formes d'énergie dans les deux domaines (physique et vie courante) : résultat de la classification (Durée : 12 min) | CE |
| | N° 43. Formes d'énergie dans les domaines de la physique et la vie courante (explication de la classification) (Durée : 3 min) | |
| | N° 44. Formes d'énergie utilisées en physique à l'échelle macroscopique et microscopique (Durée : 6 min) | |
| | N° 45 Qualificatifs de l'énergie en rapport avec la situation sociale de l'individu (mise au point) (Durée : 3 min) | |

Le but de l'activité est de pouvoir distinguer les termes qu'on peut utiliser pour qualifier l'énergie dans la vie courante ou en physique (tableau 48).

Tableau 48 Enoncé de l'activité

| | |
|---|-------------|
| Les termes suivants sont utilisés pour qualifier des formes d'énergie : éolienne, fossile, hydraulique, solaire, électrique ou nucléaire. | |
| Classer ces termes dans deux colonnes selon qu'ils sont utilisés dans la vie courante ou en physique. | |
| Dans la vie courante | En physique |
| | |

L'enseignant commence par rappeler que le chapitre sur le travail est terminé. Il revient sur la notion de travail en physique qui a été étudiée ainsi que sur le modèle de l'énergie avec ses propriétés de stockage, de transfert et de transformation (sous-thème 38). Il interroge les élèves sur les modes de transferts d'énergie : travail mécanique, transfert thermique et rayonnement. La relation entre le

déplacement du point d'application de la force et le travail a été aussi rappelée. Il insiste maintenant sur les formes d'énergie en évoquant celles qui ont été données au début de la séquence : énergie éolienne, énergie fossile, énergie hydraulique, énergie solaire, énergie électrique et énergie nucléaire. Il introduit les domaines dans lesquels on peut les utiliser : dans la vie courante et en physique. A partir de cette explication il organise la classe en quatre groupes pour qu'ils classent ces six formes d'énergie selon les deux domaines évoqués (sous-thème 39).

Les élèves, par groupe de quatre ou cinq commencent alors la réalisation de cette activité. Pendant ce temps le professeur circule entre les groupes, écoute ce qui se dit ou se met près de son bureau et regarde ses notes (sous-thème 40).

Dans le groupe que nous avons filmé, des désaccords ont été notés en ce qui concerne la classification de l'énergie fossile. Les autres formes d'énergie ont été classées sans grande discussion. Un premier point de désaccord porte sur la compréhension du terme « utiliser ». Cette difficulté est partagée par tous les élèves de la classe : pour eux, on ne peut utiliser que des objets matériels (utilisation du bois de chauffe, de gaz, de charbon) et non des notions ou des concepts comme les formes d'énergie (fossile, cinétique, potentielle etc). La deuxième difficulté est culturelle, elle est soulevée par les élèves eux-mêmes. Ils pensent que les personnes ne parlant pas français en particulier les femmes auront du mal à comprendre les termes énergie fossile, énergie cinétique. Le professeur, en circulant entre les groupes, arrête un moment la discussion pour donner des précisions sur le terme « utiliser », ensuite les laisse continuer un peu avant de les inviter à la correction.

A la correction le professeur demande à chaque groupe de choisir un représentant qui vient exposer la production du groupe. Les représentants viennent successivement au tableau écrire leur production, pendant ce temps les autres élèves écoutent leur camarades (sous-thème 42). La production des différents groupes se trouve dans le tableau 49.

A la suite de cette écriture des productions au tableau, l'enseignant choisit celle du groupe 4 pour expliquer et corriger les types de classification. Il commence par les formes d'énergie utilisées dans la vie courante. Après l'explication il en déduit que toutes ces formes peuvent être utilisées dans le langage courant (sous-thème 43). Ensuite il part de ces formes d'énergie et déduit les termes qu'utilise le physicien à l'échelle macroscopique (énergie chimique stockée dans les piles au lieu d'énergie électrique, énergie nucléaire, énergie cinétique pour énergie éolienne, l'énergie hydraulique expliquée à travers l'électricité qui se produit dans les barrages). En partant de cette analyse du point de vue macroscopique, il explique les deux formes d'énergie à l'échelle microscopique qui regroupent toutes celles qu'il vient d'énumérer : énergie cinétique et énergie potentielle (sous-thème 44). Il annonce ainsi la première leçon dans ce chapitre : l'énergie cinétique.

Au moment où il écrit le titre au tableau, il est interpellé par un élève sur le terme « utiliser » et les formes d'explication par rapport aux femmes par exemple qui, dans leur grande majorité, ne parlent pas le français. Le professeur répond en différenciant ceux qui n'utilisent pas la langue française de ceux qui, dans les lycées ou autres, ont eu à fréquenter les institutions où le français est la langue de communication. Pour les premiers l'enseignant se contente d'une explication qui décrit le phénomène. Et pour les autres il différencie encore les explications que peut donner les physiciens de ceux qui sont dans les autres domaines (de l'économie ou la littérature) (sous-thème 45).

Tableau 49 Classification des formes d'énergie dans les domaines de la physique et de la vie courante.
Classe 2

| Groupe | Formes d'énergie dans le langage courant | Formes d'énergie en physique |
|----------|--|--|
| Groupe 1 | énergie électrique | Energie fossile. énergie électrique énergie nucléaire |
| Groupe 2 | énergie fossile énergie hydraulique | énergie fossile Energie éolienne énergie hydraulique |
| Groupe 3 | Energie hydraulique Energie nucléaire | énergie électrique ; Energie fossile Energie éolienne ; Energie nucléaire Energie hydraulique |
| Groupe 4 | énergie fossile (transformation du pétrole lampant) énergie électrique (électricité), énergie nucléaire (physique nucléaire), énergie hydraulique (électricité) | énergie éolienne (moulin à vent) énergie fossile (gaz butane) énergie hydraulique (barrage) énergie électrique (courant...) |

Du point de vue de la topogénèse, en introduction, l'enseignant rappelle les savoirs déjà mis en jeu dans les séances précédentes. Les élèves y participent en répondant aux questions que celui-ci leur pose.

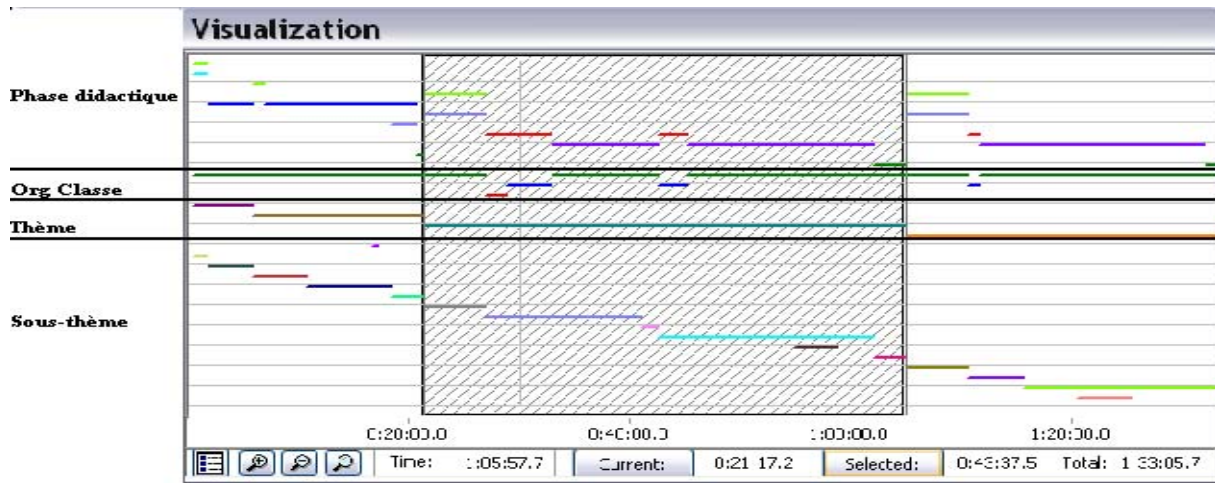
Durant la réalisation de l'activité, les élèves ont entièrement la responsabilité de l'avancée du savoir. A l'intérieur de chaque groupe, comme celui que nous avons filmé, cette responsabilité passe d'un membre à un autre durant la discussion jusqu'à ce qu'un consensus soit trouvé. Et celui qui est chargé de prendre note l'inscrit dans la colonne appropriée. Les élèves de ce groupe n'hésitent pas à suspendre une discussion concernant un terme (l'énergie fossile), de classer les autres où ils n'ont pas de différents et de revenir ensuite sur le même terme. Ces élèves donnent des exemples tirés de leur terroir pour argumenter leurs positions (sous-thème 40). Le professeur ne participe pas aux discussions, mais écoute ce qui se dit dans les groupes, ce qui lui a permis d'interrompre les discussions pour donner à toute la classe des clarifications sur le terme « utiliser » (sous-thème 39). Pour faire avancer le savoir à un même rythme, l'enseignant a interrompu une seule fois le travail en groupe pour donner, en classe entière, des explications.

A la correction ce sont les représentants qui ont la responsabilité de faire avancer le savoir sur lequel l'enseignant va se baser pour expliquer les formes d'énergie dans le langage courant et en physique du point de macroscopique et microscopique. L'enseignant et les autres élèves suivent. Les représentants des groupes se succèdent au tableau pour reproduire leur classification dans des colonnes tracées par l'enseignant. C'est ce dernier qui désigne par son numéro le groupe qui doit aller au tableau.

A la clôture du thème, un élève, en demandant des explications, fait revenir l'enseignant sur le terme « utiliser ». L'enseignant revient alors sur le terme « utiliser » et sur la difficulté relative à la langue française utilisée. Cet exemple illustre le contrat de la classe dans lequel les élèves ont la latitude d'interpeller l'enseignant sur des termes qu'ils ne comprennent pas même si ce dernier a déjà clôturé le savoir en jeu.

Thème n° 16. Utilisation du théorème de l'énergie cinétique. Détermination de la vitesse d'un solide.

Le thème se trouve dans la cinquième séance (graphique 29) et a une durée de 44 minutes environ. Il vient juste après l'étude de l'énergie cinétique et de son théorème. Il s'agit d'un exercice dont le but est d'utiliser (donc de se familiariser avec) le théorème de l'énergie cinétique pour déduire certaines grandeurs physiques (tableau 51). C'est un thème qui est composé de 4 sous-thèmes principaux et d'une inclusion comme le montre le graphique 29 et le tableau 50.



Graphique 29 Visualisation de thème 16 (Partie hachurée) dans la cinquième séance. De haut en bas. Phases didactiques (introduction et écriture texte exercice ; réalisation, correction et clôture exercice) ; Organisation de la classe (CE, Individuel, Mixte) ; Thème ; Introduction (écriture énoncé exercice) ; Quatre sous-thèmes et Une inclusion

Tableau 50 Structuration du seizième thème. Classe 2

| | | | |
|--|--|--|--------------------|
| Thème n° 16 (Durée 44 min). Utilisation du théorème de l'énergie cinétique. Détermination de la vitesse d'un solide. | Introduction (écriture du texte de l'exercice au tableau) (Durée : 6 min) | | Org Cl |
| | N° 59 Solide lâché sans vitesse initiale sur un plan incliné (texte ex) | | CE |
| | Sous-thèmes | Inclusions | |
| | N° 60 Détermination de la vitesse d'un solide après le parcours d'une distance d sur un plan incliné. Cas où il n'y a pas de frottements. (Durée : 14 min) | | Mixte Ind CE |
| | N° 61 Facteurs dont dépendent les expressions du travail d'une force en déplacement et du théorème de l'énergie cinétique. (Durée : 2 min) | | CE |
| | N° 62 Détermination de la vitesse d'un solide après le parcours d'une distance d sur un plan incliné. Cas où il y a des frottements. (Durée : 16 min) | N° 63 Détermination de l'angle entre les vecteurs force et déplacement (Durée : 4 min) | |
| N° 64 Utilisation d'un modèle physique en fonction du champ d'application (Durée : 3 min) | | | CE |

Tableau 51 Enoncé du texte de l'exercice

Un solide de masse m égale à $5,0\text{kg}$ est lâché sans vitesse en un point A d'un plan incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontal.

1. On néglige les forces de frottements entre le plan et le solide. Calculer la vitesse du solide après un parcours de $d=2\text{m}$

2. Les frottements ne sont pas nuls en réalité. Ils sont équivalents à une force unique f en sens contraire au vecteur vitesse et d'intensité $f = 6,0\text{N}$. calculer la vitesse du solide après un parcours de $d = 2\text{m}$.

A l'introduction le professeur écrit le texte de l'exercice au tableau en le dictant en même temps. Pendant ce temps les élèves le recopient sur leur cahier. Il s'agit d'une chute libre d'un solide sur un plan incliné dans deux situations (cas où l'on considère que les frottements entre le solide et le plan incliné sont négligeables et le cas où ces mêmes frottements sont pris en compte et sont représentés par une force f).

A la fin de l'écriture du texte de l'exercice, l'enseignant donne des explications en dessinant une bille sur un plan incliné (photo 5). Ce qui est systématique dans cette classe, c'est le fait d'écrire le texte de l'exercice au tableau (il n'y a qu'un seul exercice qui a été pris dans la feuille d'exercices donnés aux élèves) et ensuite de faire le dessin qui l'accompagne.



Photo 5 Photo visualisant le professeur en train d'expliquer à l'aide du dessin fait après l'écriture du texte de l'exercice au tableau.

Au début de la réalisation, il interroge les élèves sur les formes d'énergie stockées par la bille à la fin de son parcours au point B (photo 5). N'ayant pas reçu de réponse, il dit finalement que le solide ne stocke que de l'énergie cinétique au moment où il termine son parcours. Remarquons que jusqu'ici la classe n'a étudié que l'énergie cinétique. L'organisation de la classe est du type mixte en ce début de réalisation : l'enseigne dessine et explique tandis que les élèves terminent l'écriture ou commencent la réalisation.

Durant la réalisation de l'exercice, qui est toujours individuelle dans cette classe, l'enseignant circule dans les rangs mais ne parle pas (sauf quelques rares cas où il répond à une interpellation d'un élève sur la valeur de la pesanteur à prendre). Au bout d'un moment de réalisation individuelle, l'enseignant choisit un élève qu'il invite à aller corriger au tableau.

L'élève qui est au tableau lit d'abord le texte concernant la question. Sous la direction du professeur qui lui pose des questions, il écrit la procédure de résolution de ce genre d'exercice : lire et écrire la question demandée au tableau ; identifier et écrire le système étudié et écrire le bilan des forces qui s'exercent sur ce système puis continuer à compléter le schéma superposé. L'élève exécute pas à pas cette procédure sous le contrôle du professeur qui est près du tableau. A la suite de cette procédure,

l'élève applique le théorème de l'énergie cinétique : $\Delta E_c = E_{cB} - E_{cA} = W_{AB}(\mathbf{P}) + W_{AB}(\mathbf{R})$.

Sous les questions de l'enseignant, l'élève explique pourquoi le travail de la réaction est nul et continue le développement de la formule du théorème de l'énergie cinétique qu'il vient d'écrire. Il aboutit au résultat suivant : $1/2mV_B^2 = mgh$. Pour identifier et donner l'expression de h en fonction de la distance de parcours d et de l'angle α , il schématise, toujours sous le contrôle de l'enseignant, la hauteur h sur le dessin (photo 6).

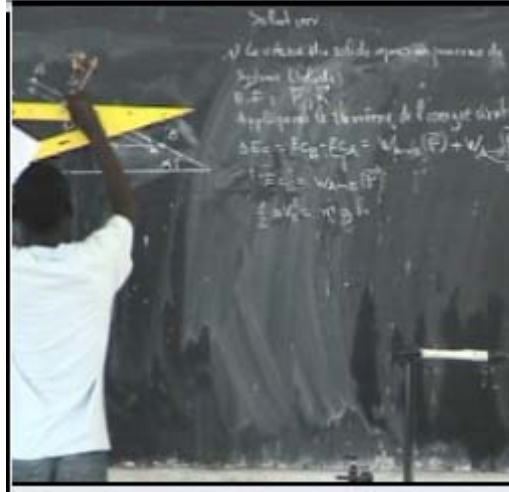


Photo 6 Visualisation de l'étape de schématisation de la hauteur h sur le schéma superposé.

En s'appuyant sur son schéma et sous la direction de l'enseignant, l'élève développe l'expression littérale pour arriver à la forme : $\sqrt{2g \sin \alpha d}$.

L'enseignant lui demande de faire l'application numérique. L'élève au tableau remplace toutes les grandeurs par leur valeur numérique dans la dernière formule littérale. Les autres élèves font ensuite le calcul et communiquent le résultat à celui qui est au tableau.

En remerciant l'élève au tableau, il conclut en interrogeant les élèves. Les questions qu'il pose font référence aux facteurs qui influencent le travail et l'énergie cinétique (sous-thème 61). Les élèves y répondent tout en recopiant les formules et schémas au tableau. L'enseignant identifie les facteurs dans l'expression du travail et dans celle du théorème de l'énergie cinétique. La conclusion qu'il tire est que l'expression du travail seul permet de trouver trois grandeurs (distance, force et angle) et celle du théorème de l'énergie cinétique, en plus de ces trois, permet de déterminer aussi la vitesse ou la masse. L'enseignant conclut en donnant une importance majeure au théorème de l'énergie cinétique pour la résolution de ces genres d'exercices. Pendant ce temps les élèves recopient ou continuent la réalisation de la deuxième question.

La réalisation de la deuxième question se fait exactement de la même façon que celle de la première question : travail individuel des élèves et déplacement de l'enseignant dans les rangs, sans rien dire, en regardant les productions des élèves. Après un moment de réalisation il invite une élève à corriger la deuxième question. L'élève hésite et dit qu'elle ne comprend pas. Mais l'enseignant insiste et lui dit : tu vas essayer de comprendre.

La correction commence par une question de l'enseignant qui demande s'il y a une différence avec la première question. L'élève lui répond par l'affirmative et dit que ce sont les forces de frottements qui les différencient. A la suite de cette réponse, la même procédure de résolution est utilisée sous la conduite du professeur : écriture de la question, du nom du système, identification des forces qui s'appliquent sur le système et la schématisation successive sur le dessin. L'enseignant lui demande de continuer la suite de la procédure. Après un silence et sous la conduite toujours du professeur qui lui

demande ce que son camarade avait fait dans la première question, l'élève répond qu'elle va utiliser le théorème de l'énergie cinétique. En affirmant cette réponse, il lui demande d'en faire autant. Durant le développement de ce théorème, l'élève est confrontée à une autre difficulté, celle de l'explicitation de la définition du travail d'une force en déplacement. L'angle entre le vecteur force de frottement et le vecteur déplacement qui intervient dans l'expression du travail est une difficulté de compréhension à laquelle cette élève est confrontée. L'élève dans un premiers temps dit qu'il n'y a pas d'angle entre le vecteur force et le vecteur déplacement. Sous l'insistance du professeur un schéma est fait qui montre l'angle entre ces deux vecteurs. Durant la construction de ce schéma, une autre difficulté est encore apparue : comment translater des vecteurs, faire coïncider leur point d'application et ainsi déterminer l'angle qu'ils font. Toute cette procédure a été exécutée par l'élève sous la conduite du professeur.

Du point de vue de la topogénèse, lors de l'écriture du texte de l'exercice, c'est l'enseignant qui impose son rythme à la classe, les élèves suivent en recopiant.

A la fin de cette écriture, l'enseignant explique la forme d'énergie (ici cinétique) que le solide acquiert au bas du plan incliné. Le savoir provisoire que les élèves doivent connaître en référence aux formes d'énergie stockée est pour le moment l'énergie cinétique. En ce début de la réalisation c'est l'enseignant qui a la responsabilité de l'avancée du savoir à travers ses explications en s'appuyant sur le dessin au tableau.

La responsabilité de l'avancée du savoir dans la phase de réalisation est du ressort des élèves qui travaillent individuellement. L'enseignant regarde leurs productions en circulant dans les rangs. Il choisit, selon ses critères que nous ne connaissons pas, un élève pour faire la correction.

Durant la première correction, l'avancée du savoir est sous la responsabilité de l'élève au tableau et de l'enseignant. L'élève au tableau est chargé de proposer l'expression adéquate, de compléter successivement le dessin sous le contrôle de l'enseignant qui parfois lui pose des questions ou lui suggère des formes de présentations plus simples. Dans la plupart des cas l'enseignant reprend aussi pour toute la classe les propositions ou réponses de l'élève au tableau. Il systématise aussi les résultats qui sont écrits par l'élève au tableau.

Durant la deuxième correction, l'enseignant aide l'élève à choisir l'angle qui intervient dans l'expression du travail. Rappelons que l'enseignant parle toujours à toute la classe.

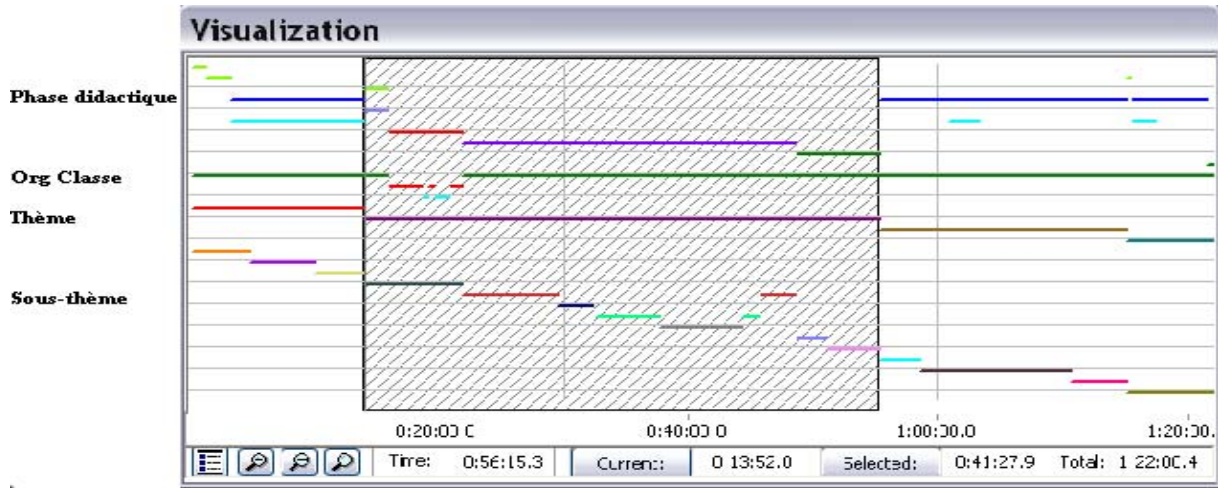
Cette deuxième correction montre la différence qu'il y a entre l'étayage du professeur dans le cas où l'élève a compris et dans le cas contraire. Dans le premier cas l'élève avait compris la procédure, l'enseignant n'intervenait que pour rectifier des formes de présentation dans l'utilisation des différentes expressions. Dans le deuxième cas il s'agit d'expliquer lequel des angles il faut prendre (il y a l'angle que fait le plan incliné et l'angle entre les vecteur force et déplacement) et comment le déterminer, ce qui a abouti à une longue procédure. L'étayage est plus rapproché. Dans les deux situations la correction se fait sous la conduite du professeur qui encadre pas à pas celui qui est au tableau, tandis que les autres élèves suivent ou recopient la solution.

Donc dans la correction de la première question l'avancée du savoir est sous la responsabilité de l'enseignant et de l'élève. Les autres élèves suivent et recopient les résultats au niveau de leur cahier. Les tâches sont réparties entre l'élève au tableau et l'enseignant : le premier est chargé d'écrire les formules et de compléter le dessin. Il propose des procédures et des formules qu'on doit utiliser et l'enseignant doit les confirmer et en parler à toute la classe sous forme de systématisation ou de synthèse. Dans la correction de la deuxième, l'étayage est plus marqué car l'élève ne maîtrise pas les notions. L'enseignant utilise aussi des synthèses à la fin de la deuxième question. Les autres élèves participent à la correction en donnant le résultat de l'application numérique. Remarquons toujours la forme séquentielle dans la correction : la résolution se fait de la première à la dernière question. Les élèves se succèdent au tableau sous l'invitation du professeur.

Thème n° 19. Détermination de la constante dans l'expression de l'énergie potentielle en fonction des choix de l'état de référence et de l'origine des altitudes

Comme le montre le graphique 30, ce thème est le second dans cette sixième séance, il dure 41 minutes environ. Il s'agit d'un exercice d'application qui suit immédiatement le cours magistral sur l'énergie potentielle. Il est composé de 4 sous-thèmes dont l'un a une particularité d'avoir des inclusions multiples (graphique 30 et tableau 52).

Le but de l'exercice est de déterminer la constante (suivant l'état de référence choisi) afin de trouver la valeur de l'énergie potentielle de pesanteur si l'objet se trouve dans différents niveaux (tableau 53)



Graphique 30 Visualisation du thème 19 (Partie hachurée) dans la sixième séance. De haut en bas. Phase didactique (Introduction exercice et écriture exercice, réalisation, correction et clôture) ; Organisation de la classe (CE, Individuel et mixte) ; Thèmes ; Introduction (écriture exercice) et Quatre sous-thèmes et Trois inclusions.

Tableau 52 Structuration du thème 19. Classe 2

| | | | |
|--|---|---|--|
| Thème n° 19 (Durée : 41 min). Détermination de la constante dans l'expression de l'énergie potentielle en fonction des choix de l'état de référence et de l'origine des altitudes | N° 72 (Introduction) (Durée 8 min) | | Org Cl |
| | Choix de la constante, des origines des altitudes et des énergies potentielles. | | CE/Mixte/Ind |
| | Sous-thèmes | Inclusions | |
| | N° 73 Expression des énergies potentielles dans : cas où état de référence confondu avec origine des altitudes (Durée 11 min) | N° 74 Représentation du vecteur poids et choix de l'origine des altitudes (Durée : 3 min) | N° 76 Unité de la constante dans l'expression de l'énergie potentielle (Durée : 7 min) |
| | | N° 75 Expression des énergies potentielles dans : état de référence différent origine des altitudes (Durée : 6 min) | |
| N° 77 Expression générale de la constante (Durée : 2 min). | | | |
| | N° 78 Vérification de la relation entre la variation de l'énergie potentielle de pesanteur et le travail du poids (Durée : 4 min) | | |

Tableau 53 Enoncé de l'exercice. Classe 2

Quelle est l'énergie potentielle du système Terre-objet de masse m ? voir figure 15.

1. m est au niveau (1) (référence le sol, $z=0$).
2. m est au niveau (2) (référence le sol).
3. m est au niveau (2) (référence niveau 1).
4. m est au niveau (3) (référence le sol).

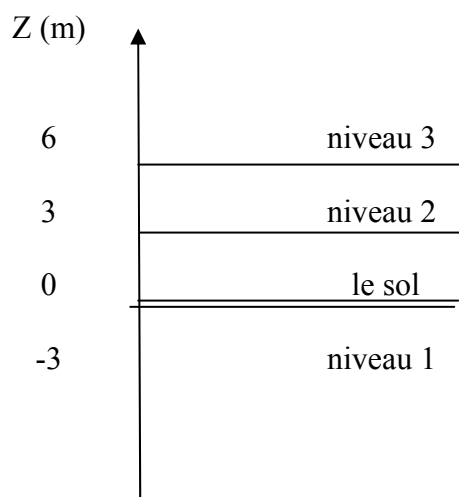


Figure 15 Position de l'objet et le vecteur poids à un niveau d'altitude $z = -3$ (représenté par un élève lors de la correction).

Après avoir écrit l'exercice au tableau, l'enseignant schématise les différents niveaux en utilisant un axe orienté vers le haut. Cette fois-ci il n'utilise pas un dessin pour expliquer la situation de départ. Dans ce schéma l'objet n'est représenté dans aucun niveau.

Après la schématisation de ces niveaux, il commence à circuler dans la salle, mais les élèves l'interpellent sur la position de l'objet sur le schéma. Ils ont l'habitude de voir, après le texte de l'exercice un dessin où figure l'objet, alors que dans ce cas-ci le professeur l'a volontairement omis dans la figure. Une discussion avec l'enseignant s'établit, celui-ci donne comme argument qu'il ne peut pas faire figurer l'objet dans tous les niveaux. A partir de ce moment la réalisation individuelle démarre et l'enseignant recommence à circuler dans les rangs en regardant les productions.

Un élève corrige dans les mêmes conditions que les thèmes précédents les deux premières questions. L'enseignant laisse un peu de temps aux élèves pour qu'ils recopient dans leur cahier. Un élève en profite pour demander des clarifications sur le sens du vecteur poids par rapport aux références choisies (centre de la Terre, surface de la Terre). L'enseignant utilise un dessin représentant la Terre pour lui expliquer ce sens. D'autres élèves se succèdent pour la correction des autres questions. Les difficultés des élèves qui viennent au tableau sont les suivantes : la détermination de la constante, la relation entre la variation de l'énergie potentielle de pesanteur et le travail du poids. Toutes ces difficultés ont été expliquées par l'enseignant qui accorde une grande importance (du point de vue durée et des explications) à la procédure de détermination de la constante.

Du point de vue de la topogénèse, au début de la réalisation, nous sommes en présence d'une rupture de contrat didactique. Les élèves ont l'habitude de travailler avec une situation de départ dans laquelle

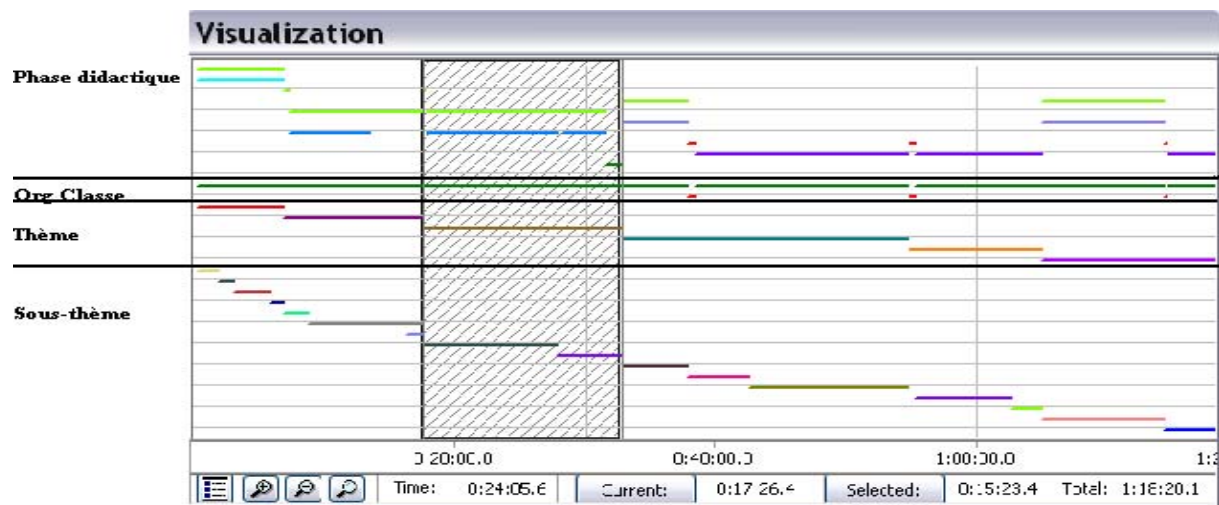
le dessin visualise le système qu'on étudie, alors que dans ce cas l'enseignant a pris volontairement la responsabilité de ne pas faire figurer l'objet dans le schéma. Son argument est que ce n'est pas la peine de mettre l'objet à chaque niveau. Cette discussion au début d'une réalisation d'exercice nous indique que l'organisation de la classe est du type mixte. Une négociation s'installe dans la classe avant le démarrage du travail individuel durant la réalisation. Comme dans tous les thèmes concernant la réalisation d'exercice, les élèves sont responsables de l'avancée du savoir.

Durant la correction, l'enseignant guide l'élève au tableau. Dans ce thème-ci certains élèves ont interpellé l'enseignant pour des clarifications concernant l'unité de la constante, le sens du vecteur poids et la relation entre la variation de l'énergie potentielle de pesanteur et le travail du poids. L'importance accordée par l'enseignant à la détermination de la constante dans cette classe justifie le type d'inclusion montré par le tableau 52 et le graphique 30

Thème n° 23. Théorème de l'énergie mécanique.

Ce thème est le troisième de la septième séance. Il a une durée 16 minutes environ et constitue le dernier cours magistral de la séquence. Il est composé de deux sous-thèmes comme le montre le graphique 31 et le tableau 54. Il s'agit dans ce thème d'introduire la relation entre la variation de l'énergie mécanique au sein d'un système non isolé et le travail des forces non conservatives. C'est un prolongement de l'étude de la variation de l'énergie mécanique dans un système isolé. Durant tout le déroulement de ce thème l'organisation de la classe est du type classe entière.

A l'introduction l'enseignant annonce l'étude de la variation dans le cas des systèmes réels et invite un élève à la lecture. Le texte en question fait référence à la conservation de l'énergie mécanique d'un système isolé du point de vue énergétique, aux différents changements de forme d'énergie au sein de ce même système.



Graphique 31 Visualisation du thème 23 (Partie hachurée) dans la septième séance. De haut en bas. Phase didactique (Développement cours et lecture texte, clôture cours) ; Organisation de la classe (CE) ; Thème et deux sous-thèmes.

Tableau 54 Structuration du thème 23. Classe 2

| | | |
|--|---|--------|
| Thème n° 23. Théorème de l'énergie mécanique (Durée 16 min) | Sous-thèmes | Org Cl |
| | N° 90 Variation de l'énergie mécanique d'un système. Système conservatif. Transformation d'énergie au sein d'un système isolé (Durée 11 min). | CE |
| | N° 91 Principe fondamental de la conservation de l'énergie (Durée 5 min) | |

Nous avons signalé dans les thèmes précédents, la méthode d'utilisation du texte dans cette classe. En effet, le texte permet d'introduire pratiquement toutes les nouvelles grandeurs et les expressions qui s'y rattachent, plus généralement il introduit les nouveaux savoirs. Les élèves le colle dans leur cahier. Le professeur utilise une alternance de lecture, d'explication et de moment laissé aux élèves pour recopier dans leur cahier. Dans la plupart des cas la lecture du texte introduit la grandeur, dans d'autres cas l'enseignant explique d'abord et ordonne aux élèves de lire le texte. Durant la lecture, qui est dans la plupart des cas faite par un élève, l'enseignant et les autres suivent. Le choix du lecteur est devenu à la longue implicite, les élèves prennent l'initiative sous un signe du professeur. Il suffit qu'il lève la main vers une direction de la classe ou qu'il dise allez y, qu'un élève commence à lire. Nous allons détailler dans ce thème cette procédure que nous pouvons nommer avec des lettres : L (lecture)-Exp (explication)-R (recopie) (ou Exp-L-R).

Première étape : Le professeur annonce par une phrase le cas de système qu'on va étudier : « P _si le système est comment/réel/ Allez y/ Oui (en levant le bras vers la gauche de la salle) ». Une élève commence la lecture. Le contrat didactique de lecture de texte se fait automatiquement après cette succession de quelques énoncés quelque fois d'un geste.

Deuxième étape : la lecture.

La lecture faite par un élève du texte est suivie pas à pas par l'enseignant qui l'appuie par des interjections du genre « Hum » à chaque phrase. Ce que nous pouvons appeler une lecture soutenue par l'enseignant.

Troisième étape : le choix des situations pour expliquer la nouvelle grandeur.

L'explication de l'enseignant commence toujours par l'évocation d'un certain nombre de situations. Ici il en a évoqué deux qui sont toutes des variantes d'un solide qui passe d'une altitude z_A à une altitude z_B ($z_A > z_B$). La première concerne un solide retenu verticalement par une personne à l'aide d'un fil à une hauteur h . Elle le laisse passer d'une hauteur h à une autre h' ($h > h'$). La deuxième situation fait référence à un solide en chute libre. Dans cette chute les frottements de l'air ne sont plus négligeables. Un élève rajoute : « les frottements qui sont dus à l'air », ce que l'enseignant accepte et l'intègre dans son raisonnement. Il choisit alors cette dernière situation (la chute d'un objet dans le cas où les frottements ne sont pas négligés) pour démarrer le développement des formules, en faisant d'abord un schéma superposé (un solide auquel est représenté les vecteurs **P** et **f**).

Nous voyons que l'enseignant, pour installer les conditions appropriées pour la construction d'une nouvelle grandeur, commence par évoquer une des situations en l'explicitant clairement. Les élèves qui suivent participent de temps en temps. C'est le cas dans ce thème où un élève spécifie les causes de ces frottements au cours de la chute d'un solide. La construction d'une nouvelle grandeur démarre donc dans cette classe par un choix explicite d'une situation qui permettra de développer la formule prise comme expression de base. En général cette expression de base est la grandeur vue précédemment ou celle qui est la plus appropriée pour ce genre de développement, c'est le cas ici : l'enseignant utilise le théorème de l'énergie cinétique. Remarquons que, durant ce démarrage, l'enseignant utilise toujours un schéma superposé.

Quatrième étape : le développement des formules (ou expressions) littérales.

L'enseignant part de l'expression $\Delta E_c = W(\mathbf{P}) + W(\mathbf{f})$ avec \mathbf{f} vecteur force de frottement. En interrogeant les élèves il remplace $W(\mathbf{P})$ par $-\Delta E_p$ et obtient $\Delta E_c + \Delta E_p = W(\mathbf{f})$. Toujours en interrogeant les élèves il en déduit l'expression : $\Delta E_m = W(\mathbf{f})$. Les élèves lui donne le signe du travail des forces de frottement (un signe négatif), ce qu'il écrit au tableau : $\Delta E_m = W(\mathbf{f}) < 0$. L'enseignant, à partir de ce moment institutionnalise : (P_ Alors le système fournit de l'énergie parce que l'énergie mécanique du système « bille » diminue).

L'avancée du savoir est sous la responsabilité de l'enseignant qui explique et écrit au tableau. Il interroge les élèves, donc ces derniers participent à cette avancée. L'enseignant institutionnalise à la fin de son développement. Nous sommes dans une étape que nous qualifions de prémisses à la conservation de l'énergie mécanique d'un système. L'institutionnalisation se résume au système qui fournit de l'énergie du fait de la diminution de son énergie mécanique.

Cinquième étape : la généralisation de l'expression.

L'enseignant évoque des situations où les travaux des forces exercées sur le système dépendent du chemin suivi (par exemple la force motrice développée par le moteur d'un véhicule). Dans ces cas il en déduit que le travail de ces forces est positif et le système fournit de l'énergie. A partir de ce moment il interroge les élèves sur le qualificatif qu'on peut donner à ces forces dont le travail dépend du chemin suivi. La réponse qu'il reprend lui aussi est qu'on peut les appeler des vecteurs forces non conservatives : \mathbf{f}_{nc} . Il résume donc les deux cas par l'expression générale : $\Delta E_m = W(\mathbf{f}_{nc})$ avec \mathbf{f}_{nc} vecteur force non conservative.

Dans ces différentes étapes, l'enseignant passe de cas spécifique et à partir de l'expression trouvée, il généralise. Nous sommes donc en présence d'une méthode inductive à travers l'utilisation du texte comme support dans ce thème. Ce support ne réduit pas les élèves à de simples réceptacles, ils participent à la lecture et aux explications du professeur en répondant aux questions ou en l'interpellant pour des clarifications.

Sixième étape : recopiage dans leur cahier.

Les élèves ont participé à l'avancée des différents savoirs mis en jeu soit en lisant le texte soit en répondant aux questions de l'enseignant ou en l'interpellant sur certains termes. A la clôture l'enseignant leur demande de noter tout ce qui est au tableau au niveau de leur cahier. Il peut arriver durant ce moment de recopiage qu'un élève interpelle l'enseignant pour d'autres clarifications. Mais aussi il est rare que l'enseignant donne des réponses à un seul élève. Toute forme d'interpellation de la part d'un élève est répercutée à toute la classe soit en répondant directement soit en interrogeant les autres élèves. Il peut arriver aussi, et c'est le cas dans ce thème, que l'enseignant ajourne la réponse si ce n'est pas encore programmé. Donc l'introduction de certains savoirs qui ne sont pas programmés ne perturbe pas le déroulement qu'il a prévu. C'est aussi ce qui explique les rares inclusions que nous rencontrons dans les différents thèmes.

Après avoir laissé un moment aux élèves pour qu'ils recopient, l'enseignant annonce implicitement la fin du cours pour la séquence d'enseignement de l'énergie : « P_ Voilà maintenant on termine par le principe fondamental de la conservation de l'énergie... l'énergie. Allez oui vous lisez. Principe fondamental de la conservation de l'énergie ».

Un élève lit le texte qui est le complément du texte sur le modèle de l'énergie qui a été utilisé tout au début de la séquence « document sésames ». Il s'agit en effet de la partie concernant le principe fondamental de conservation de l'énergie.

Après la lecture l'enseignant reprend sa technique d'explication qui consiste en quelque sorte à la consolidation de la conservation de l'énergie mécanique commencée dans la séance précédente. Cette explication repose sur la perte d'énergie que subit le système étudié. Il insiste sur le système qui doit

recevoir ce qui est perdu par l'un des systèmes.

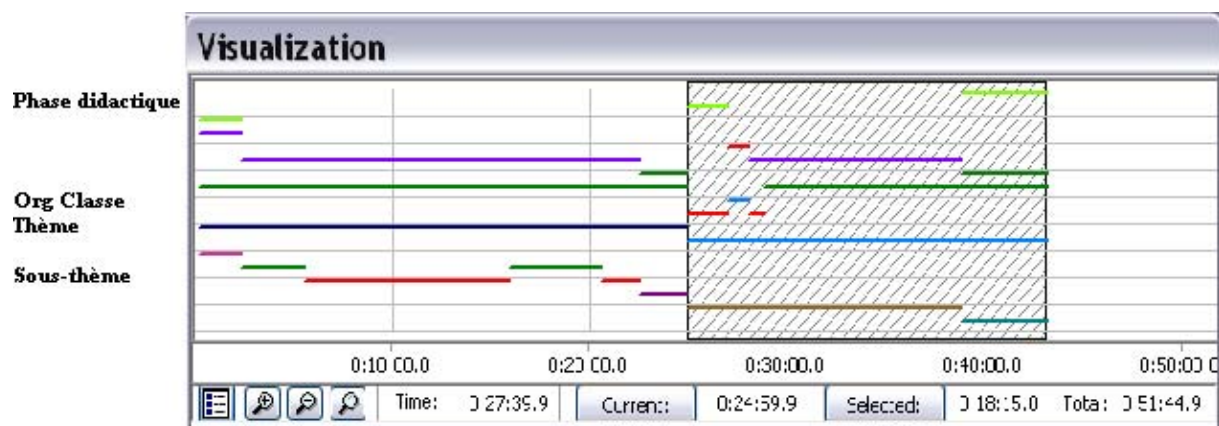
P_(...) Donc l'énergie part toujours d'un système à un autre/ça il faut retenir ça/Donc quand vous...quand y a perte d'énergie il faut dire maintenant/La question que vous devez vous poser c'est cette énergie est allée où/Quel est le système exte...extérieur qui reçoit cette énergie là/Voila le problème.

A la conclusion, l'enseignant est revenu sur les transferts d'énergie entre des sous-systèmes, les transformations au sein des systèmes isolés et surtout la délimitation d'un système isolé. Le modèle de l'énergie est encore revenu dans les explications en comparant le théorème de l'énergie mécanique et les autres théorèmes vus antérieurement. A la suite de cette synthèse, il invite les élèves à commencer un exercice d'application.

Nous voyons dans cette deuxième partie du thème le même cheminement que la première qui a été décrite en détails. Le professeur délègue au début la responsabilité de l'avancée du savoir à un élève qui lit un texte. Après la lecture, l'enseignant reprend la responsabilité de cette avancée en expliquant et en interrogeant les élèves. Puisque c'est la fin du thème aussi il synthétise en revenant sur les savoirs essentiels.

Thème n° 28. Calcul du travail des forces de frottements. Variation de l'énergie mécanique. Introduction à la notion de chaleur.

Ce thème est le dernier que nous avons analysé dans la séquence d'enseignement de l'énergie dans la classe 2. Comme le montre le graphique 32, il se situe à la fin de la huitième séance. Ce thème dure 18 minutes environs, il est composé de deux sous-thèmes (graphique 32 et tableau 55).



Graphique 32 Visualisation du thème 28 (partie hachurée) dans la huitième séance. De haut en bas. Phase didactique (introduction deuxième question, correction, clôture deuxième question et introduction prochain chapitre) ; Organisation de la classe (CE, Gr et Mixte) ; Thème ; Deux sous-thèmes.

Ce thème constitue aussi la dernière partie de la correction de l'exercice débuté dans la septième séance et qui se prolonge dans celle-ci. Le professeur a déjà rappelé les résultats obtenus dans la septième séance et un élève a corrigé la deuxième partie de la première question (texte de l'énoncé de l'exercice tableau 56). Rappelons que le but de cet exercice est de familiariser les élèves à l'utilisation des différentes expressions faisant référence à la conservation de l'énergie dans des situations physiques variées. Dans cette deuxième question, il s'agit de déterminer la valeur de la force de frottement en connaissant la longueur de compression du ressort (deuxième question tableau 56).

Tableau 55 Structuration du thème 28. Classe 2

| | | |
|---|--|----------|
| Thème n° 28 (Durée 18 min). Calcul du travail des forces de frottements. Variation de l'énergie mécanique. Introduction à la notion de chaleur. | Sous-thèmes | Org Cl |
| | N° 102 Calcul du travail des forces de frottements en tenant compte de la longueur réelle de compression du ressort. Détermination de la valeur de la force de frottement (Durée : 14 min) | M/Ind/CE |
| | N° 103 Sens de variation de l'énergie mécanique d'un système qui est soumis à des forces de frottements (Durée : 4 min). | CE |

Tableau 56 Enoncé de l'exercice

| |
|--|
| <p>Un solide de masse m peut glisser sans frottement sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontal. Il est abandonné sans vitesse. Après un parcours de l, il comprime un ressort de raideur k (voir figure) $m = 100\text{g}$, $k = 100\text{N/m}$, $\alpha = 30^\circ$, $l = 20\text{cm}$, $g = 10\text{N/kg}$</p> <p>1. a) Le système {ressort, masse, Terre} est-il conservatif? Dire sans calcul les transformations d'énergie qui se produisent lorsque le solide se déplace de O à A. Lorsque le solide se déplace de A à B.</p> <p>b) Trouver la diminution de longueur du ressort au moment où le solide s'immobilise avant de faire demi-tour</p> <p>2. En réalité la diminution de longueur vaut 1,5 cm ce qui est dû aux frottements, calculer le travail des forces de frottements, en déduire la valeur de f.</p> |
|--|

L'enseignant introduit la dernière question de l'exercice. Pendant ce temps les élèves recopient les réponses concernant la question précédente. Il leur laisse un temps pour terminer. Ensuite il enchaîne par une question qui demande si le système est conservatif ou non. La réponse des élèves est non. L'explication qu'ils donnent est que le système est soumis à des forces de frottements. A partir de ce moment l'enseignant, en interrogeant toujours les élèves, explique cette notion de non conservation de l'énergie mécanique. Il demande ensuite l'expression mathématique qui traduit cette variation. La réponse donnée par certains élèves est : $\Delta E_m = W(f)$. Il demande alors à un volontaire de terminer cet exercice. Un élève se porte volontaire et va écrire au tableau, sous la conduite toujours du professeur, la formule traduisant cette non conservation de l'énergie. Durant cette partie l'organisation passe alternativement de mixte à travail individuel.

Le développement de la formule aboutit à l'expression suivante : $1/2kx^2 - mg(l+x)\sin$. Après l'application numérique, l'enseignant termine la correction.

Durant la clôture, l'enseignant en interrogeant les élèves introduit le nouveau chapitre : la calorimétrie.

Du point de vue de la topogénèse, c'est l'enseignant qui a la responsabilité de l'avancée du savoir. Il interroge les élèves en classe entière sur la conservation du système et demande l'expression qu'il faut utiliser. Les élèves participent à cette avancée en répondant aux questions du professeur. Remarquons aussi une autre forme de correction qu'utilise cet enseignant en cette fin de séance : il interroge les élèves et recueille le résultat avant de demander un volontaire pour développer les expressions littérales. Donc l'élève qui va diriger la correction, sous le contrôle de l'enseignant, n'est pas choisi par le professeur.

Durant la correction, l'avancée du savoir est d'abord sous la responsabilité de l'élève qui est au tableau et du professeur qui le contrôle en lui posant des questions ou en expliquant à toute la classe les étapes de la correction et les formules utilisées. Ensuite ce dernier (l'enseignant) prend la responsabilité entière de l'avancement du savoir en continuant à développer au tableau les différentes formules. Il aboutit ainsi, en interrogeant les élèves, à trouver la valeur de la force de frottements en utilisant le résultat établi par l'élève qui était au tableau auparavant. Pendant ce temps les élèves recopient dans leur cahier ce qui est écrit au tableau par le professeur tout en répondant aux questions de celui-ci. Ils participent ainsi à l'avancée du savoir.

La clôture correspond en même temps à la fin de l'exercice d'application et à une introduction pour le prochain chapitre que l'enseignant intitule la calorimétrie. L'enseignant, en classe entière, a la responsabilité de l'avancée du savoir, il interroge les élèves, donne des explications sur la non conservation du système ((Ressort+Terre+Solide), les modes transferts d'énergie et annonce l'étude des phénomènes thermiques dans le prochain chapitre. Les élèves participent à cette avancée en répondant aux questions.

Conclusion

Nous avons analysé les thèmes des deux classes en nous intéressant à l'avancée du savoir (chronogénèse) et à la position des acteurs par rapport cette avancée (la topogénèse). Nous donnons ici une synthèse de ces résultats d'abord du point de vue de l'enchaînement du savoir, ensuite nous donnons une interprétation de la vie de savoir dans chaque classe.

Du point de vue de l'enchaînement du savoir

Cet enchaînement est donné en suivant le découpage en partie (tableaux 20 et 40) que nous avons utilisé pour regrouper les thèmes

Dans la classe 1 (F)

Première partie.

Cette première partie de la séquence d'enseignement de l'énergie débute dans la classe 1 par une expérience réalisée par les élèves qui consiste à tirer un objet sur une table horizontale par un moteur qui est alimenté par une pile. L'exploitation de la description de cette expérience par une analyse de phrases permet aux élèves de se familiariser avec le fonctionnement de la physique et le processus de modélisation. La deuxième activité qui suit immédiatement consiste à reprendre l'analyse de l'expérience, cette fois-ci sous forme théorique avec l'utilisation d'une chaîne énergétique représentant les systèmes utilisés ainsi que les modes de transferts d'énergie. Cette deuxième activité débute en fin de première séance. La réalisation devrait se poursuivre à la maison et la correction sera faite dans la deuxième séance.

La correction de la deuxième activité débute à la deuxième séance, elle est précédée par une inclusion portant sur les consignes données pour la réalisation du dossier sur les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes. Cette deuxième activité fait référence à l'analyse des modes de transfert d'énergie. Les transferts thermiques et travail mécanique sont ceux étudiés. Durant l'analyse du transfert par travail mécanique, le modèle de la mécanique est mobilisé, montrant ainsi la relation entre les différents domaines de la physique.

Cette classe utilise les documents « sésames ». Si nous comparons la chronogénèse de cette classe avec la prescription du programme français, nous remarquons une différence d'approche. Le programme français démarre par le concept de travail qu'il va lier ensuite aux formes d'énergie (cinétique et potentielle de pesanteur) alors cette classe démarre par le fonctionnement de la physique et les processus de modélisation qui sont suivis d'une analyse des modes de transfert d'énergie.

Deuxième partie.

La deuxième partie est introduite par une lecture de texte qui fait référence à la classification historique que les physiciens ont adoptée en ce qui concerne les formes d'énergie. Les élèves ont ensuite effectué des activités qui consistent à classer des adjectifs qui qualifient l'énergie dans les domaines de la vie de tous les jours, en technologie ou en économie, dans le domaine de la physique au niveau macroscopique et microscopique. Durant la correction de ces activités, l'enseignante a insisté sur les critères qui permettent aux physiciens d'utiliser un terme pour qualifier l'énergie : le terme doit être lié à une grandeur physique. La différenciation que le physicien doit faire quand il

analyse un phénomène énergétique est aussi abordée dans cette partie :

- quand il s'agit de transfert d'énergie, le physicien n'a que trois choix : le transfert par travail, le transfert thermique et le transfert par rayonnement

- quand il s'agit de formes d'énergie à utiliser, le physicien prend un terme qui est lié à une grandeur physique au niveau macroscopique. Au niveau microscopique il n'y a que deux termes à utiliser : cinétique et potentielle.

La partie est clôturée par la correction d'un exercice qui fait référence à l'identification des noms dans une chaîne énergétique, les modes de transferts d'énergie qui se font entre les systèmes. Ces textes d'exercices utilisent des schémas de chaînes énergétiques au cours de leur analyse.

Troisième partie.

La troisième partie commence par l'expérience du lancer et de réception du médecine-ball. Durant cette première activité les élèves ont décrit les gestes qu'ils ont faits lors de la réalisation de l'expérience. A la suite de l'analyse des phrases utilisées pour décrire les gestes, la classe a déduit les grandeurs physiques qui en sortent : la force, la distance de lancer et la vitesse en fin de lancer. L'analyse d'un système isolé du point de vue énergétique a suivi cette première activité. Dans cette deuxième activité, il s'agit de délimiter le système isolé du point de vue énergétique : « médecine-ball+Terre ». Une troisième activité consiste à analyser la variation et l'évolution de l'énergie stockée par un système, l'évolution des formes d'énergie stockées (cinétique et potentielle de pesanteur). A la suite de cette analyse les grandeurs physiques qui influencent les énergies cinétique et potentielle de pesanteur ont été notées.

La même expérience a permis à la classe de faire l'analyse du transfert d'énergie par travail mécanique (en termes d'interaction et de forces mises en jeu) en utilisant les phases de lancer et de réception. Cette seconde analyse a permis de dégager les grandeurs physiques qui influencent le travail mécanique.

Ensuite un cours magistral a permis à l'enseignante de donner l'expression mathématique du travail d'une force constante sur un déplacement rectiligne. Des exercices qui permettent d'appliquer cette formule dans des situations variées ont suivi ce cours magistral.

La partie est clôturée par le compte rendu du travail sur les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes.

Quatrième partie.

La quatrième partie débute par une lecture de texte (thème 18) faite par l'enseignante. Ce texte, intitulé « compléments du modèle de l'énergie », regroupe l'ensemble des expressions faisant référence à l'énergie. Les autres thèmes permettent à la classe de s'exercer à l'utilisation de ces expressions. Le théorème de l'énergie cinétique et la relation entre la variation de l'énergie potentielle de pesanteur et le travail du poids sont les expressions qui sont les plus sollicitées (thèmes 19 et 20).

Dans la classe 2 (S)

Première partie.

La séquence a débuté avec un thème qui fait référence au fonctionnement et au processus de modélisation en physique (thème 1). Dans ce thème une partie du texte du modèle de l'énergie a été lue et expliquée (la partie concernant le principe de conservation de l'énergie ne figure pas dans le texte distribué). La classe a ensuite entamé le chapitre concernant l'étude du travail d'une force en déplacement. Dans ce premier chapitre, la classe a d'abord défini la notion de travail d'une force en physique en s'appuyant sur un exemple de dessin mis au tableau par l'enseignant (un ouvrier qui soulève un objet par l'intermédiaire d'un fil qui passe par une poulie), ensuite identifié les facteurs qui influencent ce travail (intensité ou valeur de la force, distance de déplacement du point d'application

et l'angle entre le vecteur force et le vecteur déplacement). Ces définitions ont permis à la classe d'étudier le travail d'une force constante sur un déplacement rectiligne, ensuite sur une trajectoire circulaire et sur un déplacement quelconque.

Des exercices d'applications ont suivi cette première partie, ensuite la classe a enchaîné avec l'étude du travail de forces variables en s'intéressant à un ressort horizontal auquel un objet est accroché et à un pendule de torsion. L'étude des puissances moyenne et instantanée a terminé la série de cours magistraux.

Avant d'entamer des exercices d'application qui mettent fin à cette deuxième partie de l'étude du travail d'une force en déplacement et à ce premier chapitre, l'enseignant a fait une récapitulation sur l'ensemble des notions essentielles vues et a donné un travail à faire (à la maison) qui concerne le prochain chapitre.

Deuxième partie.

La deuxième partie fait référence à l'étude de l'énergie cinétique et au théorème qui lui est associé. Elle débute par une activité proposée aux élèves qui consiste à classer cinq termes qui qualifient l'énergie dans deux domaines : la vie courante et en physique. A l'issue de cette classification, l'enseignant approfondit les termes classés en physique en introduisant les deux échelles : macroscopique et microscopique. Il déduit de l'analyse au niveau microscopique qu'il n'y a que deux termes : cinétique et potentielle. Durant cette activité, l'utilisation de la langue de communication et l'appartenance à une zone culturelle différente ont été évoquées au niveau du travail de groupe et à la correction. A la suite de cette activité une série de cours magistraux a permis à la classe d'étudier l'énergie cinétique et de donner son expression, d'étudier le moment d'inertie et donner aussi son expression pour certains systèmes simples. Le théorème de l'énergie cinétique a clôturé cette série de cours magistraux. Il faut noter l'utilisation du texte (documents écrits par l'enseignant) tout au long du cours magistral. La partie est clôturée par deux exercices d'application faisant référence à l'utilisation du théorème de l'énergie cinétique dans les cas de mouvement de translation et de rotation.

Troisième partie.

La troisième partie fait référence à l'étude des types d'énergies potentielles (élastique et de torsion). La détermination de la valeur de la constante occupe aussi une place importante. L'enseignant utilise l'analogie entre les trois types d'énergie potentielle pour insister sur les notions de système et de force intérieures conservatives et de forces extérieures. Ce qui permet à la classe de généraliser la relation entre la variation de l'énergie potentielle et le travail des forces intérieures conservatives ($\Delta E_p = -W(\mathbf{f}_c)$). Le dessin de la situation introduit chaque type d'énergie potentielle. Un exercice d'application permet à la classe de se familiariser avec les références choisies et de déterminer ainsi les valeurs des constantes dans l'énergie potentielle de pesanteur. La définition du système isolé et le retour aux forces intérieures et extérieures terminent cette troisième partie.

Quatrième partie.

La quatrième partie fait référence à l'étude de l'énergie mécanique. La classe débute cette partie par la définition d'un système isolé, des notions de forces extérieures et intérieures. L'expression de l'énergie mécanique et son théorème ont été étudiés avant d'être appliqués dans des exercices. Les transformations de l'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique ont été étudiées dans cette partie. La détermination de la variation d'énergie mécanique stockée par un système qui n'est pas isolé a permis à cette classe d'introduire le chapitre sur la calorimétrie.

Interprétation de la vie du savoir dans chaque classe

Pour la classe 1 (F)

Il y a trois types de situations, les activités et le cours magistral qui introduisent du nouveau savoir et les exercices qui mettent en œuvre des savoirs déjà introduits.

Activité et introduction du modèle

Une activité débute par la distribution du texte de l'énoncé. Seule la première activité a été préalable à l'introduction du modèle de l'énergie. Les autres activités utilisent le modèle de l'énergie introduit à la suite de la première activité.

La première activité met en jeu une expérience (un objet tiré sur une table horizontale par un moteur alimenté par une pile), la deuxième activité met en jeu un texte historique, les cinq autres sont associées à l'expérience du lancer et de la réception du médecine-ball

Toutes les activités se déroulent de manière semblable

L'enseignante annonce le but de l'activité en distribuant l'énoncé. Les élèves découpent le texte de l'énoncé et le collent et se mettent à travailler en petits groupes ou individuellement.

Granularité du savoir dans une activité : très ciblé.

Les activités sont démarrées soit par une expérience soit par la lecture d'un texte.

S'il s'agit d'une expérience.

L'enseignante annonce l'expérience, donne son but et invite les élèves à la réaliser.

La réalisation de ces expériences se fait en demi-classe et en binôme. Durant la réalisation l'enseignante passe de groupe en groupe en la demandant aux membres du binôme ou sur ses propres initiatives et discute avec les élèves. En général la réalisation de l'expérience est de l'ordre de 10 minutes.

S'il s'agit d'un texte.

Il est lu et expliqué par l'enseignante. Elle interroge les élèves durant cette explication. A la suite de cette lecture des séries d'activités ou d'exercices suivent.

Activité proprement dite.

L'enseignante annonce l'objet de l'activité en distribuant les textes qui y font référence. Elle explique le but de l'activité et laisse les élèves la réaliser. Pendant ce temps les élèves s'occupent du découpage et du collage des feuilles dans leur cahier.

Durant la réalisation qui se fait en groupe ou individuelle, elle intervient soit de sa propre initiative soit à la demande des élèves pour les aider. Le savoir en jeu durant cette réalisation peut correspondre à celui qui est en étude ou un autre qui a été étudié précédemment ou qui n'est pas encore étudié. Dans les trois cas l'enseignante en discute avec le concerné seul ou le groupe. S'il s'agit en général du savoir qui fait l'objet d'étude, tout en aidant les élèves, elle en parlera à la correction. C'est ce qui donne dans les graphiques et les tableaux la structuration des sous-thèmes imbriqués.

La correction des activités est faite par l'enseignante elle-même. Elle interroge, reprend les réponses des élèves, les commente ou les réexplique davantage. Elle ne développe au tableau que les questions où les élèves ont eu des difficultés durant la réalisation.

Exercice

Les exercices sont donnés en général après la réalisation et la correction des activités. Dans la plupart des cas ils sont réalisés à la maison et corrigés en classe.

Cours magistral

Le cours magistral se fait de deux façons : durant l'introduction des textes du modèle de l'énergie et

au moment où la classe étudie l'expression littérale du travail d'une force en déplacement rectiligne ; dans ce dernier cas l'enseignante développe les formules littérales au tableau en explicitant et en même temps les élèves prennent des notes au niveau de leur cahier.

Pour la classe 2 (S)

Tout se fait du point de vue séquentiel, avec en général un cours magistral et des exercices d'application. Une seule fois un autre type de situation a été mis en œuvre, une activité introduisant un nouveau savoir (l'énergie cinétique) en travail de groupe.

Cas du cours magistral

Pattern typique du cours magistral pour l'introduction de nouveaux éléments de savoir.

Amorce de deux façons.

Si le nouveau savoir est une suite de ce qui a été introduit précédemment, le professeur fait un rappel du type : « on s'était arrêté à ça, on avait fait cette notion, etc ».

Si le savoir n'est pas un prolongement direct des savoirs enseignés précédemment, le professeur l'annonce tout de suite au moment de la distribution des feuilles.

Développement.

Deux procédures différentes sont utilisées par le professeur :

Il commence tout de suite par la présentation des éléments de savoir et ensuite il les explique en écrivant au tableau les points essentiels avec des schémas et des dessins si besoin. Puis il fait lire (ou quelquefois il lit) le texte présentant les éléments de savoir en question.

OU

Un élève (ou lui) lit le texte, puis le professeur explique ou développe le savoir présenté dans le texte en écrivant au tableau avec des schémas et des dessins si besoin ; ce qui est écrit au tableau n'est en général pas dans le texte.

Dans les deux procédures, les élèves **participent** à la présentation du professeur. Cette participation est due, d'après notre analyse, aux sollicitations du professeur qui proposent aux élèves de terminer ses phrases en donnant le début des mots (déplacement ; travail mo...moteur etc) ou pose des questions courtes. A ces moments-là les élèves n'ont pas à noter, le contrat didactique de la classe leur « impose » de suivre et de participer à la présentation. De fait, les enregistrements vidéo montrent que la majorité des élèves suivent. Nous considérons que cette situation offre aux élèves un temps « pour comprendre ».

Prise de note par les élèves.

Les élèves ont ensuite du temps pour copier ce qui est au tableau. C'est pendant ce type de moment que les élèves posent des questions de demandes d'explication ou de clarification. Le professeur répond à la classe entière par des séries de questions auxquelles en général l'élève qui répond est celui qui a posé la question, mais les autres élèves, en particulier quand celui-ci bute sur une réponse, interviennent. Cette forme d'interactions conduit à des reprises fréquentes de savoir déjà enseigné. Ce pattern correspond à une taille d'éléments de savoir relativement petite qui est de l'ordre du sous thème, par exemple les facteurs qui influencent le travail d'une force, l'énergie potentielle élastique, la notion de système isolé. La durée totale d'un pattern est de l'ordre de 10 minutes.

Cas des exercices d'application

Ces exercices se situent à la suite de l'enseignement d'un ensemble cohérent de savoir (travail d'une force constante, théorème de l'énergie cinétique, etc.)

Il ne donne jamais plusieurs exercices à la fois (type séquentiel).

Introduction de l'exercice.

Cette introduction dure entre 5 et 10 minutes. L'enseignant annonce l'exercice et écrit l'énoncé au tableau en le dictant et les élèves l'écrivent simultanément. En général l'énoncé est accompagné d'un dessin de la situation, il s'agit d'une composante du contrat. En effet le seul cas où l'enseignant n'a pas fait ce dessin, les élèves ont réagi en le réclamant (thème 19). Cette rupture de contrat confirme son existence.

Réalisation de l'exercice.

La réalisation se fait individuellement, l'enseignant ne fait pas d'intervention orale, il passe dans les rangs et regarde les cahiers. Après un temps qui ne dépasse en général pas 10 minutes, il envoie un élève au tableau pour corriger une seule question de l'exercice (cet élève peut n'avoir pas bien compris).

Correction.

L'élève au tableau est guidé par l'enseignant ; même s'il donne la bonne solution il est interrogé par l'enseignant pour expliciter la procédure ou les raisons de sa réponse. L'enseignant reprend les réponses, les corrige éventuellement, les développe ou les commente pour toute la classe. Pendant ce temps les élèves écrivent la réponse et quelquefois ils interviennent en réponse aux sollicitations de l'enseignant si l'élève qui est au tableau ne sait pas répondre. Ils interviennent aussi si l'élève au tableau fait des erreurs que l'enseignant n'a pas vues en particulier dans les cas de calcul numérique ou d'unité. L'enseignant donne une conclusion, et les élèves continuent à travailler individuellement.

A noter qu'il est rare que l'enseignant laisse l'élève au tableau poursuivre la correction quand il fait une erreur ; cela n'est arrivé qu'une fois.

Poursuite de la réalisation.

Les élèves travaillent à nouveau individuellement, ils peuvent continuer soit à recopier la solution soit à poursuivre l'exercice ; cette phase dure quelques minutes. L'enseignant envoie un autre élève au tableau. Et la procédure de correction reprend jusqu'à la clôture de l'exercice.

Dans les exercices chaque question correspond à une taille d'éléments de savoir qui est de l'ordre de celui d'un pattern par exemple « est ce que le système est conservatif » ou encore « quelles sont les forces extérieures au système ».

Cas de l'activité réalisée en groupe

La seule activité réalisée en groupe montre que les élèves n'ont pas l'habitude. L'enseignant n'intervient pas oralement auprès des groupes mais circule dans les rangs. Il est intervenu une fois au niveau de la classe pour une mise au point sur la signification d'un terme de la consigne.

Les représentants de chaque groupe écrivent successivement au tableau leur production (et non simultanément comme dans l'autre classe).

La correction est faite par le professeur seul.

Cinquième partie. Analyse des pratiques de classes au niveau microscopique

Introduction.

Ce chapitre est consacré à l'analyse des classes du point de vue des mots/expressions utilisés selon les objets d'étude que nous avons appelés ensembles conceptuels. Rappelons que dans la méthodologie, nous avons défini les conditions dans lesquelles un mot ou une expression est utilisé (thème, ensemble conceptuel, registre sémiotique, phase didactique, organisation de la classe, mondes (des objets/événements et théorie/modèles)). Nous avons donné le nombre de mots/expressions de conditions différentes dans chaque classe selon l'organisation de type classe entière (1246 en classe 1 et 2034 en classe 2). En annexe 3, nous donnons le nombre de mots ou expressions utilisés par chaque classe et dans chaque type d'organisation de classe. Le tableau 57 un résumé qui reprend le nombre total de mots/expressions utilisés dans chaque classe selon le type d'organisation.

Tableau 57 Nombre d'utilisation des mots/expressions classés dans les différents ensembles conceptuels dans les deux classes. Le nombre de dessins et schémas (sur feuilles ou cahiers et au tableau) : 11 en Cl1 (1 dessin et 10 schéma) ; 48 en cl 2 (21 schémas au tableau et 27 dessins au tableau)

| Mots/expressions dans les ensembles conceptuels | Classe 1 | | Classe 2 | |
|---|----------|-------|----------|-------|
| | entière | mixte | entière | mixte |
| Nombre total de mots/expressions | 1703 | 1382 | 3009 | 75 |
| Total nombre de mots/expressions | 3085 | | 3084 | |
| Nombre de mots/expressions différents | 1246 | | 2034 | |
| Dessins | 1 | | 27 | |
| Schémas | 10 | | 28 | |

L'analyse de la pratique de classe s'appuie cette fois-ci sur l'utilisation de ces mots/expressions selon les différentes conditions. La durée des thèmes en classe entière sera utilisée au besoin pour l'affiner.

Nous procédons donc dans un premier temps par une analyse globale qui nous permet d'avoir une vue d'ensemble dans toute la séquence, ensuite, une analyse fine suivra dans laquelle chacune des dimensions (ainsi que la durée) sera analysée pour comprendre la nature, les quantités des mots/expressions utilisés. Une comparaison entre les classes pourra se faire chaque fois que nécessaire.

Analyse globale.

Nous avons choisi de présenter dans les tableaux 58 et 59 l'ensemble des résultats par thème. Pour cette analyse globale, nous nous limitons aux pourcentages totaux des ensembles conceptuels dans la séquence (colonne en gras), au nombre d'ensembles conceptuels par thème et au taux de mots/expressions par minute dans chaque thème (lignes en gras).

Nous avons voulu vérifier que les pourcentages de mots/expressions par thème étaient dépendants de la durée ; nous avons donc calculé leur taux par minute. Globalement, il ressort des taux moyens différents pour chaque classe : 0,4 et 0,2. Les écarts par rapport à ces taux sont très faibles pour la classe 2 et un peu plus importants pour la classe 1. Nous analysons plus loin les raisons.

De manière générale, les pourcentages totaux de chaque ensemble conceptuel (colonne en gras) montrent des différences importantes dans les deux classes. Et si le travail mécanique est

prépondérant dans les deux classes (30% et 35%), il demeure que l'écart avec les autres ensembles conceptuels est plus important pour la classe 1. Ainsi par exemple dans cette classe, l'ensemble conceptuel « énergie » avec 9,6% est le suivant immédiat de l'ensemble conceptuel « travail mécanique », Or, le second ensemble conceptuel qui suit le travail mécanique dans la classe 2 est 24%, d'où un écart de 6%. C'est en ce sens que nous dirons que l'enseignement de la classe 1 est plus ciblé.

D'ailleurs, les ensembles conceptuels sont plus variés suivant les thèmes dans la classe 1 (1 à 9) que dans la classe 2 (1 à 6).

Tableau 58 Tableau visualisant les pourcentages des mots/expressions utilisés dans divers ensembles conceptuels, la chronologie des séances et thèmes, des durées (du thème et en CE) et des densités (% mots/Durée (CE) et Nbre EC/Durée. Classe 1 (Fréquence d'utilisation des mots : 1703)

| Pourcentage de mots/expressions par ensembles conceptuels, thèmes en classe entière Classe 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|--------|---|
| N°S | 1 | | | 1/2 | | | | 2/3 | | | | 3/4 | 4/5 | | | | | 6 | | 7 | | | | |
| ORGCL | Classe entière | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Thème | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | % EC | Nbre th | Nbre S | |
| Energie | | | 7,8 | | | | | | | | | | | | | | 0,18 | 1,6 | | | 9,6 | 3 | 2 | |
| F/adj qE vie tjrs | | | | | 0,1 | | 2,6 | | | | | | | | | | | | | | | 2,8 | 2 | 1 |
| Fo/adj q E phys | | | | | | | | 6,5 | | | | | | | | | | | | | | 6,5 | 1 | 1 |
| Fo énergie stock | | | | | | | | | 3,5 | | | 4,0 | | | | | | 1,8 | | | | 9,3 | 3 | 4 |
| Mode transf E | | | | 0,9 | | | | | | 3,4 | | | | | | 0,5 | | | | | | 4,9 | 3 | 4 |
| Travail méca | | | | | | 8,9 | | | | 4,0 | | | 3,4 | 9,9 | 4,1 | 3,6 | | 1,3 | | 0,1 | 35,2 | 8 | 5 | |
| Travail élect | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| Transfert therm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| Rayonnement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| Système | 0,6 | | | 0,4 | | | | | | | 1,4 | | | | | | | 0,3 | | | 2,6 | 4 | 4 | |
| Chaîne Energéti | | | 0,5 | | | | | | 0,3 | | 1,8 | | | | | | | | | | | 2,6 | 3 | 2 |
| Chgt F E ou transf | | | | | | | | | | | | 0,3 | | | | 1,4 | | 0,5 | | | | 2,2 | 3 | 3 |
| Var/Evol E stock | | | | 2,2 | | | | | | | | 3,1 | | 0,5 | | | | 0,8 | | | | 6,6 | 4 | 6 |
| Var Q E transf | | | | 0,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,4 | 1 | 2 |
| Conser énergie | | | 0,5 | | | | | | | | 0,3 | 0,3 | | | | | | 2,7 | 2,4 | 1,9 | 8,0 | 6 | 5 | |
| Modél Fct phys | 3,9 | 0,4 | 0,9 | | | 0,4 | | | | 0,2 | 0,4 | | | | | | | 1,5 | | 0,5 | 8,1 | 8 | 5 | |
| Puissance | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,1 | | | | 1,1 | 1 | 1 |
| Vitesse succ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| Total th | 4,5 | 0,4 | 9,7 | 3,8 | 0,1 | 9,3 | 9,1 | 3,5 | 3,7 | 4,2 | 3,9 | 7,7 | 3,4 | 10,4 | 4,6 | 5,0 | 0,2 | 11,7 | 2,4 | 2,5 | 100 | | | |
| Nbre EC | 2 | 1 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 9 | 1 | 3 | 50 | | | |
| Durée Th (min) | 55 | 4 | 19 | 18 | 2 | 31 | 30 | 12 | 9 | 36 | 36 | 34 | 34 | 29 | 41 | 18 | 4 | 21 | 32 | 49 | 514 | | | |
| Durée Th enCE (min) | 17 | 4 | 19 | 11 | 2 | 21 | 22 | 12 | 9 | 20 | 8 | 19 | 7 | 29 | 13 | 10 | 4 | 21 | 6 | 14 | 268 | | | |
| Taux (CE) | 0,3 | 0,1 | 0,5 | 0,3 | | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,4 | | | |

Taux (CE) égale total th sur durée th en CE.

Tableau 59 Tableau visualisant les pourcentages des mots/expressions utilisés dans divers ensembles conceptuels, la chronologie des séances et thèmes, des durées (du thème et en CE) et des densités (% mots/Durée (CE) et Nbre EC/Durée. Classe 2 (Fréquence d'utilisation des mots : 3009)

| Pourcentage de mots/expressions par ensembles conceptuels, thèmes en classe entière Classe 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| N°S | 1 | 2 | | 3 | | | | | 4 | 4/5 | | | 6 | | 6/7 | | | | 8 | | | | | | | | | | | |
| ORGCL | CE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Thème | 1 | 2 | 3 | 4* | 5* | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11* | 12 | 13 | 14 | 15 | 16* | 17* | 18 | 19* | 20 | 21 | 22 | 23 | 24* | 25* | 26* | 27 | 28 | % EC | Th |
| Energie | 0,6 | | | | 0,2 | | | | 0,3 | | | 0,2 | | | 0,2 | | | | | | | | | | | | | | 1,6 | 5 |
| Fo/ad q E vie tjrs | 0,3 | | | | | | | | | | | 2,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,0 | 2 |
| Fo/ad q E ph | | | | | | | | | | | | 2,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,4 | 1 |
| Fo E stock | | | | | | | | | | | | | 3,7 | 3,3 | | 0,1 | | 3,3 | 4,8 | 3,5 | 2,0 | 0,7 | | 0,2 | | | 2,6 | | 24,1 | 10 |
| Mode trans E | | | | 0,2 | | | | | | | | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,5 | 3 | |
| Travail méca | | 7,2 | 2,1 | 3,5 | 4,9 | 2,8 | 3,9 | | 0,6 | | 1,5 | 0,3 | 0,3 | | 0,7 | 1,1 | 0,8 | | | | | | | 0,1 | | | | 0,8 | 30,5 | 15 |
| Travail élect | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,0 | 0 |
| Transf Therm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,0 | 0 |
| Rayonnement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,0 | 0 |
| Système | 1,1 | 0,4 | | 1,1 | | | 0,6 | | 0,3 | | | | | | | 0,1 | 0,0 | | | 0,2 | 2,7 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | | | 0,1 | 0,4 | 9,3 | 14 |
| Chaîne Energ | 0,4 | | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,9 | 2 |
| Chgt Fo éner | 0,3 | | | | | | | | | | | 0,1 | | | | | | | | | | 0,8 | | 1,1 | | 1,4 | 0,6 | | 4,3 | 6 |
| Var/Evol E stock | | | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | | | | | | 0,4 | | 0,2 | | | | | 0,9 | 3 |
| Var Q E trans | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,0 | |
| Conser E | | | | | | | | | | | | | | | 1,8 | 2,3 | 1,2 | 0,6 | 0,3 | 1,6 | | 1,1 | 2,2 | 1,4 | 1,1 | | 0,8 | 0,8 | 15,1 | 12 |
| Modél Fct ph | 0,9 | | | 0,1 | | | 0,3 | | 0,6 | | 0,2 | 0,7 | | | 0,4 | 0,4 | | | 0,1 | 0,4 | 0,2 | | 1,1 | | 0,5 | | | | 5,8 | 13 |
| Puissance | | | | | | | | 1,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,2 | 1 |
| Vitesse succe | | | | | | | | | | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,5 | 1 |
| Total th | 3,6 | 7,6 | 2,1 | 5,5 | 5,1 | 2,8 | 4,8 | 1,2 | 1,8 | 0,5 | 1,8 | 6,5 | 4,0 | 3,3 | 3,3 | 3,9 | 2,0 | 3,9 | 5,2 | 5,7 | 4,9 | 3,5 | 4,2 | 3,8 | 1,5 | 1,4 | 4,1 | 2,2 | 100 | |
| Nbre EC | 6 | 2 | 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 2 | 7 | 2 | 1 | 5 | 5 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 2 | 1 | 4 | 4 | 88,0 | |
| Durée Th (min) | 15 | 34 | 20 | 40 | 45 | 21 | 27 | 12 | 6 | 5 | 21 | 49 | 20 | 30 | 16 | 44 | 28 | 14 | 41 | 20 | 14 | 11 | 16 | 22 | 10 | 13 | 25 | 18 | 637 | |
| Durée Th CE (min) | 15 | 34 | 20 | 19 | 36 | 21 | 27 | 12 | 6 | 5 | 20 | 31 | 20 | 30 | 16 | 35 | 27 | 14 | 35 | 20 | 14 | 11 | 16 | 22 | 10 | 13 | 25 | 14 | 568 | |
| Taux (CE) | en | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

Dans la ligne numéro des thèmes, l'astérisque (*) indique la durée filmée ne correspond pas à la durée du thème

Lien entre pourcentage de mots/expressions dans les ensembles conceptuels et le thème ou la durée

Comme nous l'avons expliqué dans la méthodologie, les thèmes et les ensembles conceptuels ont été construits indépendamment. Nous allons vérifier s'il y a cohérence entre ces deux constructions.

Un regard sur les deux tableaux 58 et 59 montre la variété des pourcentages des mots/expressions d'un thème à un autre ou à l'intérieur d'un thème. Par exemple dans le thème 2 de la classe 2 (Travail d'une force constante en déplacement), les pourcentages respectifs des ensembles conceptuels sont : « travail mécanique » (3,5), « système » (1,1) et « chaîne énergétique » (0,5). Le travail mécanique donc est l'objet d'étude prépondérant dans ce thème.

Nous faisons l'hypothèse suivante: si le **pourcentage** d'utilisation d'un mot/expression est **très faible (inférieur à 0,5%)**, alors l'ensemble conceptuel n'est qu'« évoqué » dans le thème, donc il « accompagne » un ou d'autre(s) **ensemble(s) conceptuel(s) qui sont objet d'étude prépondérants**. S'il existe **plusieurs ensembles conceptuels** qui sont **objet d'étude**, alors nous parlerons « **d'ensemble conceptuel principal** » ; pour celui qui a le **pourcentage le plus élevé**.

Nous commençons par les thèmes où les ensembles conceptuels présents ne sont qu'évoqués, ensuite nous poursuivons l'analyse selon l'importance des ensembles conceptuels principaux.

Thèmes où ne figurent que des ensembles conceptuels « évoqués »

Dans ces thèmes, les pourcentages des mots/expressions utilisés dans chaque ensemble conceptuel sont inférieurs à 0,5 comme le montrent les tableaux 58 et 59.

Dans la classe 1

Trois thèmes (5, 17 et 2) sont concernés dans ce cas. Le thème 5 débute la deuxième séance (avant la reprise du thème 4) (cf analyse mésoscopique). Il s'agit d'un court instant, environ 2 minutes, où l'enseignante traite des problèmes de consignes non respectées dans les dossiers sur l'énergie dans la région Rhône-Alpes faits par les élèves, puis évoque certaines formes d'énergie proposées par les élèves dans leur dossier. Le thème 17 correspond à la correction de ces dossiers. La classe, en évoquant la notion d'énergie, se focalise sur les formes de présentation d'un dossier qui est considéré comme un texte scientifique. Ce thème (les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes) a deux particularités : il s'étend sur deux séances très distantes (séances 2 et 5), et surtout, le contenu lui-même est peu traité. Les consignes et la forme de rédaction prennent la majeure partie du temps. Ceci est bien traduit par les faibles pourcentages des ensembles conceptuels, « énergie » (0,18), et « formes ou adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours » (0,1).

La particularité du thème 2 « Fonctionnement de la physique : processus de modélisation » est d'être inclus dans le thème 1. C'est durant l'analyse des phrases faisant référence à la description, à l'explication ou à l'interprétation de l'expérience « objet tiré sur une table horizontale par un moteur qui est alimenté par une pile », que la classe évoque le « fonctionnement de la physique et le processus de modélisation » (0,4%). Cette évocation est faite à deux reprises à l'intérieur du même thème avec des durées respectives de 2 minutes.

Dans la classe 2

Tous les thèmes ont un pourcentage supérieur à 0,5 (tableau 59), il n'existe pas de thème évoqué.

Thèmes comprenant un ensemble conceptuel principal

Dans ces thèmes, un ensemble conceptuel est considéré comme prédominant lorsqu'il a un pourcentage supérieur à 0,5. Il peut exister seul, tout comme il peut être accompagné d'autres ayant un taux de mots/expressions inférieur.

Dans la classe 1

Six thèmes (6, 8, 9, 10, 13, 19) sont dans ce cas (tableau 58). Nous faisons l'analyse par ensemble conceptuel.

L'ensemble conceptuel « travail mécanique » prédomine dans les thèmes 6, 10, 13. Le thème 6 (Modes de transfert d'énergie dans une chaîne énergétique) porte sur le mode de transfert d'énergie par travail mécanique. Il n'est donc pas surprenant que l'ensemble conceptuel « travail mécanique » soit important. Cependant, il n'est pas seul, mais accompagné par l'ensemble conceptuel « processus de modélisation et fonctionnement de la physique ». En effet, la classe analyse, du point de vue de la modélisation, ce mode de transfert en termes d'interactions et de forces mises en jeu dans le cas de l'expérience de l'objet tiré sur une table horizontale par un moteur qui est alimenté par une pile. Dans le thème 10 qui porte sur les « Liens entre force et mouvement : étude des actions de lancer et de réception de médécines-ball de masses différentes », la classe étudie, à partir des phrases qui décrivent l'expérience du lancer et de réception, les grandeurs qui émergent et qui vont contribuer à l'expression du travail d'une force en déplacement. Comme on peut le constater, cette approche conduit aussi à aborder la modélisation, d'où la présence de l'ensemble conceptuel « processus de modélisation et fonctionnement de la physique ». Le thème 13 qui porte sur le transfert d'énergie par travail mécanique met en jeu des représentations vectorielles ; il est exclusivement centré sur cet ensemble conceptuel. Il y a bien cohérence entre thème et ensemble.

L'ensemble conceptuel « forme d'énergie stockée » se retrouve au thème 8 : « adjectifs qualifiant l'énergie stockée par un système dans les domaines de la physique (microscopique et macroscopique) et de la vie de tous les jours ». Il n'est pas accompagné par un autre ensemble conceptuel. La classe identifie, dans une activité, les adjectifs qui qualifient l'énergie stockée dans certains sites de la région Rhône-Alpes.

L'ensemble conceptuel « mode de transfert d'énergie » est principal dans le thème 9 qui porte sur l'analyse d'une chaîne énergétique. Ce thème correspond à la correction de l'activité faisant référence à l'identification de modes de transfert d'énergie et de noms de systèmes qui entrent en jeu dans une chaîne énergétique donnée. Ainsi, l'ensemble conceptuel « chaîne énergétique » est aussi évoqué.

L'ensemble conceptuel « conservation de l'énergie » se retrouve dans le thème 19 où il s'agit de l'utilisation du théorème de l'énergie cinétique et de la relation avec la variation de l'énergie potentielle et le travail du poids.

Dans la classe 2

Les thèmes 2, 3, 5, 6, 11, 13, 14, 19 et 26 sont concernés.

Dans le thème 2 (Travail d'une force constante en déplacement), l'ensemble conceptuel principal est le travail mécanique, le « système » est seulement évoqué en utilisant les termes comme « système qui reçoit ou qui fournit de l'énergie ».

Les thèmes 3, 5, 6 et 11 sont ceux où l'étude du « travail mécanique » prédomine. C'est seulement dans les thèmes 5 (Travail des forces s'exerçant sur un pendule simple (objet + fil)) et 11 (Travail des forces qui s'exercent sur un pendule élastique (ressort + objet)) où il est accompagné respectivement par « énergie » et « processus de modélisation et fonctionnement de la physique ». Ce dernier est évoqué lors de la correction d'un exercice, l'enseignant revenant sur le fonctionnement du physicien qui, en interprétant, utilise un modèle. Il clôture l'exercice en exhortant les élèves à toujours utiliser la définition du travail. Le thème 3 (Expression du travail du poids d'un solide en déplacement en fonction de la variation de l'altitude) est le prolongement d'un cours magistral où la classe applique l'expression du travail sur un déplacement quelconque en utilisant le poids comme une force conservative. Les autres thèmes sont des exercices d'application de l'expression du travail d'une force en déplacement avec comme champs d'applications, pendule simple (th 5) et pendule élastique avec déplacement vertical (th 11).

L'ensemble conceptuel « forme d'énergie stockée » est l'objet d'étude principal dans les thèmes 13, 14 et 19. Dans le thème 13 (Energie cinétique), il s'agit de l'étude de l'énergie cinétique pour laquelle la classe utilise le travail du poids lorsque la bille lâchée sans vitesse initiale se trouve à une autre position inférieure à celle du point de départ. Dans le thème 14 (Moment d'inertie d'un solide en mouvement de rotation autour d'un axe fixe), il s'agit du prolongement du cours magistral débuté dans le thème 13. La classe s'intéresse maintenant à la définition et à l'expression de l'énergie cinétique pour un système en mouvement de rotation. Elle donne ainsi l'expression de quelques moments d'inertie de corps simples qui entrent en jeu dans la formule de l'énergie cinétique de l'objet en mouvement de rotation. Dans le thème 19 (Détermination de la constante dans l'expression de l'énergie potentielle en fonction des choix de l'état de référence et de l'origine des altitudes), la classe utilise l'expression ($E_p = mgz + cte$) de l'énergie potentielle de pesanteur pour déterminer l'énergie stockée par un objet dans différents niveaux. La détermination de la constante a pris la majeure partie de la durée de cette correction. Durant cette celle-ci, un élève soulève un problème concernant la relation entre la variation de l'énergie potentielle et le travail du poids. Voilà il le pose : « le travail du poids n'est pas égal à l'énergie potentielle ». C'est ce qui amène l'évocation dans cette correction de la relation entre la variation de l'énergie potentielle et le travail du poids. L'ensemble conceptuel évoqué concerne le fonctionnement du physicien. Il provient de l'explication de la détermination de la constante dans la formule. L'enseignant convoque le physicien qui, pour déterminer celle-ci, doit toujours choisir un état de référence.

L'ensemble conceptuel « conservation de l'énergie » est présent dans les thème 25 et 26. Dans le thème 25 (Calcul de l'énergie cinétique et de la vitesse d'un solide à une altitude donnée), il est accompagné par l'ensemble conceptuel « processus de modélisation et fonctionnement de la physique ». Il s'agit dans ce même thème, d'une application de la conservation de l'énergie mécanique pour trouver la vitesse d'un solide se trouvant à une altitude donnée. Dans ce cas les élèves soulèvent la question de l'utilisation du théorème de l'énergie cinétique. L'enseignant insiste sur le fait qu'on applique maintenant le modèle de la conservation liée à l'énergie mécanique et non celui lié à l'énergie cinétique qui a été l'objet

d'étude dans les séances précédentes, il souligne que les deux peuvent être utilisés, mais dans ce cas à l'étude, c'est l'énergie mécanique qui est appliquée.

L'ensemble conceptuel « changement de forme d'énergie » est utilisé dans le thème 26 (Transformation d'énergie au sein d'un système isolé), il n'est pas accompagné par un autre. Il s'agit d'un exercice d'application concernant un solide qui glisse sur un plan incliné + un ressort accroché au bas de la pente. La classe identifie les transformations d'énergie entre deux phases du mouvement du solide, avant que le solide ne touche le ressort puis, entre l'instant où il touche le ressort et l'instant où il s'immobilise au bas de la pente du plan incliné.

Comparaison entre les deux classes

Certains ensembles conceptuels que l'on considère comme principaux dans un thème sont apparemment identiques dans les deux classes (conservation énergie, travail mécanique, forme énergie stockée). Les écarts entre leur pourcentage et celui qui les suit (s'il en existe) est assez élevé.

En ce qui concerne la « conservation de l'énergie », la classe 1 l'utilise lors des exercices d'application des relations en jeu dans le théorème de l'énergie cinétique et $\Delta E_p = -W(\mathbf{P})$. Dans la classe 2, il s'agit d'un exercice d'application concernant le théorème de l'énergie cinétique et de la conservation de l'énergie mécanique stockée par un système isolé du point de vue énergétique. La différence essentielle qui apparaît dans l'utilisation de l'ensemble conceptuel « conservation de l'énergie » sur le fait que la classe 1 parle d'énergie en général alors que la classe 2 parle d'énergie mécanique. La diversité des ensembles conceptuels qui l'accompagnent dans la classe 2 est aussi un indice de différence d'utilisation.

Le « travail mécanique » fait également l'objet d'utilisation différente ; la classe 1 se servant du transfert par mode travail mécanique pour faire une analyse en termes d'interaction et de forces mises en jeu pendant que la classe 2 entame directement l'étude du travail d'une force en déplacement.

En ce qui concerne l'ensemble conceptuel « forme d'énergie stockée », la classe 1 corrige une activité concernant les adjectifs qui peuvent qualifier l'énergie stockée par certains sites lorsque la classe 2 entame directement l'étude de la première forme d'énergie stockée par un système présent dans les textes du programme de sciences physiques.

Certains ensembles conceptuels ne sont l'objet d'étude que dans une des deux classes, il s'agit de « modes de transfert d'énergie » pour la classe 1 et de « changement de forme d'énergie » pour la classe 2

Thèmes comprenant deux ensembles conceptuels principaux

Les deux ensembles conceptuels ont des mots/expressions qui ont un pourcentage d'utilisation supérieur à 0,5. Ils peuvent être seuls ou accompagnés par d'autres.

Dans la classe 1.

Dans cette classe neuf thèmes sont concernés : thèmes 1, 4, 7, 11, 12, 14, 15, 16 et 20 (tableau 58).

Dans le thème 1 (Description et interprétation dans un domaine de la physique de l'expérience « objet tiré sur une table horizontale par un moteur alimenté par une pile) la classe introduit, à l'aide de l'expérience objet tiré par un moteur alimenté par une pile, le fonctionnement de la physique et le processus de modélisation. Donc il est normal que cet ensemble conceptuel soit

accompagné par « système ».

Dans le thème 4 (Chaîne énergétique en termes d'identification de noms, de modes de transferts et de variation d'énergie stockée par les systèmes en interaction), la classe analyse le mode transfert par travail mécanique, il est aussi normal que les ensembles conceptuels « modes de transfert d'énergie » et « variation/évolution énergie stockée » soient réunis.

Le thème 7 dont l'intitulé est « Adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours dans les domaines de technologiques et économiques, en physique du point de vue microscopique et macroscopique » contient effectivement les deux ensembles conceptuels « formes ou adjectifs qualifiant l'énergie en physique et dans la vie de tous les jours ».

Les deux ensembles conceptuels « formes d'énergie stockées » et « variation/évolution énergie stockée » constituent la base du thème 12 (Variation, évolution et changement de forme d'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique. Grandeurs dont dépend l'énergie potentielle de pesanteur). La nature de ce thème explique aisément la présence des deux autres ensembles conceptuels évoqués au cours de cette étude : « changement de forme d'énergie » et « conservation de l'énergie ».

Dans le thème 14 (Expression du travail d'une force constante en déplacement rectiligne) la classe est en train de déterminer l'expression du travail d'une force constante en déplacement rectiligne. L'ensemble conceptuel « variation quantité d'énergie stockée » fait l'objet d'un rappel avant le début de l'étude concernant l'ensemble conceptuel principal.

Dans le thème 15 (travail d'une force constante en déplacement rectiligne) les ensembles conceptuels « travail mécanique » et « modes de transfert d'énergie » font l'objet d'étude au cours d'une activité.

Dans le thème 16 (signification du travail comme changement de forme d'énergie pour un système isolé du point de vue énergétique. Travail du poids d'un système se déplaçant sur une hauteur h) où le travail est toujours objet d'étude, les « changement de formes d'énergie » sont évoqués comme signification du travail d'une force intérieure à un système isolé.

Dans le thème 20 (Calcul de la vitesse de lancement et de la hauteur d'un solide situé au-dessus du sol. Application des expressions faisant référence à la conservation de l'énergie), il s'agit d'un exercice d'application où la classe utilise les ensembles conceptuels suivants : « conservation de l'énergie » et « processus de modélisation et fonctionnement de la physique ».

Dans la classe 2

Dans cette classe huit thèmes sont concernés : 7, 9, 15, 17, 18, 20, 21 et 28.

Dans le thème 7, l'objet d'étude est le « travail mécanique », il est donc normal que l'ensemble conceptuel « travail mécanique » s'y trouve, l'autre ensemble conceptuel qui l'accompagne permet à la classe d'identifier les systèmes qui reçoivent de l'énergie par mode travail ou de dire celui qui en reçoit et celui qui en donne.

Dans le thème 9 (Fonctionnement du physicien : utilisation du modèle pour interpréter ou prévoir. Propriétés de l'énergie. Travail d'une force. Facteurs qui influencent le travail d'une force. Travail moteur, travail résistant et travail nul), il s'agit d'une récapitulation ou une forme de synthèse où la classe revient sur le « travail mécanique », le « processus de modélisation et le fonctionnement de la physique ».

La classe étudie le théorème de l'énergie cinétique, (utilisation de l'ensemble conceptuel « conservation de l'énergie ») en utilisant le travail du poids th 15 (Théorème de l'énergie cinétique). Au cours de cette étude, l'ensemble conceptuel « système » est évoqué, mais c'est

surtout ceux concernant la « conservation de l'énergie » et le « fonctionnement de l'énergie » qui constituent les ensembles conceptuels principaux.

Dans le thème 17 (Utilisation du théorème de l'énergie cinétique dans le cas d'un mouvement de rotation. détermination de l'angle), la classe applique le théorème de l'énergie mécanique (ensemble conceptuel « conservation ») dans un exercice, dans le cas d'un mouvement de rotation avec toujours l'utilisation de l'ensemble conceptuel « travail mécanique ».

Dans le thème 18 (Energie potentielle de pesanteur), c'est la « forme d'énergie stockée » (expression générale de l'énergie potentielle de pesanteur) qui permet à la classe de déterminer la relation entre le travail du poids et la variation de l'énergie potentielle de pesanteur (« conservation de l'énergie »).

Dans le thème 20 (Energie potentielle élastique), il s'agit de l'utilisation des formes d'énergie stockées (énergie potentielle élastique d'un ressort et énergie potentielle de torsion) et de la relation entre la variation de l'énergie potentielle dans le cas général ($\Delta E_p = -W(\text{fic})$, fic : force intérieure conservative).

Dans le thème 21 (Définition d'un système isolé. Energie potentielle. Forces intérieures et forces extérieures), la classe étudie une des « formes d'énergie stockée », ensuite se focalise sur la délimitation du « système » qu'il faut choisir pour que les forces soient considérées comme intérieures. L'ensemble conceptuel « processus de modélisation et fonctionnement de la physique » est évoqué à cet effet.

Dans le thème 28 (Calcul du travail des forces de frottements. Variation de l'énergie mécanique. Introduction à la notion de chaleur), la classe utilise d'abord la « conservation de l'énergie mécanique » pour un système isolé pour déterminer la longueur de compression du ressort qui est accolé au bas du plan incliné lorsqu'un solide le heurte, ensuite la valeur de la force de frottement est déterminée à partir du « travail mécanique » dans l'expression de la non conservation de l'énergie mécanique.

Comparaison entre les deux classes

Nous remarquons une tendance qui se dessine dans l'utilisation de deux ensembles conceptuels dans un même thème dans les deux classes. Dans la classe 1, les ensembles conceptuels principaux sont très ciblés. L'écart de pourcentage entre le principal et les autres est en général supérieur à 1% (sauf le thème 12 où il est de 0,9). On peut dire pour la classe 1, que l'enseignement est très ciblé pour tous les ensembles conceptuels concernés. Dans la classe 2, c'est l'inverse, trois thèmes seulement font l'objet d'un enseignement ciblé sur un ensemble conceptuel (thèmes 7, 15 et 18), dans le reste des thèmes, il y a équivalence entre les ensembles conceptuels qui sont à l'étude, l'écart entre le principal et le second est de 0,3 ou 0,4 (Thèmes 19, 17, 20, 21 et 28).

Nous pouvons dire que dans le cas où il y a deux ensembles conceptuels principaux (% supérieur à 0,5), l'enseignement est ciblé sur un ensemble conceptuel dans la classe 1 et dans la classe deux on retrouve deux formes : des thèmes où l'enseignement est ciblé sur un ensemble conceptuel et des thèmes où l'enseignement est ciblé sur les deux ensembles conceptuels.

Thèmes comprenant trois ensembles conceptuels principaux

Dans la classe 1

Il n'y a pas de thème où trois ensembles conceptuels principaux sont objet d'étude.

Dans la classe 2

Six thèmes sont concernés dans cette classe, il s'agit des thèmes: 1, 4, 12, 23, 24 et 27. Nous discutons seulement de quelques uns.

Dans le thème 1 (Modèle de l'énergie. Notion de système en physique, propriétés d'énergie. Chaînes énergétiques), la classe introduit d'abord le « fonctionnement de la physique et le processus de modélisation », ensuite le texte du modèle de l'énergie est expliqué avec une focalisation sur la notion de système. Nous sommes en présence d'une étude successive d'ensembles conceptuels. D'autres ensembles accompagnent ces principaux (« formes d'énergie stockées dans la vie de tous les jours »).

Dans le thème 27 (utilisation de la conservation de l'énergie mécanique pour déterminer la longueur de compression d'un ressort), la classe utilise trois ensembles conceptuels mais avec une prédominance sur les « formes d'énergie stockées ». Les autres qui sont aussi objet d'étude ont des pourcentages de mots/expressions assez faible par rapport au premier : « changement de forme d'énergie » (0,6%) et « conservation de l'énergie » (0,8%).

Comparaison entre les deux classes

Il n'existe pas dans la classe 1 de thèmes où trois ensembles sont considérés comme principaux. Dans la classe 2 où il en existe, la tendance observée dans les deux premières analyses se précise. Il y a maintenant trois catégories de thèmes selon la forme d'enseignement ciblé sur les ensembles conceptuels : une forme où l'enseignement est ciblé sur un seul ensemble conceptuel principal (th 27), une autre où l'enseignement est ciblé sur deux ensembles conceptuels (th 1, 4, 12) et une dernière où l'enseignement est ciblé sur trois ensembles conceptuels (th 23 et 24).

Thèmes comprenant quatre ensembles conceptuels principaux

Dans la classe 1

Il n'y a que pour le thème 3 (Modèle de l'énergie (lecture et explication de texte) où nous retrouvons quatre ensembles conceptuels principaux avec cependant des pourcentages de termes différents, « énergie », « chaîne énergétique » et « processus de modélisation et fonctionnement de la physique ». Il s'agit de la lecture et l'explication du texte du modèle de l'énergie. L'objet d'étude est le « modèle de l'énergie », le fonctionnement de la physique et les chaînes énergétiques sont évoqués en classe.

Dans la classe 2

Dans le thème 22 («Energie mécanique), il s'agit d'une lecture de texte auquel les ensembles conceptuels « formes d'énergie stockée », « système », « changement de forme d'énergie » et « conservation de l'énergie » sont étudiés successivement, l'ensemble conceptuel « variation/évolution énergie stockée est aussi évoqué.

Comparaison entre les deux classes

Nous pouvons supposer que la présence du texte justifie le nombre important d'ensemble conceptuel. Toutefois, dans la classe 1, l'enseignement reste toujours ciblé sur un seul ensemble conceptuel principal alors que dans la classe 2, il n'y a pas d'écart important entre les quatre ensembles conceptuels. Nous considérons donc que dans cette classe l'enseignement se fait à la fois sur les quatre ensembles conceptuels.

Thèmes comprenant sept ensembles conceptuels principaux

Dans la classe 1

Seule la classe 1 est concernée par cette catégorie. Il s'agit du thème 18 (les formes d'énergie stockée et leur relation avec le travail (théorème de l'énergie cinétique et relation entre variation d'énergie potentielle et travail du poids et la puissance) où elle étudie, lors de la lecture du texte du complément du modèle de l'énergie, pratiquement l'essentiel des ensembles conceptuels qui sont donnés d'un seul coup à la fin de la séquence d'enseignement de l'énergie. C'est là une des caractéristiques de cette classe utilisant le document « sésames ». Cette situation confirme notre première conclusion sur l'influence du texte par rapport à la multiplication des ensembles conceptuels pour cette classe.

Dans la classe 2

Il n'existe pas de thème où sept ensembles conceptuels principaux sont objet d'étude.

Comparaison entre les deux classes

Dans la classe 2, il n'existe pas de thème où sept ensembles conceptuels font l'objet d'étude. C'est dans la classe 1 où l'on retrouve cette situation qui, en fait, est une forme de récapitulation où toutes les expressions étudiées dans les thèmes précédents sont reprises en insistant cette fois-ci sur les formules littérales. Il est normal que ces ensembles conceptuels se retrouvent avec pratiquement les mêmes pourcentages de mots/expressions.

En dehors de ce thème 18, nous voyons que la classe 1 cible son enseignement sur un seul ensemble conceptuel alors que la classe 2 porte son enseignement sur plusieurs ensembles conceptuels.

Lien entre la durée en classe entière et le pourcentage de mots/expressions utilisés dans les ensembles conceptuels

Nous allons vérifier maintenant s'il y a une certaine proportionnalité entre le pourcentage des mots/expressions utilisés et la durée de l'enseignement du thème (dans le cas de l'organisation classe entière seulement).

Remarquons tout d'abord la différence du nombre moyen de mots/expressions par minute entre les deux classes. Comme le montre le tableau 58, dans la classe 1, la densité moyenne de pourcentage de mots/expressions utilisés est de l'ordre : 0,4 (nombre de mots/expressions sur l'ensemble de la séquence / la durée en minute en classe entière). Ainsi en une heure, la classe 1 utilise, en classe entière, 409 mots/expressions faisant référence aux phénomènes énergétiques. La classe 2 a une densité moyenne plus faible (0,2), cela veut dire qu'elle utilise 361 mots/expressions en une heure (tableau 59). Plusieurs interprétations sont possibles, le débit de paroles, l'écriture au tableau par le professeur de la classe 2, l'utilisation plus

fréquente de formules et d'applications numériques dans la classe 2 qui conduit à utiliser moins de termes conceptuels.

Dans la classe 1

A partir des résultats du tableau 58, on peut dire que la classe confirmerait la proportionnalité entre le pourcentage de mots/expressions utilisés et la durée en classe entière. (Taux = pourcentage de mots/expression/Durée en classe entière, tableau 58). Cependant des thèmes ont des taux qui s'écartent nettement du taux moyen ($0,4 \pm 0,1$). Des particularités se sont révélées :

- dans les thèmes ayant une durée très courte, 5 et 17 pour lesquels nous considérons que le taux moyen n'a pas grand sens ;
- des thèmes ayant un faible taux (0,1 ou 0,2) : thème 2 (0,1) et thèmes 10 et 20 (0,2)
- des thèmes ayant un taux important taux (0,6) : thème 18.

Rappelons que dans les thèmes 5 et 17, la classe 1 fait référence au dossier réalisé par les groupes d'élèves sur les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes. Dans ces thèmes ce qui est en jeu (le non respect des consignes et le style de rédaction de texte scientifique) est différent du savoir conceptuel : Ceci explique le faible pourcentage des ensembles conceptuels.

Dans le thème 20 il y a eu des moments où la classe discute de la planification des prochains cours en fonction des événements qui vont avoir (grève des enseignants, réunion des enseignants de l'établissement). De plus, à la fin du cours l'enseignante a clôturé la séquence sur l'enseignement de l'énergie et a averti les élèves de l'administration du questionnaire à la rentrée des vacances d'hiver.

Le thème 18 correspond à la présentation d'un des textes du modèle d'où l'importance du nombre de termes conceptuels.

Dans la classe 2

Dans cette classe, aucun des taux des thèmes ne s'écarte du taux moyen de ($0,2 \pm 0,1$). Il y a une grande régularité dans l'utilisation de mots/expressions relatifs à des ensembles conceptuels.

Comparaison entre les deux classes.

Le taux d'utilisation des mots/expressions est pratiquement constant dans la classe 2, alors que dans la classe 1 il présente quelques pics et a le taux moyen le plus élevé. Cette différence entre les taux moyens pourrait être attribuée à certaines pratiques fréquentes dans la classe 2 dont l'utilisation du tableau, ce qui requiert du temps d'écriture ; le nombre important de formules littérales ; ainsi que la forme d'exposition du professeur qui demande à ces élèves de terminer certaines de ces phrases.

Distribution des ensembles conceptuels selon le type d'organisation de la classe

Nous nous intéressons maintenant à la première utilisation d'ensemble conceptuel. Nous voulons savoir, pour chaque ensemble conceptuel, quel type d'organisation de classe coïncide avec sa première utilisation.

Dans la classe 1

Le tableau 60 donne la distribution des ensembles conceptuels selon le type d'organisation de classe et le thème. Ce tableau nous permet de suivre le statut de l'ensemble conceptuel lors de son introduction puis durant toute la séquence.

Si nous regardons chronologiquement chaque ensemble conceptuel, nous constatons que la première introduction dans la séquence d'un ensemble peut se faire soit en groupe soit en classe entière. Ainsi les ensembles conceptuels « système » et « processus de modélisation et fonctionnement de la physique » sont introduit en groupe (Gr) puis en classe entière (CE). Les ensembles conceptuels « énergie », « chaîne énergétique », « conservation d'énergie », « forme ou adjectif qualifiant énergie dans la vie de tous les jours », « modes de transfert d'énergie » sont introduits en classe entière (CE). Les trois premiers ensembles sont introduits au thème 3 qui correspond à la présentation du modèle en classe entière. L'ensemble « forme ou adjectif qualifiant énergie dans la vie de tous les jours » est introduit en classe entière au thème 5 de manière quasi anecdotique à propos des dossiers sur l'énergie en Rhône-Alpes, il est effectivement traité au thème 17 en classe entière. L'ensemble « modes de transfert d'énergie » est introduit en classe entière au thème 4 (Chaînes énergétiques en termes d'identification de noms, de modes de transferts et de variation d'énergie stockée par les systèmes en interaction) en fin de la première séance quand l'enseignante introduit l'activité concernant l'analyse d'une chaîne énergétique. Les ensembles « variation/évolution énergie stockée » et « quantité d'énergie transférée » sont introduits dans le thème 4, d'abord en groupe, à la fin de la première séance, puis repris en classe entière dans la deuxième séance. Ce sont les binômes qui continuent à travailler en attendant la fin de la première séance.

Tableau 60 Distribution des ensembles conceptuels selon le type d'organisation de classe. Classe 1

| N°S | S1 | | | S1/S2 | | | | S2/S3 | | | | S3/S4 | | S4/S5 | | | | S6 | | S7 |
|------------------------------|--------|------|--------|-------|------|--------|--------|-------|------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|------|------|--------|--------|
| N°Th | Th01 | Th02 | Th03 | Th04 | Th05 | Th06 | Th07 | Th08 | Th09 | Th10 | Th11 | Th12 | Th13 | Th14 | Th15 | Th16 | Th17 | Th18 | Th19 | Th20 |
| Energie | | | CE | | | | | | | | | | | | | | | CE | CE | |
| Forme ou adj qual E vie tjrs | | | | | CE | | Gr, CE | | | | | | | | | | | | | |
| Forme ou adj qual E phys | | | | | | | Gr, CE | | | | | Gr | | | | | | | | |
| Forme énergie stockée | | | | | | | | CE | | | Gr | Gr,CE | | | | | | CE | Gr | |
| Mode transf E | | | | CE | | | | | CE | | Gr | | | | CE | | | | | |
| Travail méca | | | | | | CE, Gr | | | | Gr, CE | Gr | | Gr, CE | CE | Gr, CE | Gr, CE | | CE | Gr | Gr, CE |
| Travail élect | | | | | | Gr | | | | | | | | | | | | | | |
| Transf Thermique | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rayonnement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Système | Gr, CE | | | CE | | Gr | | | | | Gr, CE | Gr | Gr | | | | | CE | | |
| Chaîne Energétique | | | CE | GR | | | | | CE | | Gr, CE | Gr | | | | | | | | |
| Chgt Forme E ou transf | | | | | | | | | | | Gr | Gr, CE | | | | CE | | CE | | Gr, |
| Var Evol E stockée | | | | Gr,CE | | | | | | | Gr | Gr, CE | Gr | CE | | | | CE | | Gr |
| Var Quantité transférée | | | | Gr,CE | | Gr | | | | | | | | | | | | | | |
| Conservation énergie | | | CE | | | | | | | | Gr, CE | Gr, CE | | | | | | CE | Gr, CE | Gr, CE |
| Modélisation Fctment phys | Gr, CE | CE | GR, CE | | | Gr, CE | | | | Gr, CE | Gr, CE | | Gr | | | | | CE | Gr | Gr, CE |
| Puissance | | | | | | | | | | | | | | | | | | CE | | |

L'ensemble « travail mécanique » est d'abord introduit en classe entière lors de la correction des premières questions d'un exercice, ensuite en groupe durant la poursuite de la réalisation.

L'ensemble « travail électrique » n'est introduit qu'en groupe, il ne constitue pas un objet d'étude en classe entière.

Dans la classe 2.

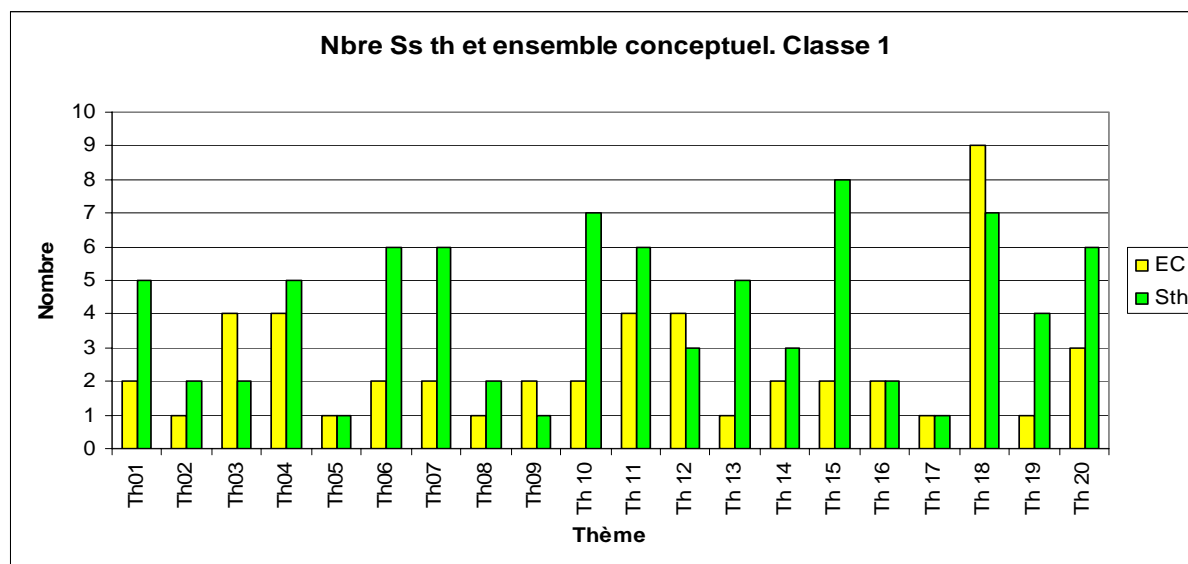
Dans cette classe, tous les ensembles conceptuels sont introduits en classe entière, sauf deux qui sont d'abord traités en groupe puis repris comme les autres en classe entière : formes ou adjectifs qualifiant énergie dans la vie de tous les jours et adjectifs qualifiant énergie en physique.

Nombre de sous-thèmes et nombre d'ensembles conceptuels dans chaque thème

Le découpage mésoscopique des thèmes nous a donné un nombre important de sous-thèmes dans lesquels il n'y a pas eu de ressemblance entre les deux classes. Ainsi nous avons construit, séparément dans chaque classe, la structuration de chaque thème en termes de nombres de sous-thèmes (graphiques 13 et 14) et nous l'avons utilisé dans la présentation de chaque thème. Au niveau microscopique, pour trouver quelque chose de comparable entre les deux classes, nous avons analysé les deux classes à partir d'un outil commun : ensembles conceptuels. Notre objectif est de comparer à l'aide de cet outil les différents sous-thèmes de chaque thème dans les deux classes.

Dans la classe 1

Le graphique 33 visualise la correspondance entre ensembles conceptuels et sous-thèmes dans la classe 1. Nous constatons que pratiquement dans tous les thèmes, le nombre de sous-thèmes est supérieur au nombre d'ensembles conceptuels, ce qui était notre objectif : réduire le découpage et trouver un outil commun aux deux classes. Cependant dans certains thèmes c'est l'inverse : thèmes 3, 9, 12, 18.



Graphique 33 Visualisation du nombre de sous-thèmes et d'ensembles conceptuels par thème. Classe 1.

Dans les thèmes où le nombre d'ensembles conceptuels est égal au nombre de sous-thèmes (5 et 17), il y a identité entre le thème, le sous-thème et l'ensemble conceptuel.

Le cas où le nombre d'ensembles conceptuels est supérieur à celui des sous-thèmes peut s'expliquer aisément. Dans les thèmes 3 et 18, il s'agit de l'introduction de textes du modèle riches conceptuellement.

Le thème 9 est constitué d'un seul sous-thème qui se trouve être en même l'ensemble conceptuel principal (modes de transfert d'énergie). Mais un autre est évoqué (chaîne énergétique).

Le thème 12 est étalé sur deux séances, la classe a fait un rappel dans lequel presque le premier sous-thème est repris à un moment différent dans la chronologie du thème. Cette reprise dans une nouvelle séance expliquerait un nombre plus grand d'ensembles conceptuels que de sous-thèmes.

En tenant compte de ces particularités, nous voyons que globalement le nombre d'ensembles conceptuels est plus petit que le nombre de sous-thèmes, ce qui augmenterait la chance de pouvoir faire la comparaison avec la classe 2 à partir de ce même.

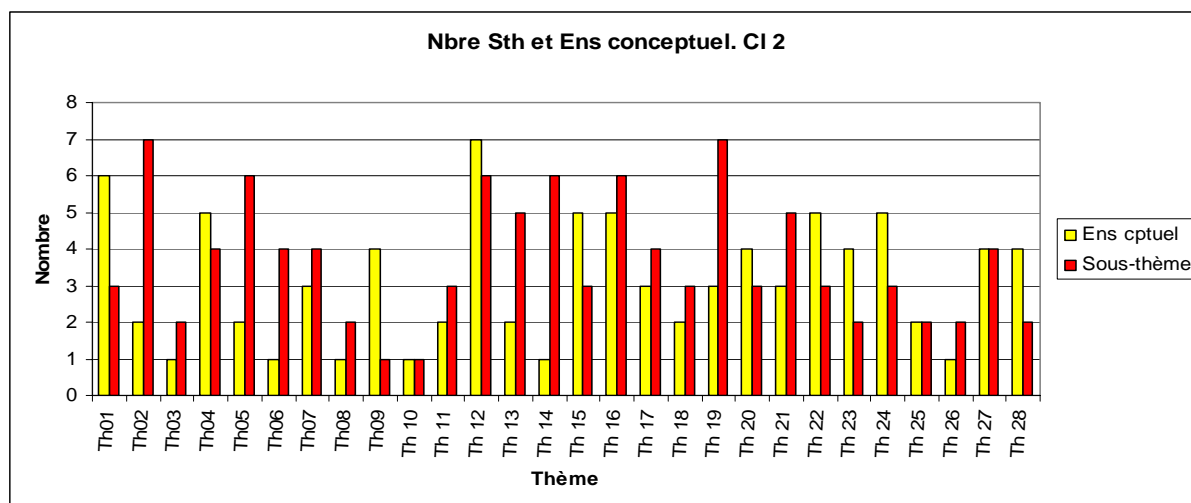
Dans la classe 2

Le découpage des thèmes en sous-thèmes avait donné 103 sous-thèmes différents dans cette classe. En prenant les ensembles conceptuels qui sont au nombre de 15 dans cette classe, nous procédons par catégorisation. En référence au graphique 34, nous avons les catégories suivantes :

- le nombre d'ensembles conceptuels supérieur au nombre de sous-thèmes : 1, 4, 9, 12, 15, 20, 22, 23, 24, 28.

- le nombre d'ensemble conceptuels inférieur au nombre de sous-thèmes : 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21 et 26

- le nombre d'ensemble conceptuels égal au nombre de sous-thèmes : 10, 25 et 27



Graphique 34 Visualisation du nombre de sous-thèmes et d'ensembles conceptuels par thème. Classe 2.

Quand les nombres d'ensembles conceptuels sont égaux au nombre de sous-thème nous distinguons deux cas :

- il y a un seul sous-thème. On a alors coïncidence : le titre du thème est le même que celui du sous-thème qui est aussi identique à l'ensemble conceptuel

- le nombre de sous-thème supérieur à un : dans ce cas le type de découpage des ensembles conceptuels peut ne pas correspondre au découpage en sous-thème (th 27).

En résumé les ensembles conceptuels que nous utilisons dans l'analyse microscopique sont identiques aux sous-thèmes dans le cas où le thème se réduit à un seul sous-thème. Dans les autres cas le découpage n'est pas identique. Nous en déduisons que les ensembles conceptuels, à cause de leur nombre restreints, sont à priori pertinents pour comparer l'enseignement (du point de vue de la chronogenèse) dans les deux classes.

Analyse globale des ensembles conceptuels.

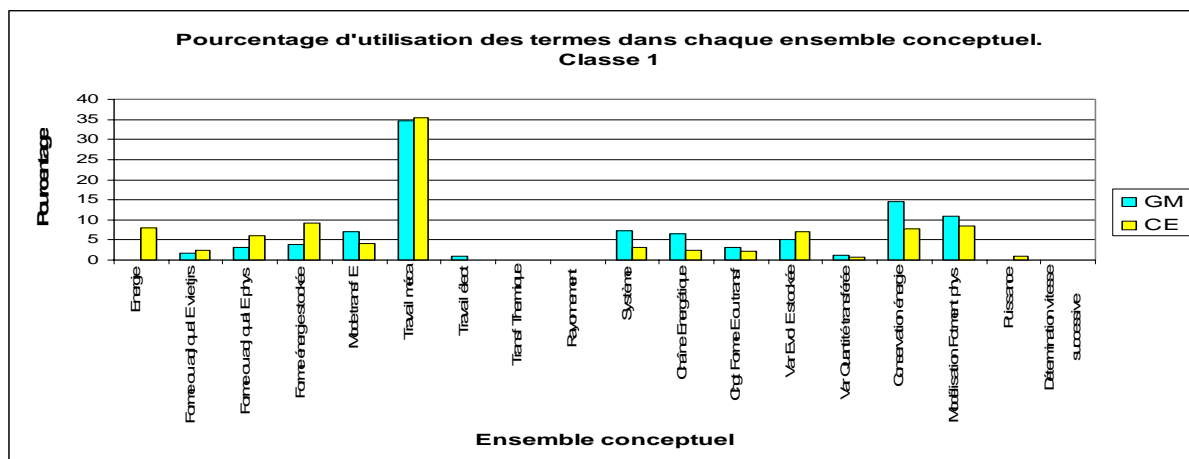
Cette analyse globale, en partant de la distribution des ensembles conceptuels regroupant les pourcentages des mots/expressions utilisés, se focalise sur le fait que l'ensemble conceptuel est du point de vue objet d'étude principal ou non. Cette analyse se fait selon l'organisation dans chaque classe, ensuite une comparaison entre les deux sera faite unique en classe entière.

Caractérisation des classes en termes d'ensembles conceptuels principaux selon de type d'organisation de la classe.

Nous rappelons que les deux classes ont des organisations différentes durant la séquence. Dans la classe 1 toutes les formes d'organisation sont utilisées (classe entière, groupe ou mixte) alors que dans la classe 2, la « classe entière » est la forme qui est utilisée fréquemment. L'organisation « groupe » n'est utilisée qu'une seule fois et l'organisation individuelle est utilisée durant la réalisation des exercices d'application. Puisque durant cette forme d'organisation (individuelle), il n'y a pas de verbalisation aussi bien du côté de l'enseignant que du côté des élèves, le nombre de mots/expressions utilisés est nul. Ceci explique nos résultats (tableau 57, la classe 1 utilise 55% de ses mots/expressions en classe entière contre 45% en groupe/mixte alors que la classe 2 utilise 98% de ses mots/expressions en classe entière contre 2% en groupe.

Distribution des ensembles conceptuels dans la classe 1

Le graphique 35 montre le pourcentage d'utilisation des mots/expressions suivant chaque ensemble conceptuel et les types d'organisation de la classe.



Graphique 35 Visualisation des pourcentages d'utilisation des mots/expressions en fonction du type d'organisation de la classe (CE ou Gr et Mixte) dans la classe 1 (Total de mots/expressions : 3085 dont 1703 en CE et 1382 en Gr/M). Classe 1

En prenant l'hypothèse qu'un ensemble conceptuel est privilégié s'il a un pourcentage global au moins égal à 5%, nous avons les résultats suivants :

- la classe 1 privilégie, aussi bien en classe entière et en groupe/mixte, l'étude des ensembles conceptuels suivants : « travail mécanique », « conservation de l'énergie », « variation/évolution énergie stockée et « processus de modélisation et fonctionnement de la physique » ;

- elle privilégie l'étude des ensembles conceptuels suivant en classe entière seulement : « énergie », « forme ou adjectif qualifiant l'énergie en physique », « forme énergie stockée ».

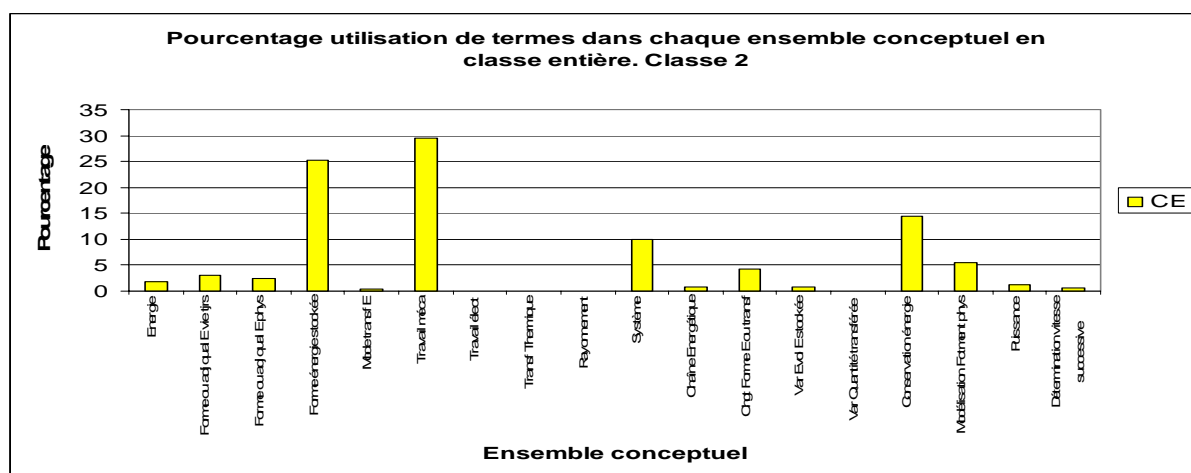
- elle privilégie l'étude des ensembles conceptuels suivant en groupe/mixte : « modes de transfert d'énergie », « système », « chaîne énergétique » ;

- l'étude des ensembles conceptuels n'est ni privilégiés en classe entière ni en groupe/mixte : « formes ou adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours », « travail électrique », « changement de forme d'énergie », « variation quantité d'énergie transférée » et « puissance ») ;

- les ensembles (« transfert thermique » et « rayonnement ») ne sont évoqués ni en classe entière, ni en groupe/mixte.

Distribution des ensembles conceptuels dans la classe 2

Lors du travail de groupe, la classe 2 utilise deux ensembles conceptuels concernant essentiellement les formes ou adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours et en physique. Le graphique 36 montre la distribution des ensembles conceptuels en classe entière.



Graphique 36 Visualisation des pourcentages d'utilisation des mots/expressions par ensemble conceptuel (fré utilisation de mots/expressions : 3009).

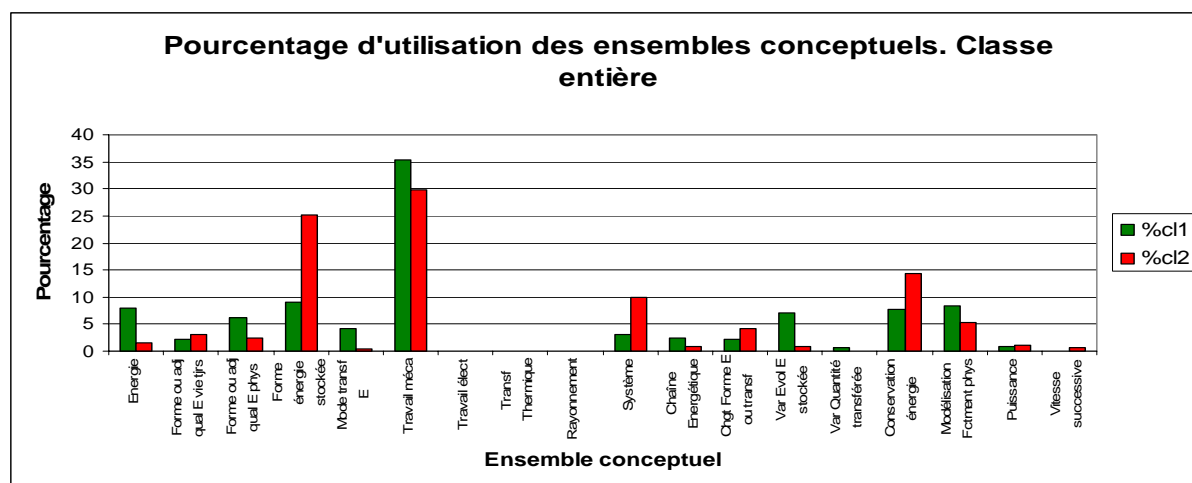
La classe 2 privilégie en classe entière les ensembles conceptuels suivants : « travail mécanique », « forme énergie stockée », « système », « conservation énergie » et « processus de modélisation et fonctionnement de la physique ».

Comparaison de la distribution des ensembles conceptuels dans les deux classes (en classe entière)

Le graphique 37 visualise le pourcentage d'utilisation des mots/expressions dans les différents ensembles conceptuels en classe entière et dans les deux classes.

Il montre que les deux classes privilégient dans leur étude les ensembles conceptuels

suivants : « travail mécanique », « forme d'énergie stockée », « conservation énergie » et « processus de modélisation et fonctionnement de la physique ». Les ensembles conceptuels uniquement privilégiés par l'une des classes sont les suivants : « énergie », « forme ou adjectif qualifiant énergie en physique » et « variation/évolution énergie stockée » pour la classe 1 et « système » pour la classe 2.



Graphique 37 Visualisation des pourcentages d'utilisation des mots ou groupes de mots dans chaque classe (classe entière) (Total des mots/expressions utilisés : 1703 en classe 1 et 3009 en classe 2).

Le « travail mécanique » est privilégié dans les deux classes avec 35% pour la classe 1 et 30% pour la classe 2 en classe entière. Ce qui donne un léger avantage à la classe 1 concernant l'étude de cet ensemble conceptuel.

Les « formes d'énergie stockées » font aussi partie des ensembles conceptuels qui sont privilégiés en classe entière dans les deux classes, de même que la « conservation de l'énergie ». Dans ces deux cas, le pourcentage de mots/expressions utilisés est plus important en classe 2 qu'en classe 1. Le processus de modélisation et le fonctionnement de la physique est aussi privilégié par les deux classes avec un léger avantage pour la classe 1.

Ensuite viennent ceux qui sont privilégiés seulement par la classe 1, il s'agit de : « énergie », « forme ou adjectifs qualifiant énergie en physique », variation/évolution énergie stockée ». Et celui qui est seulement privilégié par la classe 2 : « système ».

En tenant compte de ces deux catégories, nous remarquons que la classe 1 privilégie plus d'ensembles conceptuels (7 ensembles conceptuels) dans son enseignement que la classe 2 (5 ensembles conceptuels).

Caractérisation des classes en termes de reprises des ensembles conceptuels dans les thèmes et dans les séances en classe entière.

Nous nous intéressons maintenant à la reprise du savoir enseigné dans les deux classes. Notre hypothèse est la suivante : l'étalement des ensembles conceptuels sur plusieurs thèmes et séances est synonyme de reprise du savoir enseigné dans la classe.

En tenant compte de la valeur du pourcentage (l'ensemble conceptuel principal), nous allons caractériser les deux classes en nous focalisant sur la façon dont les ensembles conceptuels principaux sont ré utilisés suivant les thèmes et les séances.

Étalement des ensembles conceptuels sur les thèmes et sur les séances dans la classe 1

Le tableau 58 montre l'étalement des ensembles conceptuels sur les thèmes et sur les séances. La caractérisation de la classe consiste à identifier d'abord les moments de première utilisation de chaque ensemble conceptuel, ensuite à se focaliser sur leur étalement qui est synonyme de leur reprise au cours de l'enseignement. Rappelons que nous avons montré que la valeur élevée du pourcentage est un indicateur pour dire que l'ensemble conceptuel concerné est plus privilégié parmi ceux qui sont principaux.

Les ensembles conceptuels présents dès la première séance sont : « énergie », « modes de transfert d'énergie », « système », « chaîne énergétique », « variation quantité d'énergie transférée » et « processus de modélisation et fonctionnement de la physique ». Ce dernier est repris dans deux thèmes durant la séance

La classe utilise pour la première fois, dans la deuxième séance, les ensembles conceptuels suivants : « travail mécanique », « forme ou adjectif qualifiant énergie dans la vie de tous les jours », « forme ou adjectifs qualifiant énergie en physique » et « forme énergie stockée ».

Il n'y a pas eu d'introduction d'un nouvel ensemble conceptuel lors de la troisième et la quatrième séance.

Le « changement de forme d'énergie » est introduit pour la première fois dans la cinquième séance.

La « conservation de l'énergie » et la « puissance » apparaissent pour la première fois dans la sixième séance.

En tenant compte toujours de la valeur du pourcentage d'utilisation des termes supérieure à 5, l'ensemble conceptuel qui ne fait que l'objet d'une évocation durant la séquence est : « variation/évolution quantité d'énergie transférée »

Si nous considérons que le nombre de reprise d'un ensemble conceptuel peut nous renseigner sur le degré d'insistance de la classe sur cet ensemble conceptuel alors nous pouvons dire que la classe 1 insiste plus sur les ensembles conceptuels suivants : le travail mécanique (7 thèmes sur 4 séances), forme d'énergie stockée (3 thèmes sur 4 séances), variation/évolution énergie stockée (3 thèmes sur 5 séances), conservation (3 thèmes sur 2 séances) et processus de modélisation et fonctionnement de la physique (4 thèmes sur 3 séances) et énergie (2 thèmes sur 2 séances)

Étalement des ensembles conceptuels sur les thèmes et sur les séances dans la classe 2

Le tableau 59 visualise l'étalement des ensembles conceptuels sur les thèmes et les séances dans la classe 2. La caractérisation de la classe en termes de première utilisation et de reprises d'ensembles conceptuels donne les résultats suivants :

-les ensembles conceptuels qui sont utilisés pour la première fois dans la première séance sont les suivants : « énergie » (th 1), « travail mécanique » (th 2), « système » (th 1) et « processus de modélisation et fonctionnement de la physique ».

-l'ensemble conceptuel « chaîne énergétique » est utilisé pour la première fois durant la deuxième séance (S1 (th 4))

-ceux qui sont utilisés pour la première fois durant la troisième séance sont : « puissance » (th 8) et « Vitesse successive » (th 10). Ce dernier ne fait que l'objet d'une seule utilisation.

- les ensembles qui sont utilisés pour la première fois durant la quatrième séance : « forme ou

adjectif qualifiant énergie dans la vie de tous les jours » (th 12), « forme ou adjectif qualifiant énergie en physique » (th 12) et « forme énergie stockée » (th 13). Les deux premiers ne sont utilisés qu'une seule fois dans cette séquence.

-l'ensemble conceptuel « conservation de l'énergie » (S5 th 15) est utilisé pour la première fois dans la cinquième séance

- l'ensemble conceptuel « changement de forme d'énergie » est utilisé pour la première fois dans la séance 7 au thème 22 (S7 th 22).

Si nous considérons comme pour la classe 1 le nombre de reprise, nous pouvons dire que la classe 1 insiste plus sur les ensembles conceptuels suivants : travail mécanique (12 thèmes sur 5 séances), conservation de l'énergie (11 thèmes sur 4 séances), formes d'énergie stockées (8 thèmes sur 5 séances), système (7 thèmes sur 5 séances), processus de modélisation et fonctionnement de la physique (5 thèmes sur 4 séances) et changement de forme d'énergie (4 thèmes sur 2 séances).

Comparaison de l'étalement des ensembles conceptuels sur les thèmes et sur les séances dans les deux classes

La première introduction d'un ensemble conceptuel est différente d'une classe à une autre. Certains sont introduits tôt dans l'une des classes et tard dans l'autre, nous donnons quelques exemples.

Du point de vue de la première utilisation les ensembles conceptuels « énergie », « système », « processus de modélisation et fonctionnement de la physique » sont introduits dans la première séance dans les deux classes.

L'ensemble conceptuel « travail mécanique » est introduit tôt dans les deux classes : première séance pour la classe 2 et deuxième séance pour la classe 1.

Les ensembles conceptuels « formes ou adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours et en physiques » sont introduits plus tôt dans la classe 1 (deuxième séance) que dans la classe 2 (quatrième séance).

L'ensemble conceptuel « conservation de l'énergie » est introduit tôt dans la classe 1 (première séance) et un peu tardivement dans la classe 2 (cinquième séance).

L'ensemble « forme d'énergie stocké » est introduit tardivement dans la classe 2 (quatrième séance) et assez tôt dans la classe 1 (fin deuxième séance).

Du point de vue de l'étalement sur les thèmes ou sur les séances, les deux graphiques 58 et 59 montrent que c'est dans la classe 2 que l'on retrouve le plus d'ensembles conceptuels repris. Ceci peut s'interpréter en disant que la reprise du savoir enseigné est plus accentuée dans la classe 2 que dans la classe 1. L'ensemble conceptuel « travail mécanique » en est un exemple : il est étalé sur 7 thèmes et 4 séances dans la classe 1 et sur 12 thèmes et 5 séances dans la classe 2.

Conditions d'introduction et de ré utilisation d'un ensemble conceptuel

Comme le montre notre analyse, les conditions d'introduction d'un ensemble conceptuel sont différentes d'un ensemble à l'autre, il en est de même pour la ré utilisation des ensembles conceptuels. Nous allons illustrer ce résultat en prenant l'ensemble conceptuel « travail mécanique » qui est le plus présent dans les deux classes.

La première utilisation de cet ensemble conceptuel, dans la classe 1, est à la deuxième séance au thème 6 alors que dans la classe 2, elle est à la première séance au thème 2 (tableaux 58 et 59). Cette introduction est faite lors de la correction d'un exercice en classe 1 et lors d'un

cours magistral dans la classe 2.

Les champs d'application utilisés sont les suivants : dans la classe 1, un schéma sur feuille (donnée dans l'énoncé d'une activité) d'une chaîne énergétique faisant référence à l'expérience de l'objet tiré sur une table par un moteur qui est alimenté par une pile et dans la classe 2, c'est un dessin (au tableau) d'un ouvrier qui soulève un objet de masse m par l'intermédiaire d'un fil qui passe par une poulie.

Les objets d'étude : dans la classe 1, il s'agit d'analyser les systèmes qui figurent dans la chaîne énergétique en termes d'interaction entre systèmes et de forces mises en jeu ; dans la classe 2, il s'agit d'introduire la définition du travail d'une force en déplacement et de donner son expression suivant des cas différents (force constante, déplacement rectiligne ou quelconque etc.). Chacune des classes a utilisé respectivement 152 (classe 1, le thème 6) et 216 (classe 2, le thème 2) mots/expressions durant les thèmes 6 et 2, le tableau 61 donne ceux qui sont plus utilisés.

Tableau 61 Quelques mots/expressions associés à l'ensemble conceptuel « travail mécanique » et leur nombre d'utilisation. Première utilisation

| Classe 1 (S2, Thème 6, CE) Correction exercice | Classe 2 (S1, Thème 2, CE) Cours magistral |
|--|---|
| Force exercée par A sur B (10 fois) | Travail (6 fois) |
| Interaction (10 fois) | Force (6 fois) |
| Domaine de la mécanique (8 fois) | Tension (6 fois) |
| Force (8 fois) | Travail élémentaire (5 fois) |
| Système (8 fois) | Déplacement quelconque (4 fois) |
| Travail mécanique (6 fois) | Facteurs dont dépend le travail (4 fois) |
| Diagramme interaction (5 fois) | Poids (4 fois) |
| Force exercée par C (4 fois) | Point d'application de la force (4 fois) |
| Vecteur somme force colinéaire vecteur Δv (4 fois) | Système (4 fois) |
| Interaction entre A et B | Travail de la force (3 fois) |
| Troisième loi de Newton (3 fois) | Angle entre vecteur force et vecteur déplacement (3 fois) |
| Modèle de la mécanique (3 fois) | Longueur du déplacement (3 fois) |
| Sens du mouvement (3 fois) | Déplacement rectiligne (3 fois) |
| Poids (3 fois) | Intensité de la force (3 fois) |
| Réaction (3 fois) | Hauteur (3 fois) |

En ce qui concerne la première utilisation de cet ensemble conceptuel (travail mécanique), elle est faite à la troisième séance dans le thème 10 dans la classe 1 et à la deuxième séance dans le thème 3 pour la classe 2.

Le champ d'application utilisé durant cette première utilisation dans la classe 1 est le lancer et la réception de médécines-ball de masses différentes (expérience réalisée par les élèves) et dans la classe 2, il s'agit d'un objet en mouvement dans l'espace (dessiné au tableau par l'enseignant). Dans la classe 1 il s'agit d'analyser, dans une activité, les phrases construites par les élèves pour décrire les gestes réalisés lors du lancer et de la réception d'un médécine-ball durant l'expérience en vue de faire émerger les grandeurs physiques. Et dans la classe 2, il s'agit d'appliquer, dans un cours magistral, l'expression du travail d'une force constante (ici le poids).

Le nombre de mots/expressions utilisés dans ce cas est : 68 (classe 1) et 62 (Classe 2). Le

tableau 62 donne, en guise d'illustration, quelques mots/expressions utilisés dans chaque classe.

Tableau 62 Quelques mots/expressions utilisés dans l'ensemble conceptuel « travail mécanique » et leur nombre d'utilisation. Première ré utilisation

| Classe 1, S3, Thème 10, CE Activité | S2, Thème 3, CE Cours magistral |
|--|---|
| Vitesse (6 fois) | Travail du poids fonction variation altitude (5 fois) |
| Force (6) | Position finale (3) |
| Domaine de la physique (6) | Position initiale (3 fois) |
| Grandeur physique mécanique (4 fois) | Coordonnées d'un vecteur (3 fois) |
| Masse (4 fois) | Système d'axe (3 fois) |
| Distance (3 fois) | Force constante (2 fois) |
| Grandeur physique macroscopique (3 fois) | Poids (2 fois) |
| Energie (2 fois) | Composants du poids (2 fois) |
| Mouvement (2 fois) | Coordonnées de positions (2 fois) |
| Poids (2 fois) | Produit scalaire entre deux vecteurs (2 fois) |
| Accélération (1 fois) | Travail du poids (2 fois) |
| Attraction terrestre (1 fois) | $W_{AB}(P) = mg \Delta z$ (2 fois) |
| Interaction (1 fois) | Sens d'orientation de l'axe (1 fois) |

Cet exemple est une illustration de la différence qu'il y a entre une première introduction et un ré utilisation d'un ensemble conceptuel. Les mots/expressions peuvent être différents d'un ensemble conceptuel à un autre dans une même classe et d'une classe à l'autre. Ceux qui sont identiques du point de vue lexical peuvent avoir des différences qui dépendent du champ d'application, du thème, de la phase didactique ou de l'organisation de la classe, du registre sémiotique et des mondes (des objets/événements et théorie/modèles).

Analyse des séquences du point de vue de la modélisation et des registres sémiotiques.

L'analyse qui va suivre se réfère à l'approche en termes de mondes objets/événements et de la théorie et des modèles (A. Tiberghien, 1994-2007) et des registres sémiotiques (Duval, 1995). Nous considérons que la compréhension du monde et des phénomènes qui nous entourent (c'est-à-dire leur explication, leur description ou leur interprétation) peut se faire par une mise en relation entre les éléments des deux mondes (objets/événements et théorie/modèles). En se focalisant sur l'organisation en classe entière, nous allons caractériser chaque classe en termes de mondes et de registres sémiotiques utilisés lors de la séquence de l'enseignement de l'énergie.

Caractérisation des deux classes en termes MOE et MTM.

Dans cette analyse nous nous limitons à l'organisation en classe entière.

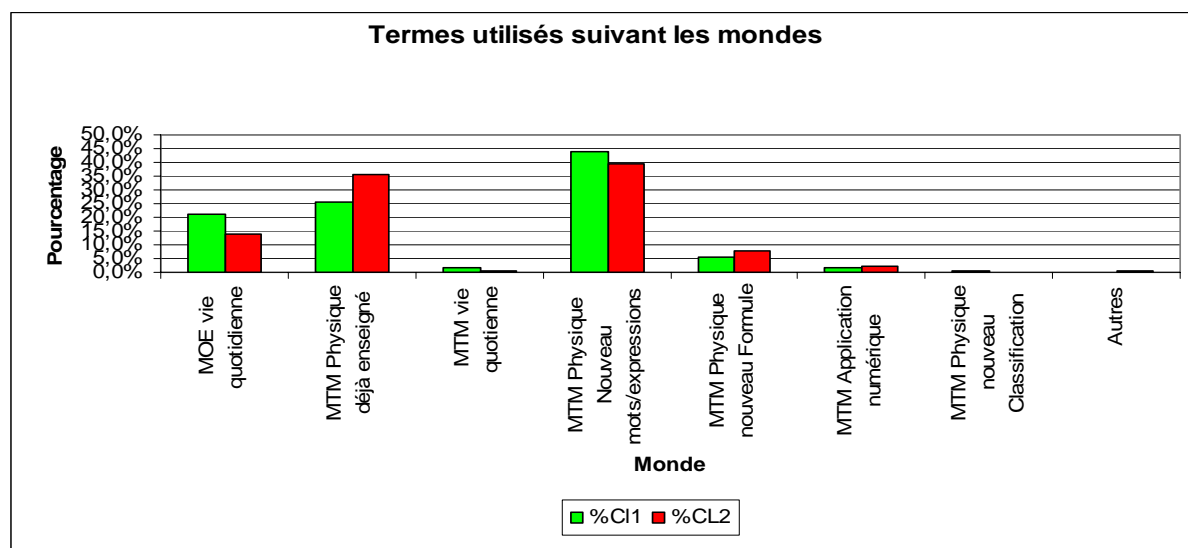
Analyse globale

Distributions des termes selon les mondes et les thèmes

Le graphique 38 représente le pourcentage d'utilisation de chacune de ces catégories selon la classification des différents mondes. Ainsi nous avons dans le monde des objets/événements les termes qui proviennent de la vie quotidienne et les dessins qu'utilise la classe.

Le monde de la théorie/modèles est catégorisé de la façon suivante :

- les mots expressions considérés comme faisant partie de la vie quotidienne seront notés : MTM vie quotidienne par exemple : reçoit de l'énergie, fournit de l'énergie, échange d'énergie etc ;
- les mots ou expressions que nous considérons comme des notions ou des concepts en physiques qui sont utilisés en classe et qui ont été déjà enseignés dans les classes antérieures seront notés : MTM physique déjà enseigné, par exemple : point d'application de la force, force exercée par A sur B etc ;
- les savoirs concernant les phénomènes énergétiques qui font l'objet d'enseignement dans cette séquence, que nous considérons comme un savoir nouveau du point de vue de son enseignement, sont notés MTM physique nouveau. Dans cette rubrique nous aurons pour les mots/expressions (MTM physique nouveaux mots/expressions (transfert d'énergie ; transfert par mode travail mécanique, changement de forme d'énergie etc)) ; les formules (MTM physique nouvelle formule ($E_c = 1/2mv^2$, $E_p = mgz$ etc)) ; tout ce qui est application numérique (MTM physique nouvelle application numérique, valeur numérique à l'issue de développement de formule) ; tout ce qui relève de la classification (dans les colonnes ou dans les ensembles) (MTM physique nouvelle classification (classification des adjectifs qualifiant l'énergie selon les différents domaines)).
- les schémas utilisés qu'ils soient superposés ou séparés seront notés MTM schéma.
- autres qu'on ne peut pas classer (autres)



Graphique 38 pourcentage des mots et expressions selon les catégories de la modélisation. Calculé à partir 1246 -11 dessins et schéma : 1235 en classe 1 et 2034 -48 = 1986 pour la classe 2.

L'interprétation qu'on tire du graphique 38 est que les mots/expressions de la vie courante et du savoir déjà enseigné accompagnent fortement le nouveau savoir (les mots/expressions faisant référence aux phénomènes énergétiques) dans les deux classes.

Ce graphique 38 montre qu'il y a présence dans les deux classes des deux mondes : (MOE et MTM). Il montre aussi la prédominance de termes utilisés dans le monde de la théorie et des modèles, ce qui confirme les résultats obtenus dans l'analyse à priori des programmes : l'enseignement des phénomènes énergétiques en première scientifiques dans les deux classes est théorique, ce qui s'explique par le fait que l'énergie est un concept abstrait.

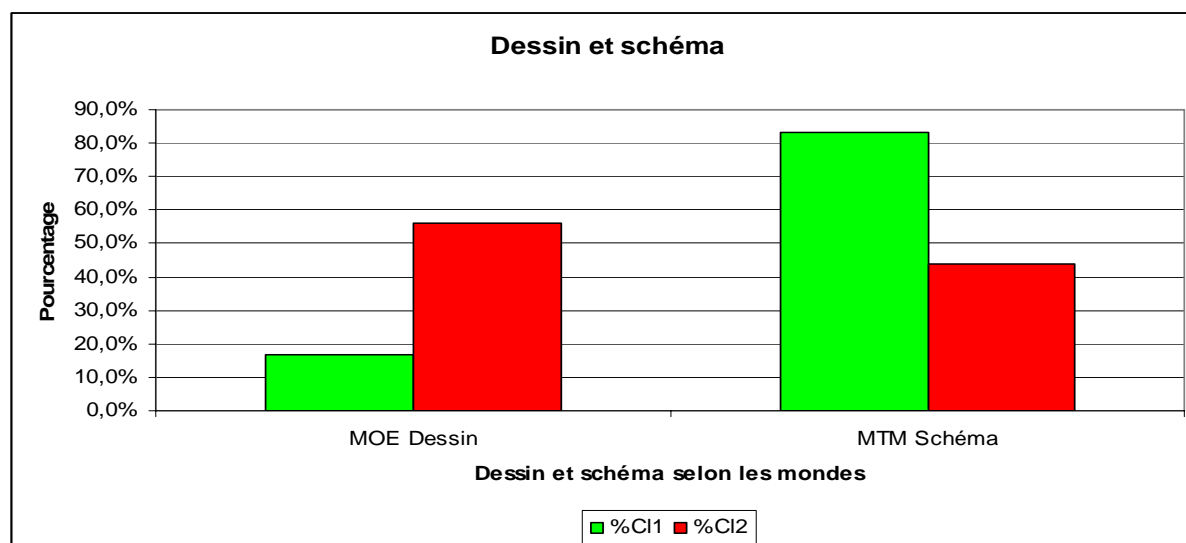
La classe 1 utilise dans le monde des objets/événements plus de termes liés à la vie quotidienne que la classe 2.

Dans le MTM, au moins le quart des mots/expressions utilisés dans les deux classes sont déjà enseignés dans les niveaux précédents ou dans les séquences précédentes et environ 40% de ces mots/expressions se réfèrent aux nouveaux savoirs (les phénomènes énergétiques). La classe 2 utilise plus de mots/expressions qui se réfèrent aux savoirs déjà enseignés que la classe 1. Du point de vue des mots/expressions faisant référence aux nouveaux savoirs (ici les mots/expressions qui font référence aux phénomènes énergétiques), la classe 1 en utilise plus que la classe 2. Du point de vue formules, applications numériques, la classe 2 en utilise plus que la classe 1. La classe 1 fait plus d'activité où il s'agit de classer des phrases ou des termes dans des ensembles ou dans des colonnes, la classe 2 utilise d'autres mots/expressions que nous ne pouvons pas classer.

Distributions des dessins et schémas selon les mondes et les thèmes

Nous avons repéré dans la base de données Transana, les différentes représentations iconiques (dessins et schémas) utilisées dans le tableau de la classe ou dans les feuilles distribuées dans l'une des classes. Nous avons repéré, à l'aide de la fonction balisage temporel, les différents moments où un schéma ou un dessin est utilisé dans la classe. Ainsi la classe 1 a 11 icônes (représentations graphiques) dont 1 dessin et 10 schémas et la classe 2 en utilise 48 dont 27 dessins et 21 schémas qui sont en général superposé aux dessins : pratiquement nous avons autant de dessins que de schémas.

Le graphique 39 montre que globalement la classe 2 (27 dessins et de 21 schéma) utilise plus de représentations iconiques que la classe 1 (1 dessin et 10 schémas) et que la classe 2 a tendance à utiliser plus de dessins que de schémas, alors que la classe 1 fait l'inverse.



Graphique 39 Répartition des dessins et schémas selon les deux mondes dans les deux classes. 100% correspond à 11 en classe 1 et 48 n classe 2

La forte utilisation de dessins dans la classe 2 peut s'expliquer par l'absence d'expérience durant la séquence là où la classe 1 en a fait deux durant la séquence d'enseignement de l'énergie (l'expérience de l'objet tiré sur une table horizontale par un moteur qui est alimenté par une pile et le lancer et la réception du médecine-ball). Ce manque d'expérience dans la classe 2 montre l'importance de la thèse de Kane (2004) qui propose une ré écriture des programmes de physique et de chimie du Sénégal en vue de donner à l'expérimentation une

place honorable.

Analyse de la coexistence entre les mondes selon les thèmes (représentations langagière et symbolique) en classe entière

Nous allons identifier les thèmes où il y a coexistence entre les différentes catégories de mondes, en se basant sur la catégorisation que ne venons de faire ci-dessus.

MTM en physique nouveau savoir mots/expressions et en physique mots/expressions déjà enseigné

Rappelons que les mots/expressions de conditions d'utilisation différentes recensés dans la base de données SPSS sont au nombre de 1246 en classe entière dans la classe 1 et 2034 dans la classe 2 (cf méthodologie). Dans ces 1246, il y a 11 qui sont identifiés par le chercheur comme des dessins ou de schémas, donc il reste 1236 pour la classe 1 et 1986 (2034-48 pour schéma)

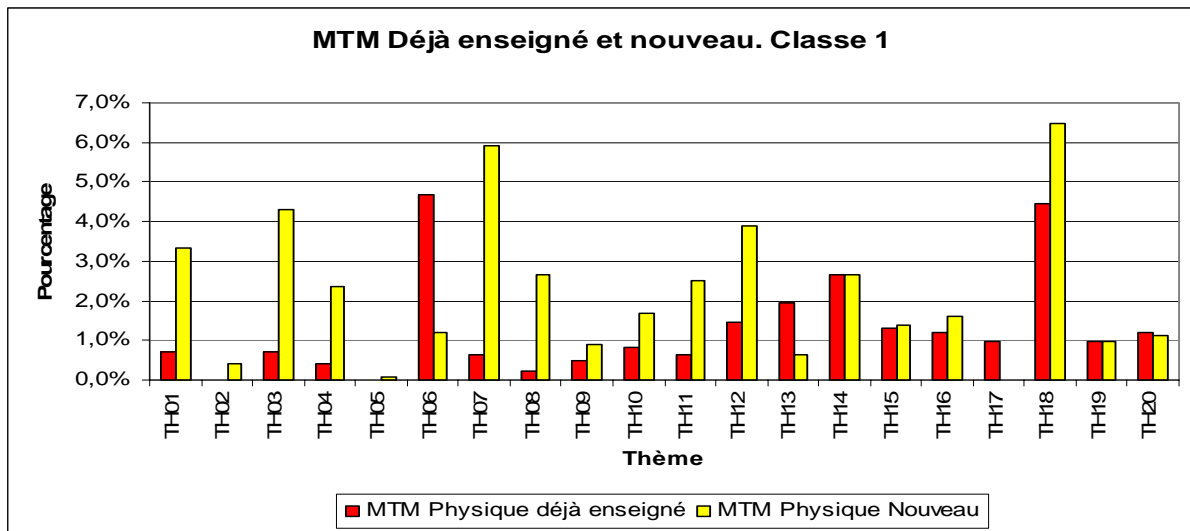
Le tableau 63 illustre la répartition des mots/expressions selon les catégories des mondes.

Classe 1

Tableau 63 Distribution des mots/expressions suivant les mondes en classe entière

| Mots/expressions suivant le : | Classe 1 | | Classe 2 | |
|---------------------------------------|--------------|------------|--------------|-------------|
| | Nbre de mots | %p/rap1235 | Nbre de mots | %p/rap 1986 |
| MOE vie quotidienne | 262 | 21,2% | 273 | 13,7% |
| MTM Physique déjà enseigné | 316 | 25,6% | 708 | 35,6% |
| MTM vie quotidienne | 20 | 1,6% | 11 | 0,6% |
| MTM Physique Nouveau savoir | 545 | 44,1% | 778 | 39,2% |
| MTM physique nouveau savoir (Formule) | 67 | 5,4% | 157 | 7,9% |
| MTM Physique nouveau Appl. num | 19 | 1,5% | 50 | 2,5% |
| MTM Physique nveau. Classification | 6 | 0,5% | 2 | 0,1% |
| Autres | | | 7 | 0,4% |
| Total 1 | 1235 | 100,0% | 1986 | 100,0% |

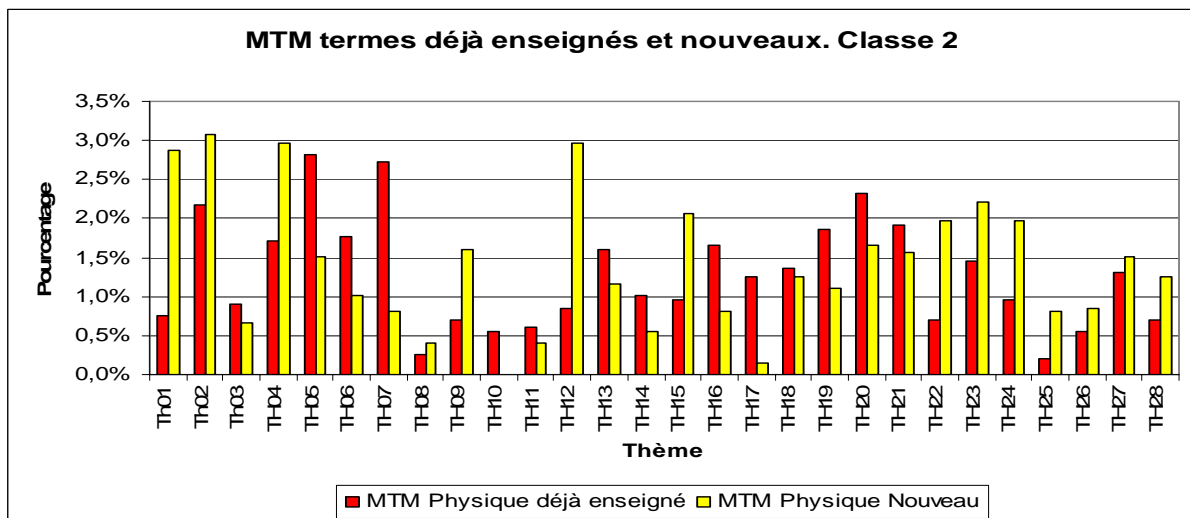
Les mots/expressions utilisés dans le monde de la théorie/modèles occupent les 44% (545) des mots/expressions recensés appartenant aux registres langagier et symbolique (1235) (tableau 63). A la différence des tableaux 58 et 59 qui sont issus des tableaux de l'annexe 3, ici le nombre de fois que le mot ou l'expression apparaît n'est pas pris en compte, ce qui nous intéresse c'est la nature du mot ou de l'expression dans les conditions d'utilisation. Le graphique 40 montre que pratiquement dans tous les thèmes il y a coexistence de mots/expressions appartenant au monde de la théorie/modèles entre le savoir nouveau (MTM Physique nouveau savoir) et le savoir antérieur (MTM Physique déjà enseigné), ce qui est enseigné dans les classes précédentes). Pratiquement dans tous les thèmes, sauf deux (thèmes 6 et 13), le pourcentage de mots/expressions utilisés comme savoir déjà enseigné est inférieur à ceux utilisés comme nouveau savoir. La classe 1 utilise un minimum de savoir déjà enseigné pour la construction de nouveau savoir.



Graphique 40 Coexistence entre les termes utilisés dans MTM nouveau savoir et MTM déjà enseigné en classe entière dans la classe 1. (% par rapport à 1235 mots/expressions, 545 mots/expressions pour MTM nouveau et 316 mots/expressions déjà enseignés répartis entre les 20 thèmes)

Classe 2

Les 778 mots/expressions utilisés dans la classe 2 occupent un pourcentage d'environ 39% sur les 1986, ils sont catégorisés dans le monde de la théorie/modèles (tableau 63). Dans cette classe, les mots utilisés considérés comme faisant partie du savoir déjà enseigné sont très importants (graphique 41). On peut l'interpréter comme une classe qui s'appuie sur ce qui est déjà vu dans les classes antérieures.



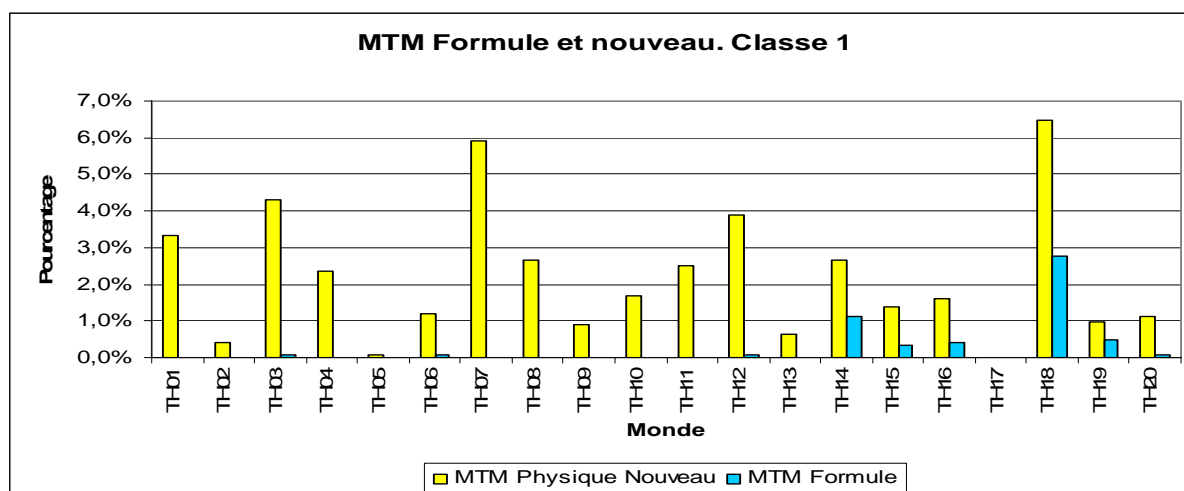
Graphique 41 Coexistence entre les termes utilisés dans MTM nouveau savoir et MTM déjà enseigné en classe entière dans la classe 2. (% par rapport à 1986, 778 mots/expressions dans MTM nouveau et 708 mots/expressions dans MTM déjà enseigné répartis entre les 28 thèmes).

MTM en physique nouveau savoir mots/expressions et physique (formule)

Classe 1

Le graphique 42 montre que la classe 1 a utilisé les expressions littérales (les formules) à la fin de la séquence de l'enseignement de l'énergie (th 14, 15 et 18) et que pratiquement elles

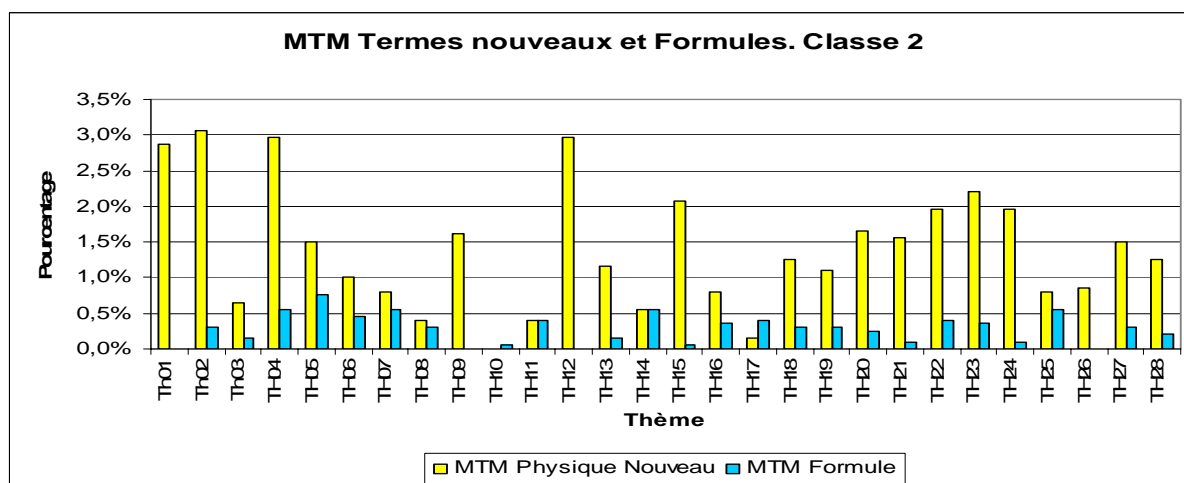
sont toutes concentrées dans les thèmes 14 et 18. La classe 1 ne privilégie pas l'utilisation des expressions littérales (les formules).



Graphique 42 Coexistence entre les termes utilisés dans MTM nouveau savoir et MTM formule en classe entière dans la classe 1. (% par rapport à 1235, 545 mots/expressions dans MTM nouveau et 67 expressions littérales dans MTM formule répartis entre les 20 thèmes).

Classe 2

Comme le montre le graphique 43, la classe 2 privilégie les expressions littérales durant l'enseignement des phénomènes énergétiques. Pratiquement dans tous les thèmes il y a présence de formules littérales sauf dans trois (thèmes 1, 9, 26)



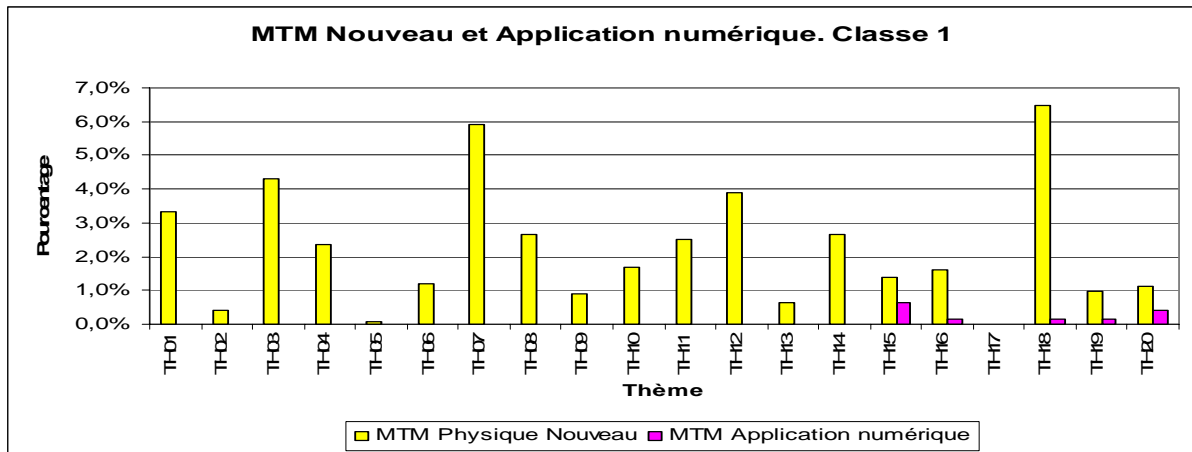
Graphique 43 Coexistence entre les termes utilisés dans MTM nouveau savoir et MTM formule en classe entière dans la classe 2. (% par rapport à 1986, 778 mots/expressions dans MTM nouveau et 157 expressions littérales dans MTM formule répartis entre les 28 thèmes).

MTM en physique nouveau savoir mots/expressions et Physique nouveau savoir (application numérique)

Classe 1

Le graphique 44 montre que l'application numérique, qui accompagne en général les exercices d'application est peu fréquent, ce qui est une confirmation de ce que nous avons dit dans cette classe concernant les formules littérales et la détermination des valeurs numériques

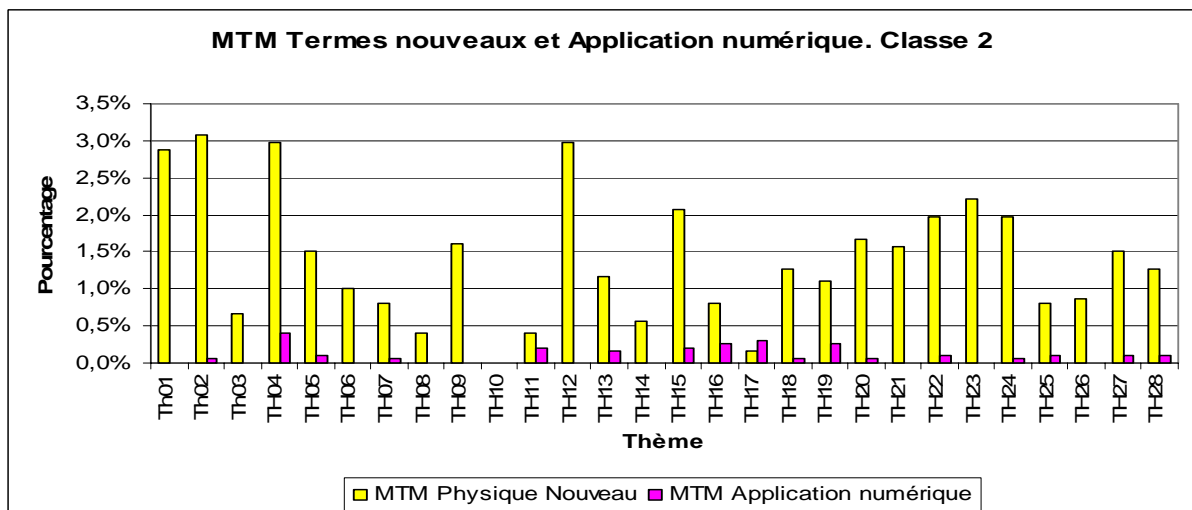
qui ne sont pas privilégiées.



Graphique 44 Coexistence entre les termes utilisés dans MTM nouveau savoir et MTM application numérique entière dans la classe 1. (% par rapport à 1235, 545 mots/expressions dans MTM nouveau et 19 valeurs numériques dans MTM application numérique répartis entre les 20 thèmes).

Classe 2

Le graphique 45 est aussi une confirmation que cette classe privilégie le calcul numérique lors de la résolution des exercices d'application.



Graphique 45 Coexistence entre les termes utilisés dans MTM nouveau savoir et MTM application numérique en classe entière dans la classe 2. (% par rapport à 1986, 778 mots/expressions dans MTM nouveau et 50 valeurs numériques dans MTM formule répartis entre les 28 thèmes).

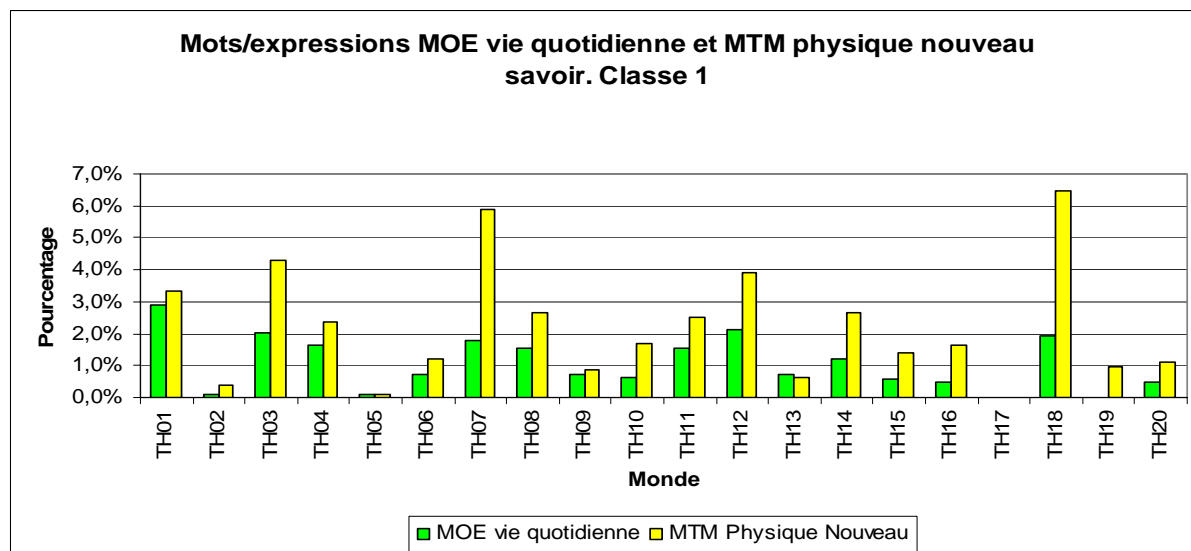
MTM en physique nouveau savoir mots/expressions et mots/expressions dans la vie quotidienne même titre ci-dessous

La coexistence entre les mondes de la théorie/modèles (en physique nouveau savoir) et le monde des objets/événements (dans la vie quotidienne) est présente dans deux thèmes dans les deux classes. Il s'agit dans la classe 1 des thèmes 7 et 8, lors de l'activité de classification des formes d'énergie dans les domaines de la vie quotidienne et en physique. Dans la classe 2, on la retrouve dans les thèmes 1 et 12 où les formes d'énergie sont évoquées (th 1) ou classées dans les domaines de la vie courante ou en physique.

MTM en physique nouveau savoir mots/expressions et MOE mots/expressions dans la vie quotidienne

Classe 1

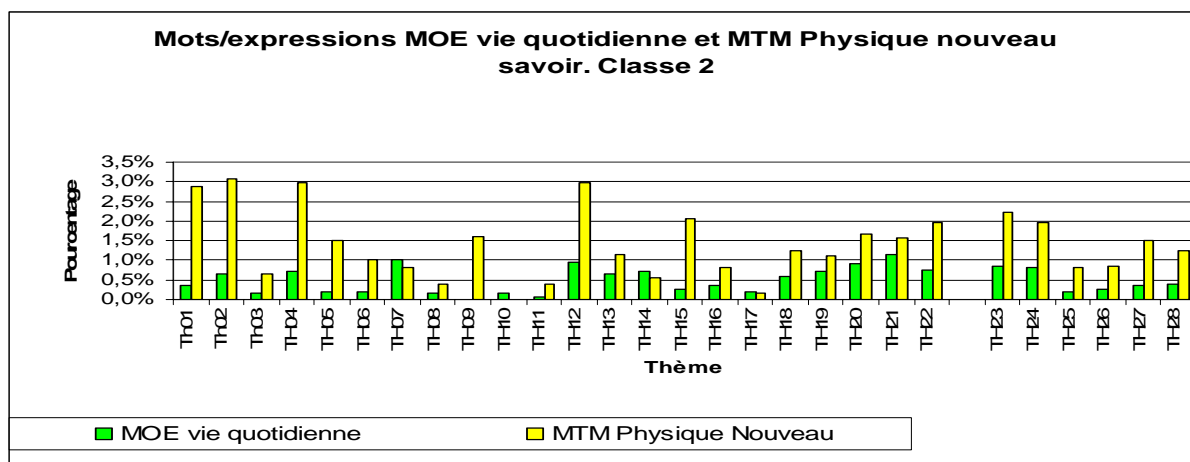
Les mots/expressions utilisés dans le monde des objets/événements concernant la vie quotidienne font partie de ceux qui sont privilégiés dans cette classe avec un pourcentage global de 21% (tableau 63). La répartition selon les thèmes montre la présence de deux mondes dans la plupart des thèmes (graphique 46)



Graphique 46 Coexistence entre les termes utilisés dans MTM nouveau savoir et MOE dans la vie quotidienne en classe entière dans la classe 1. (% par rapport à 1235, 545 mots/expressions dans MTM nouveau et 262 mots/expressions dans MOE dans la vie quotidienne répartis entre les 20 thèmes).

Classe 2

Il y a coexistence entre les mots/expressions utilisés dans les deux mondes (MOE vie quotidienne et MTM savoirs nouveaux), comme le montre la graphique 47. Avec environ 14% (tableau 63), ces termes font partie de ceux qui sont les plus privilégiés dans leur coexistence entre les termes utilisés dans le MTM en physique nouveaux savoirs.



Graphique 47 Coexistence entre les termes utilisés dans MTM nouveau savoir et MOE dans la vie quotidienne en classe entière dans la classe 2. (% par rapport à 1986, 778 mots/expressions dans MTM nouveau et 273 mots/expressions dans MOE dans la vie quotidienne répartis entre les 28 thèmes).

La coexistence des mots/expressions issus des mondes de la théorie/modèles et ceux issus du monde des objets/événement est constante dans les deux classes. La classe 1 utilise plus de mots provenant de la vie courante que la classe 2.

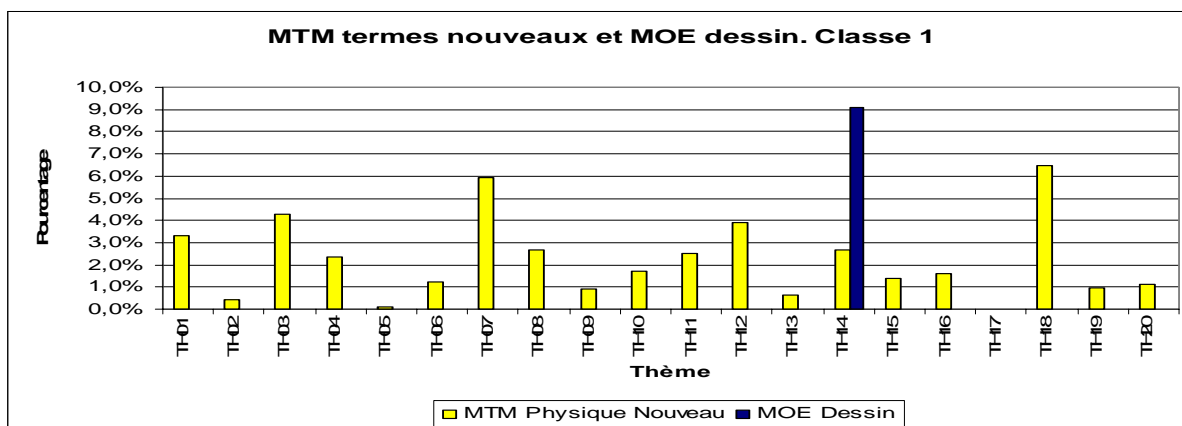
L'utilisation de formules littérales et d'applications numériques est plus privilégiée dans la classe 2. L'utilisation des mots/expressions provenant du savoir déjà enseigné est plus marquée dans la classe 2 que dans la classe 1.

Analyse de la coexistence des représentations iconiques (dessins et schémas) dans les thèmes.

Coexistence entre MTM en physique nouveau savoir mots/expressions et MOE Dessins

Classe 1

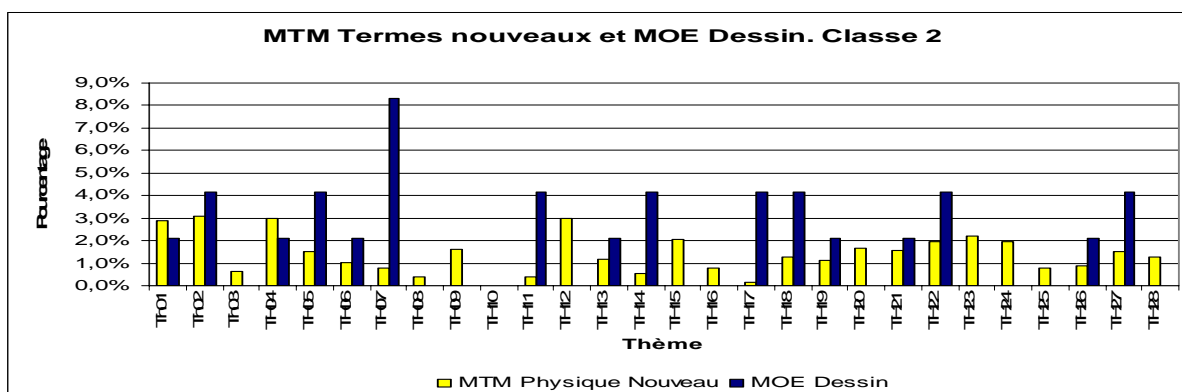
La représentation iconique « dessin » n'est présente que dans le thème 14 dans la classe 1, cela s'explique par le fait que cette classe utilise l'expérience au lieu de dessins pour amorcer l'étude des nouveaux savoirs (graphique 48).



Graphique 48 Coexistence entre les termes relevant du monde de la théorie et des modèles en physique nouveau savoir et monde des objets/événements dessins (545 mots/expressions dans 1235 mots/expressions, formules et application numérique etc et 2 dessins dans le monde des objets/événements sur 12 représentations iconiques)

Classe 2

L'utilisation de la représentation iconique « dessin » est répandue dans tous les thèmes de la classe 2. Le dessin est le moyen d'amorcer l'étude des nouveaux savoirs dans cette classe qui ne fait pas d'expérience durant la séquence d'enseignement de l'énergie comme le montre le graphique 49.

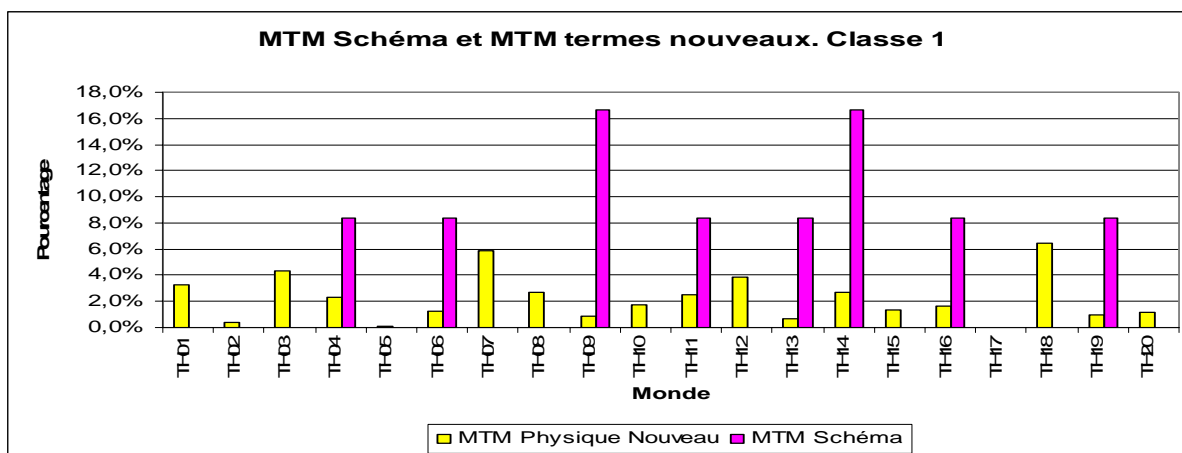


Graphique 49 Coexistence entre les termes relevant du monde de la théorie et des modèles en physique nouveau savoir et monde des objets/événements dessins (778 mots/expressions dans 1986 mots/expressions, formules et application numérique etc et 27 dessins dans le monde des objets/événements sur 48 représentations iconiques))

Coexistence entre MTM en physique nouveau savoir et MTM schémas

Classe 1

Le schéma est régulièrement réparti et présent dans plusieurs thèmes. Ils accompagnent les mots/expressions utilisés dans le monde de la théorie/modèles dans beaucoup de thèmes comme le montre le graphique 50.

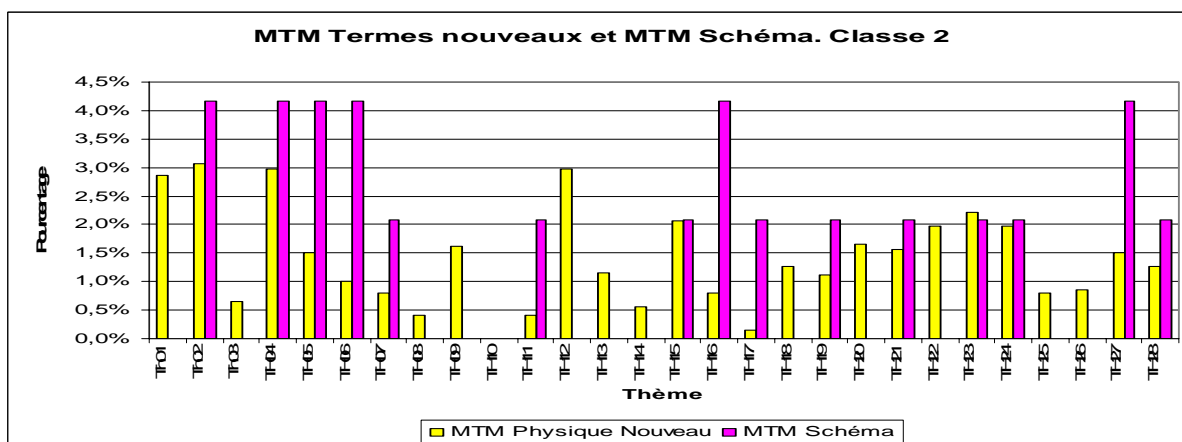


Graphique 50 Coexistence entre les termes relevant du monde de la théorie et des modèles en physique nouveau savoir et monde des objets/événements dessins (545 mots/expressions dans 1235 mots/expressions, formules et application numérique etc et 10 schémas dans le MTM sur 12 représentations iconiques)

Du point de vue nombre la classe 1 utilise plus de schémas que de dessins (graphiques 50 et 48).

Classe 2

Les schémas sont présents dans beaucoup de thèmes, mais si nous regardons les graphiques 51 et 49, nous voyons la tendance annoncée depuis le graphique global 39, cette classe favorise plus les dessins que les schémas. De plus dans l'analyse méso nous avons dit qu'elle utilise des schémas superposés dans le dessin.



Graphique 51 Coexistence entre les termes relevant du monde de la théorie et des modèles en physique nouveau savoir et monde des objets/événements dessins (778 mots/expressions dans 1986 mots/expressions, formules et application numérique etc et 21 schémas dans le MTM sur 48 représentations iconiques))

En conclusion, la représentation iconique (dessins et schémas) est régulièrement présente dans les deux classes, elle est plus marquée dans la classe 2. Particulièrement les dessins n'accompagnent les mots/expressions utilisés dans le monde de la théorie/modèles que dans la classe 2. Ce qui peut s'expliquer par le fait que la classe 2 n'utilise pas d'expériences. L'utilisation de représentation iconique en termes de schéma se retrouve dans les deux classes. La classe 1 utilise séparément des schémas simples alors que la classe 2 superpose des schémas sur les dessins durant la séquence d'enseignement des phénomènes énergétiques.

Conclusion

Nous avons construit toute l'analyse microscopique autour des ensembles conceptuels et nous remarquons qu'ils recouvrent, du point de vue du savoir, les sous-thèmes dans un même thème donné, mais les découpages ne sont pas identiques. Du point de vue de leur nombre limité, ils constituent un excellent point de départ pour l'analyse chronologique du savoir (graphique 64 et 65).

La distribution des ensembles conceptuels en fonction du type d'organisation montre que la plupart des ensembles conceptuels principaux sont traités en petit groupe et classe entière dans la classe 1.

Globalement les deux classes privilégient dans leur étude les ensembles conceptuels suivants : « travail mécanique », « formes d'énergie stockée », système », « conservation d'énergie », « processus de modélisation et fonctionnement de la physique », « énergie », « variation/évolution énergie stockée » et « forme d'énergie stockée ». L'enseignement est ciblé sur un seul ensemble conceptuel par thème dans la classe 1 alors qu'il peut se faire sur 1 ou trois ensembles conceptuels par thème dans la classe 2 (tableaux 64 et 65).

Les deux classes utilisent les ensembles conceptuels selon des conditions assez différentes et qu'à l'exception d'un thème dans une des classes (th 18, classe 1), le nombre d'ensembles conceptuels qui sont considérés comme principaux dans un thème varient de 1 à 3 et que chacun d'eux peut être accompagné par d'autres qui sont pratiquement évoqués. Ce résultat pourrait être interprété en disant que l'enseignement se fait par introduction de petits blocs de savoir et qu'au maximum un thème ne peut dépasser trois blocs.

Les moments d'introduction, les champs d'application, l'objet d'étude pour un ensemble conceptuel donné sont différents d'un thème à un autre dans une classe et d'une classe à l'autre. Cela veut dire que les blocs de savoirs introduits chronologiquement diffèrent d'une classe à l'autre et que cette introduction est différente selon le type d'organisation de classe.

Nous avons remarqué que la classe 1 est la seule à avoir des thèmes où les ensembles conceptuels qui y figurent ne sont pas considérés comme principaux (ils sont simplement évoqués). En général ces thèmes sont inclus dans d'autres (thème 2) ou en encore l'objet d'étude est simplement évoqué (thème 5).

Ce résultat concernant la classe 1 dans l'analyse microscopique confirme le découpage et l'analyse mésoscopique. En effet dans l'analyse mésoscopique, le thème 2 est inclus dans le thème 1 et le thème 5 évoqué au début de la deuxième séance a fait l'objet d'étude à la fin de la cinquième séance au thème 17.

A part quelques particularités, il existe une proportionnalité entre la durée d'un thème en classe entière et le pourcentage de mots/expressions utilisés.

La densité de mots/expressions faisant référence aux phénomènes énergétiques utilisés en classe entière est plus grande dans la classe 1 que dans la classe 2.

Plusieurs interprétations sont avancées : le débit de parole, l'écriture au tableau par le professeur de la classe 2, l'utilisation plus fréquente de formules et d'application numériques dans la classe 2.

Les mots/expressions utilisés sont plus présents dans le monde de la théorie/modèles que dans le monde des objets/événements dans les deux classes. Cela confirme le caractère abstrait de l'objet d'enseignement dans ces deux classes : les phénomènes énergétiques. Ce résultat confirme aussi le résultat obtenu dans l'analyse a priori des deux programmes où la catégorie des définitions était majoritaire.

Dans le monde de la théorie/modèles, les mots/expressions utilisés dans le registre du langage

naturel sont plus présents et que c'est du côté de la classe 1 que c'est plus marqué. Cela pourrait être lié au statut de la langue dans cette classe : c'est leur langue maternelle.

Du côté de la classe 2, c'est dans le registre représentation symbolique et numérique (formule littérale et application numérique) que les mots/expressions utilisés sont plus élevés. Cela confirme le caractère trop quantitatif qui oriente l'enseignement dans cette classe : détermination de formules littérales en vue de les exploiter durant les résolutions de problèmes.

Globalement le nombre d'utilisation d'icônes (dessins et schémas) est plus grand en classe 2 qu'en classe 1. La classe 1 utilise plus de schémas que de dessins, la classe 2 autant de schémas que de dessins. La classe 2 utilise fréquemment des schémas superposés aux dessins, alors que la classe 1 utilise des schémas séparés aux dessins la plupart du temps. Nous pouvons dire que l'utilisation de dessins pour amorcer l'enseignement est un substitut pour l'expérience dans l'une des classes. La référence à une expérience faite en classe influence l'utilisation de dessins dans ces deux classes.

Tableau 64 Avancée du savoir par bloc (d'ensembles conceptuels). Enseignement ciblé sur les ensembles conceptuel en gras par thème en gras. Classe 1

| Ensemble conceptuels, thèmes en classe entière Classe 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|-----|------------|------------|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------|------------|------------|------------|-------|---------|-------|
| N°S | 1 | | | 1/2 | | | | 2/3 | | | | 3/4 | | 4/5 | | | | 6 | | 7 | | | |
| ORGCL | CE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Thème | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | % EC | Nbre th | NbreS |
| Energie | | | 7,8 | | | | | | | | | | | | | | 0,18 | 1,6 | | | 9,6 | 3 | 2 |
| Forme ou adj qual E vie tjrs | | | | | 0,1 | | 2,6 | | | | | | | | | | | | | | 2,8 | 2 | 1 |
| Forme ou adj qual E phys | | | | | | | 6,5 | | | | | | | | | | | | | | 6,5 | 1 | 1 |
| Forme énergie stockée | | | | | | | | 3,5 | | | | 4,0 | | | | | | 1,8 | | | 9,3 | 3 | 4 |
| Mode transf E | | | | 0,9 | | | | | 3,4 | | | | | | 0,5 | | | | | | 4,9 | 3 | 4 |
| Travail méca | | | | | | 8,9 | | | | 4,0 | | | 3,4 | 9,9 | 4,1 | 3,6 | | 1,3 | | 0,1 | 35,2 | 8 | 5 |
| Travail élect | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| Transf Thermique | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| Rayonnement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| Système | 0,6 | | | 0,4 | | | | | | | 1,4 | | | | | | | 0,3 | | | 2,6 | 4 | 4 |
| Chaîne Energétique | | | 0,5 | | | | | | 0,3 | | 1,8 | | | | | | | | | | 2,6 | 3 | 2 |
| Chgt Forme E ou transf | | | | | | | | | | | | 0,3 | | | | 1,4 | | 0,5 | | | 2,2 | 3 | 3 |
| Var/Evol E stockée | | | | 2,2 | | | | | | | | 3,1 | | 0,5 | | | | 0,8 | | | 6,6 | 4 | 6 |
| Var Quantité E transférée | | | | 0,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,4 | 1 | 2 |
| Conservation énergie | | | 0,5 | | | | | | | | 0,3 | 0,3 | | | | | | 2,7 | 2,4 | 1,9 | 8,0 | 6 | 5 |
| Modélisation Fctment phys | 3,9 | 0,4 | 0,9 | | | 0,4 | | | | 0,2 | 0,4 | | | | | | | 1,5 | | 0,5 | 8,1 | 8 | 5 |
| Puissance | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,1 | | | 1,1 | 1 | 1 |
| Vitesse successive | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| Total | 4,5 | 0,4 | 9,7 | 3,8 | 0,1 | 9,3 | 9,1 | 3,5 | 3,7 | 4,2 | 3,9 | 7,7 | 3,4 | 10,4 | 4,6 | 5,0 | 0,2 | 11,7 | 2,4 | 2,5 | 100,0 | | |

Tableau 65 Avancée du savoir par bloc (d'ensembles conceptuels). Enseignement ciblé sur les ensembles conceptuel en gras par thème en gras. Classe 2

| Ensembles conceptuels, thèmes en classe entière. Classe 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|------------|-----------------|----|---|
| N°S | 1 | 2 | 3 | 4 | 4/5 | 6 | 6/7 | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ORGCL | CE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Thème | 1 | 2 | 3 | 4* | 5* | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11* | 12 | 13 | 14 | 15 | 16* | 17* | 18 | 19* | 20 | 21 | 22 | 23 | 24* | 25* | 26* | 27 | 28 | % EC | Nbre th | Nbre de séances | | |
| Energie | 0,6 | | | | 0,2 | | | | | | | 0,3 | | | | 0,2 | | | | | | | | | | | | | 1,6 | 5 | 4 | | |
| Forme ou adj qual E vie tjrs | 0,3 | | | | | | | | | | | 2,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,0 | 2 | 2 | | |
| Forme ou adj qual E phys | | | | | | | | | | | | 2,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,4 | 1 | 1 | | |
| Forme énergie stockée | | | | | | | | | | | | | 3,7 | 3,3 | | 0,1 | | 3,3 | 4,8 | 3,5 | 2,0 | 0,7 | | 0,2 | | | 2,6 | 24,1 | 10 | 5 | | | |
| Mode transf E | | | | 0,2 | | | | | | | | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,5 | 3 | 3 | | |
| Travail méca | | 7,2 | 2,1 | 3,5 | 4,9 | 2,8 | 3,9 | | | 0,6 | 1,5 | 0,3 | 0,3 | | 0,7 | 1,1 | 0,8 | | | | | | | | | | | 0,1 | | 0,8 | 30,5 | 15 | 7 |
| Travail élect | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,0 | 0 | | |
| Transf Thermique | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,0 | 0 | | |
| Rayonnement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,0 | 0 | | |
| Système | 1,1 | 0,4 | | 1,1 | | | 0,6 | | 0,3 | | | | | | | 0,1 | | | | | 0,2 | 2,7 | 0,5 | 0,8 | 1,0 | | | 0,1 | 0,4 | 9,2 | 14 | 6 | |
| Chaîne Energétique | 0,4 | | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,9 | 2 | 2 | |
| Chgt Forme E ou transf | 0,3 | | | | | | | | | | | 0,1 | | | | | | | | | | | | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 0,6 | | 4,3 | 6 | 4 | | |
| Var/Evol E stockée | | | | | | | | | | | | | | 0,3 | | | | | | | | | | 0,4 | 0,2 | | | | | 0,9 | 3 | 3 | |
| Var Quantité E transférée | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,0 | | | |
| Conservation énergie | | | | | | | | | | | | | | | 1,8 | 2,3 | 1,2 | 0,6 | 0,3 | 1,6 | | 1,1 | 2,2 | 1,4 | 1,1 | | 0,8 | 0,8 | 15,1 | 12 | 4 | | |
| Modélisation Fctment phys | 0,9 | | | 0,1 | | | 0,3 | | 0,6 | 0,2 | 0,7 | | | 0,4 | 0,4 | | | 0,1 | 0,4 | 0,2 | | | 1,1 | 0,5 | | | | | 5,8 | 13 | 7 | | |
| Puissance | | | | | | | | 1,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,2 | 1 | 1 | |
| Vitesse successive | | | | | | | | | | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,5 | 1 | 1 | |
| Total | 3,6 | 7,6 | 2,1 | 5,5 | 5,1 | 2,8 | 4,8 | 1,2 | 1,8 | 0,5 | 1,8 | 6,5 | 4,0 | 3,3 | 3,3 | 3,9 | 2,0 | 3,9 | 5,2 | 5,7 | 4,9 | 3,5 | 4,2 | 3,8 | 1,5 | 1,4 | 4,1 | 2,2 | 100,0 | | | | |

Sixième partie. Analyse du questionnaire administré (avant et après enseignement)

Le questionnaire a été administré aux deux classes que nous avons filmées (annexe 4). Après un premier test il a été assez profondément modifié et sa deuxième version n'a pu être testée pour des contraintes de temps, les séquences d'enseignement démarraient : de ce fait il nous permet seulement d'avoir une indication sur le savoir acquis par les élèves. Notons que l'administration s'est faite après des vacances dans chacune des deux classes. Son analyse se fera en regroupant différentes questions.

Nous avons regroupé les questions en fonction des ensembles conceptuels que nous avons établis au cours de l'analyse à priori du programme et que nous avons utilisés au cours de l'analyse microscopique. C'est ainsi que nous avons les groupes suivants :

A. Fonctionnement des sciences et processus de modélisation (Q1 à Q3)

B. Termes relatifs à l'énergie utilisée dans la vie de tous les jours et/ou en physique (Q4 et Q5).

C. Eudes de systèmes en interaction : identification des systèmes et modes de transfert d'énergie (Q6 avec les sept situations) et plus spécifiquement.

1. Identifications des systèmes qui fournissent ou qui reçoivent de l'énergie. (Système qui fournit de l'énergie et Système qui reçoit de l'énergie)

Il se réfère à l'ensemble conceptuel « système »

2. Identification des systèmes susceptibles de stocker de l'énergie (Système qui est en train de stocker de l'énergie) et formes sous laquelle l'énergie est stockée.

3. Modes de transfert d'énergie entre systèmes (Mode(s) du transfert de l'énergie à partir de ce système et Mode(s) du transfert de l'énergie à ce système).

D. Transfert d'énergie par travail mécanique (Q7)

E. Formes d'énergie stockée et conservation de l'énergie

F. Identification de systèmes en termes de réservoir et de transformateur, formes d'énergie stockée et modes de transfert d'énergie (Q9)

1. Systèmes en termes de réservoir et de transformateur. (Q 9.1)

2. Formes d'énergie stockée (9. 2)

3. Modes de transfert d'énergie entre systèmes (9. 2).

Nous donnons une tendance générale de l'évolution des réponses des élèves par classe dans chacune de ces catégories et enfin une synthèse permettra de tirer un bilan reprenant ce qui semble acquis (ou ce qui paraît ne pas être acquis) dans les deux (ou dans l'une des deux) classes.

A. Fonctionnement des sciences et processus de modélisation (Q1 à Q3)

Résultats

Les deux premières questions proviennent du mémoire de DEA mené au sein de l'équipe COAST par Toix (2004).

La première question a pour consigne : « Dans chacun des cas ci-dessous, donnez votre opinion en indiquant sur les échelles suivantes si vous vous situez plus proche de l'affirmation A ou de l'affirmation B. Cochez une seule case pour chaque échelle ». Le bloc de graphiques 52 visualise les réponses des deux classes.

Dans l'affirmation concernant la façon de construire un modèle en fonction des caractéristiques, les réponses dans les deux classes après enseignement ne sont pas les mêmes. Dans la classe 1 les élèves sont partagés entre les deux réponses (60% pour l'affirmation A (toutes les caractéristiques) et 40% pour l'affirmation B (certaines caractéristiques)). Les élèves de la classe 2 se positionnent pratiquement tous (plus de 80%) pour l'affirmation A.

En ce qui concerne le modèle abstrait ou concret, les réponses de la classe 1 sont partagées entre 60% (abstrait) et 40% (concret). Dans la classe 2, nous constatons l'inverse : 60% (concrets) et 40% (abstrait).

En ce qui concerne l'affirmation concernant la description d'un phénomène par un ou plusieurs modèles, les deux classes ont la même position après enseignement avec des pourcentages qui dépassent les 60% pour l'affirmation A.

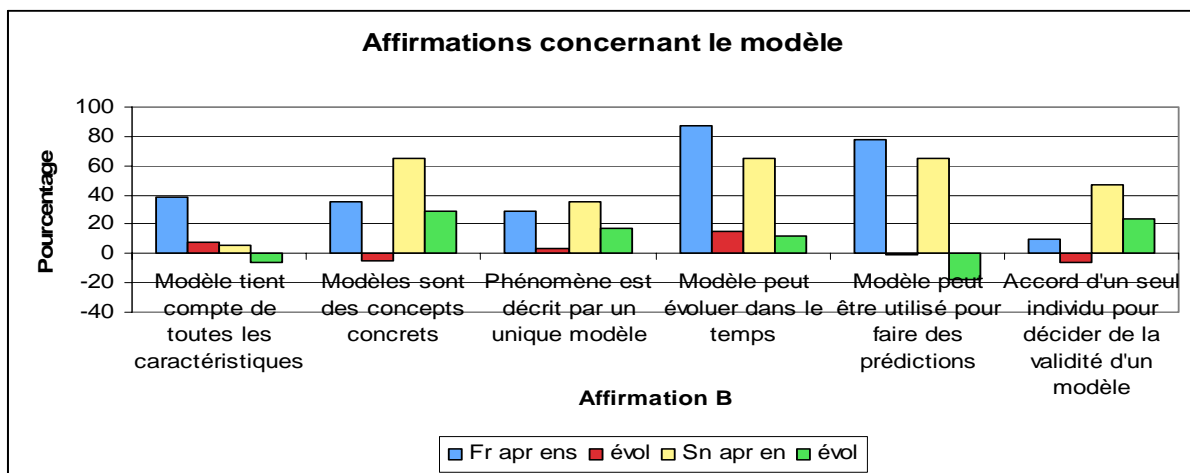
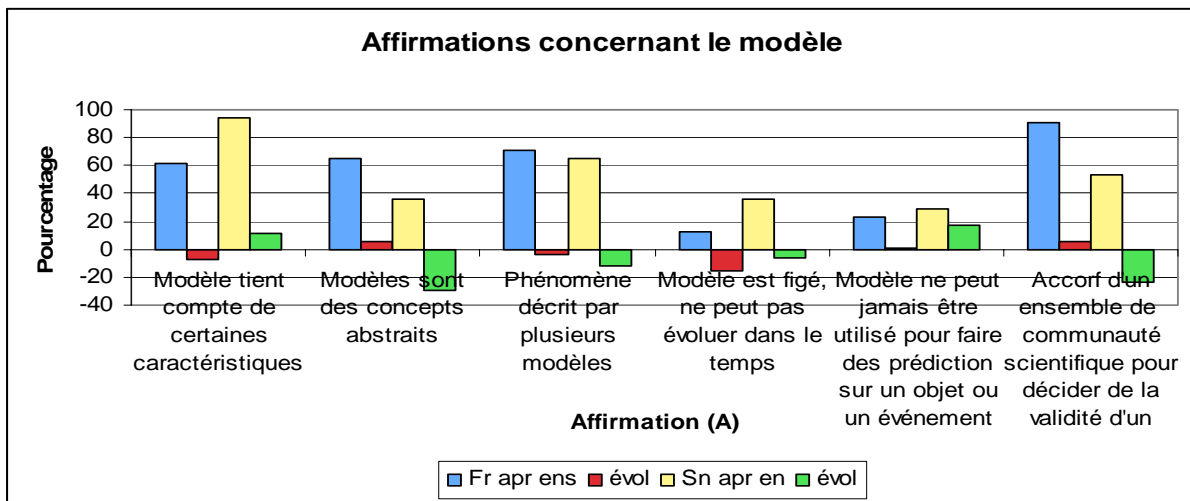
Dans l'affirmation « les modèles qui sont figés (A) » ou « évoluent dans le temps (B) », nous remarquons aussi que les deux classes choisissent la position B après enseignement, avec un avantage pour la classe 1 (80% contre 60%)

L'affirmation « le modèle peut être utilisé pour faire la prédiction (A) ou non (B), les deux classes donnent des réponses dans la même affirmation, celle de (A). Les réponses après enseignement sont de 80% pour la classe 1 et de 60% pour la classe 2.

L'affirmation concernant la nécessité d'accord d'un ensemble d'individus (A) ou d'un seul individu (B) pour décider qu'un modèle soit valable donne des résultats différents dans les deux classes. Les élèves de la classe 1 donne dans leur majorité (plus de 80%) l'affirmation (A) alors que ceux de la classe 2 sont partagés dans leur réponse (53% (A) et 47% (B)).

Dans la classe 1 le point de vue des élèves change peu entre avant et après enseignement sauf pour l'affirmation « un modèle peut évoluer dans le temps ». Les points de vue des élèves passent du modèle figé au modèle qui peut évoluer dans le temps.

Dans la classe 2, les positions des élèves ont changé dans les affirmations suivantes : de l'affirmation « les modèles sont des concepts abstraits (A) » à « les modèles sont des concepts concrets (B) » et « d'un accord d'un ensemble d'individus pour valider un modèle (A) » à « accord d'un seul individu pour valider un modèle (B) ». Dans les autres affirmations les points de vue restent pratiquement constants.

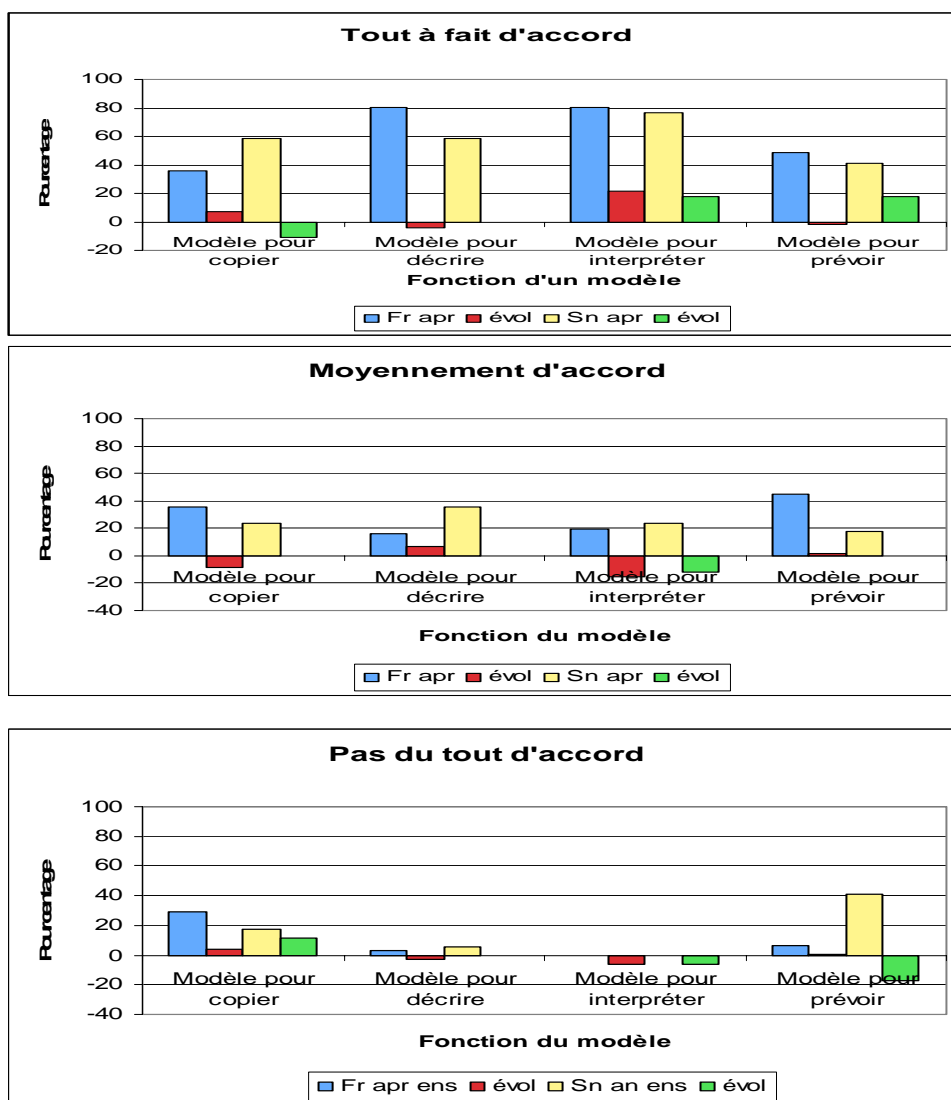


Graphique 52 Pourcentage de réponses et évolution après enseignement dans les affirmations faisant référence à des possibles caractéristiques du modèle.

La deuxième question fait référence aux fonctions qu'un modèle pourrait avoir, il s'agit des fonctions de copie, de description, d'interprétation et de prévision. Le bloc de graphique 53 regroupe les réponses des élèves dans les deux classes.

La fonction de copie : Les réponses des élèves semblent partagées entre les trois affirmations (tout à fait d'accord (35%), moyennement d'accord (35%) et pas du tout d'accord (30%)) dans la classe 1. Dans la classe 2, les réponses des élèves se partagent aussi entre les trois affirmations mais avec une prédominance pour « tout à fait d'accord (59%) » moyennement d'accord (24%) et pas du tout d'accord (18%).

La classe 2 semble opter pour un modèle qui copie, ce qui semble être en accord avec leur réponse sur la caractéristique du modèle concret. Ces élèves ont tendance à mettre en coexistence la caractéristique (concret) du modèle et la fonction de copie. Dans la classe 1, puisqu'ils étaient partagés dans leurs réponses concernant les caractéristiques « modèles abstraits ou concrets et toutes les caractéristiques ou certaines caractéristique », alors ils le sont aussi pour la fonction de copie.



Graphique 53 Visualisation des réponses concernant les fonctions possibles du modèle.

La fonction de description : les élèves semblent prendre comme position l'affirmation « tout à fait d'accord ». Les élèves de la classe 1 donnent des réponses après enseignement de 81%. Les élèves de la classe 2 semblent être partagés entre les affirmations « tout à fait d'accord (59%) et moyennement d'accord (35%).

Globalement les deux classes sont d'accord pour la fonction de description du modèle avec un léger avantage pour la classe 1 en ce qui concerne l'affirmation tout à fait d'accord. Donc on peut dire que les élèves de cette classe sont plus sûrs de leur réponse pour cette fonction.

La fonction d'interprétation : elle est la plus nette dans les réponses données par les élèves des deux classes. Les deux classes ont donné des réponses après enseignement qui dépassent les 70% dans l'affirmation tout à fait d'accord (81% pour la classe 1 et 77% pour la classe 2).

L'évolution des réponses des élèves après enseignement est à peu près la même dans les deux classes, elle s'est faite dans les sens des affirmations « pas du tout d'accord » et « moyennement d'accord » vers l'affirmation « tout à fait d'accord ».

La fonction de prévision : les réponses sont partagées entre deux affirmations dans les deux classes. Dans la classe 1, on trouve des réponses dans les affirmations « tout à fait d'accord (48%)» et « moyennement d'accord (41%)» et dans la classe 2 dans les affirmations « tout à

fait d'accord (41%)» et «pas du tout d'accord (41%)».

Dans la classe 1 il n'y a pratiquement pas d'évolution dans ces affirmations alors que dans la classe 2 l'augmentation (faible) de l'affirmation « tout à fait d'accord » s'est faite au profit de celle de « pas du tout d'accord ».

Comparée aux résultats de la fonction d'interprétation (81% pour la classe 1 et 77% pour la classe 2), la fonction de prévision ne semble pas être très largement perçue par les élèves des deux classes.

Dans la troisième question où l'on fait référence à un circuit électrique comprenant une lampe montée en série avec un interrupteur et une pile, les résultats sont donnés dans le bloc de graphique 54 qui visualise les réponses des élèves.

Le commentaire (a) : « La lampe éclaire et réchauffe l'environnement ».

L'ensemble de graphiques 54 visualise les réponses des élèves en ce qui concerne les affirmations qu'ils proposent suivant les différents commentaires.

90% des élèves de la classe 1 disent que ce commentaire relève de la description. Les réponses des élèves de la classe 2 sont partagées entre 47% dans l'affirmation du commentaire (a) comme une description et 35% comme une interprétation.

Il y a une évolution des réponses au profit de cette affirmation dans les deux classes mais elle est plus nette dans la classe 1.

Le commentaire (b) : « Le mode de transfert de l'énergie vers le système « lampe » est le travail électrique et l'énergie est transférée par le système « lampe » sous les modes de chaleur et de rayonnement ».

Dans la classe 1, les élèves répondent à 77% que ce commentaire ressort de l'interprétation, les autres affirmations se répartissent entre la prévision (13%), la description (3%) et 7% d'élèves ont coché deux affirmations.

Dans la classe 2, les élèves répondent que ce commentaire relève de l'interprétation à 42%, de la description à 29% et de la prévision à 24%.

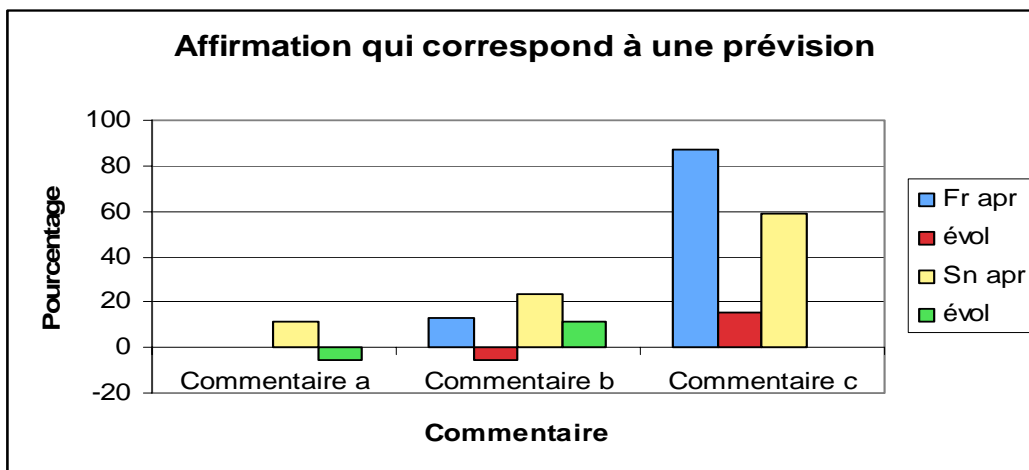
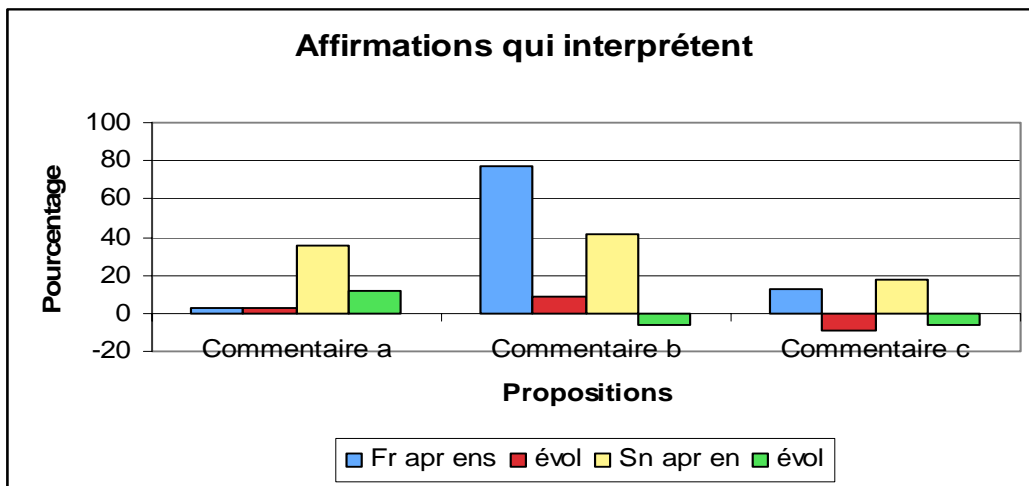
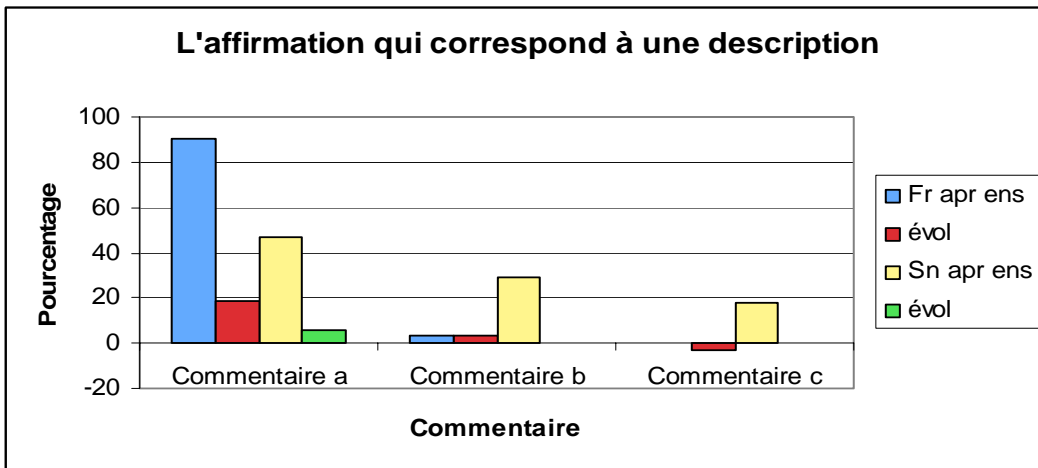
L'évolution de ces affirmations est quasiment nulle dans les deux classes.

Le commentaire (c) : « Au bout de quelques heures le système « pile » ne pourra plus fournir de l'énergie au système « lampe » car la quantité d'énergie stockée et transférable au système « lampe » sera insuffisante ».

Les élèves de la classe 1 associent ce commentaire à une affirmation qui relève de la prévision à 87%. 13% d'élèves l'associent à l'affirmation relevant de l'interprétation.

Dans la classe 2, 59% des élèves associent ce commentaire à une affirmation relevant de la prévision, 18% respectivement à l'interprétation et à la description. Les 5% d'élèves ont coché deux affirmations.

Le choix pour la prévision a évolué dans la classe 1 même si l'évolution est faible alors que dans la classe 2 il n'y a pas d'évolution.



Graphique 54 Visualisation des réponses concernant les affirmations dans les commentaires a, b et c de la situation : « un circuit électrique comprenant une lampe montée en série avec un interrupteur et pile »

Quelques hypothèses concernant des liens avec l'enseignement

Comme l'a montré l'analyse microscopique, la modélisation et le fonctionnement de la physique est un des ensembles conceptuels présents dans un grand nombre de thèmes dans les deux classes, tout au long de la séquence (dans 8 thèmes dans la classe 1 et 13 thèmes dans la classe 2). Les résultats de l'analyse des ensembles conceptuels montrent l'enseignement de cet ensemble conceptuel est plus ciblé dans la classe 1 (3,9% de mots/expressions utilisés dans le thème 1 et 1,5% dans le thème 18) que dans la classe 2 (0,9% de mots/expressions utilisés dans le thème 1 et 1,1% dans le thème 23).

Nos analyses mésoscopiques ont montré que, dans les deux classes, le processus de modélisation et le fonctionnement de la physique a été introduit dans les premiers thèmes (thèmes 1, 2 et 3 dans la classe 1 et thème 1 dans la classe 2). Ensuite la référence aux différents modèles (mécanique ou énergie) durant les activités ou les exercices a suivi dans les autres thèmes en ce qui concerne la classe 1. La classe 2 a prolongé l'évocation du fonctionnement de la physique et du processus de modélisation lors des introductions de séances (sous forme de rappels) ou des clôtures d'exercices. La classe 1, grâce à l'analyse de l'objet tiré sur une table horizontale par un moteur qui est alimenté par une pile, a fait la distinction entre la description (thème 1), l'explication et l'interprétation en travail de groupe. L'enseignante, en classe entière, en analysant les phrases construites a insisté sur le fonctionnement du physicien qui peut décrire le monde qui nous entoure ou les objets qui s'y trouvent ou l'interpréter en utilisant un modèle selon le domaine qu'il choisit (thèmes 1 et 2). Le modèle évolutif a été abordé dans cette classe dans ce thème 2. La notion de « description » a été utilisée par les élèves lors de l'expérience de lancer et de réception de médécines-ball de masses différentes pour décrire les actions (thème 10). La fonction de prévision a été évoquée une seule fois par l'enseignante, dans le thème 18.

Dans la classe 2, le fonctionnement du physicien a été évoqué dans le thème 1, les fonctions de description, d'interprétation et de prévision du modèle ont été évoquées par l'enseignant dans ce thème. Ensuite dans la plupart des introductions de séances ou de clôtures d'exercices, l'enseignant revient sur ces trois fonctions du modèle.

Les résultats concernant la fonction d'interprétation du modèle sont élevés dans les deux classes (plus de 77% dans l'affirmation tout à fait d'accord) alors que ceux concernant la fonction de description sont meilleurs dans la classe 1 (81% contre 59% dans l'affirmation tout à fait d'accord). Ce résultat en faveur de la classe 1 pourrait être lié au résultat obtenu dans l'analyse micro : l'enseignement faisant référence aux processus de modélisation et au fonctionnement de la physique est plus ciblé dans la classe 1.

Ces types d'affirmation montrent l'intérêt de l'introduction du processus de modélisation et du fonctionnement de la physique dans les lycées.

La distinction des termes (description et interprétation) lors des activités de construction de phrases pourrait aussi avoir influencé les réponses des élèves de la classe 1. En effet les élèves de cette classe ont eu à se confronter dans un premier temps à des difficultés de distinction entre la description et l'interprétation (thème 1) avant de donner des phrases qui décrivent bien une situation donnée (thème 10). Les élèves de la classe 2 se sont contentés seulement de l'évocation par l'enseignant de ces deux termes.

Les réponses à la question 3 concernant les commentaires de la situation du circuit en série comprenant une pile et une lampe montrent que les élèves vont dans le même sens que ceux de la question 1 sur les fonctions de description et d'interprétation. Ces résultats confirment encore l'intérêt d'évoquer dans l'enseignement la différence qu'il y a entre la fonction de

description et celle d'interprétation (classe 1 commentaire a 90% description et commentaire b 77% interprétation ; classe 2 commentaire a 47% description et commentaire b 42% interprétation). Le fait de ne pas évoquer la distinction entre ces termes en classe entraînerait la confusion chez les élèves.

Nous considérons que les différences dans le savoir enseigné de chacune des classes pourraient être mises en relation avec l'évolution des réponses au questionnaire de chacune des classes entre avant et après enseignement et avec les écarts des réponses des élèves dans le questionnaire entre les deux classes.

La fonction de copie n'a pas été abordée dans aucune des deux classes, il semble que les élèves suivent leur propre logique de réponse dans le questionnaire. Les réponses des élèves de la classe 1 restent pratiquement constantes avant et après enseignement alors que celles de la classe 2 semblent évoluer de « tout à fait d'accord » vers « moyennement d'accord » et « pas du tout d'accord ». La diminution de réponses dans la rubrique « tout à fait d'accord » dans la classe 2 pourrait être perçue comme la conséquence de la non évocation de cette fonction. Le fait de ne pas évoquer la fonction de copie du modèle dans les deux classes entraînerait soit la constante des réponses dans les mêmes affirmations (classe 1) soit la diminution des réponses dans l'affirmation « tout à fait d'accord » au profit des autres.

La fonction de prévision est évoquée un grand nombre de fois dans la classe 2 alors qu'elle l'est rarement dans la classe 1. Les élèves de la classe 1 maintiennent leurs positions vis-à-vis de cette fonction, car elle n'est pratiquement pas abordée dans cette classe. Dans la classe 2 où elle a été évoquée plusieurs fois, nous remarquons une diminution des réponses entre avant et après enseignement (même si c'est faible) dans l'affirmation « pas du tout d'accord » au profit de « tout à fait d'accord », l'affirmation « moyennement d'accord » reste constante. Le fait de ne pas évoquer la fonction de prévision du modèle dans l'une des classes entraînerait la constante des réponses dans les mêmes affirmations (classe 1) et le contraire entraînerait une augmentation des réponses dans l'affirmation « tout à fait d'accord » au profit des autres.

Ainsi, les affirmations évoquées en classe par les deux enseignants peuvent avoir influencé les réponses des élèves. Ceux-ci prennent des positions claires dans le questionnaire. De plus ces résultats confirment les conclusions de Toix (2004). On peut dire que les élèves de premières scientifiques sont capables de réutiliser, en répondant à un questionnaire, les propositions évoquées en classe concernant certaines caractéristiques du modèle.

Du point de vue de l'analyse microscopique, la classe 1 utilise un pourcentage de mots/expressions plus élevé que la classe 2 (8,1% pour C11 contre 5,8%). Compte tenu de l'écart entre ces pourcentages globaux, nous pouvons dire que l'enseignement du processus de modélisation et du fonctionnement de la physique est plus ciblé dans la classe 1, ce qui pourrait être un indicateur dans la réponse à certaines questions où l'évolution est plus marquée dans cette classe.

B. Termes (relatifs à l'énergie) utilisés dans la vie de tous les jours et/ou en physique Q4 et Q5

Résultats

a. La question Q4 est la suivante : Pour chacune des propositions indiquez par une croix si elle peut se dire dans la vie de tous les jours ou si elle serait acceptée par le professeur comme étant correcte en physique (vous pouvez répondre en cochant une case, deux cases ou aucune pour une même ligne).

Le groupe de graphiques 55 visualise les réponses des élèves dans les trois positions : « vraie uniquement dans la vie de tous les jours », « réponses données par les élèves en physique seulement » et « réponses données par les élèves en physique et dans la vie de tous les jours ».

Les deux classes donnent des résultats élevés pour l'utilisation dans la vie de tous les jours des expressions « l'énergie doit s'économiser » (81% classe 1 et 77% classe 2) et « le travail peut être fatigant » (81% classe 1 et 77% classe 2).

L'évolution des réponses après enseignement est plus nette dans l'expression « l'énergie doit s'économiser » dans les deux classes.

Les autres expressions se disent dans la vie de tous les jours dans les deux classes mais à un degré moindre que les deux premières présentées ci-dessus.

L'expression « l'énergie se consomme ».

Dans la classe 1, les réponses des élèves après enseignement sont partagées entre « vrai dans la vie de tous les jours (55%) » et « vrai à la fois en physique et dans la vie de tous les jours (42%) ». Dans la classe 2 les réponses des élèves sont aussi partagées entre les mêmes rubriques : 35% pour la rubrique « vrai dans la vie de tous les jours » et 47% dans la rubrique « vrai à la fois en physique et dans la vie de tous les jours ». Les réponses des élèves dans les deux classes paraissent inversées après enseignement. Ce que confirme leur évolution entre avant et après enseignement. Dans la classe 1 il y a diminution de réponses dans les rubriques « vie de tous les jours et physique » et « réponses en physique » au profit de « vrai dans la vie de tous les jours ». Alors que dans la classe 2 c'est l'inverse : il y a diminution des réponses dans la rubrique « vrai dans la vie de tous les jours » au profit des rubriques « réponses en physique » et « réponses en physique et dans la vie de tous les jours ». Les deux classes ont tendance à considérer que cette expression peut se dire aussi bien en physique que dans la vie de tous les jours.

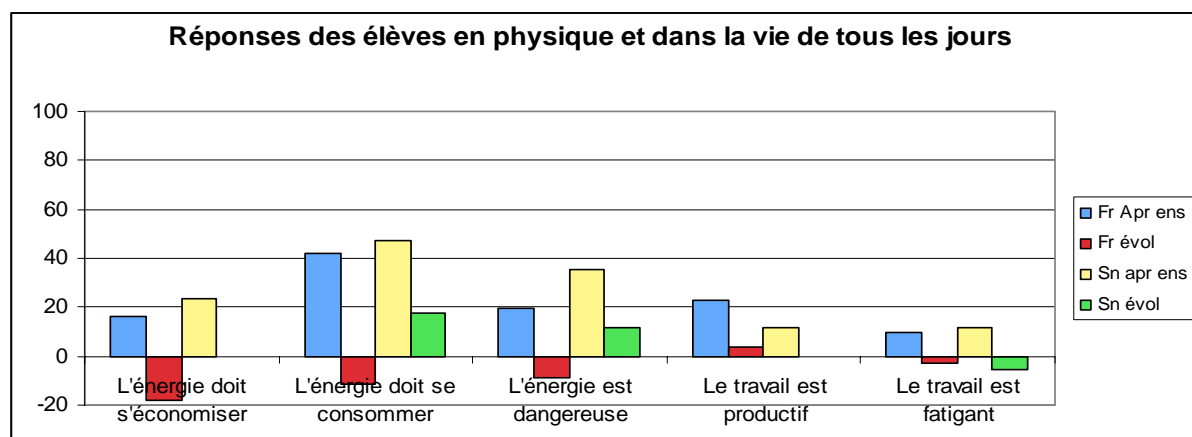
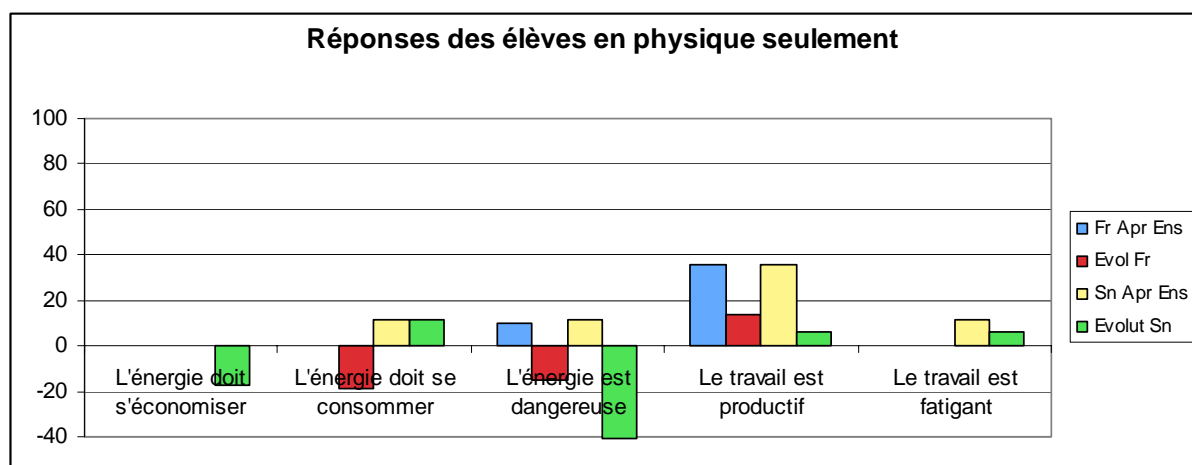
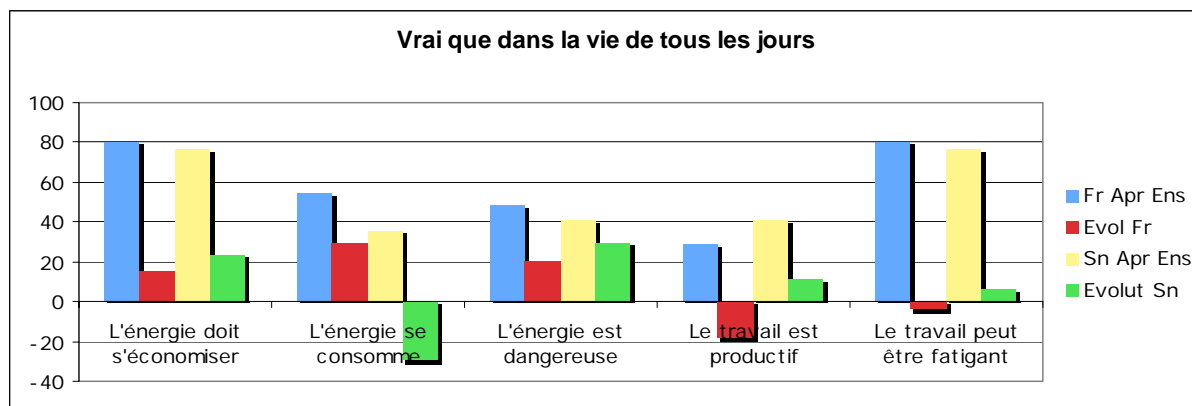
L'expression « l'énergie est dangereuse ».

Les réponses des élèves après enseignement sont partagées entre les expressions « vrai dans la vie de tous les jours » (aux environs de 40% dans les deux classes) et « vrai en physique et dans la vie de tous les jours » (20% pour la classe 1 et 35% pour la classe 2). On peut donc considérer que cette expression se dit aussi bien en physique que dans la vie de tous les jours selon les élèves de ces deux classes.

Il n'y a pratiquement pas d'évolution des réponses avant et après enseignement dans la classe 1, alors que dans la classe 2 l'évolution avant et après enseignement est très nette : elle diminue de 40% dans la rubrique « vrai en physique » au profit des rubriques « vrai dans la vie de tous les jours » et « vrai en physique et dans la vie de tous les jours ». On peut donc considérer que l'expression « l'énergie est dangereuse » aurait tendance à se dire dans la vie de tous les jours pour les élèves de ces classes.

L'expression « le travail est productif ».

Les réponses après enseignement sont partagées dans la classe 1 entre les trois rubriques. Dans la classe 2 elles se partagent entre les rubriques « vrai dans la vie de tous les jours » et « vrai en physique seulement ». Les évolutions des réponses avant et après enseignement sont faibles dans les deux classes. Les deux classes ont tendance à considérer que l'expression « le travail est productif » se dit dans la vie de tous les jours et physique.



Graphique 55 Visualisation des réponses des élèves dans les affirmations qui sont vraies que dans la vie de tous les jours

Le bloc de graphiques 56 regroupe les réponses des élèves pour les expressions qui selon notre analyse se disent en classe de physique. Pour la majorité des élèves de la classe 2 toutes

ces expressions se disent en classe de physique, le pourcentage après enseignement est supérieur à 60%.

L'expression « il existe plusieurs formes d'énergie ».

Dans la classe 1 les réponses après enseignement sont partagées entre « vrai en physique » (plus de 30%) et « vrai en physique et dans la vie de tous les jours » (60%). Dans la classe 2 c'est l'inverse, 60% des élèves disent que l'expression est vraie en physique et moins de 40% qu'elle est vraie « en physique et dans la vie de tous les jours ». Donc les élèves de la classe 2 ont tendance à dire que l'expression « il existe plusieurs formes d'énergie » est vraie en physique alors que ceux de la classe 1 ont tendance à la considérer vraie aussi bien en physique que dans la vie de tous les jours. L'évolution est pratiquement faible dans les deux classes.

L'expression « l'énergie peut se stocker ».

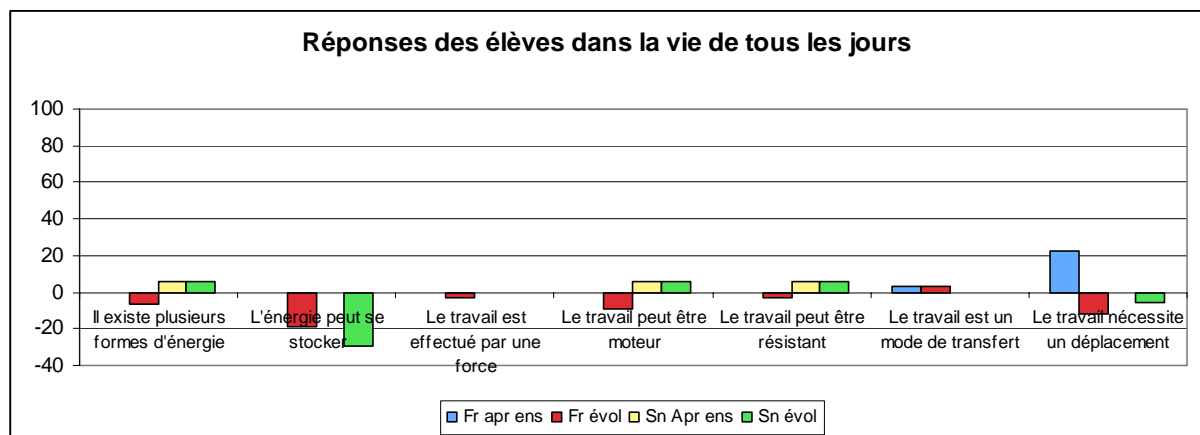
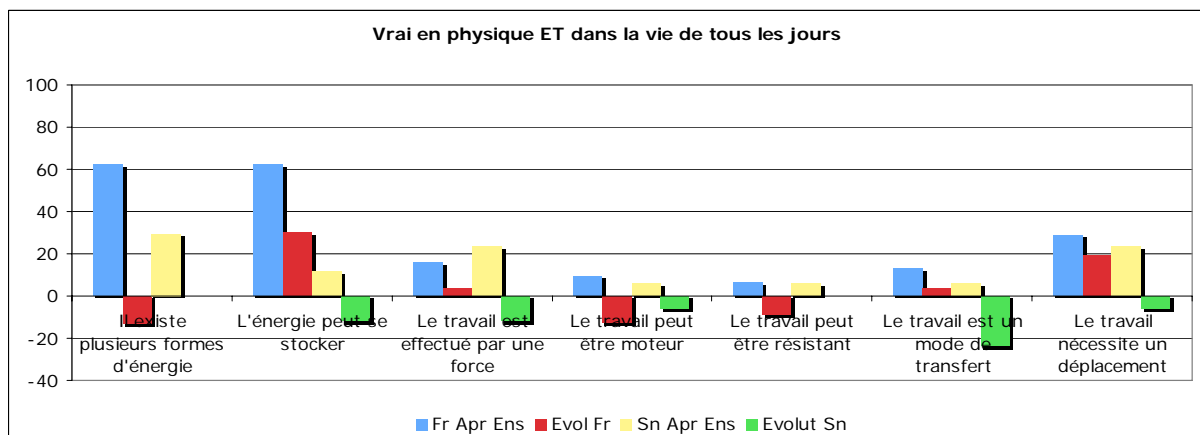
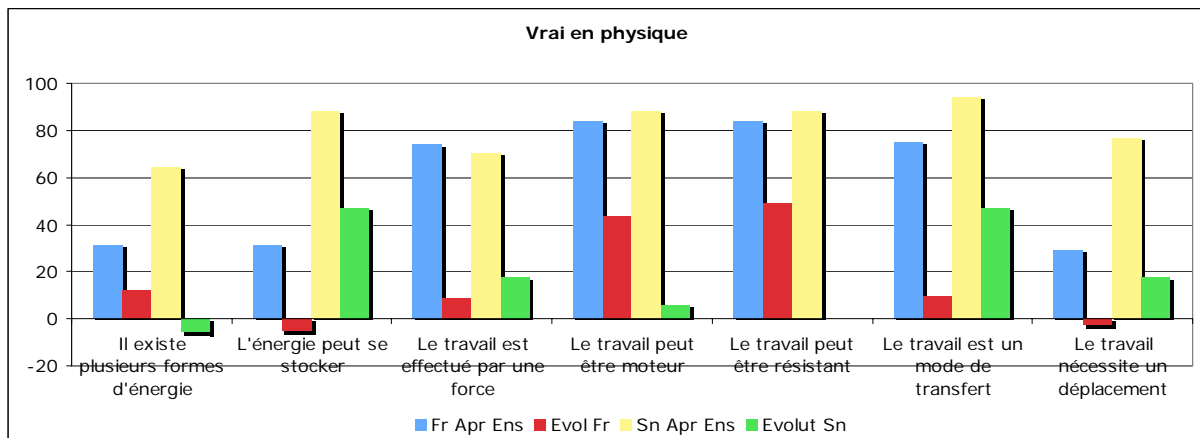
60% des élèves de la classe 1 disent que cette expression se dit aussi bien en physique que dans la vie de tous les jours après enseignement. Plus de 80% des élèves de la classe 2 l'ont mis dans la rubrique « vrai en physique ». L'évolution des réponses entre avant et après enseignement semble être en faveur de la rubrique « vrai aussi bien en physique que dans la vie de tous les jours » dans la classe 1. Elle est de plus de 40% en faveur de la rubrique « vrai en physique » dans la classe 2. La disposition à considérer l'expression « l'énergie peut se stocker » vraie en physique semble être plus favorable dans la classe 2 que dans la classe 1.

L'expression « le travail est effectuée par une force ».

Les réponses après enseignement sont de plus de 60% dans les deux classes dans la rubrique « vrai en physique ». Les évolutions des réponses avant et après enseignement dans cette même rubrique sont faibles (moins de 20%).

Les expressions « le travail est moteur » et « le travail est résistant » ont des réponses après enseignement de plus de 80% dans les deux classes. L'évolution des réponses entre avant et après enseignement est nette dans la classe 1, elle est pratiquement nulle dans la classe 2.

Les expressions « le travail est un mode de transfert » et « le travail nécessite un déplacement » ont des pourcentages de réponses après enseignement de plus de 70% dans les deux classes. L'évolution des réponses entre avant et après enseignement est faible dans la classe 1. Dans la classe 2 elle est importante pour l'expression « le travail est un mode de transfert » et relativement faible pour l'expression « le travail nécessite un déplacement ».

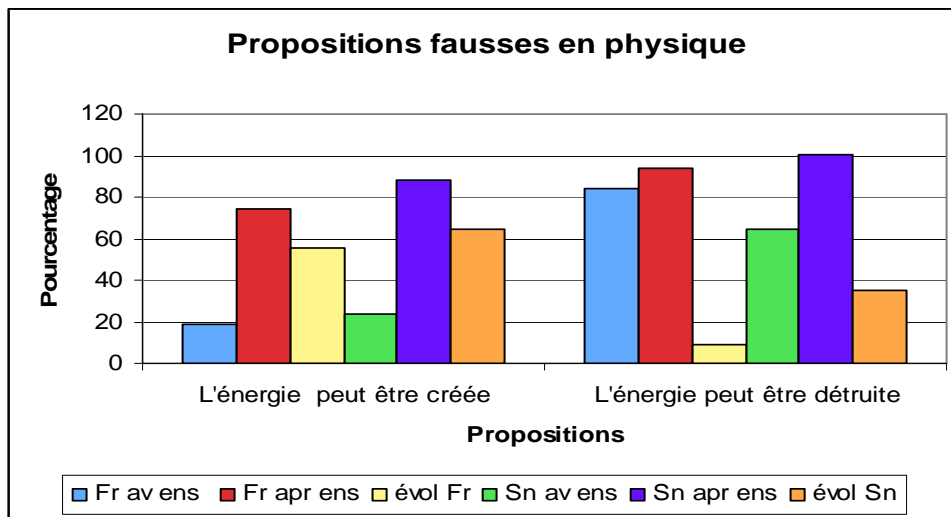


Graphique 56 Réponses des élèves dans les expressions considérées comme vraies en physique.

b. La question Q5 est la suivante : Pour chacun des énoncés ci-dessous indiquez par une croix s'il est juste ou faux du point de vue de la physique.

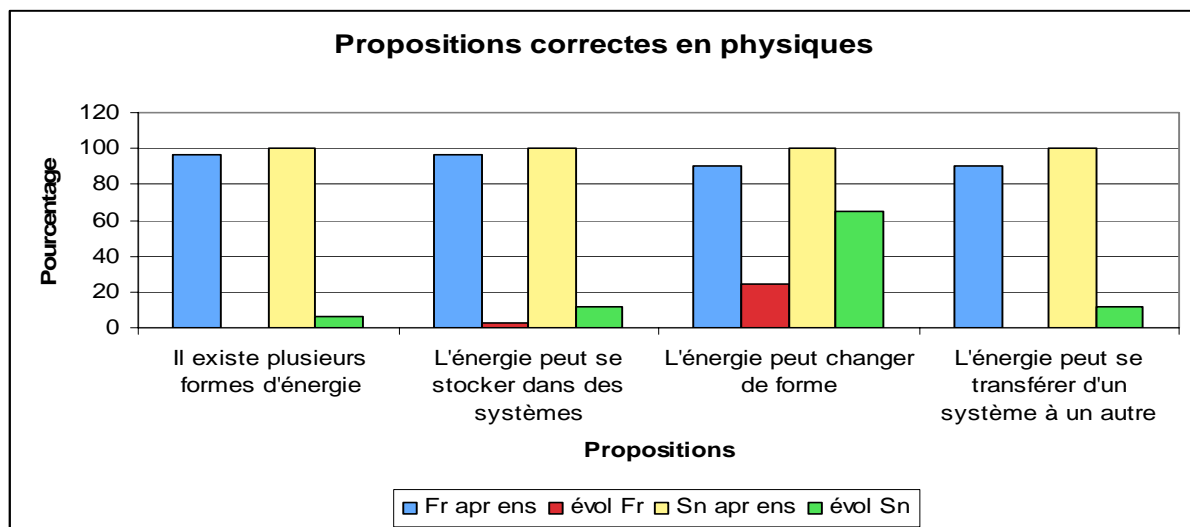
Les expressions « l'énergie peut être créée » et « l'énergie peut être détruite » sont fausses du point de vue de la physique, les réponses des élèves sont respectivement de 80% dans la classe 1 et de 100% dans la classe 2 (graphique 57).

L'évolution des réponses des élèves dans l'expression « l'énergie peut être créée » dans le sens de l'augmentation est importante dans les deux classes. Par contre l'évolution des réponses dans l'expression « l'énergie peut être détruite » est plus nette dans la classe 2 que dans la classe 1, car le pourcentage de réponses étant déjà élevé dans cette dernière.



Graphique 57 Pourcentage de réponses selon les rubriques considérées comme fausses en physique

Propositions correctes en physique. Elles sont regroupées dans le graphique 58, nous remarquons des pourcentages supérieurs à 80% dans les deux classes. L'évolution des réponses entre avant et après enseignement est faible (voire constante classe 1) dans la plupart des expressions dans les deux classes. La rubrique « l'énergie peut changer de forme » se démarque avec une évolution des pourcentages entre avant et après enseignement de plus de 20%, ce qui pourrait s'interpréter par un acquis plus important dans les deux classes surtout pour la classe 2 (plus de 60%).



Graphique 58 Pourcentage de réponses selon les rubriques considérées comme justes en physique

Quelques hypothèses concernant des liens avec l'enseignement

En ce qui concerne les termes utilisés dans la vie de tous les jours et en physique, les deux classes ont abordés ces utilisations dans les thèmes 7 et 8 pour la classe 1 et dans les thèmes 12 et 18. Si nous regardons au niveau microscopique, nous voyons que les deux classes utilisent les mêmes ensembles conceptuels dans ces différents thèmes (adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les et adjectifs qualifiant l'énergie en physique et formes d'énergie stockée). On peut inférer que l'effet classe aurait conduit à une acquisition de connaissance pour ces termes.

C. Etude de systèmes en interaction : identification des systèmes et modes de transfert d'énergie. Q6 (avec les sept situations)

Résultats

La question Q6 fait référence à l'identification des systèmes et des modes transferts d'énergie ou aux formes d'énergie susceptibles d'être stockées. Les rubriques « formes d'énergie susceptibles d'être stockées » et « les systèmes qui sont en train de stocker de l'énergie » ne seront pas analysées à cause de leur formulation qui pourrait conduire les élèves à donner des réponses inadéquates.

1. Identifications des systèmes qui fournissent ou qui reçoivent de l'énergie. (Système qui fournit de l'énergie et Système qui reçoit de l'énergie).

Dans le tableau 66, la situation 5 ne sera pas analysée parce qu'elle est incohérente par rapport aux consignes données.

Tableau 66 Réponses des élèves suivant les systèmes qui fournissent ou qui reçoivent de l'énergie

| Situation | Système qui fournit de l'énergie | | | Système qui reçoit de l'énergie | | |
|--|----------------------------------|------------------------|----------|---------------------------------|------------------------|----------|
| | Réponse attendue | Evolution pourcentages | | Réponse attendue | Evolution pourcentages | |
| | | Classe 1 | Classe 2 | | Classe 1 | Classe 2 |
| 1 Une <u>pile</u> fait briller une <u>lampe</u> | Pile | 96-94 | 77-94 | Lampe | 30-81 | 47-65 |
| 2 Le <u>soleil</u> éclaire et réchauffe une <u>salle</u> | Soleil | 94-100 | 82-100 | Salle | 91-87 | 53-65 |
| 3 Dans le <u>jardin</u> le <u>moteur</u> d'une voiture immobile tourne | Moteur | 78-90 | 41-77 | Jardin | 44-77 | 29-65 |
| 4 Une <u>bouilloire</u> électrique est en train de chauffer de l' <u>eau</u> | Bouilloire | 72-100 | 35-65 | Eau | 66-84 | 29-71 |
| 5 Une <u>voiture</u> qui freine | Voiture | 38-61 | 29-53 | Environnement ⁵ | 0-10 | 0-29 |
| | | | | Manquant | 44-29 | 82-47 |
| 6 Une <u>lampe</u> qui éclaire une <u>chambre</u> | Lampe | 78-100 | 41-71 | Chambre | 63-67 | 41-82 |
| 7 Une <u>grue</u> soulève un <u>objet</u> | Grue | 66-87 | 71-88 | Objet | 56-84 | 29-88 |

Dans les réponses aux systèmes qui fournissent ou qui reçoivent de l'énergie, nous remarquons que l'évolution (une augmentation) des pourcentages de réponses est dans le même sens dans les deux classes (tableau 66). La fonction des systèmes qui fournissent ou qui reçoivent de l'énergie semble être comprise dans les deux classes. Le pourcentage des réponses après enseignement est relativement plus important dans la classe 1.

Les pourcentages de réponses des élèves avant apprentissage étant assez élevé dans les deux classes, les évolutions sont faibles sauf pour les situations 3, 4 et 6 dans la classe 2. Dans ces trois situations l'évolution des réponses avant et après enseignement voisine les 30%. Dans la classe 1, l'évolution la plus significative se trouve dans les situations 6 et 7 où elle voisine les 22%.

2. Identification des systèmes susceptibles de stocker de l'énergie (Système qui est en train de stocker de l'énergie) et formes sous laquelle l'énergie est stockée.

Les parties (a) et (b) ne sont pas analysées.

a. Système qui est en train de stocker de l'énergie.

⁵ N'est pas évoqué dans la situation.

b. Forme d'énergie susceptible d'être stockée.

Les pourcentages étant plus élevés avant enseignement, dans certaines propositions des rubriques « système qui fournit de l'énergie » et « système qui reçoit de l'énergie » dans les deux classes, l'influence de l'enseignement devient faiblement perceptible. Les deux classes obtiennent des pourcentages de réponses de 100% après enseignement dans la situation 2 qui utilise le système « soleil » qui fournit de l'énergie. Les élèves de la classe 1 ont eu aussi 100% dans les situations 4 et 6, là où la classe 2 n'a que des réponses qui tournent autour de 65% et 71%.

L'évolution des réponses entre avant et après enseignement est plus nette dans la classe 1 que dans la classe 2.

3. Modes de transfert d'énergie entre systèmes (Mode(s) du transfert de l'énergie à partir de ce système (A) et Mode(s) du transfert de l'énergie à ce système (B)) (tableau 67).

La situation 1. Une pile fait briller une lampe.

Les élèves des deux classes utilisent les mêmes mots durant leur réponse : travail ou travail électrique ou travail de la force. Remarquons que certains élèves de la classe 1 utilisent dans leur réponse le mot « électrique ». Dans les deux formulations de la question, l'évolution des réponses avant et après enseignement est positive dans les deux classes. Si nous regroupons le pourcentage des réponses de tous les mots qu'ils utilisent nous remarquons que les pourcentages varient de 22% à 91% (A) ou 30 à 73% (B) pour la classe 1 et de 0 à 71% (A) ou 0 à 51% (B) pour la classe 2.

Dans les deux types de formulation, le pourcentage de réponses après enseignement des élèves dans la classe 1 est supérieur à 70%. Malgré une baisse dans la seconde formulation (B). Cette baisse dans les réponses après enseignement est aussi relevée dans la classe 2.

La situation 2. Le soleil éclaire et réchauffe une salle.

Le transfert par rayonnement entre le système « soleil » et le système « salle » est la réponse adéquate. Le pourcentage de réponse après enseignement dans les deux classes est faible, les réponses varient respectivement de 3% à 26% pour la classe 1 et de 0% à 24% pour la classe 2. Ce qui donne aussi une évolution faible mais positive dans les deux classes. Le pourcentage de réponses et l'évolution des réponses avant et après enseignement les plus significatifs dans les deux classes se trouvent dans la réponse «transfert thermique et rayonnement ». Les pourcentages de réponses varient de 9% à 36% pour la classe 1 et de 0% à 35% pour la classe 2. Le taux d'évolution et le sens d'évolution sont pratiquement les mêmes dans les deux classes, ces élèves continuent d'admettre un transfert thermique entre le soleil et les objets qui se trouvent sur la Terre.

Tableau 67 Réponses des élèves concernant les modes de transfert d'énergie entre systèmes

| Situation | Mode(s) de transfert à partir du système qui fournit de l'énergie | | | Mode(s) de transfert au système qui reçoit de l'énergie | | |
|--|---|----------------------|----------------------|---|----------------------|----------------------|
| | Mode(s) de transfert | Classe 1 Av - apr | Classe 2 Av - apr | Mode(s) de transfert | Classe 1 Av - apr | Classe 2 Av - apr |
| 1 Une <u>pile</u> fait briller une <u>lampe</u> | Travail électrique | 0-29 | 0-53 | Travail électrique | 19-19 | 0-35 |
| | Travail | 0-0 | 0-12 | Travail/travail F | 3-3 | 0-6 |
| | Electrique | 22-62 | 0-6 | Electrique | 9-52 | 0-0 |
| | | | | Non réponses | 66-32 | 77-41 |
| 2 Le <u>soleil</u> éclaire et réchauffe une <u>salle</u> | Transfert thermique | 3-29 | 0-18 | Transfert thermique | 6-36 | 0-0 |
| | Rayonnement | 3-26 | 0-24 | Rayonnement | 3-23 | 0-24 |
| | Transfert thermique et rayonnement | 9-39 | 0-35 | Transfert thermique et rayonnement | 6-36 | 0-12 |
| | | | | Non réponses | 63-3 | 88-47 |
| 3 Dans le <u>jardin</u> le <u>moteur</u> d'une voiture immobile tourne | Transfert thermique | 3-42 | 18-24 | Transfert thermique | 31-68 | 0-53 |
| | Non réponses | 69-16 | 82-47 | Non réponse | 63-3 | 88-47 |
| 4 Une <u>bouilloire</u> électrique est en train de chauffer de l' <u>eau</u> | Transfert thermique | 6-42 | 0-29 | Transfert thermique | 19-68 | 6-59 |
| | Non réponse | 63-3 | 71-29 | Non réponse | 72-13 | 71-29 |
| 6 Une <u>lampe</u> qui éclaire une <u>chambre</u> | Rayonnement | 13-32 | 0-29 | Rayonnement | 6-32 | 0-35 |
| | Ray et trans therm | 0-23 | 0-6 | Ray et trans therm | 0-19 | 0-18 |
| | Transf thermique | 0-29 | 0-0 | Transf thermique | 6-29 | 0-12 |
| | Non réponse | 50-0 | 82-24 | Non réponse | 72-10 | 82-18 |
| 7 Une <u>grue</u> soulève un <u>objet</u> | Trav et trav méca | 0-36 | | Trav et trav méca | 0-32 | 0-35 |
| | Mécanique | 9-45 | | Mécanique | 6-42 | 0-0 |
| | Trav de la force | 0-0 | 0-12 | Trav de la force | 0-0 | 0-6 |
| | Non réponse | 72-13 | 94-24 | Non réponse | 84-19 | 77-29 |

Situation 3. Dans le jardin le moteur d'une voiture immobile tourne.

La réponse adéquate est le transfert thermique du moteur au jardin. Dans la classe 2, 47% des élèves ne répondent pas à cette question après enseignement. Les pourcentages des réponses correctes varient de 3% à 42% (A) (ou 31% à 68% (B°) dans la classe 1. Dans la classe 2 ces mêmes pourcentages varient de 18% à 24% (A) (ou de 0% à 53%).

Situation 4. Une bouilloire électrique est en train de chauffer de l'eau.

La réponse adéquate est « transfert thermique. Dans la classe 1 les réponses varient de 3% à 42% (A) ou de 31% à 68% (B) et dans la classe 2 elles varient de 0% à 29% (A) ou de 5% à 59% (B). Le pourcentage de non réponse avoisine les 30% dans la classe 2. L'évolution des pourcentages de réponse avant et après enseignement tourne autour de 37% et 39% dans la

classe 1 alors qu'elle est de 29% (A) et 53% (B) dans la classe 2. Elle est régulière et faible suivant les deux types de formulation dans la classe 1 et irrégulière dans la classe 2.

La situation 6. Une lampe qui éclaire une chambre.

La réponse adéquate est transfert thermique et rayonnement de la lampe à la chambre.

Le pourcentage des réponses adéquates et l'évolution des réponses avant et après enseignement sont faibles dans les deux classes ((A) 0%-23% et (B) 0%-19%) classe 1 et 0%-6% (A) et 0%-18% (B)). Le pourcentage de non réponse étant faible, les élèves ont répondu en donnant d'autres modes de transfert d'énergie.

La situation 7. Une grue soulève un objet.

La réponse adéquate est travail mécanique de la grue à l'objet. Les réponses que nous considérons comme correctes dans les deux classes sont : travail, travail mécanique, travail de la force et mécanique.

Dans la classe 1, les pourcentages des réponses passent de 9% à 81% (A) ou 6% à 74% (B) et dans la classe 2 ils passent de 0% à 12% (A) ou de 0% à 41% (B).

Quelques hypothèses concernant des liens avec l'enseignement

Les expressions « systèmes qui reçoivent ou qui fournissent » sont employées dans les deux classes, de même que « les systèmes qui stockent de l'énergie ». Les modes de transfert d'énergie ont été analysés en classe 1 et non en classe 2, ce qui pourrait confirmer certains résultats.

Il faut remarquer les faibles taux de réponses dans les situations qui mettent en jeu les modes de transferts d'énergie par rayonnement et thermique, ce qui est en accord avec l'analyse du point de vue microscopique : ces deux ensembles conceptuels n'ont pas fait l'objet d'étude dans les deux classes.

D. Transfert d'énergie par travail mécanique. Q7

Résultats

La situation de la question 7 est donnée dans le tableau 68

Tableau 68 Enoncé de la question 7

7.1. Depuis le bord d'une patinoire, Damien pousse un élève de A à B avec une force constante et le laisse glisser à partir du point B. L'élève poussé est au repos au point A. Les forces de frottement entre le patin à glace et la glace, ainsi que celles exercées par l'air sont négligeables.

En physique on définit Damien et l'élève comme des systèmes pendant la poussée, c'est-à-dire entre A et B. Le système « Damien » fournit de l'énergie au système « élève ».

- Quel est le mode de transfert de l'énergie entre le système « Damien » et le système « élève »?
- Si \vec{F} est la force exercée par le système « Damien » sur le système « élève », donnez l'expression de la quantité d'énergie transférée
- Précisez sous quelle forme le système « élève » stocke l'énergie qu'il reçoit.

7.2 Depuis le bord de la patinoire, Damien pousse deux élèves l'un après l'autre. Les deux élèves sont au repos au point de départ, c'est-à-dire au point A. L'élève 2 est plus lourd que l'élève 1. Damien pousse l'élève 1 du point A au point B et le laisse glisser. Il pousse l'élève 2 du point A à un point B' différent de B et le laisse aussi glisser. La distance AB est plus grande que la distance AB'. Le système « Damien » exerce la même force constante dans les deux cas.

Les forces de frottements entre le patin à glace et la glace, ainsi que celles exercées par l'air sont négligeables.

- Cochez la bonne proposition selon vous.

Pendant la première poussée (élève léger), le système « Damien » fournit (plus d'énergie, moins d'énergie, autant d'énergie ou je ne sais pas) que lors de la seconde poussée (élève lourd).

- Justifiez votre réponse à partir de vos connaissances de physique

7.3 Damien pousse l'élève 1 puis l'élève 2 qui est plus lourd sur la même distance AB. Il fait en sorte qu'à l'instant où les deux élèves passent par le point B, ils aient la même vitesse.

Le système « Damien » exerce maintenant une force constante sur les deux élèves mais celle qu'il exerce sur le système « élève 1 » n'a pas la même valeur que celle qu'il exerce sur le système « élève 2 ».

Les frottements entre le patin à glace et la glace, ainsi que la force exercée par l'air sont négligeables.

- Cochez la bonne proposition selon vous.

Pendant que Damien pousse sur l'élève 1 (élève léger), c'est-à-dire entre A et B le système « Damien » fournit (plus d'énergie, moins d'énergie, autant d'énergie ou je ne sais pas) que lorsqu'il pousse l'élève 2 (élève lourd).

Tableau 69 Pourcentage des réponses des élèves des deux classe concernant la question 7.

| 7.1a. Quel est le mode de transfert de l'énergie entre le système « Damien » et le système « élève | Classe 1 | Classe 2 |
|---|----------|----------|
| | Av -apr | Av - apr |
| Travail, travail mécanique et travail de la force F | 0-61 | 0-88 |
| Transfert mécanique | 0-32 | 0-6 |
| 7. 1b. Expression de la quantité d'énergie transférée | | |
| F.AB | 0-45 | 0-82 |
| Non réponses | 84-42 | 94-0 |
| 7. 1c. Forme sous laquelle le système « élève » stocke l'énergie qu'il reçoit | | |
| Energie cinétique | 3-10 | 0-29 |
| Energie potentielle | 0-6 | 0-18 |
| Energie mécanique (Energie cinétique +Energie potentielle) | 3-6 | 0-53 |
| Mécanique | 3-19 | 0-0 |
| Autres | 28-23 | 29-0 |
| Non réponses | 63-36 | 70-0 |
| 7.2a. Plus ou moins d'énergie transférée aux systèmes « élève lourd » et « élève léger par le système « Damien » (même valeur de la force et $AB > AB'$) | | |
| « Damien » fournit <u>plus d'énergie</u> pendant la poussée du système « élève léger » que pendant la poussée du système « élève lourd » | 9-23 | 12-59 |
| « Damien » fournit <u>moins d'énergie</u> pendant la poussée du système « élève léger » que pendant la poussée du système lourd | 28-16 | 35-18 |
| « Damien » fournit <u>autant d'énergie</u> pendant la poussée du système « élève léger » que pendant la poussée du système lourd | 59-61 | 24-12 |
| 7. 2b. Justification basée sur | | |
| F et $AB > AB'$ | 9-19 | 12-47 |
| Variation de l'énergie cinétique | 0-0 | 0-12 |
| la seule force constante | 25-13 | 11-23 |
| Non réponses | 19-55 | 41-6 |
| 7.3. Plus ou moins d'énergie transférée aux systèmes « élève lourd » et « élève léger par le système « Damien » (valeur de la force différente, $AB = AB'$ et $v_A = v_B$) | | |
| « Damien » fournit <u>plus d'énergie</u> pendant la poussée du système « élève léger » que pendant la poussée du système lourd | 23-7 | 17-0 |
| « Damien » fournit <u>moins d'énergie</u> pendant la poussée du système « élève léger » que pendant la poussée du système lourd | 72-74 | 53-59 |
| « Damien » fournit <u>autant d'énergie</u> pendant la poussée du système « élève léger » que pendant la poussée du système lourd | 6-6 | 12-24 |

7.1a. Quel est le mode de transfert de l'énergie entre le système « Damien » et le système « élève ».

Nous avons seulement mentionné dans le tableau 69 les réponses adéquates, les autres

réponses et les non réponses n'y figurent pas, le reliquat pour avoir 100% leur est accordé.

Si nous considérons la réponse la plus correcte (travail, travail mécanique ou travail de la force F), le pourcentage de réponses après enseignement et l'évolution des réponses sont plus nettes dans la classe 2 que dans la classe 1. Puisque la réponse « transfert mécanique » ne peut pas être considérée comme fausse, les pourcentages de réponses adéquates après enseignement peuvent être considérés comme identiques dans les deux classes dans ce cas.

L'évolution des réponses entre avant et après enseignement est très élevée dans les deux classes : de 0% à plus de 80%.

7. 1b. Expression de la quantité d'énergie transférée.

La réponse correcte est $W_{AB}(F_{D/él}) = F \cdot AB$, les pourcentages des réponses après enseignement sont respectivement de 82% pour la classe 2 et 45% pour la classe 1. Le pourcentage de non réponse est de 42% dans cette dernière classe.

Dans toutes les deux classes l'évolution des pourcentages de réponses avant et après enseignement est élevée (de 0% à 45% pour la classe 1 et 0% à 82% pour la classe 2). Les résultats (pourcentage de réponses après enseignement et évolution des réponses avant et après enseignement) sont meilleurs dans la classe 2 que dans la classe 1.

7. 1c. Forme sous laquelle le système « élève » stocke l'énergie qu'il reçoit.

La réponse exacte est : le système « élève » stocke de l'énergie cinétique. Le pourcentage de réponse après enseignement est faible dans les deux classes (10% classe 1 et 29% classe 2) et par conséquent l'évolution des réponses avant et après enseignement est aussi faible.

7.2a. Plus ou moins d'énergie transférée aux systèmes « élève lourd » et « élève léger par le système « Damien » (même valeur de la force et $AB > AB'$).

La réponse exacte est la suivante : « Damien » fournit plus d'énergie pendant la poussée du système « élève léger » que pendant la poussée du système « élève lourd ». L'évolution des pourcentages des réponses avant et après enseignement est de 9% à 23% dans la classe 1 et de 12% à 59% dans la classe 2. Nous remarquons aussi que le pourcentage des réponses après enseignement dans la classe 1 est faible. Et l'évolution des réponses avant et après enseignement est plus nette dans la classe 2 que dans la classe 1 (14% classe 1 et 47% pour la classe 2).

7. 2b. Justifications.

Les justifications que nous considérons exactes sont basées sur la valeur constante de la force de poussée exercée par le système « Damien » et la comparaison des distances de poussée (AB et AB'). Dans ce cas les réponses varient de 9% à 19% dans la classe 1 et de 12% à 47% dans la classe 2. Après enseignement les pourcentages de réponses restent faibles dans les deux classes, ils sont inférieurs à 50% et les évolutions des pourcentages de réponses avant et après enseignement sont plus importantes dans la classe 2 que dans la classe 1 (10% classe 1 et 47% pour la classe 2).

7.3. Plus ou moins d'énergie transférée aux systèmes « élève lourd » et « élève léger par le système « Damien » (valeur de la force différente, $AB = AB'$ et $v_A = v_B$).

Cette partie n'est pas analysée.

Quelques hypothèses concernant des liens avec l'enseignement

La classe 1 a abordé les transferts par travail mécanique sous deux angles (analyse en termes d'interactions et de forces mises en jeu) alors que la classe 2 est allée directement au travail mécanique dès la première séance. De plus, dans la classe 2 le travail est abordé dans plusieurs thèmes surtout sous sa forme « utilisation de formules », ce qui est conforme à la question demandée. Au niveau de l'analyse microscopique, l'ensemble conceptuel « travail mécanique » regroupe dans les deux classes plus de 30% des mots/expressions utilisés. La classe 2 ré utilise cet ensemble conceptuel plus que la classe 1. Ces approches et le moment de première introduction pourraient influencer les meilleurs résultats obtenus par la classe 2.

Les résultats faibles sur les formes d'énergie stockées pourraient être interprétés par le fait que la classe 1 ne privilégie pas dans son enseignement les formes d'énergie cinétique et potentielle. La classe 2 s'est tellement focalisée sur la détermination de la constante dans l'expression de l'énergie potentielle à tel point que les élèves ont confondu ce qui est essentiel et accessoire dans l'étude des formes d'énergie stockées. Au niveau de l'analyse microscopique, les taux des mots/expressions utilisés sont de 9,3% pour c11 et 24,1% pour la classe 2.

E. Formes d'énergie stockée et conservation de l'énergie (Q8)

Résultats

Le tableau 70 donne l'énoncé de la question 8.

Tableau 70 Enoncé de la question 8

Un enfant lâche une boule de pétanque sans vitesse initiale d'une certaine hauteur par rapport au sol. Les forces de frottements exercées par l'air sont négligeables.

a). Est-ce que ce système « boule de pétanque » a de l'énergie à l'instant de son lâcher ? (cases à cocher : oui, non et je ne sais pas).

b). Justifiez votre réponse à partir de vos connaissances de physique

c) On s'intéresse aux deux positions suivantes de la boule : au moment du lâcher et lorsqu'elle est à la moitié de son trajet.

c₁) Précisez sous quelle(s) forme(s) l'énergie est stockée pour les deux positions suivante : au moment du lâcher, à la moitié de son trajet)

c₂) Comparez l'énergie de la boule de pétanque dans les deux positions

« Un corps situé à une hauteur h par rapport à la Terre possède de l'énergie », cette expression est maîtrisée dans les deux classes (77% dans la classe 1 et 88% dans la classe 2) (tableau 71, 8a). Les évolutions avant et après enseignement sont respectivement de 39% pour la classe 1 et 64% pour la classe 2. Mais en ce qui concerne les justifications, les réponses varient d'une classe à l'autre. S'il s'agit de justifier avec les mots comme potentiel, mouvement, déplacement ou vitesse (les mêmes pour les mots altitude ou hauteur) le pourcentage de réponse après enseignement est plus élevé dans la classe 2 que dans la classe 1 (tableau 71, 8b). S'il s'agit de la justification par la position de l'objet par rapport au référentiel terrestre (altitude ou hauteur) les pourcentages de réponses sont faibles avant et après enseignement (0%-3% classe 1 et 6%-18% classe 2). Nous avons aussi noté un fort taux de non réponse dans la classe 1.

En ce qui concerne la (les) forme(s) d'énergie stockée(s) par le système au moment où on le lâche, les termes employés par la classe 1 sont les suivants (tableau 71, 8. c1a): « énergie

cinétique », « énergie potentielle » et « énergie mécanique ou énergie cinétique+énergie potentielle ». La classe 2 n'a pas donné de réponse exacte dans la rubrique « énergie potentielle ». Le pourcentage de réponse donnée (énergie potentielle) dans la classe 1 est de 52%, il représente aussi l'évolution du pourcentage des réponses avant et après enseignement. Ces formes d'énergie stockées par un système ne nous semblent être maîtrisées dans aucune des deux classes même si la classe 1a un léger avantage.

Les formes sous lesquelles l'énergie est stockée à la moitié du trajet confirment encore la non maîtrise de la notion d'énergie stockée dans cette situation où les deux classes donnent majoritairement comme réponse : énergie cinétique (tableau 71, 8. c1b) avec des pourcentages après enseignement de 29% pour la classe 1 et 47% pour la classe 2. Les pourcentages de réponses après enseignement concernant la réponse exacte (énergie cinétique et potentielle) passent de 0% à 13% dans la classe 1 et de 0% à 12% dans la classe 2. L'évolution des pourcentages de réponses avant et après enseignement a le même sens quand il s'agit de « énergie cinétique et énergie potentielle », mais elle est faible dans les deux classes (12% en moyenne)

Tableau 71 Réponses aux formes d'énergie

| 8. a. Est-ce que le système « boule de pétanque » a de l'énergie à l'instant de son lâcher ? | Classe 1 | Classe 2 |
|---|----------|----------|
| | Av - apr | Av - apr |
| Oui | 38-77 | 24-88 |
| Non | 50-13 | 41-6 |
| 8. b. Justifiez votre réponse à partir de vos connaissances de physique | | |
| Potentielle/Déplacement/Mouvement/Vitesse | 9-36 | 6-65 |
| Altitude/hauteur | 0-3 | 6-18 |
| Force/Poids/Attraction de la Terre/Force de gravité | 0-3 | 6-18 |
| Energie ne se crée pas, même immobile le corps possède de l'énergie | 9-9 | 0-6 |
| Non réponse | 25-26 | 59-6 |
| 8. c1a. Forme(s) sous laquelle l'énergie est stockée au moment du lâcher | | |
| Energie potentielle | 0-52 | 0-0 |
| Energie cinétique | 0-7 | 0-47 |
| Energie mécanique ou énergie cinétique +énergie potentielle | 0-10 | 0-12 |
| Autres | 22-3 | 12-35 |
| 8. c1b Forme(s) sous laquelle l'énergie est stockée à la moitié du trajet | | |
| Energie cinétique | 0-29 | 0-47 |
| Energie potentielle | 0-6 | 0-0 |
| Energie cinétique +énergie potentielle | 0-13 | 0-12 |
| Autres | 28-23 | 12-35 |
| Non réponse | 72-29 | 88-6 |
| 8. c2. Comparaison de l'énergie stockée entre les deux positions : au moment du lâcher et à la moitié du trajet | | |
| Energie au lâcher = Energie à la moitié du trajet | 3-32 | 0-53 |
| Energie au lâche >ou > Energie à la moitié du trajet | 47-10 | 18-6 |
| Energie cinétique au moment du lâcher > ou < Energie cinétique à la moitié du trajet | 0-19 | 0-6 |
| Energie cinétique = Energie potentielle | 0-0 | 0-18 |
| Non réponse | 47-36 | 82-18 |

En ce qui concerne la comparaison des énergies entre le moment où le système est lâché et à la moitié du trajet, la réponse par « l'énergie est la même » a connu une évolution dans les deux classes avec un taux qui passe de 0 à 53% pour la classe 2 et de 3 à 32% pour la classe 1 (tableau 71. 8. c2). Les élèves de la classe 2 ont aussi utilisé l'égalité de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique, mais avec un faible taux de 0 à 18%. Dans tous les cas l'évolution des réponses avant et après enseignement est faible dans la classe 1 (de 3 à 32%) et relativement faible dans la classe 2 même si elle est de 53% (de 0 à 53%).

Quelques hypothèses concernant des liens avec l'enseignement.

La classe 2 a beaucoup insisté sur la détermination de la constante ce qui fait que les élèves se focalisent sur cette procédure, croyant que c'est le principal savoir qu'il faut retenir. Les réponses à la question 8. c₂ montrent à quel point l'appréhension du concept de conservation de l'énergie est difficile.

Le taux de mots/expressions utilisés dans la classe 1 (9,3%) montre que l'ensemble conceptuel « forme d'énergie stockée » n'est pas ciblé dans l'enseignement. Le taux de mots/expressions dans la classe 2 (24%) montre que l'enseignement est ciblé dans la classe 2, sur les deux formes d'énergie (cinétique et potentielle), mais le temps consacré à la détermination de la constante au niveau de l'énergie potentielle pourrait influencer le résultat obtenu.

F. Système en termes de réservoir et de transformateur, formes d'énergie stockée et modes de transfert d'énergie (Q9)

Résultats

L'analyse des modes de transfert d'énergie entre systèmes n'est pas faite à cause des problèmes de formulation des questions.

a. Systèmes en termes de réservoir et de transformateur. (Q 9.1).

Les pourcentages de réponses exactes après enseignement sont très élevés dans les deux classes, il est de 80% dans la plupart des cas (tableau 72). L'identification des noms des systèmes semble être maîtrisée dans les deux classes.

Dans la classe 1, à part la réponse au système « lampe » (44% à 77% (33%)), les évolutions des réponses avant et après enseignement sont faibles parce que les réponses avant enseignement étaient déjà élevées. Dans la classe 2 cette évolution est assez élevée et parfois elle atteint les 70%, c'est le cas dans les réponses des élèves concernant le système « lampe » (12%-82% (70%)).

Tableau 72 Pourcentage réponses des élèves concernant les systèmes (réservoir ou transformateur)

| 9.1. Identification de système en termes de réservoir ou de transformateur | | |
|--|----------|----------|
| Système : « eau qui coule » | Classe 1 | Classe 2 |
| | Av - apr | Av - apr |
| Réservoir | 75-87 | 47-77 |
| Non réponses | 6-3 | 12-12 |
| Système : « moulin à eau » | | |
| Réservoir | 25-10 | 12-6 |
| Transformateur | 66-84 | 65-82 |
| Non réponses | 6-3 | 18-12 |
| Système : « dynamo » | | |
| Transformateur | 88-87 | 59-82 |
| Non réponses | 0-3 | 18-12 |
| Système : « lampe » | | |
| Réservoir | 50-26 | 65-6 |
| Transformateur | 44-71 | 12-82 |
| Non réponses | 0-3 | 18-12 |
| Système : « salle de labo » | | |
| Réservoir | 63-94 | 29-6 |
| Transformateur | 0-3 | 6-82 |
| Non réponses | 6-3 | 6-12 |

b. Formes d'énergie stockée (Q 9. 2).

Les formes d'énergie stockées données par les deux classes sont identiques, surtout après enseignement, mais l'évolution de ces pourcentages n'atteint pas les 50% (tableau 73). Les deux classes donnent des formes d'énergie stockées à un transformateur, ce qui n'est pas conforme au texte du modèle de l'énergie.

Le seul système qui peut stocker de l'énergie étant l'eau qui coule, elle la stocke sous forme potentielle ou mécanique. Les réponses des élèves quand il s'agit de la forme mécanique est faible (16 et 18%). Quand il s'agit de la forme potentielle les réponses des élèves varient de 0% à 32% dans la classe 1 et de 0% à 24% dans la classe 2.

Tableau 73 Pourcentage réponses des élèves concernant les formes d'énergies stockées

| 9.2. Forme(s) d'énergie susceptible d'être stockées | Classe 1 | Classe 2 |
|---|----------|----------|
| | Av - apr | Av - apr |
| Système « eau qui coule » | | |
| Energie mécanique ou Energie cinétique et Energie potentielle | 0-16 | 0-18 |
| Energie cinétique | 0-13 | 6-29 |
| Energie potentielle | 0-32 | 0-24 |
| Non réponses | 50-26 | 82-18 |
| Système « Moulin à eau » | | |
| Energie mécanique ou Energie cinétique et Energie potentielle | 3-13 | 0-0 |
| Energie cinétique | 3-23 | 0-41 |
| Energie potentielle | 0-16 | 0-12 |
| Non réponses | 41-36 | 100-18 |
| Système « Dynamo » | | |
| Energie mécanique ou Energie cinétique et Energie potentielle | 3-10 | 6-18 |
| Energie cinétique | 16-16 | 0-18 |
| Energie électrique | 0-19 | 18-29 |
| Non réponses | 47-36 | 77-18 |
| Système « lampe » | | |
| Energie cinétique | 0-7 | 0-12 |
| Energie potentielle | 0-26 | 0-12 |
| Energie thermique | 0-16 | 0-18 |
| Energie électrique | 25-19 | 6-29 |
| Non réponses | 28-19 | 88-18 |
| Système « labo » | | |
| Energie thermique | 6-32 | 0-42 |
| Non réponses | 50-19 | 94-18 |

Quelques hypothèses concernant des liens avec l'enseignement

Nous considérons que l'identification des noms de systèmes est maîtrisée dans les deux classes parce qu'elle a été introduite dans l'enseignement. La classe 1 a débattu sur la fonction d'un transformateur qui ne stocke pas d'énergie en faisant recours au texte du modèle de l'énergie, ce qui ne semble pas donner des résultats durant la réponse au questionnaire. Dans la classe 2, la notion de transformateur n'a pas fait l'objet d'étude spécifique, ce qui confirme les résultats erronés sur sa fonction.

Synthèse de la description des réponses du questionnaire

Dans la partie concernant le fonctionnement de la science et du processus de modélisation (Q1 à Q3), les résultats nous conduisent à considérer qu'il y a une évolution dans le sens qui nous paraît le mieux indiqué pour les possibles définitions du modèle dans la classe 1 (c'est le cas pour le sens évolutif des modèles, le caractère prédictif, la description des phénomènes par plusieurs modèles, validité par la communauté scientifique, les caractéristiques du phénomène à prendre dans la construction du modèle). Dans la classe 2 l'évolution des acquisitions semble se dessiner dans seulement les affirmations concernant le caractère évolutif, le caractère prédictif et la description de phénomènes par plusieurs modèles.

Dans les fonctions que pourraient avoir un modèle, celles concernant la description et l'interprétation nous semblent être les plus reconnues par les élèves des deux classes. Dans les autres fonctions (de copie et de prévision) les réponses sont plutôt mitigées dans les deux classes. Les pourcentages des réponses concernant la fonction de prévision sont de 48% pour la classe 1 et 41% pour la classe 2 dans la rubrique « tout à fait d'accord » malgré son utilisation durant l'enseignement dans les deux classes.

Ceci est confirmé par les réponses concernant l'application dans une situation donnée, ici un circuit électrique fermé, des fonctions d'un modèle (copie, description, interprétation etc). Les réponses semblent évoluer dans les deux classes avec une démarcation nette des fonctions d'interprétation et de description.

Dans la partie concernant les termes utilisés dans divers domaines, nous pensons que des dispositions pour l'évolution des acquisitions semblent se dessiner dans les deux classes, notamment dans le domaine de la physique avec les affirmations comme le travail est moteur, le travail est résistant ou le travail est un mode de transfert d'énergie. L'utilisation dans la classe de ces termes pourrait faire partie des facteurs qui influencent les élèves dans leurs réponses.

Dans la question Q6, dans la rubrique « les systèmes qui fournissent ou qui reçoivent de l'énergie », nous remarquons une évolution dans les réponses des deux classes. Ce sont aussi des termes que les deux enseignants utilisent durant la séquence d'enseignement d'énergie. Dans la rubrique « systèmes qui sont en train de stocker de l'énergie », nous remarquons la même tendance dans les deux classes, une évolution. Il n'y a pas eu de réponses multiples.

Les réponses aux formes d'énergie stockées ne nous permettent pas de croire que l'acquisition de cette notion est effective dans les deux classes car toutes les réponses sont en dessous de 50%. Les modes de transfert d'énergie nous donnent deux catégories de réponses, dans la première (situations 1, 5, 7) la classe 2 semble montrer une acquisition alors que dans les situations 2, 3, 6 c'est la classe 1 qui semble montrer une acquisition. Ces différences de réponses pourraient confirmer l'orientation de l'enseignement (focalisation sur le travail notamment le travail mécanique en classe 2 et analyse de certains modes de transferts d'énergie avant d'entamer le travail) de chaque classe.

« Les systèmes situés à une hauteur h par rapport à la Terre possèdent de l'énergie », cette interprétation nous semble être acquise par les deux classes, toutefois les justifications diffèrent d'une classe à l'autre. « Ce système possède de l'énergie potentielle de pesanteur » est aussi une interprétation qui nous semble être acquise par la classe 1, alors qu'elle ne l'est pas dans la classe 2. Quand le système est à la moitié de son trajet, les formes d'énergie qu'il stocke ne sont plus évidentes dans les deux classes. La comparaison de l'énergie entre les

deux moments (le lâcher et à la moitié du trajet) a connu une légère évolution dans les deux classes avec un petit avantage pour la classe 2. Ces différences dans les réponses des élèves pourraient s'interpréter par l'influence de l'utilisation des situations physiques dans les deux classes : le lâcher d'une bille a été un des champs d'application que la classe 2 a longuement utilisé.

Dans les réponses aux affirmations « identification des systèmes comme réservoir ou transformateur », nous remarquons une évolution dans les deux classes. Dans toutes ces situations nous avons une évolution dans le sens des réponses attendues sauf dans deux cas. Le premier cas concerne le système « moulin à eau » où les réponses dans les deux classes sont aux environs de 80%, cela montre que les élèves sont sûrs de leur réponse : « transformateur d'énergie ». Le deuxième cas ne concerne que la classe 2 et dans la situation du système « salle de labo » qui est identifié à plus de 80% comme un transformateur. Cela peut s'interpréter par la non maîtrise de la notion de transformateur dans cette classe, cette notion n'est pas abordée en classe.

Dans l'identification des formes d'énergie susceptibles d'être stockées par ces différents systèmes, nous remarquons que les mêmes termes sont utilisés dans les deux classes (énergie cinétique, énergie potentielle, énergie thermique etc), mais toujours avec des évolutions dans le sens de l'augmentation qui n'atteignent pas 50%. Dans ces deux classes, pour cette situation, un transformateur est susceptible de stocker de l'énergie.

Les réponses données pour l'identification des modes de transfert d'énergie entre les différents systèmes confirment ce que nous avons dit précédemment, l'acquisition des modes de transferts d'énergie par travail (mécanique et à un degré moindre électrique) nous paraît plus nette dans la classe 2 que dans la classe 1, alors que dans les autres modes de transfert (thermique ou rayonnement) nous observons l'inverse.

Pistes d'interprétations possibles

A la suite de cette description nous dégagons quelques pistes qui nous permettent d'interpréter les résultats obtenus.

a. L'influence d'un thème centré ou non sur un ensemble conceptuel.

Certains ensembles conceptuels font l'objet d'un enseignement spécifique dans un thème ou dans un sous thème à un moment précis durant l'enseignement dans une classe, tandis que d'autres ne sont enseignés que si l'occasion se présente. Ces derniers sont donc diffus dans presque plusieurs thèmes. Une hypothèse de recherche pourrait se faire autour de l'enseignement spécifique d'une notion et l'influence des possibles reprises ultérieures. C'est le cas de l'ensemble conceptuel « processus de modélisation et fonctionnement de la physique » qui a été étudié spécifiquement dans la classe 1 (avec un taux de mots/expressions de 4% environ dans le thème 1 et 1, 5% dans le thème 18). En ce qui concerne la reprise, l'ensemble conceptuel « travail mécanique » est un exemple : avec un taux de mots/expressions qui est respectivement de 35% en classe 1 et 30% en classe 2, les résultats du questionnaire donnent un avantage à la classe 2. Dans ce cas le nombre de reprise de cet ensemble conceptuel pourrait être une piste de réflexion.

b. Rôle et position chronologique d'une situation physique (ou du champ d'application) utilisée durant la séquence.

Certaines situations physiques utilisées dans le questionnaire sont semblables ou s'apparentent à celles utilisées par les deux classes durant l'enseignement. Ces situations peuvent influencer la réponse des élèves selon qu'elles ont été utilisées lors de la première

introduction d'une notion ou ultérieurement. Les élèves pourraient avoir tendance à ne se souvenir que de la première fois qu'elle a été utilisée et de faire abstraction de leur réutilisation dans l'enseignement d'une autre notion. Cela pourrait être le cas de la classe 2 qui a utilisé la bille en chute libre dès l'enseignement de l'énergie cinétique, elle l'a réutilisée dans l'enseignement de l'énergie potentielle mais s'est focalisée sur la détermination de la constante dans l'expression générale. Les élèves auraient tendance à ne retenir que la première utilisation (ici l'énergie cinétique), ce qui confirme leur réponse dans les formes d'énergie stockées par la bille au début de la chute et à la moitié de son trajet (47% dans les deux cas).

c. Le lexique utilisé durant l'enseignement.

Nous pensons que la différence du lexique utilisé durant la séquence peut être un indicateur dans la différence de certaines réponses. La variété de lexique dans l'une des classes (par exemple travail de forces variables, de forces constantes, énergie potentielle élastique, de pesanteur etc) pourrait contribuer aux résultats quelques fois faibles. En effet les élèves ont l'impression de retenir beaucoup de notions à la fois dans un même thème.

d. Les phases didactiques et les types d'organisation.

La combinaison de l'évocation d'un ensemble conceptuel avec les différentes phases didactiques peut aussi avoir une influence dans les réponses des élèves. Une notion qui est utilisée la plupart du temps dans les phases d'introduction ou de clôture peut-elle avoir la même influence que si elle est utilisée dans des phases de développement (cours, réalisation exercice ou activité). C'est une façon de tester le rôle des phases didactiques dans l'influence des réponses des élèves. Il en est de même pour les types d'organisation car les deux classes utilisent des types d'organisation de classe différents. Les formes d'énergie stockées en est une illustration pour la classe 1, cet ensemble conceptuel est utilisé dans la plupart des cas en fin de séance (lors de la clôture d'une activité ou d'un exercice) et en début de séance (avec des rappels), cela pourrait être un indicateur sur la non maîtrise constatée dans les réponses au questionnaire. Les termes utilisés dans le vie de tous les jours ou en physique semblent être maîtrisés d'après le questionnaire, ces deux classes ont utilisé durant son enseignement des organisation de classe variées (en groupe puis en classe en thème 7 et 8 pour la classe 1 et en thème 12 pour la classe 2), cela pourrait influencer les résultats obtenus.

e. Les registres sémiotiques.

Les différents registres sémiotiques utilisés dans les deux classes peuvent avoir une influence dans les réponses des élèves. C'est le cas de l'utilisation de formules littérales dans la classe 2.

Conclusion et perspectives

Notre travail s'est inscrit dans la question générale de la relation entre les pratiques de classes et les acquisitions des élèves. Rappelons que nous considérons que l'état des connaissances actuelles sur les relations entre pratiques de classes et performances ou acquisitions des élèves nous semble nécessiter le développement des cadres théoriques et méthodologiques. Nous avons choisi de mettre l'accent sur l'aspect méthodologique. Un des enjeux était alors de construire une méthodologie permettant de caractériser les deux classes en vue d'une comparaison.

Les classes que nous avons étudiées sont dans des pays (la France pour la classe 1 et le Sénégal pour la classe 2), offrant des contextes socio-économique et culturel différents. Notre cadre théorique étant centré sur le savoir, nous avons tout d'abord analysé les programmes officiels de physique des lycées que nous avons ensuite comparés sous l'angle de l'enseignement de l'énergie. Quant à l'analyse de pratique de classe, nous avons suivi deux professeurs expérimentés dans leur enseignement au sein d'une même filière scientifique, d'un même concept : l'énergie en première S. Pour 40 heures d'enregistrement en raison de l'utilisation de deux caméras, nous en avons analysé finement la moitié, correspondant à la totalité des films de la caméra centrée sur le professeur et sur une partie de la classe ; d'où l'importance de notre corpus.

Pour répondre à l'enjeu méthodologique, nous avons choisi Transana, un logiciel d'aide à l'analyse des corpus vidéo, permettant l'analyse qualitative, et en particulier, la construction de catégories, sans qu'elles soient figées au départ. Ce choix du logiciel combiné à notre approche théorique de la didactique comparatiste centrée sur la « vie » du savoir dans la classe nous a conduit à utiliser un important volume de données avec les avantages et les inconvénients d'une telle approche. Pour présenter nos résultats, nous donnons tout d'abord les points essentiels de notre analyse des pratiques de classes centrée sur le contenu du savoir, sa mise en scène tout au long de l'enseignement et la responsabilité du professeur et des élèves vis-à-vis de ce savoir. Nous proposons ensuite une synthèse de notre utilisation du logiciel Transana avant de discuter des liens entre pratiques de classes et acquisitions des élèves et des perspectives de ce type de recherche.

Points essentiels de l'analyse de pratiques de classe en termes de savoir en jeu.

Rappelons tout d'abord nos hypothèses :

- le savoir dans la classe est co-construit par le professeur et les élèves ;
- l'apprentissage se fait par introduction, utilisation et ré utilisation de petits éléments de savoirs dans la classe ;
- dans cette co action il faut différencier le temps d'enseignement et celui de l'apprentissage, le rythme d'introduction de nouveaux éléments de savoir et celui de leur apprentissage par les élèves sont différents.

Pour approcher cette « vie » du savoir dans la classe nous avons choisi deux échelles d'analyse mésoscopique et microscopique.

Au niveau mésoscopique

Nous avons étudié le contenu et en particulier la chronogenèse du savoir par une analyse thématique. Cette analyse a été enrichie par la prise en compte de catégories de surfaces que sont l'organisation de la classe, et la forme de mise en scène que nous avons appelée phase didactique (cours magistraux, activités, exercices, introduction, conclusion). Ces trois composantes ont été intégrées dans Transana, ce qui a permis d'approfondir l'analyse. De plus, pour rendre compte de la relation du professeur et des élèves au savoir (topogenèse), nous avons fait une narration par thème de ce qui se passe dans la classe.

Les analyses suivantes ont montré des différences fortes, mais aussi quelques similarités en ce qui concerne :

- les phases didactiques, les classes 1 et 2 privilégient respectivement les activités et les exercices, les cours magistraux et les exercices d'application. Les exercices d'application sont plus fréquents dans la classe 2 ;

- l'organisation de la classe, la classe entière est constamment utilisée dans la classe 2, dans l'autre, les formes d'organisation de classe sont dynamiques (passage d'une organisation en binôme à un groupe de quatre, d'une organisation en groupe ou individuelle en classe entière ;

- le découpage thématique, il est différent même s'il s'agit de l'étude du même concept, l'énergie. Cependant dans les deux classes, l'étude du travail est centrale et la durée des thèmes est peu près identique ;

- la structuration en sous-thèmes, elle a mis en évidence peu de similarités du point de vue de leur contenu, ce qui amène à conclure à une différence dans la progression. En revanche il ressort que le nombre de sous-thèmes par thème n'est pas très différent, on pourrait considérer que dans les deux classes les éléments de savoir sont découpés en « blocs » relativement petits.

L'analyse en termes de topogenèse et de chronogenèse (où chronologiquement nous situons les introductions des nouveaux savoirs par rapport à celui qui est en train d'être étudié), de rendre compte plus ou moins fidèlement des caractéristiques de chaque classe. Celle-ci s'est faite à partir d'une observation systématique des enregistrements vidéo et du recours à la transcription après un découpage en thèmes en intégrant, au moins partiellement, les catégories de surface (phase didactique et organisation). Pour rendre de nos observations, nous avons adopté un style narratif faisant ressortir des différences et des similarités. Il apparaît que dans la classe 1 la responsabilité de l'avancée du savoir est partagée entre l'enseignant en classe entière (essentiellement durant les corrections d'activités et d'exercices) et les élèves lors du travail en petit groupe (durant les réalisations d'activités ou d'exercices). Dans l'autre classe, il ressort que l'avancée du savoir est toujours sous la responsabilité de l'enseignant. C'est seulement durant les réalisations d'exercices qu'elle du côté des élèves. Cependant nous ne nous sommes pas limités à cette interprétation. Nous avons considéré que la contribution des élèves à l'avancée du savoir n'est pas nulle, le professeur les fait participer à son discours dans la mesure où les sollicite pour terminer ses phrases. Il se dégage en filigrane un contrat établi de sorte que les élèves doivent contribuer au discours et ensuite écrire. L'élève dispose donc d'un temps pour se consacrer à la compréhension du discours.

Au niveau microscopique

Le recours à l'ensemble conceptuel comme outil, nous a permis de caractériser les deux

classes en termes de densité de mots ou expressions, de registres sémiotiques ou en termes de modélisation avec l'utilisation des deux mondes (Théories/modèles et Objets/événement).

Les résultats que nous obtenus sont interprétés en faisant appel à ceux issus de l'analyse mésoscopique. A titre d'exemple, nous faisons remarquer que la densité de mots qu'utilise une des classes est supérieure à l'autre. L'explication donnée, au regard de l'analyse mésoscopique, est que dans la classe où cette densité est inférieure, l'utilisation de formule littérale, remplace en grande partie la verbalisation. Et dans un tel cas, le pourcentage de d'expressions littérales est supérieur. Nous faisons constater que dans cette classe il y a eu beaucoup d'exercices d'application, ce qui est un des résultats de l'analyse méso.

L'analyse au niveau microscopique a aussi permis de vérifier notre découpe mésoscopique en thème en mettant en évidence la cohérence entre les ensembles conceptuels de chaque thème et sa thématique.

Ces différences et similarités sont relatives à des caractéristiques très diverses des pratiques de classes. Elles confirment la complexité d'une comparaison. La richesse de notre analyse est dans la large palette des caractéristiques prises en compte, ce qui fait aussi sa faiblesse, une analyse plus approfondie des relations entre ces composantes reste à faire.

Bilan de la méthode d'analyse avec le logiciel

Transana.

A travers notre corpus vidéographique nous avons pu montrer que le logiciel pouvait être utilisé pour la construction de différentes bases de données selon l'orientation du chercheur. Pour cela nous avons opté pour l'utilisation extrême des fonctions possibles de ce logiciel, ce qui permettra d'envisager une variété d'options pour les chercheurs.

Choix de regroupement du corpus vidéographique

Pour la construction de la base de données, qui est l'élément essentiel à l'analyse de futurs corpus vidéographiques, nous avons choisi la méthode extrême consistant à rassembler tous les films vidéo dans une même « série ». Ce choix permet de disposer d'une vue d'ensemble, pour un corpus homogène de films traitant un même objet dans des contextes différents (lieux, pays etc), ce qui est le cas dans notre recherche.

Les formes d'analyse offertes par le logiciel

En ce qui concerne les différentes formes d'analyse, le logiciel permet de faire des découpages aux niveaux mésoscopique et microscopique avec des clips à leur mesure.

L'analyse au niveau mésoscopique

Au niveau mésoscopique, nous avons procédé successivement à des découpages indépendants de chacune des séances, en phase didactique et selon l'organisation de la classe, en thème et sous thème. Nous avons relié les thèmes aux autres catégories. Ceci nous a permis de faire une analyse du point de vue de la vie du savoir et de caractériser chaque classe. Dans cette démarche, le thème qui constitue notre unité d'analyse mésoscopique nous a amené à poursuivre la construction de la base de données Transana en utilisant les « collections imbriquées ». Aussi à chaque thème, sont associé des collections de sous thèmes, de phase didactique et d'organisation de la classe.

L'analyse au niveau microscopique

Au niveau microscopique, nous avons aussi opté pour une méthode extrême utilisant un découpage dont l'échelle de temps est de l'ordre de quelques secondes. Dans cette nouvelle démarche, les mots ou expressions représentent l'unité d'analyse. Nous avons travaillé sur des expressions orale, en excluant le gestuel, ce que d'autres recherches peuvent prendre en compte avec le même logiciel.

Pour caractériser chacune des deux classes et ensuite les comparer, nous avons recensé les mots et expressions qui font référence aux phénomènes énergétiques à l'aide de la transcription et des vidéos. Nous avons calculé leur occurrence suivant leur condition d'utilisation, s'il appartient au thème « x », au monde « y », à l'ensemble conceptuel « z », à la phase didactique « i » et à l'organisation de classe « k ». Le nombre important de mots ou expressions dans les deux classes, nous a contraint à les regrouper dans des entités cohérentes d'objet d'étude restreints et communes aux deux classes. Nous les appelons ensembles conceptuels. Chaque entité a un sens du point de la physique et fait référence aux phénomène énergétique. Cet outil a permis, du point de vue microscopique, d'affiner la caractérisation et la comparaison de chacune des classes en termes de reprise du savoir en jeu, de mondes et de registres sémiotiques.

Quelques perspectives pour l'utilisation du logiciel Transana dans l'analyse du savoir enseigné

L'utilisation du logiciel dans l'analyse des pratiques de classe permet de mettre en relation des dimensions de catégorisations issues d'un même niveau de découpage, dans notre cas par exemple, les thèmes et les catégories de surface au niveau mésoscopique, ou issues de découpage de niveaux différents comme les ensembles conceptuels et les thèmes.

Dans une perspective d'amélioration, nous pensons que la base de données créée gagnerait à être plus accessible et transférable si la catégorisation des mots clés à différents niveaux d'analyse fait l'objet d'un consensus au sein d'une communauté de chercheurs partageant les mêmes préoccupations.

Liens entre pratiques de classes et acquisitions des élèves

En ce qui concerne le lien entre les pratiques de classes observées et les acquisitions des élèves, il ressort très clairement que des pratiques très différentes peuvent conduire à des acquisitions notables, même si elles sont limitées, comme l'ont montré les questionnaires passés avant et après enseignement. Ce résultat ne fait que confirmer les travaux antérieurs menés à grande échelle. Cependant, notre analyse fine en termes de chronogenèse et de topogenèse nous a conduits à interpréter le fonctionnement des deux classes en termes de structuration du savoir enseigné en petites tailles (nos sous-thèmes), de contribution du professeur et élèves à la construction de ce savoir et de temps pour comprendre. Il y aurait une certaine similarité entre ces deux classes sur ces caractéristiques même si elles prennent des formes différentes (travail en petits groupes d'un côté et participation au cours en terminant les phrases du professeur sans avoir à faire autre chose). Cette interprétation reste largement à vérifier et demande de reprendre le cadre théorique peut-être pour prendre comme phénomène pertinent ce « temps pour comprendre » qui serait différent « du temps pour faire » et pour en étudier les liens dans les pratiques de classe.

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 1^{er} octobre 2002.
- 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.
- ASTER. 1985 n° 3. *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*. Département de recherche sur les didactiques de disciplines et les enseignements généraux. Equipe de recherche ASTER. INRP. Paris.
- ASTER. 1986 n° 2. *Eclairages sur l'énergie*. INRP. Paris.
- ASTER. 1997 n°24 *Obstacles : travail didactique*. INRP. Paris.
- 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*. Application en biologie. (Vol. 1, pp. 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.
- Ballini, P., Robardet, G., Rolando, J-M. 1997. *Proposition pour l'enseignement du concept d'énergie en première S*. ASTER. n° 24. pp. 81-102. Paris.
- Bange, P. (1992). *Analyse conversationnelle et théorie de l'action*. Paris: Hatier et Didier.
- Bardin, L. (1977). *L'analyse de contenu*. Presse Universitaire de France. Paris.
- Beillerot, J. (1998). *Formes et formations du rapport au savoir*. Paris, L'Harmattan.
- Bourdieu, P. (1980). *Le sens pratique*. Paris, Editions de Minuit.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Brouzeng, P. (1980). *Etude historique de la notion d'énergie*. Bulletin de l'Union des physiciens, n° 624, pp. 1135-1146.
- Bruguière, C., Cros, D. et, Sivade, A. (1994). Les représentations spatiales des concepts associés à l'énergie comme outil de formation des enseignants. *Didaskalia*, n° 5. pp. 105-118.
- Bruguière, C., Sivade, A. et Cros, D. (2002). *Une terminologie pour enseigner l'énergie*. *Didaskalia*. n° 20.
- Budde, M., & Niedderer, H. (2005). Influences of taught content on student learning in quantum atomic physics. In R. Pintò & D. Couso (Eds.), *Proceedings of the fifth international ESERA conference on contributions of research to enhancing students' interest in learning science* (pp. 461-463). Barcelona, Spain.
- Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale. (1999). *Programme de physique-chimie pour la classe de première série scientifique*. (Hors-série n°7). applicable rentrée 2000-2001. France.
- Bunge, M. (1973). *Method and matter*. Dordrecht-Holland.: D. Deidel publishing company.
- Bunge, M. (1975). *Philosophie de la physique*. Edition du Seuil. Traduction de Bunge, M (1973). *Philosophy of physics*. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht. Holland

- 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, Lyon.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique* (2ème ed.). Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19(2), 221-266.
- Chomat & al. (1992). *Modèle particulière et activités de modélisation*. In *Enseignement et apprentissage de la modélisation*, 119-169. Paris : INRP.
- Chomat, A., Larcher, C. & Méheut, M. (1988). *Modèle particulière et activités de modélisation en classe de quatrième*. Rencontres pédagogiques, Vol. 22.
- CLAPI. <http://clapi.univ-lyon2.fr> (dernière consultation octobre 2007).
- Closset, J. L. (1983). Sequential reasoning in electricity. *Research on Physics Education. Proceedings of the first international workshop*. La Londe les Maures, 313-319.
- Cmap Tool. <http://cmap.ihmc.us> (dernière consultation octobre 2007).
- Commission National de Sciences Physiques. (1999). Programme de sciences physiques des classes de première S₁ et S₂, S₃ et T. Sénégal.
- Develay, M. (Ed). (1995). Le sens d'une réflexion épistémologique. In *Savoir scolaire et didactiques des disciplines. Une encyclopédie pour aujourd'hui*. pp.17-31. ESF éditeur. Paris.
- Duit, R. (1981). Students' notions about the energy concept - before and after physics instruction. In W. Jung, Pfundt, H., Rhoeneck, C. von (Ed.), *Proceedings of the international workshop on "Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge"* (pp. 268-319). Ludwigsburg: Paedagogische Hochschule.
- Durand, M. (1996). *L'enseignement en milieu scolaire*. Paris: PUF.
- 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* (pp. 40-58). Kiel: Institut für Die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
- El hajjami, A., lahlou, F., Benyamna, S et Tiberghien, A. (1999). *Elaboration d'une méthode d'analyse des discours d'enseignant ; cas de l'énergie*. Didakalia n° 15. pp;
- Fischer, 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* (pp. 830-834). Barcelona, Spain.
- Gaidioz, P., & Collectif. (1998). *Introduction à l'énergie. Contenus de l'enseignement et compléments didactiques*. Lyon: CRDP (Centre régional de documentation pédagogique).
- Givry, D. (2003). Étude de l'évolution des idées des élèves de seconde durant une séquence d'enseignement sur les gaz. Unpublished Thèse, Université Lumière Lyon 2, Lyon.
- Hermann, F. (1981). *New physic. Das Energiebuch. Hambourg*. Schroedel. Livre du maître, traduit par V. Host et livre de l'élève, traduction partielle A. Agabra.
- Hiebert, J., Gallimore, J. H. R., Garnier, H., Bogard, K., Hollingsworth, G. H., Jacobs, J.,

- Chui, A. M.-Y., Wearne, D., Smith, M., Kersting, N., Manaster, A., Tseng, E., Etterbeek, W., Manaster, C., Gonzales, P., & Stigler, J. (2003). *Teaching Mathematics in Seven Countries. Results from the TIMSS 1999 Video Study*: National Center for Education Statistics (NCES) U.S. Department of Education.
- 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'aux mathématiques ? In C., Raisky & M., Caillot (dir.): *Au-delà des didactiques, la didactique. Débats autour de concepts fédérateurs*, 61-73. Bruxelles : De Boeck.
- Kane, S. (2004). *Guidage dans les activités expérimentales de physique chimie. Analyse de contexte du Sénégal et propositions argumentées d'innovations*. Doctorat Université Paris XI, UFR scientifique d'Orsay.
- Koliopoulos, D. et Tiberghien, A. (1986). *Eléments d'une bibliographie concernant l'enseignement de l'énergie au niveau des collèges*. ASTER n° 2. pp. 167-174.
- Küçüközer, A. (2005). *L'étude de l'évolution de la compréhension conceptuelle des élèves avec un enseignement. Cas de la mécanique en 1ère S*. Unpublished Thèse, Université Lumière Lyon 2, Lyon.
- Larcher, C., Chomat, A. & Méheut, M. (1990). *À la recherche d'une stratégie pédagogique pour modéliser la matière dans ses différents états*. *Revue Française de Pédagogie*, Vol. 93, pp. 55-61.
- Lemeignan, G. (1980). *L'énergie (Documents et activités de l'élève et complément d'informations)*. In Hachette (Ed.), *Sciences physiques livre du professeur*. Paris.
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris : Hachette.
- Malkoun, L. (soutenance le 11 octobre 2007). *De la caractérisation des pratiques de classes de physique à leur relation aux performances des élèves: étude de cas en France et au Liban*. Doctorat, Université Lyon 2 / Université libanaise, Lyon/Beyrouth.
- Martinand, J. L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne: Peter Lang.
- Martinand, J.-L. (1981). *Pratiques sociales de référence et compétences techniques. À propos d'un projet d'initiation aux techniques de fabrication mécanique en classe de quatrième*. In A. Giordan (coord.). *Diffusion et appropriation du savoir scientifique : enseignement et vulgarisation. Actes des Troisièmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique*. (pp. 149-154) Paris : Université Paris 7.
- Martinand, J-L, genzling, J-C. et Pirrard, M-A, Larcher, C., Orange, C. Rumelhard, G., Weil-Barais, A. et lemeignan, G. (1994). *Nouveaux regard sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. INRP/LIREST. Paris.
- Martinand, J-L. (1985). *La construction de la notion d'énergie*. Rapport de recherche, N° 3. INRP. Paris.
- Méheut, M. (1996). *Enseignement d'un modèle particulière cinétique de gaz au collège*. *Didaskalia*, 8, 7-32.
- Méheut, M. (1997). *Designing a learning sequence about a pre-quantitative kinetic model of gases : the parts played by questions and by a computer-simulation*. *International journal of science education*, 19(6), 647-660.
- Méheut, M., & Chomat, A. (1990). *Les limites de l'atomisme enfantin : l'expérimentation d'une démarche d'élaboration d'un modèle particulière par des élèves de collège*. *European*

Journal of Psychology of Education, 5(4), 417-437.

Méheut, M., Chomat, A. & Larcher, C. (1994). *Construction d'un modèle cinétique de gaz par des élèves de collège : jeux de questionnement et de simulation*. Paper presented at the Actes du quatrième séminaire national de la recherche en didactique des sciences physiques, IUFM de Picardie Amiens.

Mercier, A., Schaubert-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.

Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classroom*: Milton Keynes: Open University Press.

Ndiaye, Valdiodio. (1990). *Evaluation de l'utilisation de la vidéo dans les travaux universitaires de biologie*. Thèse. Université Claude Bernard-Lyon 1.

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* (pp. 451-463). Barcelona, Spain.

OPEN. http://www.u-paris10.fr/11428558/0/fiche_pagelibre/ (dernière consultation : 29/09/2007).

Orange, D. et Orange, C. (1993). *La mise en œuvre d'une situation-problème en géologie*. *Biologie-géologie*. Bulletin APBG. 1993. (3). Pp. 547-555.

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 (Ed.). Paris.

Pegase (2007) *Travail mécanique et énergie*. <http://pegase.inrp.fr/theme.php?Rub=1&Id=34>; dernière consultation).

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. (1927). *La causalité physique chez l'enfant*. Paris: Alcan.

Piaget, J. (1963). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé.

Piaget, J. (1970). *l'épistémologie génétique*. Paris: Presse Universitaire Française.

Piaget, J. (1972). *Les stades du développement intellectuel de l'enfant et de l'adolescent*, *Problèmes de psychologie génétique*.(pp. 55-66): Médiation.

Piaget, J. (1974). *Understanding causality*. New York: W. W. Norton & Co. Inc.

Richard, J-F. (1998). *Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Armand Colin. Paris.

Rilhac, P. (2007). *Pratiques enseignantes et apprentissages d'élèves: essai d'analyse comparative en situations de classes "ordinaires" d'escalade et de géométrie*. Colloque organisé par les IUFM du Pôle Nord-Est. 14 et 15 mars 2007, Besançon.

Robardet, G. (2001); *Quelle démarche expérimentale en classe de physique? Notion de situation-problème*. B.U.P. vol 15, n°836, pp. 1173-1187.

- 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 267 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. (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*. 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).
- Sensevy, G., & Quilio, S. (2002). *Les discours du professeur. Vers une pragmatique didactique*. *Revue Française de Pédagogie*, 141, 47-56
- SESAMES, (2006). <http://www.pegase.inrp.fr>. ou http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/physique/sesames/outils_premiere.html.
- Solomon, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, 20(2), 165-170.
- Stigler, J., W., & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap*. New York: The free press.
- 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 Office of Educational Research and Improvement U.S. Department of Education.
- Tachoua N., Buty C. (2003). *Interactions enseignant-élèves et explicitation en classe des processus de modélisation*. Communication au colloque « Construction des connaissances et langage dans les disciplines d'enseignement », Bordeaux, 3-5 avril 2003 (actes sous forme de CD-ROM).
- Tiberghien, A. & Baker, M. (1999). Étude de la mise en œuvre et de l'élaboration des notions fondatrices dans les situations d'enseignement : le cas de l'enseignement des sciences et des mathématiques. Comité National de Coordination de la Recherche en Éducation
- Tiberghien, A. (1983). Revue critique sur les recherches visant à élucider le sens des notions de température et de chaleur pour les élèves de 10 à 16 ans. Atelier international d'été : recherche en didactique de la physique. La Londe les Maures-France.
- 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: differentiation 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 and J. Osborne Editors: *Improving science education: the contribution of research*. Buckingham, UK: Open University Press., pp. 27-47.
- Tiberghien, A. (2002). *Des connaissances naïves au savoir scientifiques* (Synthèse commandée par le programme «École et sciences cognitives»): UMR GRIC, CNRS – Université Lumière Lyon 2.
- Tiberghien, A. (2005). Causalité dans l'apprentissage des sciences. *Intellectica*.

- 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.
- Tiberghien, A., & Malkoun, L. (2007 b). Différenciation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir. *Education et Didactique*, 1, 29-54.
- 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., Buty, C., & Le Maréchal, J. F. (2005). *Physics teaching sequences and students' learning*. In D. Koliopoulos & A. Vavouraki (Eds.), Science and Technology Education at cross roads: meeting the challenges of the 21st century. The second Conference of EDIFE and the Second IOSTE Symposium in Southern Europe. (pp. 25-55). Athens, Greece: Association for science education (EDIFE).
- Tiberghien, A., Malkoun, L., Buty, C., Souassy, N., & Mortimer, E. (2007 a). 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* (pp. 93-122). Rennes: PUR.
- TIMSS. <http://timss.bc.edu> (dernière consultation novembre 2007).
- TLFI (Trésor de la Langue Française Informatisé) : <http://www.tlfi.fr> (dernière consultation octobre 2007).
- Toix, L. (2004). *Points de vue d'élèves de seconde sur les modèles et la modélisation en sciences physiques*. Mémoire du DEA Didactiques et interactions, Université Lumière Lyon 2, Lyon.
- Transana. <http://www.transana.org/index.htm>. (dernière consultation octobre 2007)
- Vince, J. & Tiberghien, A. (2000). Simuler pour modéliser. Le cas du son. *Sciences et Techniques Educatives*. Vol. 7(2), pp. 333-366.
- Wallisser, B. (1977). *Systèmes et modèles. Introduction critiques à l'analyse des systèmes*. Edition Seuil. Paris.
- Weil-barais, A. et Lemeignan, G. (1994). Approche développementale de l'enseignement et de l'apprentissage de la modélisation : quelles implications pour la recherche et pour les pratiques d'enseignement ? In Martinand, J-L(Eds). *Nouveaux regards sur l'enseignement et sur l'apprentissage de la modélisation en sciences*. INRP/LIREST. pp. 85-114.
- Wikipédia . <http://fr.wikipedia.org/wiki/Pratique> (dernière consultation octobre 2007).

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Remerciements | 2 |
| Introduction | 5 |
| Première partie. Cadre théorique | 7 |
| Travaux sur les pratiques de classes et la performance des élèves | 7 |
| La notion de pratique de classe | 7 |
| Quelques projets de recherches sur les pratiques de classes et/ou les performances des élèves | 9 |
| Intérêt de notre travail de recherche..... | 10 |
| Etude de la classe de Physique | 10 |
| Le savoir en jeu dans une classe | 10 |
| Savoir et connaissance | 10 |
| Du savoir à enseigner au savoir enseigné: la transposition didactique..... | 11 |
| Le savoir savant ou scientifique..... | 11 |
| Le savoir à enseigner et les autres savoirs..... | 12 |
| Le savoir enseigné..... | 12 |
| Le savoir acquis ou assimilé..... | 13 |
| Le fonctionnement de la physique | 13 |
| La modélisation..... | 13 |
| Les registres sémiotiques | 14 |
| Le savoir enseigné en classe de physique | 15 |
| La situation de classe | 15 |
| Retour sur l'action conjointe..... | 15 |
| La reconstruction du savoir enseigné par le chercheur | 16 |
| La caractérisation du savoir enseigné..... | 17 |
| Chronogenèse | 17 |
| Topogenèse..... | 18 |
| Différentes échelles pour analyser le savoir..... | 18 |
| Les dimensions qui entrent en jeu dans l'analyse du savoir enseigné | 19 |
| Thèmes et sous-thèmes..... | 19 |
| Ensemble conceptuel..... | 20 |
| Organisation de la classe | 20 |
| Phase didactique | 21 |
| Signification du concept d'énergie dans une perspective historique et dans quelques cas de projets d'enseignement | 21 |
| Origine de l'utilisation du mot « énergie » par la communauté scientifique..... | 21 |
| Les conceptions des élèves à propos de l'énergie | 22 |
| Quelques cas de projets de recherche sur l'enseignement de l'énergie dans les lycées et collèges | 25 |
| Contenus liés à l'enseignement de l'énergie en classe de première scientifique | 28 |
| Questions de recherche | 29 |
| Deuxième partie. Méthodologie | 31 |
| Méthodes utilisées pour analyser les programmes officiels | 31 |
| Données recueillies | 31 |
| Méthodes d'analyse des programmes officiels | 31 |
| Méthodes utilisées pour l'étude des pratiques d'enseignement | 33 |
| Données recueillies pour l'analyse des pratiques de classe..... | 34 |
| Les documents utilisés dans les deux classes..... | 34 |
| Les documents sous forme de papiers ou numériques..... | 34 |
| Les documents vidéographiques..... | 34 |
| Les ressources utilisées..... | 34 |

| | |
|--|-----------|
| Les dispositifs d'enregistrement dans les deux classes..... | 35 |
| Traitement des données vidéographiques | 36 |
| Méthode d'analyse des différentes dimensions permettant de rendre compte des pratiques de classe | 37 |
| Présentation du logiciel de traitement : Transana..... | 37 |
| Méthodes de créations des « séries »..... | 38 |
| Méthode de création des « collections »..... | 39 |
| Utilisation des mots clés..... | 40 |
| Caractérisation de chaque classe en termes de phases didactiques et d'organisation de la classe..... | 42 |
| Méthode de découpage en phases didactiques..... | 42 |
| Méthode de découpage en organisations de la classe..... | 45 |
| Outils d'analyse des dimensions phase didactique et organisation de classe..... | 47 |
| Méthode d'analyse du savoir enseigné | 49 |
| Méthode de découpage des thèmes et des sous thèmes | 49 |
| Méthode de découpage en thèmes | 49 |
| Méthode de découpage en sous thèmes | 52 |
| Forme de structuration d'un thème..... | 53 |
| Méthode d'analyse des thèmes..... | 53 |
| Introduction des ensembles conceptuels | 54 |
| Construction des ensembles conceptuels..... | 54 |
| Méthode d'analyse des ensembles conceptuels..... | 57 |
| Méthode de vérification de la cohérence des reconstructions du savoir enseigné | 58 |
| Méthodes utilisées pour les liens entre pratiques de classe et performances des élèves..... | 59 |
| Données recueillies | 59 |
| Méthodes de traitement..... | 60 |
| Méthode d'analyse | 60 |
| <i>Troisième partie. Analyse des programmes de physique des deux pays.....</i> | 62 |
| Filières d'enseignement concernées par l'étude..... | 62 |
| Les contenus à enseigner dans les deux programmes..... | 63 |
| Les contenus à enseigner en seconde | 64 |
| Le programme sénégalais en seconde | 64 |
| Le programme français en seconde | 65 |
| L'enseignement de la mécanique en seconde dans les deux programmes..... | 66 |
| Les contenus à enseigner en première dans les deux programmes..... | 67 |
| Approches préconisées dans l'enseignement des phénomènes énergétiques..... | 68 |
| Approche préconisée dans le programme sénégalais..... | 68 |
| Approche préconisée dans le programme français..... | 70 |
| Exemple de modélisation dans la partie énergétique des deux programmes | 71 |
| Types de relations entre MOE et MTM | 72 |
| Types de relations entre les deux mondes dans le texte du programme sénégalais..... | 72 |
| Récapitulation de l'analyse en termes de relations entre les mondes | 72 |
| Chapitre « Travail et puissance » | 73 |
| Chapitre « Energie cinétique » | 74 |
| Chapitre « Energie potentielle. Energie mécanique »..... | 74 |
| Chapitre « Calorimétrie»..... | 74 |
| Type de relation entre les deux mondes dans le texte du programme français..... | 75 |
| Récapitulation de l'analyse dans le texte du programme français | 75 |
| Paragraphe « Travail »..... | 75 |
| Paragraphe « Travail et énergie cinétique » | 76 |
| Paragraphe « Travail et énergie interne » | 76 |
| Paragraphe « Transfert thermique » | 76 |
| Relation entre les concepts dans les deux programmes..... | 76 |
| Caractérisation des deux programmes selon les modalités de présentation des concepts | 77 |
| Les différents concepts utilisés dans les deux programmes..... | 79 |
| Le concept de travail..... | 80 |

| | |
|--|----|
| Le concept d'énergie cinétique | 80 |
| Le concept d'énergie potentielle | 80 |
| Les autres concepts (énergie interne, transfert thermique, calorimétrie) | 80 |
| Cartes conceptuelles | 81 |
| Carte conceptuelle du programme sénégalais (graphique n° 2) | 81 |
| Carte conceptuelle du programme français (graphique n° 3) | 83 |
| Comparaison entre les deux cartes conceptuelles | 83 |
| Ensemble conceptuel | 85 |

Quatrième partie. Analyse des pratiques de classes au niveau mésoscopique..... 87

Présentation des établissements où les enregistrements se sont déroulés..... 87

Phase didactique et organisation de la classe 88

| | |
|---|-----|
| Analyse en termes de phases didactiques dans les deux séquences | 89 |
| Analyse des phases didactiques dans la séquence d'enseignement de la classe 1 | 89 |
| Phases didactiques de la deuxième séance. Classe 1 | 91 |
| Résumé des phases didactiques de la séquence dans la classe 1 | 92 |
| Catégorie 1. Introduction de séance | 93 |
| Catégorie 2. Cours magistral | 94 |
| Catégorie 3. Activités | 94 |
| Catégorie 4. Exercices | 95 |
| Catégorie 5. Clôture | 95 |
| Analyse des phases didactiques dans la séquence d'enseignement de la classe 2 | 95 |
| Phases didactiques de la septième séance. Classe 2 | 97 |
| Résumé des phases didactiques de la séquence dans la classe 2 | 98 |
| Catégorie 1. Introduction de séance | 98 |
| Catégorie 2. Cours magistraux | 98 |
| Catégorie 3. Activité | 99 |
| Catégorie 4. Exercice | 99 |
| Catégorie 5. Clôture de séance | 99 |
| Organisation de la classe | 100 |
| Organisation de la classe. Classe 1 | 100 |
| Organisation de la classe. Classe 2 | 101 |
| Comparaison des dimensions dans les deux classes | 101 |
| Comparaison du point de vue organisation de la classe | 101 |
| Comparaison du point de vue des phases didactiques | 102 |

Thèmes..... 103

| | |
|---|-----|
| Introduction | 103 |
| Structuration des séquences en thèmes ou sous-thèmes | 103 |
| Analyse thématique dans la classe 1 | 105 |
| Thème n° 1. Description et/ou interprétation d'une expérience dans un domaine de la physique : construction et analyse de phrases et de schémas de l'expérience « objet tiré par un moteur alimenté par une pile » et thème n° 2. Fonctionnement de la physique : processus de modélisation. | 108 |
| Thème n° 3. Le modèle de l'énergie | 112 |
| Thème n° 6. Mode de transfert d'énergie par travail mécanique dans une chaîne énergétique | 114 |
| Thème n° 7. Adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours, dans les domaines technologiques et économiques, en physique du point de vue microscopique et macroscopique | 119 |
| Thème n° 10. Liens entre force et mouvement : étude des actions de lancer et de réception de médécines- ball de masses différentes | 122 |
| Thème n° 12. Variation, évolution et changement de formes d'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique. Grandeurs dont dépend l'énergie potentielle de pesanteur | 126 |
| Thème n° 14 Expression du travail d'une force constante en déplacement rectiligne | 129 |
| Thème n° 18. Les formes d'énergie stockées et leur relation avec le travail (théorème de l'énergie cinétique et relation entre variation d'énergie potentielle et travail du poids) et la puissance. | 131 |
| Thème n° 20. Calcul de la vitesse de lancement et de la hauteur d'un solide situé au-dessus du sol. Application des expressions faisant référence à la conservation de l'énergie | 133 |
| Analyse thématique dans la classe 2 | 136 |

| | |
|---|-----|
| Thème n° 1. Modèle de l'énergie. Notions de système en physique, propriétés et modes de transfert d'énergie. Chaînes énergétiques..... | 139 |
| Thème n° 2. Travail d'une force constante en déplacement..... | 140 |
| Thème n° 5. Travail des forces s'exerçant sur un pendule..... | 144 |
| Thème n° 11. Travail des forces s'exerçant sur un pendule élastique..... | 146 |
| Thème n° 12. Adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie courante. Les deux formes d'énergie utilisées en physique : énergie cinétique et énergie potentielle..... | 149 |
| Thème n° 16. Utilisation du théorème de l'énergie cinétique. Détermination de la vitesse d'un solide. . | 153 |
| Thème n° 19. Détermination de la constante dans l'expression de l'énergie potentielle en fonction des choix de l'état de référence et de l'origine des altitudes..... | 157 |
| Thème n° 23. Théorème de l'énergie mécanique..... | 159 |
| Thème n° 28. Calcul du travail des forces de frottements. Variation de l'énergie mécanique. Introduction à la notion de chaleur..... | 162 |
| Conclusion..... | 164 |
| Du point de vue de l'enchaînement du savoir..... | 164 |
| Dans la classe 1 (F)..... | 164 |
| Dans la classe 2 (S)..... | 165 |
| Interprétation de la vie du savoir dans chaque classe..... | 167 |
| Pour la classe 1 (F)..... | 167 |
| Activité et introduction du modèle..... | 167 |
| Granularité du savoir dans une activité : très ciblé..... | 167 |
| Exercice..... | 167 |
| Cours magistral..... | 167 |
| Pour la classe 2 (S)..... | 168 |
| Cas du cours magistral..... | 168 |
| Cas des exercices d'application..... | 168 |
| Cas de l'activité réalisée en groupe..... | 169 |

Cinquième partie. Analyse des pratiques de classes au niveau microscopique 170

Analyse globale..... 170

Lien entre pourcentage de mots/expressions dans les ensembles conceptuels et le thème ou la durée 174

| | |
|---|-----|
| Thèmes où ne figurent que des ensembles conceptuels « évoqués»..... | 174 |
| Dans la classe 1..... | 174 |
| Dans la classe 2..... | 175 |
| Thèmes comprenant un ensemble conceptuel principal..... | 175 |
| Dans la classe 1..... | 175 |
| Dans la classe 2..... | 176 |
| Comparaison entre les deux classes..... | 177 |
| Thèmes comprenant deux ensembles conceptuels principaux..... | 177 |
| Dans la classe 1..... | 177 |
| Dans la classe 2..... | 178 |
| Comparaison entre les deux classes..... | 179 |
| Thèmes comprenant trois ensembles conceptuels principaux..... | 180 |
| Dans la classe 1..... | 180 |
| Dans la classe 2..... | 180 |
| Comparaison entre les deux classes..... | 180 |
| Thèmes comprenant quatre ensembles conceptuels principaux..... | 180 |
| Dans la classe 1..... | 180 |
| Dans la classe 2..... | 180 |
| Comparaison entre les deux classes..... | 181 |
| Thèmes comprenant sept ensembles conceptuels principaux..... | 181 |
| Dans la classe 1..... | 181 |
| Dans la classe 2..... | 181 |
| Comparaison entre les deux classes..... | 181 |

| | |
|---|------------|
| Lien entre la durée en classe entière et le pourcentage de mots/expressions utilisés dans les ensembles conceptuels..... | 181 |
| Dans la classe 1 | 182 |
| Dans la classe 2 | 182 |
| Comparaison entre les deux classes. | 182 |
| Distribution des ensembles conceptuels selon le type d'organisation de la classe | 182 |
| Dans la classe 1 | 183 |
| Dans la classe 2 | 185 |
| Nombre de sous-thèmes et nombre d'ensembles conceptuels dans chaque thème | 185 |
| Dans la classe 1 | 185 |
| Dans la classe 2 | 186 |
| Analyse globale des ensembles conceptuels. | 187 |
| Caractérisation des classes en termes d'ensembles conceptuels principaux selon de type d'organisation de la classe. | 187 |
| Distribution des ensembles conceptuels dans la classe 1 | 187 |
| Distribution des ensembles conceptuels dans la classe 2 | 188 |
| Comparaison de la distribution des ensembles conceptuels dans les deux classes (en classe entière)..... | 188 |
| Caractérisation des classes en termes de reprises des ensembles conceptuels dans les thèmes et dans les séances en classe entière. | 189 |
| Étalement des ensembles conceptuels sur les thèmes et sur les séances dans la classe 1 | 190 |
| Étalement des ensembles conceptuels sur les thèmes et sur les séances dans la classe 2..... | 190 |
| Comparaison de l'étalement des ensembles conceptuels sur les thèmes et sur les séances dans les deux classes | 191 |
| Conditions d'introduction et de ré utilisation d'un ensemble conceptuel | 191 |
| Analyse des séquences du point de vue de la modélisation et des registres sémiotiques. | 193 |
| Caractérisation des deux classes en termes MOE et MTM..... | 193 |
| Analyse globale..... | 193 |
| Distributions des termes selon les mondes et les thèmes..... | 193 |
| Distributions des dessins et schémas selon les mondes et les thèmes | 195 |
| Analyse de la coexistence entre les mondes selon les thèmes (représentations langagière et symbolique) en classe entière..... | 196 |
| MTM en physique nouveau savoir mots/expressions et en physique mots/expressions déjà enseigné..... | 196 |
| Classe 1 | 196 |
| Classe 2 | 197 |
| MTM en physique nouveau savoir mots/expressions et physique (formule)..... | 197 |
| Classe 1 | 197 |
| Classe 2 | 198 |
| MTM en physique nouveau savoir mots/expressions et Physique nouveau savoir (application numérique)..... | 198 |
| Classe 1 | 198 |
| Classe 2 | 199 |
| MTM en physique nouveau savoir mots/expressions et mots/expressions dans la vie quotidienne même titre ci-dessous..... | 199 |
| MTM en physique nouveau savoir mots/expressions et MOE mots/expressions dans la vie quotidienne.... | 200 |
| Classe 1 | 200 |
| Classe 2 | 200 |
| Analyse de la coexistence des représentations iconiques (dessins et schémas) dans les thèmes. | 201 |
| Coexistence entre MTM en physique nouveau savoir mots/expressions et MOE Dessins | 201 |
| Classe 1 | 201 |
| Classe 2 | 202 |
| Coexistence entre MTM en physique nouveau savoir et MTM schémas..... | 202 |
| Classe 1 | 202 |
| Classe 2 | 203 |
| Sixième partie. Analyse du questionnaire administré (avant et après enseignement)..... | 208 |
| A. Fonctionnement des sciences et processus de modélisation (Q1 à Q3)..... | 209 |

| | |
|---|------------|
| Résultats..... | 209 |
| Quelques hypothèses concernant des liens avec l'enseignement..... | 214 |
| B. Termes (relatifs à l'énergie) utilisés dans la vie de tous les jours et/ou en physique Q4 et Q5 . | 216 |
| Résultats..... | 216 |
| Quelques hypothèses concernant des liens avec l'enseignement..... | 220 |
| C. Etude de systèmes en interaction : identification des systèmes et modes de transfert d'énergie. | |
| Q6 (avec les sept situations)..... | 221 |
| Résultats..... | 221 |
| Quelques hypothèses concernant des liens avec l'enseignement..... | 225 |
| D. Transfert d'énergie par travail mécanique. Q7 | 226 |
| Résultats..... | 226 |
| Quelques hypothèses concernant des liens avec l'enseignement..... | 229 |
| E. Formes d'énergie stockée et conservation de l'énergie (Q8)..... | 229 |
| Résultats..... | 229 |
| Quelques hypothèses concernant des liens avec l'enseignement..... | 232 |
| F. Système en termes de réservoir et de transformateur, formes d'énergie stockée et modes de transfert d'énergie (Q9)..... | 232 |
| Résultats..... | 232 |
| Quelques hypothèses concernant des liens avec l'enseignement..... | 234 |
| Synthèse de la description des réponses du questionnaire | 235 |
| Pistes d'interprétations possibles | 236 |
| <i>Conclusion et perspectives</i> | 238 |
| Points essentiels de l'analyse de pratiques de classe en termes de savoir en jeu..... | 238 |
| Au niveau mésoscopique | 239 |
| Au niveau microscopique..... | 239 |
| Bilan de la méthode d'analyse avec le logiciel Transana..... | 240 |
| Choix de regroupement du corpus vidéographique..... | 240 |
| Les formes d'analyse offertes par le logiciel | 240 |
| L'analyse au niveau mésoscopique | 240 |
| L'analyse au niveau microscopique | 241 |
| Quelques perspectives pour l'utilisation du logiciel Transana dans l'analyse du savoir enseigné..... | 241 |
| Liens entre pratiques de classes et acquisitions des élèves..... | 241 |
| <i>Bibliographie</i> | 242 |
| <i>Table des matières</i> | 248 |

Annexe

Annexe 0 Texte du modèle de l'énergie.

Modèle de l'énergie

L'énergie est d'abord introduite par ses propriétés puis, comme le font les physiciens, par un principe fondamental de conservation.

L'énergie une grandeur associée à un système. Son unité est le joule (J).

I. Les trois propriétés et le principe de conservation de l'énergie.

1. Les trois propriétés de l'énergie.

- Un système peut stocker l'énergie : possibilité de **stockage de l'énergie**.
- Un système peut changer la forme sous laquelle il stocke l'énergie : possibilité de **changement de forme de l'énergie**.
- Un système peut fournir de l'énergie à un autre système ou en recevoir d'un autre système : possibilité de **transfert de l'énergie**.

2. Le principe fondamental de la conservation de l'énergie.

Quels que soient les différentes transformations et les différents transferts qu'elle subit, l'énergie ne peut être ni créée ni détruite.

Conséquences :

- Si un système ne reçoit et ne fournit aucune énergie alors son énergie se conserve. On dit qu'un tel système est énergétiquement isolé. Seul l'univers est en toute rigueur énergétiquement isolé mais il est très utile aux physiciens de choisir des systèmes qu'ils pourront considérer comme tels.
- Si un système ne reçoit pas la même quantité d'énergie que celle qu'il fournit, alors son énergie varie d'une quantité égale à la différence entre les quantités d'énergie qu'il reçoit et qu'il perd.

II. Les modes de transferts et de changements de forme de l'énergie.

Les transferts d'énergie peuvent avoir lieu entre deux systèmes ou entre deux parties d'un même système. Dans ce dernier cas, les transferts d'énergie au sein du système peuvent se traduire par des changements de forme sous laquelle il stocke l'énergie.

Les différents modes de transfert de l'énergie sont :

Le transfert par mode travail.

On considère qu'il y a transfert d'énergie par mode travail chaque fois qu'il y a déplacement d'un objet (ou d'une partie d'un objet) au cours d'une interaction.

On peut distinguer le **travail mécanique** et le **travail électrique**. Dans ce dernier cas, l'interaction est de nature électrique et les objets en mouvement sont chargés (courant électrique par exemple)

Le transfert thermique ou mode chaleur.

Le transfert par mode rayonnement.

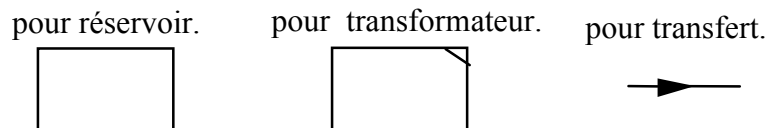
III. Les différents types de systèmes : réservoirs et transformateurs.

Au cours d'une situation donnée :

- un système sera considéré comme un **réservoir** quand la quantité d'énergie qu'il stocke varie, c'est-à-dire s'il ne fournit pas autant d'énergie qu'il en reçoit ;
- un système sera considéré comme un **transformateur** quand il fournit autant d'énergie qu'il en reçoit et que les modes de transferts par lesquels il fournit l'énergie ne sont pas les mêmes que ceux par lesquels il la reçoit.

IV. Chaîne énergétique

Pour construire une chaîne énergétique, il faut utiliser les symboles suivants :



en indiquant :

- sous chaque rectangle le nom du système correspondant dans la situation décrite ;
- au-dessus de chaque flèche le mode de transfert.

et en mettant une flèche par mode de transfert.

Il faut tenir compte des règles suivantes :

- une chaîne énergétique complète commence et se termine par un réservoir;
- le réservoir initial est différent du réservoir final.

V. Différentes formes d'énergie en mécanique

Historiquement, en mécanique, les physiciens ont été conduits à distinguer, en particulier, deux formes d'énergie :

1. L'énergie cinétique

Elle dépend de la masse du système et de sa vitesse.

2. L'énergie potentielle

En physique, un système, même immobile, peut aussi posséder de l'énergie : on traduit cela en disant que de l'énergie est stockée sous forme **potentielle**, mot exprimant la potentialité d'un mouvement ultérieur.

Annexe 1. Catégorisation selon les deux mondes : Processus de modélisation

Programme sénégalais

Travail et puissance (Sénégal)

Activités ou MOE
commentaires

R
(MOE/MTM)

MTM

Activités
d'apprentissage

-Détermination de quelques travaux (poids, force appliqué à un système en rotation autour d'un axe fixe, couple de forces)

-Détermination des puissances moyenne et instantanée

-Par la suite on insistera sur la différence entre ce sens commun du travail (effort physique) et la grandeur physique « travail : une force peut effectuer un travail quand son point d'application se déplace.

Commentaires

-Le chapitre pourrait être introduit par l'analyse de diverses situations dans lesquelles le mot travail est utilisé dans le langage courant

-Les facteurs dont dépend le travail seront dégagés à partir de l'analyse d'exemples de mouvements de translation

-On en viendra par la suite à la formulation. Le travail d'une force constante sur un déplacement rectiligne sera exprimé comme un produit scalaire : $W_{AB}(F) = F \cdot AB$

-on distinguera travail moteur (W_m), travail résistant (W_r) et travail nul

-On généralisera à un déplacement quelconque en introduisant la notion de travail élémentaire

-Dans ce cadre on montrera que le travail du poids d'un corps entre deux positions d'altitude z_1 et z_2 est donné par l'expression $W(P) = mg(z_1 - z_2) = -mg\Delta z$

-Ce travail est indépendant du chemin suivi ; le poids est une force conservative

-Dans le calcul du travail d'une force appliquée à un système en rotation autour d'un axe fixe, on se limitera à des cas où le moment des forces est constant

Commentaires

- On donnera simplement sans démonstration l'expression du travail de la tension d'un ressort $W_{1-2} = \frac{1}{2}k(x_1^2 - x_2^2)$ et celle du travail d'un couple de torsion $W_{1-2} = \frac{1}{2}C(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)$
- On définira la puissance moyenne développée $P_m = W/\Delta t$ et la puissance instantanée $p = F.v$
- On donnera l'ordre de grandeur de quelques puissances

Energie cinétique (Sénégal)

Activités ou MOE R (MOE/MTM) MTM

Activités

-Vérification du théorème de l'énergie cinétique à partir d'enregistrements ou de valeurs numériques

-Calcul de l'énergie cinétique et du moment d'inertie (cas simple)

Commentaires

-Tout au début de ce chapitre, il est nécessaire d'introduire le concept d'énergie et quelques notions connexes. Il s'agit de préciser aux élèves, à partir d'observations familières, le concept d'énergie

-De citer quelques formes d'énergie ainsi que les transferts d'énergie entre systèmes et les transformations d'énergie.(...) on insistera sur deux formes importantes d'énergie : énergie cinétique et énergie potentielle

commentaires

-S'intéressant à l'énergie cinétique, on en donnera l'expression pour le solide en translation et pour le solide en rotation autour d'un axe fixe.
-On donnera les propriétés de l'énergie cinétique : grandeur scalaire positive dont la valeur dépend du référentiel mais qui ne donne aucune information sur le sens et la direction du mouvement.

-le moment d'inertie d'un solide en rotation sera introduit sans démonstration.

-On donnera les expressions des moments d'inertie d'un cerceau, d'un disque, d'un cylindre, d'une sphère homogène par rapport à un axe passant par leur centre de symétrie.

-Le théorème de l'énergie cinétique sera énoncé dans le cas général

-Il pourra être vérifié à l'aide d'un enregistrement.

-On l'appliquera à d'autres systèmes ; ce faisant on insistera sur son importance dans la résolution des problèmes de mécanique.

Energie potentielle. Energie mécanique (Sénégal)

Activités ou MOE R (MOE/MTM) MTM
commentaires
activités

.... -Exploitation d'enregistrements
-Vérification du théorème de l'énergie potentielle à partir d'enregistrements ou de mesure
.... -Vérification du théorème de l'énergie mécanique à partir d'enregistrements ou de mesures

-Un retour sur quelques exemples simples de formes d'énergie vus au chapitre précédent, permettra de rappeler que l'énergie potentielle d'un système est l'énergie en « réserve » liée aux positions des différentes parties du système.

Commentaires

- Dans la suite, s'intéressant au système (Terre-objet) on donnera sans démonstration l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur $E_{pp} = mgz + cte$. On insistera sur le fait que l'énergie potentielle de pesanteur est définie à une constante près et l'on montrera comment la valeur de cette constante est déterminée par le choix de la « référence » (état pour lequel $E_p = 0$) et de l'origine de l'axe des côtes
- On montrera aussi comment la variation d'énergie potentielle de pesanteur est indépendante de ce choix ; on établira la relation $\Delta E_{pp} = -W(P)$
- L'énergie potentielle élastique du système ressort-masse, et celle d'un pendule de torsion seront exprimées sans démonstration ; la relation générale : $\Delta E_p = -W(f_{ic})$ sera admise, f_{ic} étant la force intérieure conservative. On insistera sur les concepts de forces intérieures et de forces extérieures et l'on montrera qu'ils dépendent des limites du système choisi.
- Après avoir défini l'énergie mécanique, on établira l'expression de sa variation.
- ... -On étudiera alors sa conservation dans des cas simples (pendule élastique horizontal ; pendule pesant)
- Les notions de barrière de potentiel et de puits de potentiel seront traitées en exercices
- On fera découvrir la dégradation de l'énergie mécanique dans le cas de systèmes réels

Calorimétrie (Sénégal)

Activités MOE

R (MOE/MTM)

MTM

ou
commentaires

Activités

-Expérience illustrant la transformation de l'énergie mécanique en énergie thermique

-Etude des modes de transfert de chaleur

Activités

-Expérience de détermination de quelques grandeurs calorimétriques (capacité calorifique, chaleur latente de changement d'état)

-Expérience de détermination de la chaleur de réaction et de la chaleur de dissolution

-On pourra débiter le chapitre par l'analyse de l'énergie mécanique des systèmes réels ; on notera que pour de tels systèmes l'énergie mécanique décroît, ceci étant dû à l'existence de forces de frottement

Commentaire

...

-Dans le cas particulier d'un cycliste ou d'un automobiliste qui freine on mettra l'accent sur l'élévation de température au niveau des freins, phénomène qui se produit en même temps que la diminution de l'énergie mécanique

-Les forces de frottement seront considérées comme des interactions entre particules à l'échelle microscopique dans la région de contact.

Commentaire

-La diminution d'énergie mécanique à l'échelle macroscopique se retrouve comme gain d'énergie répartie entre les particules à l'échelle microscopique : on dit qu'il y a « production de chaleur »

Commentaire

-la température absolue, vue en classe de seconde, prend ici toute son importance : la température absolue est la grandeur macroscopique qui mesure l'énergie microscopique d'agitation des particules. Dès lors il est aisé d'expliquer le fait que l'augmentation de l'énergie d'agitation désordonnée des particules liée à la diminution de l'énergie mécanique, se manifeste le plus souvent par une élévation de température. L'exception du changement d'état sera soulignée. On insistera sur la nuance à faire entre chaleur et température.
-La production d'énergie thermique n'a pas toujours pour origine la dégradation de l'énergie mécanique :

... -Certaines réactions chimiques libèrent de l'énergie thermique, le courant électrique qui traverse un dipôle s'accompagne d'un « dégagement de chaleur » ; des objets exposés à la lumière solaire s'échauffent etc ,...

. -Par ailleurs lorsque deux corps portés à des températures différentes sont en présence il y a entre eux échange d'énergie par chaleur -La chaleur est un mode de transfert d'énergie : dans le cas d'espèce l'énergie passe du corps chaud au corps froid jusqu'au moment où il s'établit un équilibre thermique

... -A travers divers exemples on illustrera la conduction thermique, la convection et le rayonnement ...

-On présentera le calorimètre, appareil de mesure des quantités de chaleur

-En TP des mesures calorimétriques permettront la détermination expérimentale de ces grandeurs.(...)¹

A partir d'exemples on expliquera sa détermination : par la méthode expérimentale (mesure calorimétrique) on pourrait prendre l'exemple de la détermination expérimentale de la chaleur mise en jeu lors de la réaction entre un acide et une base
Par le calcul ; à partir du diagramme de Hess ou de la somme d'équation-bilan (...)

-La « quantité de chaleur » échangée par un système sera exprimée algébriquement ; on distinguera le cas où il y a échange d'énergie avec variation de température du cas où l'échange se fait sans variation de température (changement d'état)

-Les grandeurs calorimétriques (chaleur massique, capacité calorifique, chaleur latente de changement d'état) seront définies.

-La chaleur de réaction sera également définie...

¹ il s'agit d'omission de certaines phrase quand celles-ci n'influencent pas l'idée de la proposition

Programme français

Travail (France)

| MO E | R (MOE/MTM) | MTM |
|------------------|--|-----|
| activités | - Identifier les effets sur un solide de forces dont les points d'application se déplacent dans le référentiel d'étude : modifications de la valeur de la vitesse d'un solide en chute libre, d'un solide glissant sur un plan incliné, de la valeur de la vitesse de rotation d'un solide autour d'un axe fixe ; modification de l'altitude, de la température, de l'aspect... | |
| comme ntaires | Partant d'exemples concrets de la vie quotidienne, on constate que des objets soumis à une force dont le point d'application se déplace peuvent : <ul style="list-style-type: none">- être mis en mouvement (chariot, wagon, brique glissant sur une table, etc.),- changer d'altitude (bagage que l'on monte à l'étage),- voir leur température s'élever,- se déformer temporairement ou définitivement. | |

Dans tous ces cas, on dira que la force travaille.

On définit le travail W_{AB} d'une force constante F pour un déplacement AB de son point d'application par la relation $W_{AB} = F \cdot AB = F \cdot AB \cos \alpha$.

Pour un solide en translation, tous les points du solide ont même déplacement, le travail de forces réparties est alors identique à celui de leur résultante

Les forces de pesanteur (champ localement uniforme) sont équivalentes à une force unique appliquée au centre d'inertie
 Les altitudes z étant mesurées sur un axe vertical dirigé vers le haut, on montrera que leur travail sur un solide s'exprime par $W_{AB} = Mg(z_A - z_B)$ lorsque le centre d'inertie passe de l'altitude z_A à l'altitude z_B et qu'il est indépendant du chemin suivi

Travail et énergie cinétique (France)

MO R (MOE/MTM) E

activités
 s

Utiliser un tableur et un grapheur.
 Etude quantitative des variations de la valeur de la vitesse d'un corps dans différentes situations (activités pouvant donner lieu à l'utilisation des technologies de l'information et de la communication) : chutes libres avec ou sans vitesse initiale (utilisation de capteurs chronocinés, de logiciels, de vidéos...); satellites en mouvement circulaire uniforme; solide lancé sur une table.

comme
 ntaires

On part ici de situations concrètes permettant d'étudier les effets d'une force extérieure sur la valeur de la vitesse du centre d'inertie d'un solide en translation, en particulier l'influence de la direction de la force par rapport à la direction du vecteur vitesse (étude de la chute libre d'un solide sans vitesse initiale, étude de la chute libre avec vitesse initiale vers le haut durant la montée ou d'un mouvement de projectile, étude du mouvement circulaire d'un satellite, étude d'un solide lancé et s'arrêtant sur un plan horizontal, etc.).

MTM

L'idée est de chercher s'il existe une relation entre la valeur de la vitesse du centre d'inertie du solide et le travail des forces extérieures. Cette relation est d'abord introduite par le calcul du travail du poids dans le cas de la chute libre d'un corps au voisinage de la Terre.

On interprète de façon énergétique cette relation de la façon suivante : le travail du poids a servi à faire varier la vitesse du solide. On définit l'énergie cinétique d'un solide en translation par la relation $1/2MV_G^2$; l'énergie cinétique est donc une grandeur caractéristique de son état de mouvement

Cette relation est ensuite généralisée à

d'autres exemples simples, où d'autres forces que celle de pesanteur agissent. Pour un solide en translation, la somme des travaux des forces extérieures $\Sigma W_{AB}(F_{ext})$ est aussi égale au « travail » de leur résultante $(\Sigma F_{ext}).AB$, tous les points du solide ayant le même déplacement AB que le centre d'inertie.

Remarque : la relation $\Delta(1/2)MV_G^2 = (1/2)MV_B^2 - (1/2)MV_A^2 = \Sigma(F_{ext}).AB$ est valable en fait sans restriction quelque soit le mouvement, même pour un système déformable (elle est une conséquence du théorème du centre d'inertie).

Travail et énergie potentielle (France)

| | MOE | R (MOE/MTM) | MTM |
|-----------|-----|---|-----|
| activités | | Analyse du travail de la force de gravitation qui s'exerce sur une comète ; conséquence sur sa vitesse | |

commentaires

Le choix fait a pour but d'éviter les changements du système étudié lors de l'analyse énergétique de l'interaction d'un corps avec la terre : le système est le solide soumis à une force extérieure connue (à la surface de la Terre : le poids). C'est pour cela que l'énergie potentielle d'interaction solide-Terre est désignée dans la colonne centrale Contenus par « énergie potentielle d'un solide en interaction avec la Terre ».

On introduit qualitativement la variation d'énergie potentielle de pesanteur comme étant le travail qu'il faut fournir pour éloigner un corps du centre de la Terre d'un point A à un point B, le corps étant au repos en A et en B. Pour élever le centre d'inertie de ce corps de l'altitude Z_A à l'altitude Z_B il faut lui appliquer et faire travailler une force F (c'est la force exercée par l'opérateur). L'application de la loi précédente s'écrit alors : $1/2MV_B^2 - 1/2MV_A^2 = \Sigma W_{AB}(F_{ext}) = W_{AB}(P) + W_{AB}(F)$

V_A et V_B étant nulles, on en déduit que $W_{AB}(F) = -W_{AB}(P) = Mg(Z_B - Z_A)$.

L'énergie potentielle de pesanteur est définie par la

grandeur Mgz , z étant l'altitude.

Pour illustrer la transformation d'énergie potentielle en énergie cinétique, on pourra faire un retour sur la chute libre ou sur un mouvement de projectile et constater que la somme $\frac{1}{2}MV_G^2 + Mgz$ est constante. On fait remarquer la cohérence du discours énergétique introduit dans la partie précédente, à savoir que du travail pouvait accroître l'énergie cinétique d'un corps. Ici il accroît son énergie potentielle, qui elle-même peut ultérieurement se transformer en énergie cinétique. On aborde ainsi une première fois la conservation de l'énergie sans pour autant l'évoquer de manière explicite aux élèves.

Travail et énergie interne (France)

MO R (MOE/MTM)
E

MTM

activités
comme
ntaires

Expérience de Joule ou équivalente

L'idée directrice est qu'en plus de son énergie cinétique et de son énergie potentielle d'interaction avec la terre, un corps peut aussi stocker de l'énergie qui se manifeste à l'échelle macroscopique sous diverses formes plus ou moins indépendantes les unes des autres (déformation élastique, variation de température et/ou de pression, changement d'état physico-chimique...)

Par exemple le mouvement relatif de deux solides en contact, en présence de forces de frottement, s'accompagne généralement d'une élévation de température de chacun des solides.

Autres exemples : l'énergie stockée différemment dans un ressort, un élastique, un gaz comprimé, un accumulateur, qui peut, au moins en partie, être récupérée en mettant par exemple des corps en mouvement (lanceur d'un flipper, arbalète, carabine à ressort, moteur à ressort, voiture électrique...)

Toutes ces formes d'énergie sont regroupées sous la dénomination « énergie interne U ». Aucune expression de l'énergie interne ne sera proposée.

Transfert thermique (France)

| | MO E | R (MOE/MTM) | MTM |
|--------------|---------|---|-----|
| activités | | <p>Approche qualitative de la mise en contact de deux corps à des températures différentes : évolution vers l'équilibre thermique.</p> <p>Analyse qualitative des transferts d'énergie se faisant sur un système déterminé</p> | |
| commentaires | | <p>En apportant de l'énergie par travail mécanique ou électrique (plus tard pour ce dernier point) on peut chauffer un corps, d'où l'idée qu'en général à une élévation de température correspond une énergie stockée plus importante.</p> <p>On s'appuie ensuite sur l'étude de situations simples dans lesquelles un système voit son énergie évoluer (par exemple un corps chaud qu'on laisse refroidir au contact de l'air atmosphérique ou un corps froid placé au contact d'une source chaude).</p> | |

On définit alors un deuxième mode de transfert d'énergie : le transfert thermique (cette expression : transfert thermique) sera utilisée de préférence au terme de chaleur pour éviter la confusion trop fréquente entre chaleur et température.)

On indique qu'à l'échelle macroscopique, ce transfert d'énergie s'effectue spontanément du système dont la température est la plus élevée vers celui dont la température est la plus basse. On se limite dans cette première approche au transfert thermique par conduction. Cette notion de transfert thermique sera réinvestie dans l'enseignement de SVT.

Il a été vu en classe de seconde que la température est la variable macroscopique rendant compte de l'agitation des molécules d'un gaz. Le transfert thermique est un mode de transfert désordonné qui s'interprète à l'échelle microscopique par des

transferts d'énergie lors d'interactions concernant des particules situées à l'interface entre le système et son environnement.

Le transfert d'énergie par rayonnement ne fait ici que l'objet d'une approche simple et qualitative à partir d'exemples courant (soleil, lampe...)

| Fréquences des propositions par catégorie | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-----|
| catégorie | N°1 | N°2 | N°3 | N°4 | N°5 | N°6 | N°7 | N°8 | N°9 | N°10 | Tot |
| Fréquence propositions (Sn) | 9 | 8 | 1 | 24 | 4 | 0 | 2 | 1 | 7 | 1 | 57 |
| Pourcentage Propositions (Sn) | 15,79 | 14,04 | 1,75 | 42,11 | 7,02 | 0 | 3,51 | 1,75 | 12,28 | 1,75 | 100 |
| Fréquence propositions (fr) | 8 | 3 | 0 | 12 | 7 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 39 |
| Pourcentage Propositions (Fr) | 20,51 | 7,69 | 0 | 30,77 | 17,95 | 7,69 | 2,56 | 2,56 | 7,69 | 2,56 | 100 |

Annexe 2. Identification des concepts relatifs à l'énergie dans les deux programmes

Programme sénégalais

Dans la rubrique « compétences... », les activités de calcul dominant, ensuite viennent l'activité de distinction et restitution (donner des ordres de grandeurs).

Commentaires chapitre « travail et puissance

Ce texte sera catégorisé suivant des rubriques que nous allons enrichir en analysant les autres parties des programmes sénégalais et français

*Le chapitre pourrait être introduit par l'analyse de diverses situations dans lesquelles le mot **travail** est utilisé dans le langage courant. (cat 1)*

*Par la suite on insistera sur la différence entre ce sens commun du **travail (effort physique)** et la **grandeur physique « travail »** : une **force peut effectuer un travail** quand son **point d'application se déplace**. (cat 2)*

Les **facteurs** dont dépend le **travail** seront dégagés à partir de l'analyse d'exemples de **mouvement de translation**. (cat 1)

*On en viendra par la suite à la formulation. Le **travail** d'une **force constante** sur un **déplacement rectiligne** sera exprimé comme un produit scalaire : $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$ (cat4)*

*On distinguera **travail moteur (Wm)**, **travail résistant (Wr)** et **travail nul** (cat 2)*

*On généralisera à un **déplacement quelconque** en introduisant la notion de **travail élémentaire** (cat 1)*

*Dans ce cadre on montrera que le **travail** du **poids** d'un corps entre deux positions d'**altitudes z_1 et z_2** est donné par l'expression : $W(\vec{P}) = mg(z_1 - z_2) = mg\Delta z$. (cat4)*

*Ce **travail** est indépendant du **chemin suivi** : le **poids** est une **force conservative**. (cat4)*

*Dans le calcul du **travail** d'une **force** appliquée à un système en **rotation autour d'un axe fixe**, on se limitera à des cas où le **moment des forces** est **constant**. (cat 9)*

*Le calcul du **travail** d'une **force variable** est hors programme. (Cat 9)*

*On donnera simplement sans démonstration l'expression du **travail** de la **tension d'un ressort** $W_{1,2} = 1/2k(x_1^2 - x_2^2)$ et celle du **travail** d'un **couple de torsion** $W_{1,2} = 1/2C(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)$ (cat 4)*

On définira la **puissance moyenne développée** $P_m = W/\Delta t$ et la **puissance instantanée** $p = \vec{F} \cdot \vec{V}$ (cat 4)

*On donnera l'ordre de grandeurs de quelques **puissances** (cat 4)*

Commentaires du chapitre : énergie cinétique

*Tout au début de ce chapitre, il est nécessaire d'introduire le concept d'**énergie** et quelques notions connexes. (cat 1)*

*Il s'agit de présenter aux élèves, à partir d'observations familières, les concepts d'**énergie**, de citer quelques formes d'**énergie** ainsi que le **transfert d'énergie** entre systèmes et les **transformations d'énergie**. (cat 1)*

*A travers ces exemples, on insistera sur deux formes importantes d'**énergie** : **énergie cinétique** et **énergie potentielle**. (cat 2)*

*Par la suite, s'intéressant à l'**énergie cinétique**, on en donnera l'expression pour le solide en **translation** et pour le solide en **rotation** autour d'un axe fixe. (cat 4)*

On donnera les propriétés de l'**énergie cinétique** : grandeurs scalaire positive dont la valeur dépend du **référentiel** mais qui ne donne aucune information sur le **sens** et la **direction** du **mouvement** (cat 4)

Le **moment d'inertie** d'un solide en **rotation** sera introduit sans démonstration. On en donnera cependant la signification physique. (cat 4)

On donnera les expressions des **moments d'inertie** d'un cerceau, d'un disque, d'un cylindre, d'une sphère homogène par rapport à un axe passant par leur **centre de symétrie**. (cat 4)

Le **théorème de Huygens** est hors programme (cat 9)

Le **théorème de l'énergie cinétique** sera énoncé dans le cas général. (cat 4)

Il (le théorème de l'énergie cinétique) pourra être vérifié à l'aide d'un enregistrement. (cat 7)

On l'appliquera à d'autres systèmes ; ce faisant on insistera sur son importance dans la résolution des problèmes de **mécanique**. (cat 7)

Commentaires du chapitre : « énergie potentielle. Energie mécanique »

Un retour, sur quelques exemples simples de formes d'**énergie** vus au chapitre précédent, permettra de rappeler que l'**énergie potentielle** d'un **système** est l'**énergie** en « **réserve** » liée aux positions des différentes parties du **système**. (cat 1)

Dans la suite, s'intéressant au **système (Terre-objet)** on donnera sans démonstration l'expression de l'**énergie potentielle de pesanteur** $E_{pp} = mgz + cte$. (cat 4)

On insistera sur le fait que l'**énergie** potentielle de pesanteur est **définie** à une constante près (1) (cat 2)

(1) et l'on montrera comment la valeur de cette constante est déterminée par le choix de la « **référence** » (état pour lequel $E_p = 0$) et de l'**origine de l'axe des côtes**. (cat 4)

On montrera aussi comment la **variation d'énergie potentielle de pesanteur** est

indépendante de ce choix ; on établira la relation $\Delta E_{pp} = -W(\vec{P})$. (cat 4)

L'**énergie potentielle élastique** du système ressort-masse, et celle d'un **pendule de torsion**

seront exprimées sans démonstration ; le relation générale : $\Delta E_{pp} = -W(\vec{f}_{ic})$ sera admise,

\vec{f}_{ic} étant la **force intérieure conservative**. (cat 4)

On insistera sur les concepts de **forces intérieures** et de **forces extérieures** et l'on montrera qu'ils dépendent des limites du **système** choisi. (cat 2)

Après avoir défini l'**énergie mécanique**, on établira l'expression de sa **variation**. (cat 4)

On étudiera alors sa **conservation** dans certains cas simples (**pendule élastique horizontal ; pendule pesant...**). (cat 9)

Les notions de **barrières de potentiel** et de **puits de potentiels** seront traitées en exercices. (cat 9)

On fera découvrir la **dégradation** de l'**énergie mécanique** dans le cas de **systèmes réels**. (cat 1)

Commentaires du chapitre « calorimétrie »

On pourra débiter le chapitre par l'analyse de l'**énergie mécanique** des **systèmes réels** ; (cat 1) on notera que pour de tels **systèmes** l'**énergie mécanique** décroît, ceci étant dû à l'existence de **forces de frottement**. (cat 5)

Dans le cas particulier d'un **cycliste** ou d'un **automobiliste** qui freine on mettra l'accent sur l'**élévation de température** au niveau des **freins**, phénomène qui se produit en même temps que la diminution de l'**énergie mécanique**. (cat 5)

Les **forces de frottement** seront considérées comme des **interactions** entre **particules** à l'**échelle microscopique** dans la région de contact. (cat 4)

La diminution d'**énergie mécanique** à l'**échelle macroscopique** se retrouve comme gain d'**énergie répartie** entre les **particules** à l'**échelle microscopique** : on dit qu'il y a « **production de chaleur** » (cat 4)

La **température absolue**, vue en classe de seconde, prend ici toute son importance : la **température absolue** est la **grandeur macroscopique** qui mesure l'**énergie microscopique d'agitation des particules**. (cat 8)

Dés lors il est aisé d'expliquer le fait que l'augmentation de l'**énergie d'agitation désordonnée des particules** liée à la diminution de l'**énergie mécanique**, se manifeste le plus souvent par une élévation de **température**. (cat 5)

L'exception du **changement d'état** sera soulignée. (cat 2)

On insistera alors sur la nuance à faire entre **chaleur** et **température**. (cat 2)

La production d'**énergie thermique** n'a pas toujours pour origine la **dégradation de l'énergie mécanique** : certaines **réactions chimiques** libèrent de l'**énergie thermique** ; le **courant électrique qui traverse un dipôle** s'accompagne d'un « **dégagement de chaleur** » ; des objets exposés à la lumière solaire s'échauffe etc. (cat4)

Par ailleurs lorsque deux corps portés à des **températures** différentes sont en présence il y a entre eux **échange d'énergie** par **chaleur**. (cat 4)

La **chaleur** est un **mode de transfert d'énergie** : dans le cas d'espèce l'**énergie** passe du corps chaud au corps froid jusqu'au moment où il s'établit un **équilibre thermique**. (cat 4)

A travers divers exemples on illustrera la **conduction thermique**, la **convection** et le **rayonnement**. (cat 1)

La « **quantité de chaleur** » échangée par un système sera exprimée algébriquement (cat 3); on distinguera le cas où il y a **échange d'énergie** avec **variation de température** du cas où l'**échange** se fait sans **variation de température (changement d'état)** (cat 2).

On présentera le **calorimètre**, appareil de mesure des **quantités de chaleur**. (cat 3)

Les **grandeurs calorimétriques (chaleur massique, capacité calorifique, chaleur latente de changement d'état)** seront définies ; en TP des **mesures calorimétriques** permettront la détermination expérimentale de ces grandeurs. (cat4)

Toutefois le principe de cette détermination expérimentale étant pratiquement la même pour ces grandeurs une mesure bien menée avec l'une d'entre elles est plus utile que plusieurs mesures qui conduisent à des résultats aberrants. (cat 9)

La **chaleur de réaction** sera également définie. (cat4)

A partir d'exemples on expliquera sa (**la chaleur de réaction**) détermination : -par la méthode expérimentale (**mesures calorimétrique**) on pourrait prendre l'exemple de la détermination expérimentale de la **chaleur** mise en jeu lors de la réaction entre un **acide** et une **base**.- par le calcul ; à partir du diagramme de Hess ou de la somme d'**équation-bilan** (cat 5)

Les notions d'**énergie de liaison** et de **chaleur de formation** sont hors programme. (cat9)

Les unités SI de **quantité de chaleur** est le **joule** ; pour des raison d'interdisciplinarité on signalera la **calorie** comme unité ; toutefois on habituera les élèves à travailler avec l'unité SI de quantité de chaleur. (cat 10)

Programme français

Commentaires : « travail d'une force »

Partant d'exemples concrets de la vie quotidienne, on constate que des objets soumis à une force dont le point d'application se déplace peuvent :

- être mis en mouvement (chariot, wagon, brique glissant sur une table, etc.),
- changer d'altitude (bagage que l'on monte à l'étage),
- voir leur température s'élever,
- se déformer temporairement ou définitivement.

Dans tous ces cas, on dira que la force travaille. (cat 1)

On définit le travail W_{AB} d'une force constante F pour un déplacement AB de son point d'application par la relation $W_{AB} = F \cdot AB = F \cdot AB \cos \alpha$. (cat 4)

Pour un solide en translation, tous les points du solide ont même déplacement, le travail de forces réparties est alors identique à celui de leur résultante. (cat 4)

Les forces de pesanteur (champ localement uniforme) sont équivalentes à une force unique appliquée au centre d'inertie. (cat 4)

Les altitudes z étant mesurées sur un axe vertical dirigé vers le haut, on montrera que leur travail sur un solide s'exprime par $W_{AB} = Mg(z_A - z_B)$ lorsque le centre d'inertie passe de l'altitude z_A à l'altitude z_B et qu'il est indépendant du chemin suivi (cat 4)

Deux catégories sont utilisées dans cette partie : une introduction et une catégorie liée à la définition des concepts, à l'expression des différents de différentes formules.

Commentaires de la partie « travail et énergie cinétique »

On part ici de situations concrètes permettant d'étudier les effets d'une force extérieure sur la valeur de la vitesse du centre d'inertie d'un solide en translation, en particulier l'influence de la direction de la force par rapport à la direction du vecteur vitesse (étude de la chute libre d'un solide sans vitesse initiale, étude de la chute libre avec vitesse initiale vers le haut durant la montée ou d'un mouvement de projectile, étude du mouvement circulaire d'un satellite, étude d'un solide lancé et s'arrêtant sur un plan horizontal, etc.). (cat 1)

L'idée est de chercher s'il existe une relation entre la valeur de la vitesse du centre d'inertie du solide et le travail des forces extérieures. (cat 5)

Cette relation est d'abord introduite par le calcul du travail du poids dans le cas de la chute libre d'un corps au voisinage de la Terre. (cat 1)

On interprète de façon énergétique cette relation de la façon suivante : le travail du poids a servi à faire varier la vitesse du solide. (cat 4)

On définit l'énergie cinétique d'un solide en translation par la relation $\frac{1}{2}MV_G^2$; l'énergie cinétique est donc une grandeur caractéristique de son état de mouvement. (cat 4)

Cette relation est ensuite généralisée à d'autres exemples simples, où d'autres forces que celle de pesanteur agissent. (cat 1)

Pour un solide en translation, la somme des travaux des forces extérieures $\Sigma W_{AB}(F_{ext})$ est aussi égale au « travail » de leur résultante $(\Sigma F_{ext}) \cdot AB$, tous les points du solide ayant le même déplacement AB que le centre d'inertie. (cat 4)

Remarque : la relation $\Delta(\frac{1}{2})MV_G^2 = (\frac{1}{2})MV_B^2 - (\frac{1}{2})MV_A^2 = \Sigma(F_{ext}) \cdot AB$ est valable en fait sans restriction quelque soit le mouvement, même pour un système déformable (elle est une conséquence du théorème du centre d'inertie). (cat 1)

Commentaires de la partie « travail et énergie potentielle de pesanteur »

Le choix fait a pour but d'éviter les changements du **système** étudié lors de l'analyse énergétique de l'**interaction d'un corps avec la terre** : le **système** est le **solide** soumis à une **force extérieure** connue (à la surface de la Terre : le **poids**). (Cat 5)

C'est pour cela que l'**énergie potentielle d'interaction solide-Terre** est désignée dans la colonne centrale Contenus par « **énergie potentielle d'un solide en interaction avec la Terre** ». (cat 5)

On introduit qualitativement la **variation d'énergie potentielle de pesanteur** comme étant le **travail** qu'il faut fournir pour éloigner un corps du **centre de la Terre** d'un point A à un point B, le corps étant au repos en A et en B. (cat 1)

Pour élever le **centre d'inertie** de ce corps de l'altitude Z_A à l'altitude Z_B il faut lui appliquer et faire **travailler** une **force F** (c'est la **force** exercée par l'opérateur). (cat 6)

L'application de la loi précédente s'écrit alors : $\frac{1}{2}MV_B^2 - \frac{1}{2}MV_A^2 = \Sigma W_{AB}(F_{ext}) = W_{AB}(P) + W_{AB}(F)$. (cat 8)

V_A et V_B étant nulles, on en déduit que $W_{AB}(F) = -W_{AB}(P) = Mg(Z_B - Z_A)$. (cat 6)

L'**énergie potentielle de pesanteur** est définie par la grandeur **Mgz**, z étant l'**altitude**. (cat 4)

Pour illustrer la **transformation d'énergie potentielle en énergie cinétique**, on pourra faire un retour sur la **chute libre** ou sur un **mouvement** de projectile et constater que la somme $\frac{1}{2}MV_G^2 + Mgz$ est **constante**. (cat 1)

On fait remarquer la cohérence du discours énergétique introduit dans la partie précédente, à savoir que du **travail** pouvait accroître l'**énergie cinétique** d'un corps. (cat 2)

Ici il accroît son **énergie potentielle**, qui elle-même peut ultérieurement se **transformer en énergie cinétique** (cat 2)

On aborde ainsi une première fois la **conservation de l'énergie** sans pour autant l'évoquer de manière explicite aux élèves. (cat 7)

Commentaires de la partie « travail et énergie interne »

L'idée directrice est qu'en plus de son énergie cinétique et de son énergie potentielle d'interaction avec la terre, un corps peut aussi stocker de l'énergie qui se manifeste à l'échelle macroscopique sous diverses formes plus ou moins indépendantes les unes des autres (déformation élastique, variation de température et/ou de pression, changement d'état physico-chimique...) (cat 5)

Par exemple le *mouvement relatif* de deux **solides en contact**, en présence de **forces de frottement**, s'accompagne généralement d'une **élévation de température** de chacun des **solides**. (cat 5)

Autres exemples : l'énergie stockée différemment dans un ressort, un élastique, un gaz comprimé, un accumulateur, qui peut, au moins en partie, être récupérée en mettant par exemple des corps en mouvement (lanceur d'un flipper, arbalète, carabine à ressort, moteur à ressort, voiture électrique...) (cat5)

Toutes ces **formes d'énergie** sont regroupées sous la dénomination « **énergie interne U** ». (cat 4)

Aucune expression de l'**énergie interne** ne sera proposée. (cat 9)

Dans cette partie le programme français explique certains phénomènes qui lui permettent de définir le concept d'énergie interne.

Commentaires de la partie « transfert thermique »

En apportant de l'énergie par travail mécanique ou électrique (plus tard pour ce dernier point) on peut chauffer un corps, d'où l'idée qu'en général à une élévation de température correspond une énergie stockée plus importante. (Cat5)

On s'appuie ensuite sur l'étude de situations simples dans lesquelles un **système** voit son **énergie** évoluer (par exemple un corps chaud qu'on laisse refroidir au contact de l'air atmosphérique ou un corps froid placé au contact d'une source chaude). (cat 1)

On définit alors un deuxième **mode de transfert d'énergie** : le **transfert thermique** (1) (cat 4)

(1) (cette expression : **transfert thermique**) sera utilisée de préférence au terme de **chaleur** pour éviter la confusion trop fréquente entre **chaleur** et **température**). (cat 2)

On indique qu'à l'**échelle macroscopique**, ce **transfert d'énergie** s'effectue spontanément du **système** dont la **température** est la plus élevée vers celui dont la **température** est la plus basse. (cat 4)

On se limite dans cette première approche au **transfert thermique par conduction**. (cat 9)

Cette notion de **transfert thermique** sera réinvestie dans l'enseignement de SVT.(cat 10)

Il a été vu en classe de seconde que la **température** est la **variable macroscopique** rendant compte de l'**agitation des molécules** d'un gaz. (cat 8)

Le **transfert thermique** est un **mode de transfert désordonné** qui s'interprète à l'**échelle microscopique** par des **transferts d'énergie** lors d'**interactions** concernant des **particules** situées à l'**interface entre le système et son environnement**. (cat 4)

Le **transfert d'énergie** par **rayonnement** ne fait ici que l'objet d'une approche simple et qualitative à partir d'exemples courant (soleil, lampe...) (cat 9)

Annexe 3. Distribution des nombres d'utilisation de mots/expressions dans les différents ensembles conceptuels

| Ensemble conceptuels , thèmes en classe entière. Classe 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------------------------|-------------------|--|
| N°S | S1 | | | S1/S2 | | | | S2/S3 | | | | S3/S4 | | S4/S5 | | | | S6 | | S7 | | | |
| ORGCL | CE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Th01 | Th02 | Th03 | Th04 | Th05 | Th06 | Th07 | Th08 | Th09 | Th10 | Th11 | Th12 | Th13 | Th14 | Th15 | Th16 | Th17 | Th18 | Th19 | Th20 | Nbre mots ou expression | Nbre th concernés | |
| Energie | | | 133 | | | | | | | | | | | | | 3 | 28 | | | | 164 | 3 | |
| Forme ou adj qual E vie tjrs | | | | 2 | | 45 | | | | | | | | | | | | | | | 47 | 2 | |
| Forme ou adj qual E physique | | | | | | 110 | | | | | | | | | | | | | | | 110 | 1 | |
| Forme énergie stockée | | | | | | | 60 | | | 68 | | | | | | | 31 | | | | 159 | 3 | |
| Mode transfert d'énergie | | | | 16 | | | | 58 | | | | | | | 9 | | | | | | 83 | 3 | |
| Travail mécanique | | | | | 152 | | | | 68 | | | 58 | 168 | 69 | 61 | | 22 | | 2 | | 600 | 8 | |
| Travail électrique | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | |
| Transfert Thermique | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | |
| Rayonnement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | |
| Système | 10 | | | 6 | | | | | | 24 | | | | | | | | 5 | | | 45 | 4 | |
| Chaîne Energétique | | | 9 | | | | | 5 | | 31 | | | | | | | | | | | 45 | 3 | |
| Chgt Forme E ou transf | | | | | | | | | | | 5 | | | | 24 | | 9 | | | | 38 | 3 | |
| Var Evol E stockée | | | | 37 | | | | | | | 53 | | 9 | | | | 13 | | | | 112 | 4 | |
| Var Quantité transférée | | | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 1 | |
| Conservation énergie | | | 8 | | | | | | | 5 | 5 | | | | | | 46 | 41 | 32 | 137 | 6 | | |
| Modélisation Fctment physique | 66 | 6 | 15 | | 7 | | | | 4 | 6 | | | | | | | 26 | | 8 | 138 | 8 | | |
| Puissance | | | | | | | | | | | | | | | | | 19 | | | | 19 | 1 | |
| Vitesse successive | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | |
| total de termes par thèmes | 76 | 6 | 165 | 65 | 2 | 159 | 155 | 60 | 63 | 72 | 66 | 131 | 58 | 177 | 78 | 85 | 3 | 199 | 41 | 42 | 1703 | | |
| Nbre ens conceptuels par th | 2 | 1 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 9 | 1 | 3 | 50 | | |

Ensembles conceptuels, thèmes en classe entière. Classe 2

| N°S | S1 | S2 | S3 | S4 | S4/S5 | S6 | S6/S7 | S8 | CE | | | | | | | | | | Th | Nbre de mots et grpe de mors | Nbre de th concernés | | | | | | | | | |
|------------------------------|-----|-----|----|-----|-------|----|-------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|------------------------------|----------------------|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|------|----|
| Numéro thème | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | | |
| Energie | 19 | | | | 7 | | | | 9 | | | 7 | | | 7 | | | | | | | | | | | | | | 49 | 5 |
| Forme ou adj qual E vie tjrs | 8 | | | | | | | | | | | 81 | | | | | | | | | | | | | | | | | 89 | 2 |
| Forme ou adj qual E phys | | | | | | | | | | | | 71 | | | | | | | | | | | | | | | | | 71 | 1 |
| Forme énergie stockée | | | | | | | | | | | | | 110 | 100 | | 2 | | 98 | 145 | 104 | 60 | 22 | | 6 | | | 77 | 724 | 10 | |
| Mode transf E | | | 7 | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 16 | 3 | |
| Travail méca | | 216 | 62 | 105 | 146 | 83 | 116 | | 18 | 46 | 10 | 10 | | | 21 | 33 | 23 | | | | | | | | | | | 25 | 918 | 15 |
| Travail élect | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | |
| Transf Thermique | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | |
| Rayonnement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | |
| Système | 33 | 13 | 34 | | | 17 | 10 | | | | | | | | 2 | 1 | | | 7 | 80 | 14 | 25 | 29 | | | 2 | 12 | 279 | 14 | |
| Chaîne Energétique | 12 | | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 28 | 2 | |
| Chgt Forme E ou transf | 8 | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | 25 | 32 | 43 | 18 | | | 129 | 6 | |
| Var Evol E stockée | | | | | | | | | | | | | | | 8 | | | | | | | 12 | 6 | | | | | 26 | 3 | |
| Var Quantité transférée | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | |
| Conservation énergie | | | | | | | | | | | | | | | 53 | 68 | 36 | 19 | 10 | 48 | | 32 | 66 | 42 | 32 | 25 | 24 | 455 | 12 | |
| Modélisation Fctment phys | 28 | | 3 | | | 10 | 17 | 7 | 20 | | | | | | 11 | 12 | | | 2 | 13 | 6 | | 32 | | 14 | | | 175 | 13 | |
| Puissance | | | | | | | 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 36 | 1 | |
| Vvitesse successive | | | | | | | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 1 | |
| Total | 108 | 229 | 62 | 165 | 153 | 83 | 143 | 36 | 54 | 14 | 53 | 195 | 120 | 100 | 100 | 117 | 60 | 117 | 157 | 172 | 146 | 105 | 127 | 115 | 46 | 43 | 122 | 67 | 3009 | |
| Nbre ens conceptuels par th | 6 | 2 | 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 27 | 2 | 1 | 5 | 5 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 2 | 1 | 4 | 4 | 88 | | |

| Ensembles conceptuels, thèmes en groupe ou mixte. Classe 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|--------------|---------|
| N°S | S1 | | | S1/S2 | | | | S2/S3 | | | | S3/S4 | | S4/S5 | | | | S6 | S7 | | | |
| ORGCL | GM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Th01 | Th02 | Th03 | Th04 | Th05 | Th06 | Th07 | Th08 | Th09 | Th10 | Th11 | Th12 | Th13 | Th14 | Th15 | Th16 | Th17 | Th18 | Th19 | Th20 | Nbre de mots | Nbre th |
| Energie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| Forme ou adj qual E vie tjrs | | | | | | | | 23 | | | | | | | | | | | | | 23 | 1 |
| Forme ou adj qual E phys | | | | | | | | 32 | | | | 10 | | | | | | | | | 42 | 2 |
| Forme énergie stockée | | | | | | | | | | | 11 | 33 | | | | | | | 10 | | 54 | 3 |
| Mode transf E | | | | | | | | | | | 96 | | | | | | | | | | 96 | 1 |
| Travail méca | | | | | | 78 | | | | 14 | 17 | | 180 | | 122 | 23 | | | 5 | 39 | 478 | 8 |
| Travail élect | | | | | | 14 | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 2 |
| Transf Thermique | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| Rayonnement | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| Système | 10 | | | | | 24 | | | | | 13 | 21 | 33 | | | | | | | | 101 | 5 |
| Chaîne Energétique | | | | 10 | | | | | | | 69 | 13 | | | | | | | | | 92 | 3 |
| Chgt Forme E ou transf | | | | | | | | | | | 6 | 19 | | | | | | | | 17 | 42 | 3 |
| Var Evol E stockée | | | | 14 | | | | | | | 5 | 33 | 14 | | | | | | | 6 | 72 | 5 |
| Var Quantité transférée | | | | 14 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 2 |
| Conservation énergie | | | | | | | | | | | 6 | 10 | | | | | | | 83 | 103 | 202 | 4 |
| Modélisation Fctment phys | 35 | | 9 | | | 3 | | | | 11 | 8 | | 16 | | | | | | 49 | 19 | 150 | 8 |
| Puissance | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| vitesse successive | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 |
| Total | 45 | 0 | 9 | 38 | 0 | 121 | 55 | 0 | 0 | 25 | 231 | 139 | 243 | 0 | 122 | 23 | 0 | 0 | 147 | 184 | 1382 | 47 |

Annexe 4. Questionnaire

Questionnaire

Consignes générales

Ce questionnaire a été réalisé par une équipe de chercheurs Il a pour objectif de connaître les formes de raisonnements que vous utilisez devant des situations physiques diverses.

Il ne s'agit pas d'un test, vous n'aurez évidemment pas de notes pour ce travail. Seuls les membres de l'équipe de recherche étudieront vos réponses.

Répondez dans la mesure du possible à toutes les questions. Une fois que vous aurez répondu à une question, ne revenez pas en arrière.

Remplissez à l'encre ou au stylo non effaçable.

N'oubliez pas de remplir les quelques renseignements personnels qui suivent

Date :

Nom :

Prénoms :

Date de naissance :

Etablissement :

.....

Classe :

Pays :

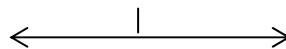
Question 1

Les couples d'affirmations suivants se rapportent à la façon dont les scientifiques définissent les notions de modèles.

Dans chacun des cas ci-dessous, donnez votre opinion en indiquant sur les échelles suivantes si vous vous situez plus proche de l'affirmation A ou de l'affirmation B. Cochez une seule case pour chaque échelle.

Affirmation A

Affirmation B



Un scientifique doit veiller à ce que le modèle qu'il construit tienne compte de toutes les caractéristiques du phénomène qu'il étudie

Pour construire un modèle, un scientifique choisit de ne prendre en considération que certaines caractéristiques du phénomène qu'il étudie.

En physique, les modèles sont des concepts abstraits.

En physique, les modèles sont des objets concrets.

En physique, un phénomène peut être décrit par plusieurs modèles

En physique, un phénomène ne peut être décrit que par un unique modèle

En physique, un modèle est figé, il ne peut pas évoluer dans le temps.

En physique, un modèle peut être modifié, il est susceptible d'évoluer dans le temps.

En physique, un modèle ne peut jamais être utilisé pour faire des prédictions sur un objet ou un événement.

En physique, un modèle peut toujours être utilisé pour faire des prédictions sur un objet ou un événement.

Il faut qu'un ensemble de scientifiques soient d'accord pour décider qu'un modèle est valable.

Un seul individu peut décider qu'un modèle est valable.

Question 2

Les affirmations suivantes se rapportent à l'utilisation que les scientifiques font des modèles.

Pour chacune d'elles, indiquez (en cochant la case appropriée) si vous êtes « Tout à fait d'accord », « moyennement d'accord » ou « pas du tout d'accord ».

| Affirmations | Tout à fait d'accord | Moyennement d'accord | Pas du tout d'accord |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Les modèles scientifiques ont pour fonction de copier la réalité le plus fidèlement possible. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Les modèles scientifiques sont utilisés pour décrire le phénomène que l'on étudie. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Les modèles scientifiques sont utilisés pour interpréter le phénomène que l'on étudie. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Les modèles scientifiques sont utilisés pour prévoir le phénomène que l'on étudie. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Question 3

Soit l'expérience suivante : une pile A est montée en série avec un interrupteur K et une lampe L.

L'expérimentateur ferme l'interrupteur K.

Voici les commentaires d'un élève :

- La lampe éclaire et réchauffe l'environnement
- Le mode de transfert de l'énergie vers le système "lampe" est le travail électrique et l'énergie est transférée par le système « lampe » sous les modes de chaleur et de rayonnement.
- Au bout de quelques heures le système « pile » ne pourra plus fournir de l'énergie au système « lampe » car la quantité d'énergie stockée et transférable au système « lampe » sera insuffisante.

Dans le tableau ci-dessous cochez la case si l'affirmation correspond au(x) commentaire(s) de l'élève

| Affirmations | Commentaire a) | Commentaire b) | Commentaire c) |
|---|----------------|----------------|----------------|
| Description des objets et des événements | | | |
| Modèle de la physique utilisé pour prévoir le phénomène qu'on étudie | | | |
| Modèle de la physique utilisé pour interpréter le phénomène que l'on étudie | | | |

Question 4

Le tableau ci-dessous présente des propositions. **Pour chacune d'elles indiquez par une croix si elle peut se dire dans la vie de tous les jours ou si elle serait acceptée par le professeur comme étant correcte en physique (vous pouvez répondre en cochant une case, deux cases ou aucune pour une même ligne).**

| N° | Propositions | Vie de tous les jours | Classe de physique |
|----|---------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| 1 | L'énergie doit s'économiser | | |
| 2 | L'énergie se consomme | | |
| 3 | L'énergie est dangereuse | | |
| 4 | Il existe plusieurs formes d'énergie | | |
| 5 | L'énergie peut se stocker | | |
| 6 | Le travail est effectué par une force | | |
| 7 | Le travail est productif | | |
| 8 | Le travail peut être moteur | | |
| 9 | Le travail peut être résistant | | |
| 10 | Le travail peut être fatigant | | |
| 11 | Le travail est un mode de transfert | | |
| 12 | Le travail nécessite un déplacement | | |

Question 5

Pour chacun des énoncés ci-dessous indiquez par une croix s'il est juste ou faux du point de vue de la physique.

| N° | Énoncés | Juste | faux |
|----|--|-------|------|
| 1 | L'énergie peut être créée | | |
| 2 | Il existe plusieurs formes d'énergie | | |
| 3 | L'énergie peut être détruite | | |
| 4 | L'énergie peut se stocker dans des systèmes | | |
| 5 | L'énergie peut changer de forme | | |
| 6 | L'énergie peut se transférer d'un système à un autre | | |

Question 6

Voici sept situations :

- | | |
|--|---|
| 1 Une <u>pile</u> fait briller une <u>lampe</u> | 5 Une <u>voiture</u> qui freine |
| 2 Le <u>soleil</u> éclaire et réchauffe une <u>salle</u> | 6 Une <u>lampe</u> qui éclaire une <u>chambre</u> |
| 3 Dans le <u>jardin</u> le <u>moteur</u> d'une voiture immobile tourne | 7 Une <u>grue</u> soulève un <u>objet</u> |
| 4 Une <u>bouilloire</u> électrique est en train de chauffer de l' <u>eau</u> | |

On se propose d'interpréter ces situations d'un point de vue énergétique. Pour cela on considère chacun des objets soulignés comme un système et uniquement ceux-là.

Classez ces systèmes selon qu'ils stockent, reçoivent ou fournissent de l'énergie. Pour cela :

- faites figurer le nom de chacun des systèmes dans la colonne qui convient pour chacune des situations. Un même système peut figurer dans deux colonnes différentes ou deux systèmes différents peuvent figurer dans la même colonne.

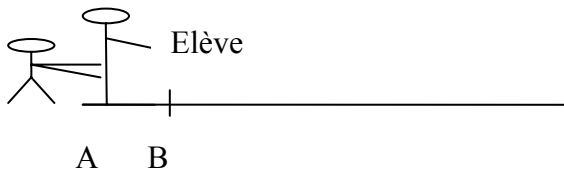
- précisez dans la colonne correspondante sous quel mode l'énergie est transférée au système qui reçoit ou fournit de l'énergie et sous quelle forme l'énergie est stockée.

| N° de la situation | Système qui fournit de l'énergie | Mode(s) du transfert de l'énergie à partir de ce système | Système qui est en train de stocker de l'énergie | Forme(s) sous laquelle l'énergie est stockée | Système qui reçoit de l'énergie | Mode(s) du transfert de l'énergie à ce système |
|--------------------|----------------------------------|--|--|--|---------------------------------|--|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |

Question 7

7.1

Depuis le bord d'une patinoire, Damien pousse un élève de A à B avec une force constante et le laisse glisser à partir du point B. L'élève poussé est au repos au point A. Les forces de frottement entre le patin à glace et la glace, ainsi que celles exercées par l'air sont négligeables.



En physique Damien et l'élève con..... systèmes pendant la poussée, c'est-à-dire entre A et B. Le système « Damien » fournit de l'énergie au système « élève ».

a) Quel est le mode de transfert de l'énergie entre le système « Damien » et le système « élève » ?

.....
.....
.....

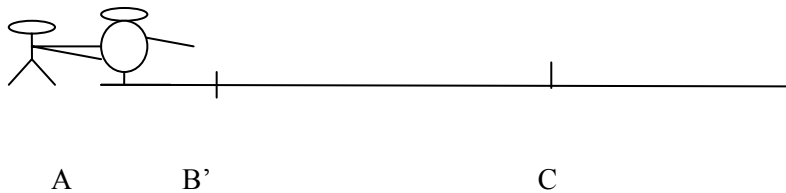
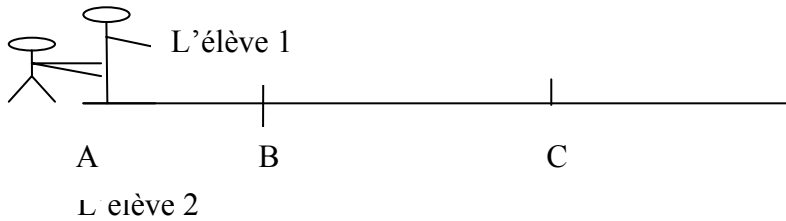
b) Si \vec{F} est la force exercée par le système « Damien » sur le système « élève », donnez l'expression de la quantité d'énergie transférée

.....
.....
.....

c) Précisez sous quelle forme le système « élève » stocke l'énergie qu'il reçoit.

7.2 Depuis le bord de la patinoire, Damien pousse deux élèves l'un après l'autre. Les deux élèves sont au repos au point de départ, c'est-à-dire au point A. L'élève 2 est plus lourd que l'élève 1. Damien pousse l'élève 1 du point A au point B et le laisse glisser. Il pousse l'élève 2 du point A à un point B' différent de B et le laisse aussi glisser. La distance AB est plus grande que la distance AB'. Le système « Damien » exerce la même force constante dans les deux cas.

Les forces de frottements entre le patin à glace et la glace, ainsi que celles exercées par l'air sont négligeables.



a) **Cochez la bonne proposition selon vous.**

Pendant la première poussée (élève léger), le système « Damien » fournit

- plus d'énergie
 - moins d'énergie
 - autant d'énergie
- que lors de la seconde poussée (élève lourd)
- je ne sais pas

b) Justifiez votre réponse à partir de vos connaissances de physique

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.3 Damien pousse l'élève 1 puis l'élève 2 qui est plus lourd sur la même distance AB. Il fait en sorte qu'à l'instant où les deux élèves passent par le point B, ils aient la même vitesse.

Le système « Damien » exerce maintenant une force constante sur les deux élèves mais celle qu'il exerce sur le système « élève 1 » n'a pas la même valeur que celle qu'il exerce sur le système « élève 2 ».

Les frottements entre le patin à glace et la glace, ainsi que la force exercée par l'air sont négligeables.

Cochez la bonne proposition selon vous.

Pendant que Damien pousse sur l'élève 1 (élève léger), c'est-à-dire entre A et B le système « Damien » fournit

- plus d'énergie
- moins d'énergie
- autant d'énergie
que lorsqu'il pousse l'élève 2 (élève lourd)
- je ne sais pas

Question 8

Un enfant lâche une boule de pétanque sans vitesse initiale d'une certaine hauteur par rapport au sol. Les forces de frottements exercées par l'air sont négligeables.

a). Est-ce que ce système « boule de pétanque » a de l'énergie à l'instant de son lâcher ?

Oui

Non

Je ne sais pas.

b). Justifiez votre réponse à partir de vos connaissances de physique

.....

.....

.....

.....

c) On s'intéresse aux deux positions suivantes de la boule : au moment du lâcher et lorsqu'elle est à la moitié de son trajet.

c₁) Précisez sous quelle(s) forme(s) l'énergie est stockée pour les deux positions

Au moment du

lâcher :

A la moitié de son

trajet :

c₂) Comparez l'énergie de la boule de pétanque dans les deux positions

.....

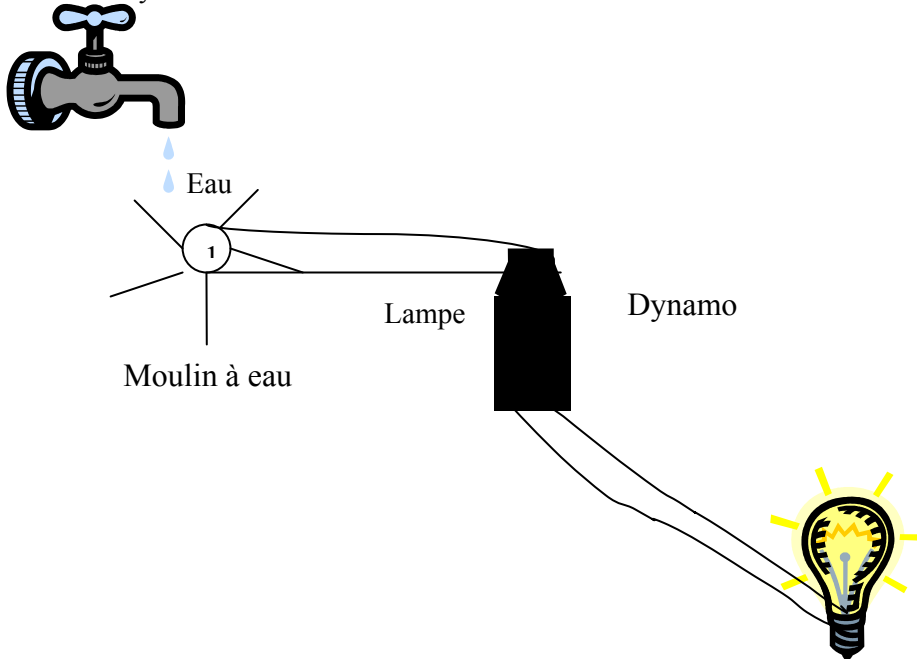
.....

.....

.....

Question 9

Soit l'expérience ci-dessous. L'eau qui coule du robinet fait tourner le moulin à eau. Le moulin à eau entraîne en rotation la partie mobile de la dynamo. La lampe s'allume grâce à des fils de connexions qui la relie à la dynamo.



L'ensemble du dispositif se trouve dans une salle de laboratoire de physique d'un lycée

On se propose d'analyser ce phénomène d'un point de vue énergétique.

9.1 On se propose d'identifier les types de systèmes en termes de réservoirs d'énergie ou de transformateurs d'énergie. **Pour chaque système donné, cochez la case appropriée s'il s'agit selon vous de réservoir ou de transformateur**

| N° | Système | Réservoir | Transformateur | Je ne sais pas |
|----|---------------|-----------|----------------|----------------|
| 1 | Eau qui coule | | | |
| 2 | Moulin à eau | | | |
| 3 | Dynamo | | | |
| 4 | Lampe | | | |
| 5 | Salle de labo | | | |

9.2 Dans le tableau ci-dessous, **indiquer par écrit** :

- les formes d'énergie susceptibles d'être stockées par chaque système

- et le(s) mode(s) de transfert d'énergie concernant chaque système.

| Système | Forme(s) d'énergie stockée par : | Mode(s) de transfert d'énergie | Je ne sais pas |
|---------------|----------------------------------|--|----------------|
| Eau qui coule | | Avec le système « moulin à eau » | |
| Moulin à eau | | Avec le système « eau qui coule » | |
| | | Avec le système « dynamo» | |
| Dynamo | | Avec le système « moulin à eau » | |
| | | Avec le système « lampe» | |
| Lampe | | Avec le système « dynamo» | |
| | | Avec le système « salle de labo» | |
| Salle de labo | | Avec le système « lampe» | |
| | | Avec le système « dynamo» | |

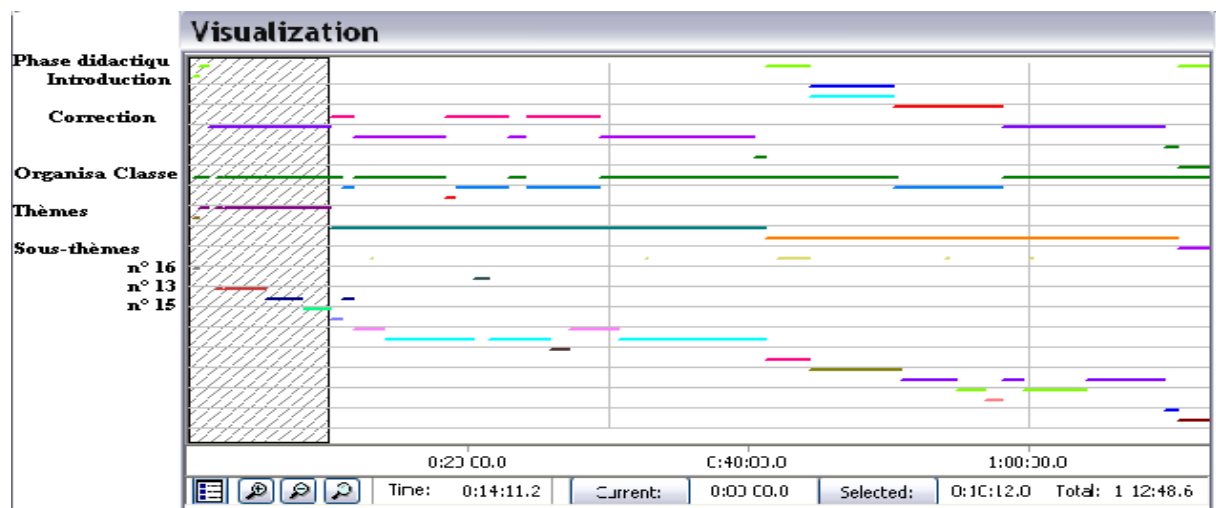
Annexe 5 Analyse méso des thèmes

Classe 1

Thème n° 4. Analyse d'une chaîne énergétique en termes d'identification de noms, de modes de transferts et de variation d'énergie stockée par les systèmes en interaction. Thème n° 5 Compte rendu des dossiers réalisés sur les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes.

Comme le montrent les graphiques 16 (partie non hachurée à la fin de la première séance) et 17 (Partie hachurée dans la deuxième séance), ce thème qui s'étale sur deux séances. La réalisation a débuté à la fin de la première séance, il est supposé se poursuivre à la maison. La correction se fait au début de la deuxième séance.

Mais avant de commencer cette correction, l'enseignante a introduit le problème des consignes qu'elle avait données pour la réalisation des dossiers portant sur les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes. Cette incursion a été nommée thème 5 « dossier énergétique », il ne concerne que le sous-thème 16. Ce thème 5 constitue le début du thème qui se complètera ultérieurement au thème 17.



Graphique 1 Visualisation du thème 4 et début thème 5 (Partie hachurée). De haut en bas. Phase didactique (Introduction séance et cours, Correction). Organisation de la classe (CE). Thèmes et sous-thèmes.

Le thème en jeu est composé de quatre sous-thèmes (cf graphique 17 et tableau 22, il a une durée de 18 min. Le sous-thème 12 n'est pas visible dans le graphique 17. Une partie de ce sous-thème concerne la réalisation durant la première séance avec le binôme que nous filmions. L'autre partie concerne la correction en classe entière. A cause des difficultés techniques, nous avons pris la caméra élèves.

Il s'agit dans ce thème, qui suit immédiatement la lecture et l'explication du texte sur le modèle de l'énergie, de consolider les acquis tels que la nature des systèmes (réservoir et transformateur) et les modes de transfert d'énergie mis en jeu dans un schéma représentant une chaîne énergétique. L'analyse de la quantité d'énergie stockée par un système ou transférée entre systèmes est abordée dans ce thème. C'est dans une phase de correction en classe entière que ce thème est repris dans la deuxième séance. Rappelons que dans la première séance où seule la moitié de la classe (que nous suivons) était présente, nous avons

suivi le binôme que nous filmons comme le montre une de leur production (figure 1 ci-dessous).

Tableau 1 Structuration du thème 4 et début du thème 5. Classe 1

| Thème N° 4 (Durée 18 min) | | Thème N° 5. Compte rendu dossier réalisé sur les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes | |
|--|---|---|--------|
| Analyse d'une chaîne énergétique en termes d'identification de noms, de modes de transferts et de variation d'énergie stockée par les systèmes en interaction. | N° 11 Annonce de l'analyse d'une chaîne énergétique en termes de transfert d'énergie (Durée : 2 min) | | Org CI |
| | Sous-thèmes | Inclusion | CE |
| | N° 12 Identification des noms et des modes de transferts d'énergie entre des systèmes en interaction dans une chaîne énergétique (Durée : 4 min) | | Gr/CE |
| | N° 13 Variation de l'énergie stockée par les systèmes en interaction dans une chaîne énergétique (Durée : 5 min) | N° 16 Exécution des consignes durant la réalisation du dossier sur les formes d'énergie dans le région Rhône-Alpes (Durée 2 min). | CE |
| | N° 14 Analyse des transferts d'énergie par mode thermique dans une chaîne énergétique (Durée : 3 min) | | Gr/CE |
| | N° 15 Identification de moyen pouvant diminuer la quantité d'énergie transférée par travail mécanique dans les événements de frottements entre systèmes (Durée : 2 min) | | CE |

Le but de l'activité est de familiariser les élèves avec l'analyse des modes de transfert d'énergie en utilisant un schéma de chaîne énergétique (cf tableau 23).

Tableau 2 Enoncé activité 2 Classe 1

Chaîne énergétique représentant la situation de l'objet tiré par un moteur qui est alimenté par une pile.

1. Compléter la chaîne en indiquant sous chaque rectangle le nom de chacun des systèmes (réservoirs ou transformateur) et en précisant les modes de chacun des transferts d'énergie.
2. Pour chacun des systèmes représentés, précisez comment varie l'énergie stockée (au cours de la première phase).
- 3 a) Selon vous, quel événement néglige-t-on au sujet de la situation si on ne représente pas le transfert thermique 7 ? Même question pour les transferts 6 et 4.
- b) Indiquer un moyen de diminuer la quantité d'énergie transférée :- par le transfert 3 ;
- par le transfert 5.

L'enseignante annonce, en fin de la première séance, le début de l'activité 2 en distribuant une nouvelle feuille (introduction 11). Ensuite certains élèves se mettent au travail toujours en groupe de deux, tandis que d'autres attendent la fin de l'heure. La réalisation devra se prolonger à la maison et la correction se fera au début de la seconde séance. Durant cette première de phase, l'enseignante répond aux sollicitations de certains groupes, discutent avec eux (sous-thèmes 12 et 13).

Durant cette partie de la réalisation, les élèves sont responsables de l'avancée du savoir. Ils travaillent en groupe de deux et certains groupes font appel à l'enseignante quand ils sentent la nécessité. En les aidant, l'enseignante participe à cette avancée au sein de certains groupes. La fin de la séance nécessite un prolongement de cette réalisation à la maison, donc une forme de réalisation que nous supposons individuelle où chaque élève sera responsable de l'avancée du savoir.

Le début de la deuxième séance concerne le dossier sur les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes (sous-thème 16). L'enseignante discute avec les élèves sur les consignes que

certaines n'ont pas respectées (travail à faire par groupe de deux) (thème 5). Les élèves lui font savoir que ces consignes ne sont pas écrites sur la feuille, ce que l'enseignante reconnaît en leur disant qu'elles étaient dites en classe. Elle précise à la classe que les feuilles qu'elle a corrigées montrent que les formes d'énergie dans la région sont identifiées et les réponses pourront servir durant la prochaine activité. Après avoir discuté de ces consignes qu'il fallait respecter durant la réalisation du dossier énergétique, l'enseignante invite les élèves à la correction des activités entamées lors de la première séance. Elle commence à lire la première question et interroge les élèves. Du point de vue de la topogenèse nous pouvons remarquer l'importance que l'enseignante accorde aux consignes durant la réalisation. Cette discussion permet aussi à l'enseignante d'annoncer le titre de la prochaine activité (étude des formes d'énergie).

Durant toute la correction l'enseignante a la responsabilité de l'avancée du savoir. Elle interroge les élèves, répète leur réponse et donne des explications pour clarifier davantage certaines réponses. Les éléments de savoir abordés et la topogenèse associée sont les suivants (cf fig 1 et 2) :

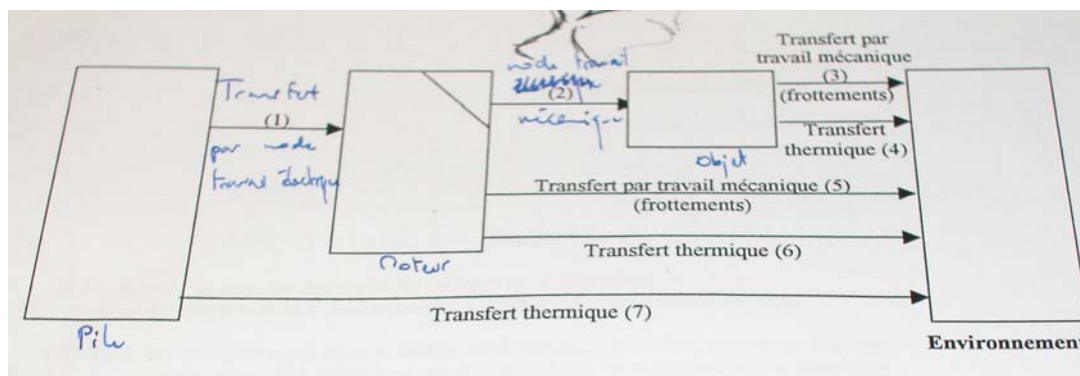


Figure 1 Réponse d'un élève du binôme filmé dans la chaîne énergétique proposée. (Situation : objet tiré par un moteur qui est alimenté par une pile Classe 1.

- l'identification des systèmes qui composent la chaîne énergétique débute la correction (Sous-thème 12). L'enseignante interrogeant les élèves recueillent les réponses, les explique davantage. Elle a la responsabilité de l'avancée du savoir

- les variations des énergies stockées par ces systèmes suivent, ces savoirs font l'objet de beaucoup de discussions entre l'enseignante et les élèves. La variation de l'énergie stockée par le moteur et par l'objet est le principal point d'achoppement entre les élèves et l'enseignante. Elle fait référence au modèle de l'énergie en reprenant la proposition d'un élève, ce que d'autres réfute en prenant comme argument la rotation du moteur. Elle indique l'intérêt d'un schéma (l'image) dans ce genre d'analyse (sous-thème 13). La responsabilité est du ressort de l'enseignante, mais le savoir est délégué aux textes (du modèle et aux flèches dans le schéma).

- les modes de transfert d'énergie par transfert thermique sont analysés dans le sous-thème 14. Toujours par des jeux de questions qui sont suivies par un silence des élèves, l'enseignante explique pourquoi il ne faut pas négliger les transferts thermiques. Elle s'appuie sur les flèches représentées dans le schéma. La responsabilité de l'avancée est toujours du ressort de l'enseignante, mais le savoir est délégué au texte de l'énoncé (ici le schéma qui est donné) de l'activité

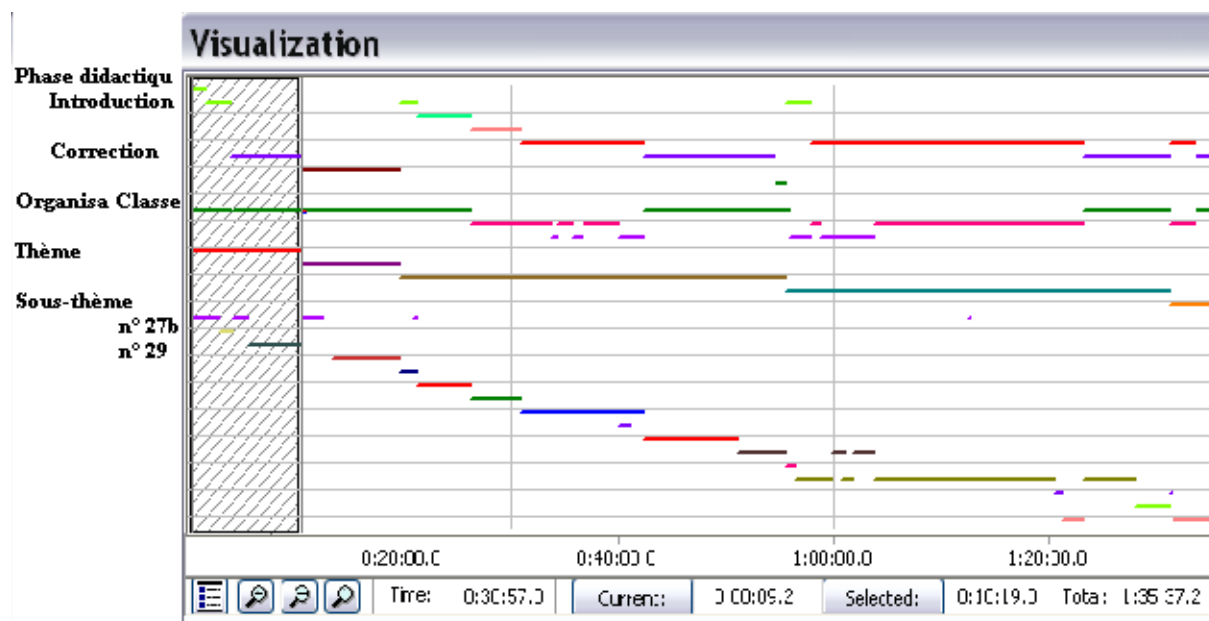
- Les moyens pour diminuer les frottements ; ceux-ci sont abordés par l'enseignante qui, en interrogeant les élèves, répète leur réponse et donne davantage d'explication.

A la suite de ces explications, l'enseignante annonce le démarrage de la prochaine activité qui est le prolongement celle qui vient de se terminer, elle consiste en une analyse d'un mode de

transfert d'énergie particulier : le travail mécanique. L'enseignant en annonçant une nouvelle activité a clôturé implicitement ce thème.

Thème n° 8. Adjectifs qualifiant l'énergie stockée par un système dans les domaines de la physique (microscopique et macroscopique) et de la vie de tous les jours.

Ce thème débute à la fin de la deuxième séance (graphique 19 : partie non hachurée à droite) et se poursuit au début de la troisième séance (graphique 20 : partie hachurée). Il marque aussi la fin des séries d'activités concernant les formes d'énergie et les adjectifs qui qualifient l'énergie dans divers domaines. Sa durée est de 12 minutes. La séance est faite en présence d'une demi classe.



Graphique 2 Visualisation du thème 8 (Partie hachurée) dans la troisième séance. De haut en bas. Phase didactique (introduction séance et activité, correction activité). Organisation de la classe (CE). Thème et sous-thèmes.

Tableau 3 Structuration du thème 8. Classe 1

| | | |
|--|---|--------|
| Thème n° 8 (Durée 12 min.) | Sous-thème N° 27a. Distinction entre énergie stockée et énergie transférée (Durée : 2 min) | Org Cl |
| Adjectifs qualifiant l'énergie stockée par un système dans les domaines de la physique (microscopique et macroscopique) et de la vie de tous les jours | Introduction N° 27b. Annonce de la correction de l'activité sur les adjectifs qualifiant l'énergie stockée par un système. Rappels sur les adjectifs et forme d'énergie (Durée : 1 min) | CE |
| | Sous-thème N° 28. Qualificatif de l'énergie stockée par un système selon les domaines de la vie de tous les jours, de la physique macroscopique et de la physique microscopique (5 min) | |

Le but de l'activité est de distinguer les adjectifs utilisés pour qualifier l'énergie stockée par un système dans différents domaines (cf tableau 31).

Tableau 4. Enoncé de l'activité et réponse de la classe dans le tableau proposé. Classe 1

b. Proposer un ou deux adjectifs qualifiant l'énergie stockée selon les trois points de vue précédents pour les différents sites ou dispositifs suivants

| Sites ou dispositifs | Vie de tous les jours | Point de vue macroscopique | Point de vue microscopique |
|--|-----------------------------------|----------------------------|---|
| Pile | électrique | chimique | potentielle |
| Eolienne (partie en amont de l'alternateur) | éolienne | cinétique | cinétique |
| Barrage de Génissiat (partie en amont de la turbine) | Hydraulique (ou hydro-électrique) | potentielle | Potentielle (surtout cinétique : mv des particules). Sans intérêt pour le physicien |
| Centrale au charbon (partie en amont de l'alternateur) | Fossile (ou thermique) | chimique | potentielle |
| Centrale du Bugey (partie en amont de l'alternateur) | nucléaire | nucléaire | potentielle |

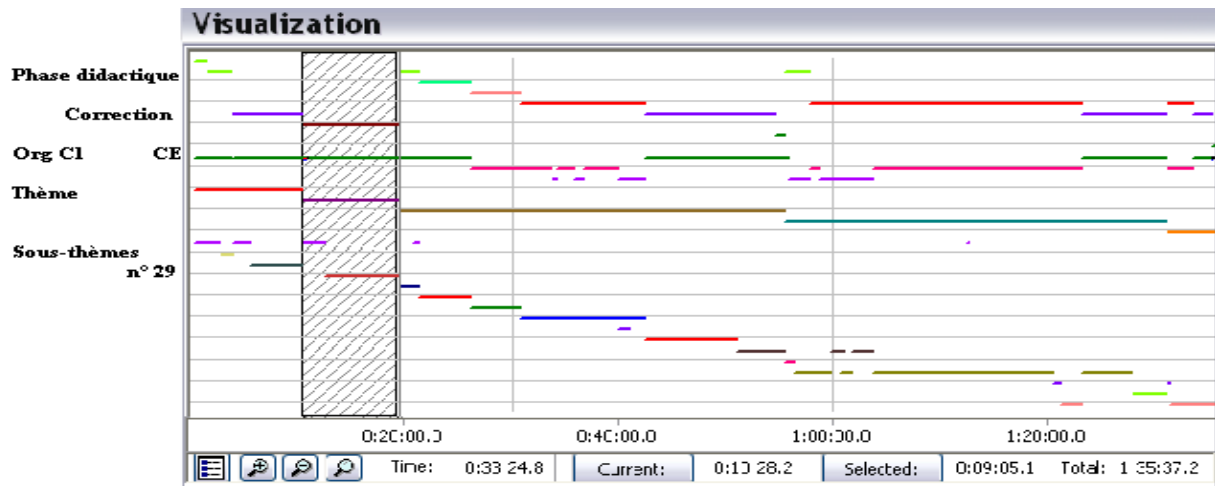
Source : PEGASE/INRP

En donnant la feuille concernant l'activité à réaliser à la maison (qui est aussi accompagné d'une feuille d'exercice) à la fin de la séance, l'enseignante insiste sur la différence à faire entre énergie stockée et énergie transférée quand il s'agit d'une étude qui utilise les aspects énergétiques. Cette différence est aussi rappelée par l'enseignante au début de la troisième séance avant qu'elle ne commence la correction qu'elle dirige en interrogeant les élèves. Notons qu'au début de la troisième séance, avant d'entamer la correction l'enseignante a passé 4 minutes environ à donner des conseils aux élèves.

La correction, en classe entière, consiste à donner les adjectifs appropriés pour qualifier l'énergie stockée par chacun des sites dans les domaines mentionnés (cf tableau 31). Durant cette correction, l'enseignante lit le site et interroge les élèves. Ces derniers donne un ou des adjectifs, l'enseignante répète la réponse et donne des explications pour clarifier davantage et récapitule les propositions sur chaque ligne (cf tableau 31). Les élèves demandent aussi des clarifications s'ils sentent la nécessité. La responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort de l'enseignante, les élèves y participent en demandant des clarifications. Les savoirs mis en jeu sont mentionnés dans le tableau 31. Les clarifications demandées par les élèves concernent l'adjectif qualifiant l'énergie stockée par la partie en amont d'un barrage et celui utilisé pour qualifier l'énergie stockée par une centrale nucléaire en physique microscopique.

Thème n° 9. Analyse d'une chaîne énergétique en termes d'identification des systèmes, des modes de transferts d'énergie.

Ce thème qui dure 9 minutes fait office de transition entre l'étude sur les formes d'énergie et celle qui concernera le travail mécanique. Il s'agit d'une correction qui se fait en classe entière sous la direction de l'enseignante qui interroge, explique en donnant des exemples et récapitule les propositions de la classe pour chaque série de question. Le savoir en jeu est l'identification des noms, des modes de transferts d'énergie et surtout de l'influence des positions de certains systèmes quand on les remplace par d'autres. Il appartient au thème 4 du point de vue du savoir. C'est le deuxième thème abordé dans cette troisième séance comme le montre le graphique 21. Il est constitué d'un seul sous-thème (cf tableau 33) du point de vue du savoir qui dure 7 minutes environs, les deux minutes sont consacrées à la gestion du travail par l'enseignante. La séance est toujours faite en présence de la demi classe.



Graphique 3 Visualisation du thème 9 (Partie hachurée) dans la troisième séance. De haut en bas. Phase didactique (Correction exercice). Organisation de la classe (CE). Thème et sous-thèmes.

Tableau 5 Structuration du neuvième thème. Classe 1

Thème 9 = thème 4. (Durée : 9 min). Sous-thèmes Org CI
 Analyse d'une chaîne énergétique en N° 29. Identification des noms des systèmes, de CE
 termes d'identification des systèmes, des mode de transfert d'énergie, de position de systèmes
 modes de transferts d'énergie. dans une chaîne énergétique (Durée 7 min)

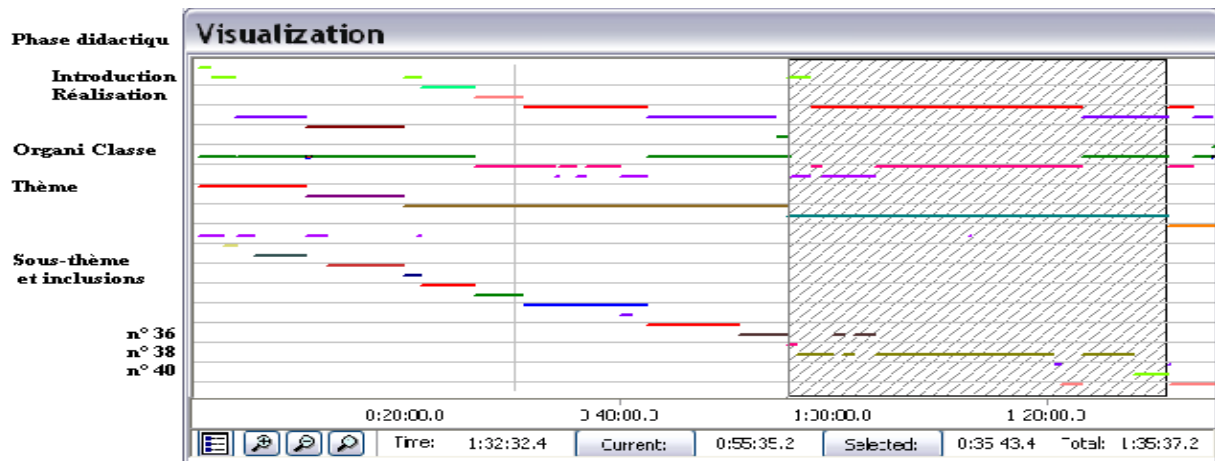
Le but de l'exercice est de faire appliquer aux élèves les notions concernant la construction ou l'analyse d'une chaîne énergétique (cf annexe XX)

Du point de vue de la topogenèse, l'avancée du savoir est sous la responsabilité de l'enseignante dans ce thème. Les élèves participent à cette avancée en répondant aux questions posées par l'enseignante et en demandant des éclaircissements surtout sur les l'analyse de modes de transfert d'énergie entre les différents systèmes. Les savoirs mis en jeux sont l'identification des noms des systèmes dans les différentes chaînes énergétiques, l'identification des modes de transferts d'énergie entre ces systèmes (transfert thermique, travail électrique, rayonnement). Les points d'éclaircissement demandés par les élèves concernent les transferts thermiques dans le cas où les flèches sont représentées, le transfert électrique à cause de l'électricité qui passe dans les fils de connexion.

A partir de cette correction, l'enseignante annonce la fin de la partie concernant les adjectifs qualifiant l'énergie et les formes d'énergie stockées et le début de la partie qui fait référence à l'étude du transfert par travail mécanique.

Thème n° 11. Transfert d'énergie entre systèmes : représentation en chaîne énergétique. Evolution et changement de forme d'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique.

Ce thème se situe aussi à la troisième séance. L'enseignante a exceptionnellement dépassé de 6 minutes la durée officielle qui est de 1 h 30. On est en présence de la demi classe. Le thème en question est la deuxième activité parmi celles qui accompagnent l'activité expérimentale du lancer et réception du médecine-ball. Il dure 36 minutes environ (voir graphique 23). Les élèves continuent de travailler en binôme.



Graphique 4 Graphique visualisant la position du thème (Partie hachurée) 11 dans la troisième séance. De haut en bas : phases didactiques (introduction activité, réalisation activité et correction activité) ; Organisation de la classe (Classe entière, Groupe et mixte) ; thème, sous-thèmes et inclusion

Le tableau 35 et le graphique 23 montrent que le thème est découpé en deux sous-thèmes principaux et trois inclusions. Ces inclusions ont des statuts différents. L'une appartient au savoir précédemment construit, elle est à l'initiative de l'enseignante lorsqu'il s'aperçoit que les élèves n'ont pas noté sur leur cahier la correction de la précédente activité (36). Les deux autres (39 et 41) se situent lors du travail en groupe lorsque l'enseignante discute avec les deux membres d'un binôme; il s'agit d'une anticipation du savoir qui sera introduit dans les prochaines séances. Ces inclusions et les deux sous-thèmes principaux donnent à la structuration une forme d'imbrication. Cette imbrication de sous-thèmes est précédée d'une introduction faite par l'enseignante qui donne le but de l'activité (37).

Tableau 6 Structuration du onzième thème. Classe 1

| | | | |
|---|--|--|--------|
| Thème n° 11 (36 min) | Introduction (Durée : quelques secondes) | | Org CI |
| Transfert d'énergie entre systèmes : représentation en chaîne énergétique. Evolution et changement de forme d'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique. | . Annonce de l'analyse de l'expérience du lancer du médecine-ball du point de vue énergétique (qq sec) | | CE |
| | Sous-thèmes | Inclusions | |
| | N° 38 Transfert d'énergie pendant les différentes phases du mouvement. Représentation chaîne énergétique. Evolution d'énergie stockée (Durée : 27 min) | N°36 Grandeurs physique mises en jeu lors de l'expérience de lancer et de réception de médecine-ball de masses différentes (Durée : 3 min) | Mixte |
| | | N° 39 Variation de l'énergie stockée par un système. Changement de forme et évolution de l'énergie (Durée : 1 min) | Gr |
| | | N°41 Grandeurs dont dépend l'énergie potentielle (Durée : 2 min) | |
| | | | CE |

N 40 Système isolé du point de vue énergétique (Durée : 3 min)

Le but de cette activité est d'étudier l'expérience du lancer et de réception du médecine-ball du point de vue énergétique et d'explicitier le sens physique de l'énergie potentielle. Le texte de l'activité est donné en annexe XX).

L'enseignante annonce au début de ce thème l'utilisation du texte du modèle de l'énergie et gère le travail en demandant de découper la feuille par question et de coller sur leur cahier ; elle demande aussi de lire toute la question avant de commencer à travailler. Les élèves commencent à réaliser la tâche en groupe. Du point de vue de la topogénèse, l'enseignante a la responsabilité de présenter le savoir en jeu en annonçant le début de l'activité, en insistant sur le modèle qu'ils doivent utiliser. Pendant que les élèves font les découpages des feuilles, l'enseignante continue sa présentation. Un des élèves y participe en proposant d'utiliser les représentations en chaînes énergétiques, ce que l'enseignante répercute à toute la classe.

Au début de la réalisation, voyant que certains élèves n'ont rien écrit dans leur cahier durant l'activité précédente, l'enseignante écrit au tableau les résultats obtenus dans l'analyse des gestes observés et le signale à toute la classe (inclusion 36). Pendant ce temps les élèves commencent à réfléchir sur l'activité et interpellent l'enseignante. Celle-ci répond aux sollicitations tout en continuant à écrire au tableau. Nous sommes au début de la réalisation en présence d'une situation où les élèves cherchent à « prendre leur marque » pour entamer le travail. C'est ainsi que les questions portent sur les délimitations des phases et les systèmes pris en compte pour la construction d'une chaîne énergétique suivant la situation envisagée. Ces éléments de savoir qui permettent le démarrage de l'activité sont explicités à toute la classe par l'enseignante sur la demande en général d'un élève. A la suite de ces explications, elle continue à recopier les résultats de l'activité précédente dans les colonnes écrites au tableau. Ainsi cette enseignante ne limite pas son territoire aux alentours de son bureau. En circulant dans les rangs, elle vérifie les traces écrites dans les cahiers des élèves.

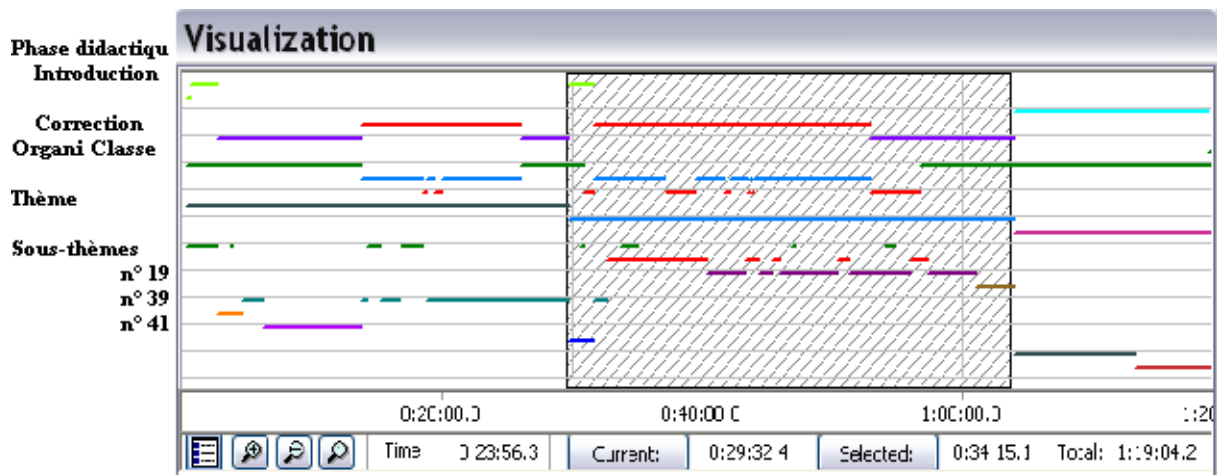
Durant la réalisation de l'activité, l'avancée du savoir est passé sous la responsabilité des élèves quand ils travaillent en groupe. Dans d'autres cas l'enseignante y participe, quand elle est interpellée, en les aidant. Dans le premier cas les élèves construisent des chaînes énergétiques en accord avec le principe de conservation de l'énergie dans les phases de lancer et de réception. Dans le second cas, les phases de montée et descente, ils sont aidés par l'enseignante, la responsabilité de l'avancée du savoir en jeu se déplace entre les deux acteurs (élèves et enseignante). La savoir provisoire dans la majorité des groupes (un seul groupe a réussi à construire la chaîne énergétique) est la construction d'une chaîne énergétique avec un seul réservoir dont le nom est « médecine-ball ». Le texte du modèle devient dans presque tous les groupes la référence au savoir. C'est l'enseignante qui le propose à certains groupes, dans d'autres ce sont les élèves qui le convoquent pour argumenter. Durant les explications qu'elle propose aux groupes, l'enseignante fait référence au texte de l'énoncé de l'activité qui dit que les frottements de l'aire et les transferts thermiques sont négligés.

Durant la correction, en classe entière, l'enseignante schématise les chaînes énergétiques durant les différentes phases. D'abord elle passe rapidement sur la représentation en chaîne énergétique des modes de transfert d'énergie dans les phases de lancer et réception qui a été plus ou moins bien comprise par les élèves. La discussion se fait sur les phases de montée et de descente où elle interroge les élèves, discute avec eux. Cette discussion se focalise d'abord sur les différents modes de transfert d'énergie qu'il pourrait y avoir : le transfert thermique. En argumentant elle persuade les élèves à admettre que ces derniers sont négligeables et que donc l'énergie du ballon est constante. Elle représente la chaîne énergétique : un seul réservoir, le ballon. Elle revient sur la remarque d'un élève : « un seul réservoir pour représenter une chaîne énergétique contraire au texte du modèle ». Elle revient aussi sur la notion de système isolé en faisant référence à l'étude dans le domaine de la mécanique. En interrogeant les élèves sur les forces qui sont appliquées au ballon, elle réussit à montrer que celui-ci n'est pas isolé. Elle conclut en expliquant pourquoi on doit prendre dans la suite le système « médecine-ball+ Terre ». Et par abus de langage on a tendance à dire seulement système « médecine-ball », mais en toute rigueur c'est le système « médecine-ball+ Terre » qui est isolé.

Dans cette phase de correction la responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort de l'enseignante. Elle débute par la reprise des schémas que tous les élèves ont faits (chaînes énergétiques dans les phases de lancer et réception). Et la discussion avec les élèves s'est focalisée sur les chaînes énergétiques à construire dans les phases de montée et de descente. Ce qui lui a permis d'introduire la notion de système isolé du point de vue énergétique qu'il faut maintenant prendre en considération. L'enseignante insiste ainsi sur l'abus de langage utilisé souvent : « médecine-ball » à la place de « médecine-ball+Terre ». Les élèves participent à cette avancée en donnant leur avis. L'enseignante valorise aussi des remarques que certains élèves ont données durant la réalisation.

Thème n° 13. Analyse du transfert d'énergie par travail mécanique : diagramme d'interaction, représentation des forces dans une interaction. Grandeurs dont dépend le travail mécanique.

Le thème 13 débute dans cette troisième partie (selon notre découpage) l'analyse du mode de transfert d'énergie par travail mécanique. Il est le deuxième thème dans la quatrième séance qui se fait en présence de tous les élèves (cf graphique 25). Il est constitué de trois sous-thèmes majeurs (12,19 et 36). Les deux premiers sont imbriqués et le troisième est une consolidation d'un sous-thème commencé dans le thème précédent (les grandeurs qui influencent le travail mécanique) (cf tableau 38).



Graphique 5 Visualisation du thème 13 (Partie hachurée) dans la quatrième séance. De haut en bas. Phase didactique (introduction, réalisation, correction activité). Organisation de la classe (CE, Groupe ou individuel et mixte). Thème, sous-thèmes et inclusion.

Le but de l'activité est de familiariser les élèves avec l'analyse des systèmes en interaction du point de vue énergétique (cf 3^{ème} question annexe XX).

Tableau 7 Structuration du thème 13. Classe 1

| | | |
|--|---|---|
| Thème n° 13 (Durée : 34 min). Analyse du transfert d'énergie par travail mécanique : diagramme d'interaction, représentation des forces dans une interaction. Grandeurs dont dépend le travail mécanique | Introduction. (Durée 2 min) | Org C1 |
| | N° 42. Annonce de l'analyse du mode de transfert d'énergie par travail mécanique. Grandeurs physiques qui influencent ce transfert | CE |
| | Sous-thèmes | Inclusion |
| | N° 12 Identification des noms et des modes de transferts d'énergie entre des systèmes en interaction dans une chaîne énergétique (Durée 12 min) | N° 39. Variation, évolution et changement de forme d'énergie stockée par un système (Durée 1 min) |
| N° 19 Description de l'interaction en jeu dans des transferts d'énergie par mode travail mécanique : identification des forces et mode de représentation (Durée 18 min) | | Gr/M /CE |
| N° 36 Grandeurs physiques qui influencent le travail mécanique (Durée 3 min) | | CE |

Le thème 13 dure 34 minutes. L'enseignante annonce le but de l'activité qui consiste à analyser le transfert d'énergie par travail mécanique lors des phases de lancer et de réception du médecine-ball.

Durant la réalisation (Sous-thèmes 12 et 19), l'enseignante revient sur l'évolution de l'énergie du ballon durant ces mêmes phases pour aider un élève en difficulté de compréhension (sous-thème 39). En ce qui concerne le savoir en jeu, l'enseignante insiste sur le fait qu'il faut avoir près de soi le modèle de la mécanique pour ces types d'analyse et que ce genre d'activité a été réalisée lors de l'expérience de l'objet tiré par un moteur qui est alimenté par une pile. Les notions sur lesquelles les élèves sont revenus constamment sont la délimitation du système (médecine-ball+Terre), les diagrammes d'interaction et de force mises en jeu. La responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort des élèves qui interpellent l'enseignante. Celle-ci lors des discussions leur demande de se référer au modèle de la mécanique. La référence au modèle est l'expression qu'utilise aussi l'enseignante en parlant à toute la classe lors des moments de passage d'un élève ou un groupe d'élèves à un autre (des moments où l'organisation de la classe est mixte).

L'enseignante a invité une élève à mettre sa production au tableau. Pendant ce temps elle parle à toute la classe ou discute avec certains élèves sur les systèmes mis en jeu, les forces mises en jeu ou sur le schéma que l'élève est en train de réaliser au tableau. Durant 5 minutes environ, la réalisation en groupe ou individuelle continue, pendant que l'élève au tableau schématise les forces mises en jeu lors de l'interaction entre le corps et le médecine-ball. L'avancée du savoir est du ressort des élèves qui continuent de travailler et de celle qui est au tableau qui est en train de préparer l'intervention de l'enseignante au moment de la correction. Cette dernière discute avec les élèves qui l'interpellent, avec celle qui est au tableau sur le mode de représentation des forces.

A la suite de la correction de l'élève, l'enseignante reprend le schéma pour rectifier certaines anomalies (la droite d'action des forces mises en jeu lors de l'interaction). Durant cette rectification, elle pose des questions aux élèves, en expliquant et en dessinant au tableau.

A la clôture, l'enseignante revient sur les grandeurs qu'il faut faire varier si on augmente l'énergie transférée au médecine-ball : la force ou la distance de lancer ou de réception (sous-thème 36).

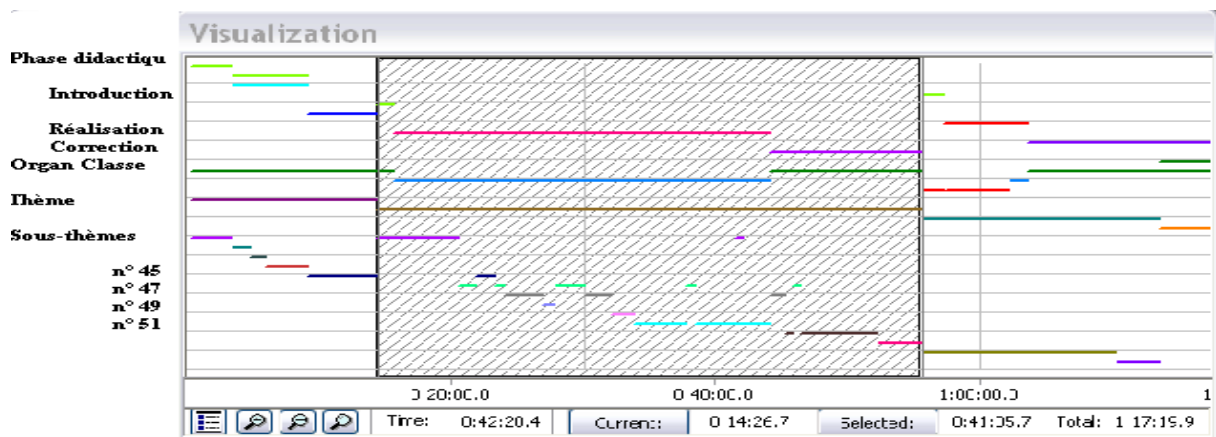
Nous sommes en présence d'une imbrication de sous-thèmes qui constituent le savoir en jeu. Ce savoir est d'abord réalisé en petits groupes ou individuel et même mixte où l'enseignante

intervient pour aider l'ensemble de la classe. Ensuite dans un deuxième temps une élève corrige au tableau et en même temps l'enseignante continue à aider les autres. L'élève au tableau fait avancer le savoir à sa manière et les autres le font aussi mais sous l'aide de l'enseignante. Et à la fin de la production du schéma, l'enseignante dirige la correction en classe entière. Dans cette dernière partie elle rectifie le corrigé de l'élève en posant des questions autres et en expliquant. Il s'agit de rectifier la droite d'action qui supporte les deux forces opposées qui représentent l'interaction entre la main et le ballon lors des phases de lancer et réception. Dans cette dernière partie la responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort de l'enseignante. Nous remarquons que les imbrications commencent toujours dans la phase de réalisation pour se terminer dans celle de correction dans cette classe. Ce qui peut s'interpréter par le fait que l'enseignante donne, durant la correction, les réponses qui font allusions aux difficultés les plus fréquentes qu'elle a rencontrées durant ses discussions avec les élèves.

Thème n° 15. Travail d'une force constante en déplacement rectiligne.

Ce thème qui dure 41 minutes est un exercice qui applique l'expression générale du travail d'une force constante en déplacement rectiligne. Il est le deuxième thème dans cette quatrième séance qui se fait en présence de tous les élèves (cf graphique 27). Il est constitué de sous-thèmes imbriqués dont trois (sous-thèmes 48,48 et 50) sont de véritables inclusions et le quatrième étant une inclusion dont le savoir appartient au thème précédent (sous-thème 45) (cf graphique 27 et tableau 40)

A part l'expression générale du travail qu'un seul élève a voulu comprendre, tous les autres sous-thèmes appartiennent au savoir en construction. Ces sous-thèmes sont donc des imbrications qui commencent à la réalisation et se terminent à la correction pour certains sous-thèmes (cf graphique 27).



Graphique 6 Visualisation du thème 15 (Partie hachurée) dans la cinquième séance. De haut en bas. Phase didactique (Introduction e, réalisation et correction exercice). Organisation de la classe (CE, Groupe ou individuel). Thème, sous-thèmes et inclusions.

L'énoncé de l'exercice est tiré du livre de physique utilisé par la classe (exercice 5 page 106). Il s'agit d'un wagonnet qui est tiré par un ouvrier d'abord sur un plan horizontal, ensuite sur un plan incliné. Le déplacement dans les deux cas $AB = 50$ m. La direction du vecteur force exercée par l'ouvrier est la même que celle du déplacement dans un premier cas, ensuite dans un deuxième cas elle fait un angle de 20 degrés aussi bien sur le plan horizontal que sur le plan incliné. Le poids du wagonnet est de 5500 kg et l'angle du plan incliné par rapport à l'horizontal est de 20 degrés. La valeur de la force est de 200N (cf annexe XXX).

Tableau 8 Structuration du thème 15. Classe 1

| Thème n° 15. (Durée : 41 min) | Sous-thèmes | Inclusions | Org Cl Gr ou Ind |
|--|--|---|-------------------------|
| Travail d'une force constante en déplacement rectiligne. | N° 46 Ordre de grandeur d'un résultat et chiffres significatifs (Durée : 6 min) | N° 45 Expression générale du travail d'une force constante en déplacement rectiligne. (Durée : 1 min) N° 48 Travail d'une force constante en déplacement rectiligne sur un plan incliné. Travail résistant. (Durée : 1 min) | CE |
| | N° 47 Travail d'une force constante en déplacement et énergie transférée par mode travail mécanique. (Durée : 6 min) | N° 49 Travail d'une force constante en déplacement rectiligne sur un plan incliné. Vecteur force et vecteur déplacement même direction. (Durée : 2 min) N° 50 Travail d'une force en déplacement sur le plan horizontal ensuite sur le plan incliné. (Durée : 9 min) | |

N° 51 Travail d'une force constante en déplacement rectiligne. Vecteur force et vecteur déplacement font un angle. (Durée : 6 min)

N° 52 Travail d'une force constante en déplacement rectiligne sur un plan incliné. Vecteur force et vecteur déplacement ont même direction. Travail résistant du poids. (Durée : 3 min)

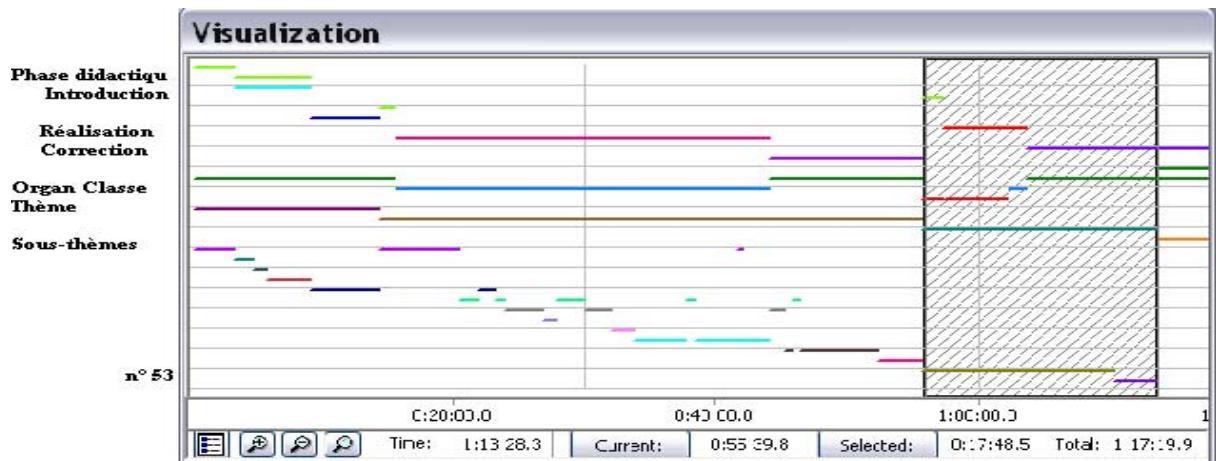
L'annonce par l'enseignante de l'exercice d'application est suivit, en ce début du thème, par une gestion du travail qui dure environ 7 minutes.

Le thème comporte une phase de réalisation où les élèves sont responsables de l'avancée du savoir. Ils interpellent l'enseignante pour la levée de certaines difficultés. Ces savoirs concernent les chiffres significatifs à utiliser et les ordres de grandeurs d'une valeur du travail. La signification physique du travail, les directions des forces. Toutes ces notions sont reprises par l'enseignante durant la correction.

Au cours de cette correction c'est l'enseignante qui a la responsabilité de l'avancée du savoir. Elle interroge les élèves sur les notions rencontrées au cours de la réalisation (chiffres significatifs, signification physique du travail) et répète leur réponse en l'expliquant davantage. En ce qui concerne le travail du poids du wagonnet qui se déplace sur un plan horizontal ensuite sur le plan incliné, elle écrit les formules au tableau en l'explicitant. Les élèves en recopiant en même temps qu'elle demandent de temps en temps des clarifications sur certaines expressions ou signes utilisés à des endroits du développement des expressions.

Thème n° 16. Travail du poids d'un système se déplaçant sur une hauteur h . Signification du travail comme changement de forme d'énergie pour un système isolé du point de vue énergétique.

Ce thème est le dernier abordé dans la troisième partie concernant le transfert d'énergie par travail mécanique. Il est situé dans la sixième séance qui se fait en présence de tous les élèves. Il est constitué de deux sous-thèmes comme le montrent le graphique 28 et le tableau 41.



Graphique 7 Visualisation du thème 16 (Partie hachurée) dans la sixième séance. De haut en bas. Phase didactique (Introduction, réalisation et correction exercice). Organisation de la classe (CE, Groupe ou individuel et mixte). Thème et sous-thèmes.

Tableau 9 Structuration du thème 16. Classe 1

| Thème N° 16. (Durée : 8 min) | Sous-thèmes | Org Cl |
|---|--|----------------|
| Travail du poids d'un système se déplaçant sur une hauteur h. | | |
| Signification du travail comme changement de forme d'énergie pour un système isolé du point de vue énergétique. | N° 53 Travail du poids d'un système se déplaçant verticalement d'une hauteur h. (Durée 15 min) | M/Gr ou Ind/CE |
| | N° 54 Signification du travail comme d'une force comme changement de forme d'énergie au sein d'un système isolé du point de vue énergétique. (Durée : 3 min) | CE |

Ce thème permet à l'enseignante de revenir sur la notion du travail du poids d'un système qui se déplace d'une hauteur h. Il permet à la classe d'avoir des résultats du travail de certaines forces (comme le poids) et de disposer d'une valeur du travail qui aura un statut d'ordre de grandeur en référence aux problèmes rencontrés par les élèves durant la réalisation de l'exercice précédent. Il s'agit d'un ballon qui se déplace verticalement sur une hauteur h et on demande de calculer le travail effectué par son poids. Le but est donc d'appliquer l'expression du travail d'une force constante sur un déplacement rectiligne. (cf tableau 42).

Tableau 10 Enoncé exercice. Classe 1

4. Travail effectué par le poids

Donner l'expression du travail effectué par le poids du médecine-ball pour le déplacement de A à B pendant la montée puis de B à A pendant la descente.

Application numérique : $AB = 1,50\text{m}$; $m = 4\text{ kg}$.

Le travail effectué par le poids correspond-il à un transfert d'énergie entre deux systèmes ?

Après la correction de l'exercice concernant le wagonnet, l'enseignante annonce le retour à l'activité 2, avec l'exercice qui consiste à calculer le travail effectué par le poids d'un ballon qui est lancé vers le haut, suivant les phases de montée et de descente. Elle demande aux élèves de découper et de coller le reste de la feuille de l'activité 2.

Pendant que les élèves démarrent la réalisation, l'enseignante continue ses explications à toute la classe. Ce moment où l'organisation de la classe est mixte a une durée de 7 minutes environ. Pendant ce temps, la responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort à la fois de l'enseignante et des élèves. Ces derniers font avancée le savoir à leur rythme et l'enseignante essaie de donner à toute la classe un même rythme.

Ensuite le type d'organisation de classe devient petits groupes ou individuel, dans ces moments la responsabilité de l'avancée du savoir est du côté des élèves. L'enseignante répond aux interpellations des élèves en leur fournissant des informations comme la valeur de g. Au bout d'un court moment de réalisation (1 min), l'enseignante commence à écrire au tableau des résultats et invite les élèves à suivre la correction.

Elle commence la correction par la phase de montée et interroge les élèves sur l'angle que fait le vecteur poids et le vecteur déplacement. Elle demande aux élèves de vérifier s'ils n'ont pas oublié le signe – et insiste sur la nature du travail (travail moteur). Les élèves l'interpellent sur l'écriture de l'expression et surtout l'emplacement du signe -. Elle donne des explications en se basant sur les notions de direction pour donner l'angle (180°). Elle schématise le déplacement du vecteur poids. Elle explique qu'elle a pris un raccourci croyant que les élèves sont habitués aux formules trigonométriques. En ce qui concerne la phase de descente, elle donne dans un premier temps les réponses en disant qu'on trouve des résultats inverses. Mais devant des interpellations qui fusent dans toutes les directions de la salle, elle reprend en détails cette correction en faisant le schéma et en développant les expressions utilisées.

Ensuite elle enchaîne en introduisant la question de la signification physique du travail du poids. En interrogeant les élèves et en répétant ou reformulant les réponses, elle en déduit que ce travail du poids correspond à un changement de forme d'énergie car le l'énergie du système (ballon+ Terre) reste constante. La valeur de la quantité d'énergie transformée (énergie cinétique en énergie potentielle ou l'inverse) correspond au travail du poids.

Elle clôture le thème en donnant la signification physique du travail d'une force en déplacement : la valeur du travail d'une force peut correspondre à un transfert d'énergie entre deux systèmes ou un changement de forme d'énergie au sein d'un même système. Elle annonce ensuite la remise des copies concernant le dossier énergétique.

Durant toute la correction la responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort de l'enseignante qui interroge, explique, reformule les réponses des élèves. C'est elle qui schématise et écrit les expressions nécessaires au tableau et les développe jusqu'au résultats attendus. Les élèves participent à cette avancée en l'interpellant sur certaines formes d'écriture ou en l'obligeant à développer des réponses qu'elle voulait résumer.

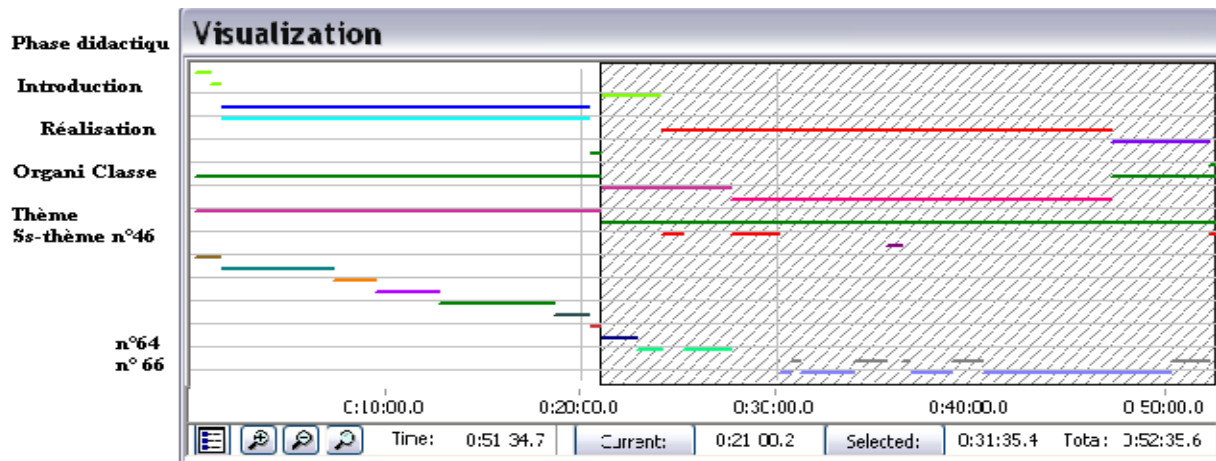
Thème n° 17. Compte rendu dossiers réalisés sur les formes d'énergie dans la région Rhône-Alpes.

Il est constitué d'un seul sous-thème qui est le prolongement du thème 5. C'est une correction du travail réalisé par les élèves où l'enseignante revient sur la structuration du texte et sur les consignes à respecter avant de clôturer la séance. L'enseignante a la responsabilité de l'avancée du savoir.

Ce thème marque une transition entre la série d'activités et d'exercices faisant référence à l'expérience du lancer et réception du médecine-ball et celles qui vont suivre concernant les expressions des formes d'énergie et leur diverse relation. Il termine aussi la cinquième séance qui regroupe tous les élèves et qui a une durée de 1 heure 17 minute (cf graphique 28, dernière partie à droite non hachurée).

Thème n° 19. Application du théorème de l'énergie cinétique et de la relation entre variation énergie cinétique et travail du poids.

Comme le montrent le graphique 30, le thème termine la sixième séance qui s'est faite en présence de tous les élèves. Il est composé de trois sous-thèmes dont les deux sont imbriqués et d'une inclusion (cf tableau 45). Ce thème est un exercice d'application des différentes expressions lues et expliquées dans le thème 18. Il s'agit d'une bille qui est abandonnée à partir d'une hauteur h sans vitesse initiale. Et le but de l'exercice est de trouver sa vitesse juste au moment où elle touche le sol (cf tableau 44). L'enseignante annonce ce but ainsi que les consignes qui consistent à choisir la bonne expression dans le texte du complément du modèle de l'énergie et la bonne orientation des axes sur un schéma.



Graphique 8 Visualisation du thème 19 (Partie hachurée) de la sixième séance. De haut en bas. Phase didactique (Introduction, réalisation, correction et clôture exercice). Organisation de la classe (Groupe ou individuelle, CE). Thème, inclusion et sous-thèmes

Une inclusion faisant référence à l'utilisation d'un des textes du modèle lors du prochain devoir surveillé a eu lieu avant que l'enseignante ne dessine au tableau un schéma comportant l'orientation de l'axe et les altitudes de départ et d'arrivée de la bille (zA et zB). En expliquant aux élèves cette orientation et la position de ces points, elle schématise la hauteur h et donne son expression en fonction des altitudes zA et zB.

Tableau 11 Enoncé de l'exercice. Classe 1

1. On abandonne sans vitesse initiale une bille de masse $m = 20,0 \text{ g}$ d'une hauteur $h = 10,0 \text{ m}$ au-dessus du sol. On considère que la force exercée par l'air sur la bille est négligeable.
 - a. Déterminer la variation d'énergie potentielle de la bille entre la position initiale (A) et finale (B).
 - b. Déterminer la variation d'énergie cinétique de la bille entre la position initiale et finale.
 - c. En déduire la vitesse de la bille lorsque celle-ci atteint le sol.

Tableau 12 Structuration du dix-neuvième thème. Classe 1

| | | |
|--|---|--------------|
| Thème N° 19 (Durée : 32 min) | Introduction (Durée : 2 min) | Org Cl |
| Application du théorème de l'énergie cinétique et de la relation entre variation énergie cinétique et travail du poids | N° 63 Annonces du but de l'exercice, consignes choix des expressions | Mixte |
| | Sous-thèmes | |
| | N° 64 Repérage des altitudes sur un schéma. Choix et orientation de l'axe (Durée : 4 min) | Gr ou Ind |
| | N° 65 Variation de l'énergie cinétique. (Durée : 7 min) | |
| | N° 46 Ordre de grandeur d'un résultat et chiffres significatifs (Durée : 1 min) | Gr ou Ind/CE |
| | N° 66 Variation de l'énergie potentielle (Durée : 16 min) | |

Durant la réalisation de cet exercice, l'enseignante est intervenue pour aider les élèves sur les notions suivantes : le choix de l'origine de l'axe (la référence) qui peut être prise à n'importe quel point, ce qui compte dans ce genre d'exercice c'est la variation. Durant les discussions avec les élèves, c'est l'une des notions qui est revenues plusieurs fois. Pour l'expliquer à beaucoup d'élèves, l'enseignante a dû la définir d'une façon générale. Une variation (d'énergie en générale ou spécifique comme énergie cinétique ou potentielle, d'altitude), c'est toujours la grandeurs à l'état finale moins la grandeur à l'état initiale. Le choix de

l'expression devant une situation donnée ($\Delta E_c = 1/2mv_{finale}^2 - 1/2mv_{initiale}^2$ ou le théorème de l'énergie cinétique, $\Delta E_p = mg(z_{finale} - z_{initiale})$ ou $= -W_{z_i, z_f}(P)$) est aussi revenue durant la réalisation

L'enseignante est revenue sur toutes ces notions au début de la correction, en classe entière, avant d'écrire au tableau, en les expliquant, les formules. La correction n'étant pas terminée, elle donne une feuille de correction en décidant de les laisser avec le texte du complément du modèle de l'énergie le jour du devoir surveillé.

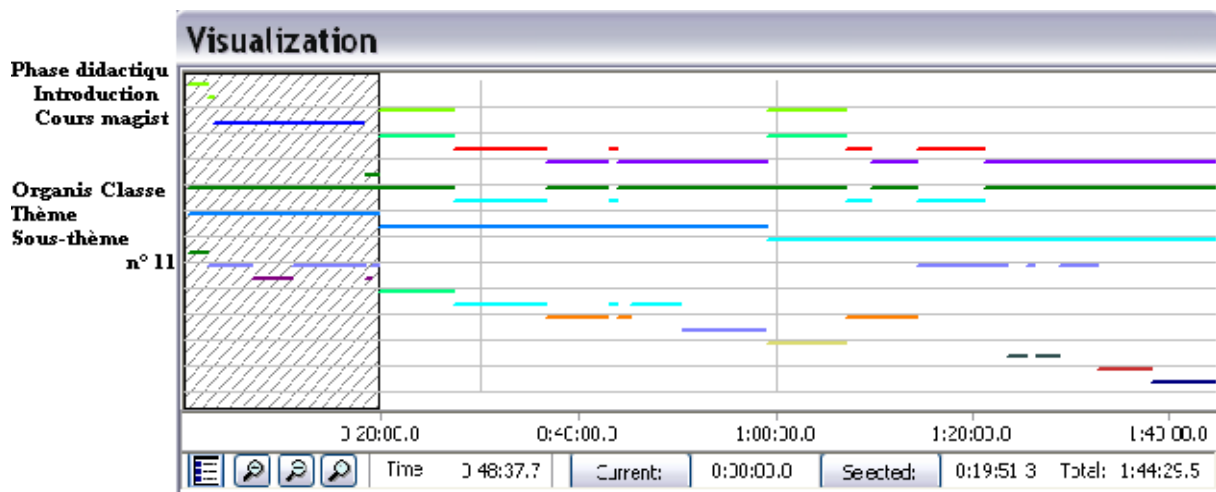
Au début du thème, en classe mixte, la responsabilité de l'avancée du savoir est partagée entre les deux acteurs : les élèves essaient de démarrer à leur rythme, certains sont préoccupés par le découpage et le collage des feuilles, l'enseignante essaie d'impulser un rythme commun à la classe en les orientant vers des procédures de résolution. Ensuite cette avancée devient sous la responsabilité des élèves qui, de temps en temps, interpellent l'enseignante pour lever certaines incompréhensions. A la correction, l'enseignante reprend la responsabilité de l'avancée du savoir en expliquant les procédures à utiliser et en interrogeant les élèves. Une partie de la correction est écrite au tableau et l'autre partie est mise sur feuille et distribuée aux élèves à la fin de la séance.

(Un devoir surveillé a eu lieu le lundi dans le créneau horaire de 1h 30. La durée du DS est de 1heure).

Classe 2

Thème n° 3. Expression du travail du poids d'un solide en déplacement en fonction de la variation des altitudes

Le thème 3, qui débute cette séance, est le prolongement du cours sur le travail d'une force en déplacement débuté dans la première séance. La séance où se trouve ce thème dure officiellement 2 heures et l'enregistrement 1 heure 44 minutes. Le thème que nous analysons a une durée de 20 minutes environ (cf graphique n° 34 et tableau 51). Il est composé de deux sous-thèmes qui sont imbriqués.



Graphique 9 Visualisation du thème 3 (Partie hachurée) dans la deuxième séance. De haut en bas. Phases didactiques (Introduction séance et cours, développement cours magistral, clôture). Organisation de la classe (CE). Thèmes ; Sous-thèmes.

Comme le montre le tableau 51, le sous-thème 11, intitulé « travail du poids d'un système se déplaçant de Z_A à Z_B » est le principal, celui portant le numéro 12 est un outils mathématique qui permet de déterminer les coordonnées des vecteurs poids et déplacement. Nous

remarquons qu'ils sont entrelacés. Une gestion administrative d'une durée de 2 min environ a débuté cette deuxième séance.

Tableau 13 Structuration du thème 3. Classe 2

| | | |
|--|---|--------------|
| Thème n° 3 (Durée : 20 min). Expression du travail du poids d'un solide en déplacement en fonction de la variation des altitudes | Sous-thèmes N° 11. Travail du poids d'un système se déplaçant de z_A à z_B (Durée : 13 min) N° 12. Coordonnées des vecteurs poids et déplacement dans un repère orthogonal (O, i, j, k) (Durée : 5 min) | Org Cl CE |
|--|---|--------------|

La gestion administrative introduit cette séance et l'enseignant a fait un rappel sur les notions de travail élémentaire qu'il faut utiliser si le déplacement est quelconque. La définition de la force conservative dont le travail ne dépend pas du chemin suivi a été rappelée aussi durant cette introduction du cours en classe entière.

Ensuite le professeur annonce qu'on va appliquer cette propriété de force conservative au travail du poids d'un système. A partir de ce moment il lit le texte comprenant l'expression du travail du poids d'un corps se déplaçant d'une altitude z_A à une autre z_B et décide de la vérifier en partant de la définition du travail d'une force constante en déplacement. Il dessine alors un schéma représentant un repère orthogonal dans lequel un objet se déplace de z_A à z_B ($z_A > z_B$). Il explique ce schéma en utilisant les angles des murs de la salle. Pendant ce temps les élèves suivent et n'écrivent pas dans leur cahier. En écrivant au tableau la formule ($W_{AB}(P) = P \cdot AB$), l'enseignant la développe en l'expliquant et en interrogeant les élèves. Ces derniers donnent les vecteurs poids et déplacement en fonction des coordonnées du repère. L'enseignant reprend leur réponse et l'écrit au tableau, ce qui lui permet d'aboutir à l'expression $W_{AB}(P) = -mg(z_B - z_A) = -mg \Delta z$. Ensuite il demande aux élèves de recopier le schéma et les formules dans leur cahier, ce que ces derniers font. Pendant ce temps l'enseignant circule entre les rangées. Pendant que les élèves recopient dans leur cahiers, un élève signale à l'enseignant une omission (du vecteur k) dans une des lignes au tableau, ce que l'enseignant rectifie.

Après un moment laissé aux élèves pour recopier, l'enseignant clôture, en classe entière toujours, ce thème en revenant sur le sens d'orientation que doit prendre l'axe vertical ascendant pour que l'expression donnée soit valide. En interrogeant les élèves, il conclut que cette expression n'est valable que si l'axe vertical est ascendant. A la suite de cela il annonce, toujours en classe entière, un exercice d'application.

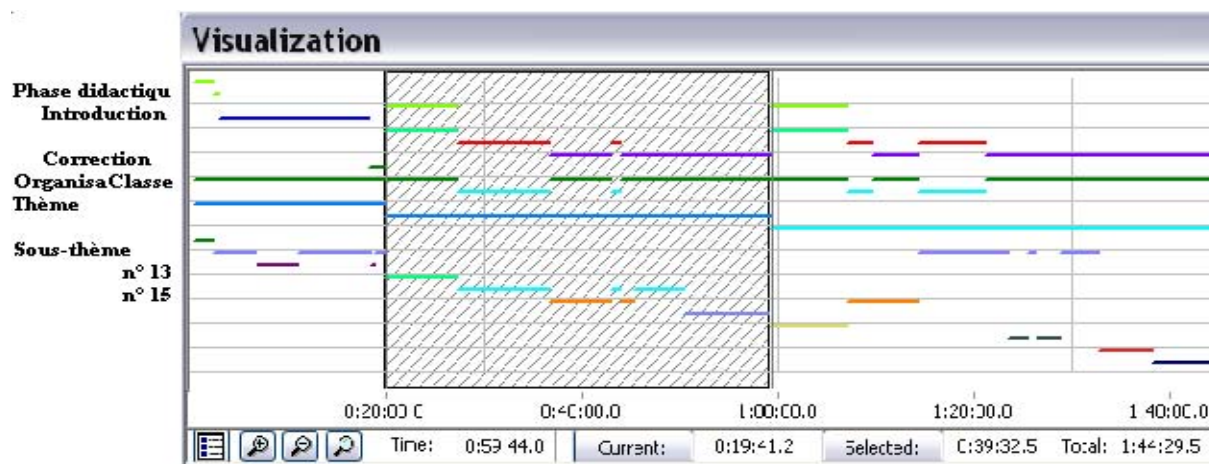
Du point de vue de la topogénèse, l'enseignant a la responsabilité de l'avancée du savoir durant l'introduction. Il fait un rappel en interrogeant les élèves qui participent en répondant aux questions.

Durant le développement de ce cours magistral qui consiste à établir l'expression du travail du poids en fonction des altitudes, l'enseignant est responsable de l'avancée du savoir. Il schématise au tableau, écrit les formules littérales en interrogeant les élèves. Remarquons que cette fois-ci l'enseignant a d'abord lu les expressions écrites dans le texte distribué la veille avant de commencer le développement. Les élèves participent à l'avancée du savoir en répondant aux questions posées par l'enseignant. Au moment du développement, en classe entière, les élèves suivent et n'écrivent pas dans leur cahier. L'enseignant leur donne à la fin un temps pour recopier dans leur cahier.

La responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort de l'enseignant dans la conclusion, les élèves y participent en répondant aux questions.

Thème n° 4 Calcul du travail d'une force constante en déplacement sur un plan horizontal (avec frottement).

Comme le montre le graphique 35, le thème suit immédiatement le cours magistral sur le travail d'une force constante en déplacement. Il est le deuxième thème de cette séance et sa durée est de 40 minutes environ. Il est composé de 3 sous-thèmes dont les deux premiers sont imbriqués comme le montre le graphique 35 et le tableau 52.



Graphique 10 Visualisation du thème 4 (Partie hachurée) dans la deuxième séance. De haut en bas : phases didactiques (introduction et écriture de l'exercice, réalisation, correction). Organisation de la classe (CE, Individuel). Thèmes, Sous-thèmes.

Tableau 14 Structuration du thème 4. Classe 2

| | | |
|------------------|---|--------|
| Thème n° 4. | Écriture de l'exercice au tableau (Durée : 8 min) | Org Cl |
| (Durée : 40 min) | Calcul du travail d'une force constante en déplacement sur un plan horizontal (avec frottement). | CE |
| N° 13. | Solide poussé par un ouvrier sur un plan horizontal avec des frottements (exercice) | |
| N° 14. | Calcul du travail d'une force constante en déplacement rectiligne sur un plan horizontal avec frottements (Durée : 15 min) | Ind/CE |
| N° 15. | Chaînes énergétique : noms et modes de transfert d'énergie (Durée : 8 min) | |
| N° 16. | Travail de la réaction du plan sur le solide en mouvement. Signification de la réaction tangentielle comme force de frottement. Relation entre forces de frottement et transfert thermique. | CE |

Il s'agit d'un exercice d'application dont le but est d'appliquer l'expression du travail d'une force constante en déplacement rectiligne sur un plan horizontal où les frottements ne sont pas négligés comme le montre l'énoncé dans le tableau 53.

Tableau 15 Énoncé de l'exercice d'application du thème 4 Classe 2

Un solide S est poussé par un ouvrier sur le trajet AB (voir schéma) Le support est rugueux. La force F_1 exercée par l'ouvrier est parallèle au déplacement. On donne $F_1 = 5\text{N}$, la masse $m = 1\text{kg}$. La valeur de la réaction R est égal à 6N. $(F_1, R) = 120^\circ$.

1. Indiquer le système qui fournit l'énergie et le système qui reçoit l'énergie.
2. Faire la chaîne énergétique.
3. Calculer les travaux des forces appliquées au solide.

Pour introduire l'exercice d'application, le professeur l'écrit au tableau en le lisant, les élèves le recopient en même temps que lui dans leur cahier. A la fin du texte, un élève lui rappelle le dessin (en utilisant le terme schéma), qui accompagne en général le texte de l'exercice.

Ensuite les élèves réalisent individuellement cet exercice. Pendant ce temps l'enseignant circule dans les rangs mais ne parle pas. Une élève lui demande la valeur de la pesanteur g à prendre, il va l'écrire au tableau et continue à circuler dans les rangs. Au bout de 9 minutes de

réalisation, il demande à ce que l'on corrige les deux premières questions. Alors il choisit un élève et l'invite à aller effectuer la correction au tableau.

La correction de la première question concerne l'identification des systèmes qui fournissent ou qui reçoivent de l'énergie, les modes de transfert d'énergie et leur représentation en chaîne énergétique. L'enseignant, au cours de cette correction, s'adresse à l'élève au tableau qu'il interroge et reprend sa réponse pour toute la classe. L'enseignant fait remarquer à la fin de cette première partie de la correction que la notion de chaleur qui découle des frottements entre le solide et le plan sera étudiée dans un prochain chapitre. Il invite ensuite un autre élève à poursuivre la correction. Pendant ce temps, en circulant entre les rangées, un élève l'interpelle sur l'emplacement de la notation du mode de transfert entre les systèmes « ouvrier » et « solide ». Il explique à toute la classe que le fait d'écrire au dessus ou en dessous le mode de transfert n'a pas d'intérêt. L'élève qui était désigné commence à superposer sur le dessin qui accompagne le texte de l'exercice les forces qui sont appliquées au système solide (la réaction R du plan horizontal sur le solide, le poids P du solide et la force F exercée par l'ouvrier sur le solide). L'enseignant, en interrogeant toujours l'élève qui est au tableau, insiste sur la procédure de résolution de ce genre d'exercice. Chaque fois il faut identifier le système qui est étudié, faire le bilan des forces et passer aux calculs demandés. L'enseignant suit pas à pas la correction en demandant à l'élève de parler pour toute la classe. Les autres élèves, en même temps qu'ils recopient dans leur cahier, interviennent quand celui qui est au tableau écrit des expressions fausses ou si le professeur les interroge. L'élève qui est au tableau applique alors l'expression générale du travail dans les trois cas (R, F et P) pour le solide qui se déplace d'une dizaine de mètres. Au moment où il fait l'application numérique, un autre élève interpelle l'enseignant pour lui proposer une autre méthode de résolution. Ce que l'enseignant accepte en lui demandant d'attendre que celui qui est au tableau finisse le calcul.

L'enseignant invite alors celui qui propose une autre méthode à venir l'exposer à toute la classe. Cet élève propose de passer par les composantes de la réaction. Mais il éprouve des difficultés à faire cette décomposition. Aidé par l'enseignant il réussit, en projetant la réaction R sur deux axes perpendiculaires, à trouver que $R = R_t + R_n$. En utilisant cette décomposition de la réaction et en appliquant l'expression générale du travail d'une force en déplacement, il en déduit, sous la conduite du professeur, que $W_{AB}(R) = -R_t \cdot AB$.

L'enseignant en le remerciant conclut pour toute la classe en disant que cette composante tangentielle est appelée force représentant les frottements. Et que le sens du vecteur force s'oppose au sens du mouvement.

Du point de vue de la topogénèse, durant l'introduction correspondant à l'écriture du texte de l'exercice, l'avancée du savoir est sous la responsabilité des deux acteurs : l'enseignant écrit le texte de l'exercice et au même moment les élèves le recopient. Les élèves prennent l'initiative d'interpeller le professeur s'ils considèrent qu'un aspect de l'énoncé a été oublié par le professeur.

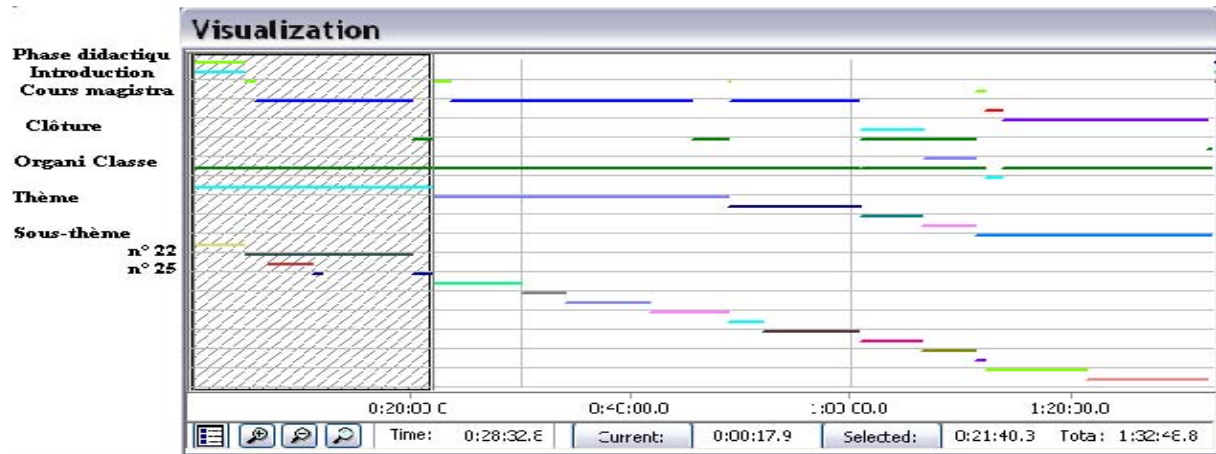
Durant la réalisation individuelle, les élèves sont responsables de l'avancée du savoir. Le professeur n'intervient pas au moment de cette réalisation.

L'enseignant conduit, par l'intermédiaire de l'élève qui est au tableau, la correction en classe entière. Il interroge celui-ci en premier et en second les autres si l'élève n'arrive pas à répondre correctement à la question. Dans la plupart des cas il reprend la réponse correcte proposée et l'explique d'avantage. Il est donc responsable de l'avancée du savoir.

A la clôture de l'exercice ou une partie de l'exercice, c'est toujours l'enseignant qui fait avancer le savoir en interrogeant les élèves ou en donnant des explications. Les élèves participent à cette avancée à travers les réponses qu'ils donnent ou les méthodes alternatives qu'ils proposent au professeur et à l'ensemble de la classe.

Thème n° 6. Travail d'une force constante dont le point d'application décrit un mouvement de rotation. Travail élémentaire. Moment d'une force ou d'un couple de forces.

Comme le montre le graphique 37, ce thème débute la troisième séance qui dure 1 h 32 minutes. Il est composé d'un sous-thème principal (sous-thème 22) et de deux inclusions dont l'un termine le thème (sous-thème 25) (cf tableau 56).



Graphique 11 Visualisation du thème 6. De haut en bas : phases didactiques (introduction séance et rappel, introduction du cours, développement du cours, clôture du cours) ; Organisation de la classe (CE) ; thème et sous-thèmes.

Le but de ce thème est d'introduire le travail d'une force constante dans le cas d'un mouvement de rotation. Il permet à la classe de réutiliser la notion de travail élémentaire.

Tableau 16 Structuration du thème 6. Classe 2

| | | |
|--|--|--------|
| Thème n° 6. (Durée 21 min). Travail d'une force constante dont le point d'application décrit un mouvement de rotation. Travail élémentaire. Moment d'une force ou d'un couple de forces. | Intitulés des sous-thèmes | Org Cl |
| | N° 21. Propriétés de l'énergie (stockage, transfert, transformation). Transfert d'énergie par mode travail. Noms des systèmes en interaction dans le transfert par travail mécanique (Durée : 5 min) | CE |
| | N° 22. Expression du travail d'une force dans le cas d'un mouvement de rotation. Travail élémentaire (Durée : 10 min) | |
| | N° 24. Travail élémentaire d'une force en déplacement sur une trajectoire circulaire (Durée : 4 min). | |
| | N° 25. Moment d'une force ou d'un couple de forces. Travail d'un couple de force (Durée : 3 min) | |

Il est débuté par un rappel des systèmes qui fournissent ou qui reçoivent de l'énergie. Le dessin utilisé et mis au tableau par l'enseignant dans ce cas c'est une poulie mise en rotation par une personne. La valeur de la force exercée par la personne sur la poulie en rotation est constante. L'enseignant en dessinant cette poulie demande aux élèves si la poulie reçoit de l'énergie et qui lui en fournit. Les réponses données par les élèves lui permettent d'enchaîner sur le mode de transfert d'énergie entre la personne et la poulie. Dans ce cas aussi les élèves répondent par le travail de la force exercée par l'ouvrier. A partir de ce moment la notion de

trajectoire circulaire est abordée, ce qui aboutit au sujet que l'on veut aborder à savoir le travail d'une force en rotation autour d'un axe fixe.

Une fois le sujet posé, le professeur aborde la lecture d'un texte qui donne la formule à utiliser pour calculer le travail d'une force dont le point d'application décrit un mouvement de rotation : $W = M(F) \cdot \theta$ (avec θ l'angle balayé par la distance qui sépare le point d'application et l'axe de rotation). Il propose alors après la lecture de vérifier cette relation dans le cas de la poulie qui est mise en rotation à l'aide de la force appliquée par une personne. En interrogeant toujours les élèves, il complète le dessin et y insère le repérage des angles, l'élément rectiligne δl . Ces notions lui permettent de réutiliser la notion de travail élémentaire, cette fois-ci, dans le cas d'un mouvement de rotation : $\delta W = F \cdot \delta l : F \cdot \delta l \cdot \cos \theta$. Toujours en interrogeant les élèves, il en déduit que le vecteur déplacement élémentaire le long de la trajectoire circulaire et le vecteur force appliquée à la périphérie de la poulie sont colinéaires et de même sens, donc $\delta W = F \cdot \delta l$. La réponse donnée par les élèves à partir de la question qui demande la relation entre les grandeurs δl , R (Rayon de la poulie coïncidant aussi avec la distance du point d'application de la force F au point représentant l'axe de rotation fixe) et θ est : $\delta l = R \cdot \delta \theta$. L'enseignant, toujours en interrogeant les élèves, en déduit l'expression du travail élémentaire de cette force qui est : $\delta W = F \cdot R \cdot \delta \theta = M_O(F) \cdot \delta \theta$. Cette expression du travail élémentaire lui permet de trouver le travail de la force qui pour formule : $W_{AB} = \delta W = M_O(F) \cdot \theta$. Au cours de tout ce développement, les élèves suivent le développement de l'enseignant et répondent à ces différentes questions. En encadrant cette dernière formule, il leur demande de commencer à recopier dans leur cahier.

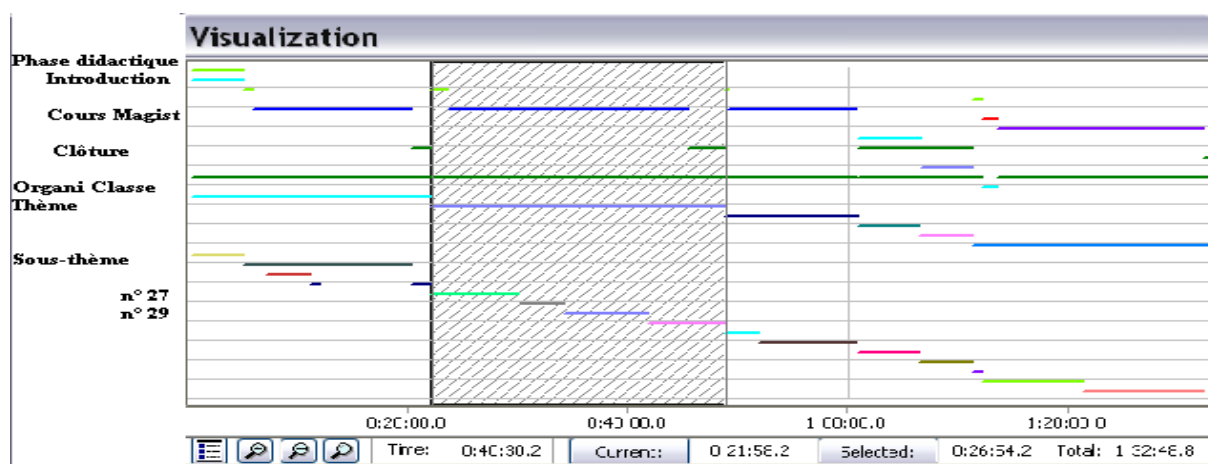
Après avoir laissé un moment pour qu'ils recopient dans leur cahier, il conclut cette partie en faisant remarquer aux élèves que le moment peut faire référence à une seule force ou à un couple de forces. Dans ce cas l'expression va s'écrire : $W_c = \delta W = M_c \cdot \theta$.

Du point de vue de la topogénèse, l'enseignant a la responsabilité de l'avancée du savoir au début de cette séance. Il interroge les élèves sur les notions qui sont déjà vues et qui lui permettent de démarrer ce thème. Les élèves participent donc à cette avancée du savoir.

Le professeur a la responsabilité de l'avancée du savoir. Il dessine au tableau, interroge les élèves et développe les formules nécessaires qui lui permettent de vérifier le résultat lu dans le texte. Au cours de ce développement de cours magistral, le professeur réutilise les savoirs mis en jeu dans les séances précédentes (travail élémentaire) et dans les niveaux d'études précédentes (Relation entre l'angle et vecteur déplacement). L'utilisation de formule est à remarquer aussi dans ce thème. Les élèves, en répondant aux questions posées par l'enseignant, participent aussi à cette avancée. Il faut aussi remarquer qu'au moment du développement du cours magistral, en classe entière, où l'enseignant écrit au tableau, les élèves dans la plupart du temps, suivent sans noter quelque chose dans leur cahier. Dès que l'enseignant termine ce développement, il leur demande de prendre note et à partir de ce moment c'est l'enseignant qui circule dans les rangs en vérifiant ce qu'ils écrivent sans parler. Dans la conclusion, c'est l'enseignant qui a aussi la responsabilité de l'avancée du savoir en donnant certaines formules du travail d'une force en rotation autour d'un axe fixe. Les élèves continuent de recopier dans leur cahier.

Thème n° 7. Travail d'une force variable ou d'un couple de torsion. Mouvement de translation et de rotation.

Comme le montre le graphique 38, ce thème est un cours magistral qui vient juste après celui qui fait référence au travail d'une force dont le point d'application décrit un mouvement de rotation. Il se trouve donc à la troisième séance et dure environ 27 minutes. C'est un thème qui est composé de trois sous-thèmes qui se succèdent successivement (cf graphique 38 et tableau 57). Son but est de donner aux élèves les expressions du travail des forces variables (cas du ressort et du fil de torsion).



Graphique 12 Visualisation du thème 7 (àrtie hachuré) dans la troisième séance. De haut en bas. Phases didactiques (introduction du cours, développement du cours, clôture du cours). Organisation de la classe (CE). Thème et sous-thèmes.

Tableau 17 Structuration du thème 7. Classe 2

| Thème n° 7 (Durée : 27 min). Travail d'une force variable ou d'un couple de torsion. Mouvement de translation et de rotation. | Sous-thèmes | Org Cl |
|---|--|--------|
| | N° 26. Expression d'une force variable (tension du ressort) en fonction de l'allongement (ou de compression) x. Expression du travail d'une force variable dans le cas d'un mouvement de translation (Durée : 8 min). | CE |
| | N° 27. Transfert d'énergie : noms des systèmes et mode de transfert par travail mécanique (Durée : 4 min). | |
| | N° 28. Travail d'un couple de torsion dans le cas d'un mouvement de rotation (Durée : 8 min). | |
| | N° 29. Analogie entre l'expression du travail du couple de torsion et celle de la tension du ressort (Durée : 7 min). | |

Le professeur annonce au début du thème le sujet qui sera étudié : « travail d'une force variable ». Il prend l'exemple d'un ressort horizontal et explique ses caractéristiques et son comportement quand il est déformé. A partir de cette explication il dit que c'est une personne qui tire maintenant l'extrémité libre d'une longueur l et la lâche.

A partir de cette situation et en interrogeant les élèves, il définit une force variable et donne son expression ($T = k \cdot x$). Ensuite il lit le texte, écrit l'expression du travail d'une force variable au tableau ($W_{1-2}(T) = 1/2k(x_1^2 - x_2^2)$) et complète le schéma. Il fait remarquer aux élèves que l'on peut prendre la situation inverse, c'est-à-dire comprimer le ressort. Le professeur accorde un temps aux élèves pour qu'ils prennent le schéma et les formules dans leur cahier, pendant ce temps il circule les rangs.

Au bout d'un moment il interroge les élèves sur la situation décrite auparavant. Les questions portent sur les systèmes qui fournissent ou qui reçoivent de l'énergie. Après quelques hésitations et des explications du professeur, les élèves donnent la réponse : le système « ressort horizontal » fournit de l'énergie au système « objet accroché à l'extrémité du ressort ». Il faut remarquer que durant les explications, l'enseignant a changé le dispositif en y insérant un objet de masse négligeable accroché à l'extrémité libre du ressort. Il en déduit ainsi le mode de transfert d'énergie entre ces deux systèmes : travail de la tension du ressort.

Le professeur revient sur le mode de transfert d'énergie entre systèmes. Pour lui, l'objet qui se déplace, du fait de ce transfert, s'interprète par le travail de la tension du ressort. A partir de ce moment il invite une élève à lire la dernière partie du texte. Ce que cette dernière fait et l'enseignant enchaîne en dessinant une situation qui correspond à une barre horizontale, retenue par un fil de torsion, qui tourne d'un angle θ . Cette situation est expliquée par l'enseignant et par un élève en prenant comme analogie une montre munie de remontoir.

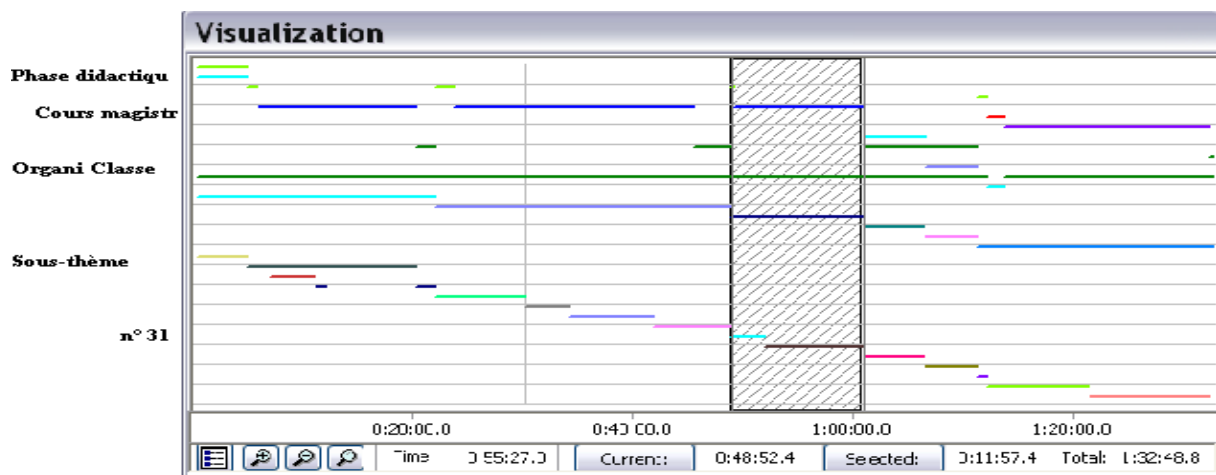
Ensuite pour mieux expliquer cette situation, l'enseignant utilise aussi le compas pour montrer les différentes positions et l'influence du fil de torsion quand on écarte l'ensemble d'un angle θ . Après ces explications et le complément du schéma, il écrit la formule donnant le travail d'un couple de torsion ($W_c = 1/2C (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)$) et demande alors aux élèves de les recopier dans leur cahier. Au bout d'un moment certains élèves l'interpellent sur l'unité de la constante de torsion C. Il prend alors une analogie entre la situation du ressort et celle du fil de torsion, ce qui lui permet de déterminer cette unité (N.m/rad).

En conclusion, il revient sur la procédure utilisée. Pour trouver les grandeurs qui caractérisent la situation du fil de torsion, il leur demande de faire l'analogie avec le ressort qui permet de faire un parallélisme entre le mouvement de translation et de rotation. A la suite d'une question soulevée par un élève concernant l'angle, il reprend le compas et essaie de montrer cet angle et l'influence du fil de torsion si on l'écarte d'un angle θ .

Du point de vue de la topogénèse, la responsabilité de l'avancée du savoir est du ressort de l'enseignant interroge les élèves, donne des explications à partir de leurs réponses. Le savoir est donné par éléments entre lesquels, l'enseignant aménage des moments pour laisser les élèves recopier ce qui est mis au tableau. Les élèves interpellent l'enseignant pour clarifier les unités, les positions des angles. L'enseignant utilise durant ce thème une analogie entre deux grandeurs physiques pour trouver des unités ou pour mettre en évidence les types de mouvement (translation et rotation).

Thème n° 8. Puissance.

Ce thème est le troisième de cette séance qui a une durée d'enregistrement de 1 heure 33 minutes. Il ne dure que 12 minutes et est composé de deux sous-thèmes qui se succèdent comme le montrent le graphique 39 et le tableau 58.



Graphique 13 Visualisation du thème 8. (Partie hachurée). De haut en bas : phase didactique (développement cours magistral) ; Organisation de la classe (CE) ; Thème et sous-thèmes.

Tableau 18 Structuration du thème 8. Classe 2

| Thème n° 8 | Sous-thèmes | Org Cl |
|-------------------|---|--------|
| (Durée : 12 min). | | |
| Puissance | N° 30 Définition de la puissance. Puissance d'une force (3 min) | CE |
| | N° 31 Puissance moyenne et puissance instantanée (9 min) | |

Le but de ce thème est de familiariser les élèves avec le concept de puissance mécanique.

L'enseignant propose de revenir sur l'exemple de l'ouvrier qui soulevait un objet de masse m par l'intermédiaire de la poulie. Il introduit alors la notion de durée de la montée de l'objet pour une même hauteur quand il s'agit de deux ouvriers.

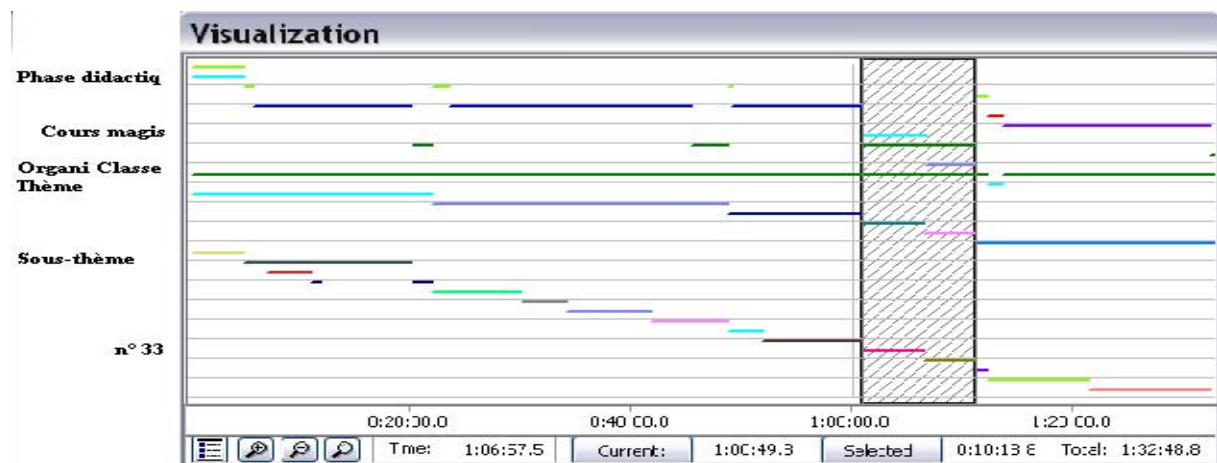
Pour expliquer cette notion de puissance, il invite d'abord un élève à poursuivre la lecture du texte. Ensuite l'enseignant explique ces notions de puissance et introduit la puissance moyenne et la puissance instantanée ($P_{\text{moyenne}} = W(F)/\Delta t$ et $p_{\text{instantanée}} = F.V$). La formule de la puissance instantanée est trouvée à partir de la puissance moyenne. Il développe ces formules en interrogeant toujours les élèves. Ensuite il laisse un peu temps aux élèves pour qu'ils recopient les formules dans leur cahier. Pendant ce temps il circule dans les rangs.

En clôturant cette partie il ré explique la procédure pour aboutir à la puissance instantanée sous l'interpellation d'un élève. Il revient alors sur le travail élémentaire pour une durée courte.

Du point de vue de l'avancée du savoir, c'est l'enseignant qui, en invitant les élèves à reprendre l'exemple de la situation de début (un ouvrier qui soulève un objet), introduit une nouvelle notion. Durant le développement des formules au tableau, les élèves participent en répondant aux questions de l'enseignant. L'enseignant utilise toujours la même situation en l'adaptant selon les notions qu'il veut développer.

Thème n° 9. Fonctionnement du physicien : utilisation du modèle pour interpréter ou prévoir. Propriétés de l'énergie. Travail d'une force. Facteurs qui influencent le travail d'une force. Travail moteur, travail résistant et travail nul.

C'est thème est situé toujours dans la troisième séance qui dure 1 heure 33 minutes comme le montre le graphique 23. Le thème qui dure 6 minutes clôture le premier chapitre concernant l'étude du travail d'une force en déplacement. Il n'est pas décomposé en sous-thèmes.



Graphique 14 Visualisation des thèmes 9 et 10 (Partie hachurée). De haut en bas. Phases didactiques (clôture cours, synthèse, anticipation) ; Organisation de la classe (CE) ; thèmes 9 et 10 (les sous-thèmes sont confondus avec les mêmes thèmes).

C'est une synthèse de l'ensemble des notions étudiées dans les séances précédentes. L'enseignant interroge successivement les élèves sur le fonctionnement de la physique et le processus de modélisation, les propriétés de l'énergie (stockage, transfert et changement de forme d'énergie). Se rendant compte que les élèves avaient des difficultés sur la notion de système auquel la grandeur « énergie » est liée, il leur demande de sortir le texte du modèle. Ce que ces derniers ont fait. Il insiste alors sur le transfert d'énergie entre deux systèmes et le fait qu'il existe plusieurs modèles pour interpréter les phénomènes en physique.

L'enseignant clôture ce thème en interrogeant les élèves sur beaucoup de notions qui font référence au travail d'une force en déplacement : lien entre travail et déplacement du point d'application de la force, les facteurs qui influencent le travail (valeur de la force, angle entre vecteur force et vecteur déplacement, distance, travail moteur, travail résistant et travail nul. Ensuite il leur donne une petite pause (pour aller récupérer des feuilles) avant de reprendre le cours normale de la séance.

Du point de vue de l'avancée du savoir, l'enseignant a aménagé un moment pour faire une récapitulation des notions qu'il juge indispensables dans le chapitre qui vient de finir et qu'il a annoncé aux élèves. Nous somme en présence d'une fin de construction d'un ensemble d'éléments de savoir et le professeur essaie de donner une vue globale de tout ce qui a été étudié. Il le fait en interrogeant les élèves et en faisant appel au texte de modèle de l'énergie.

Thème 10. Détermination de vitesses successives d'une bille lâchée sans vitesse initiale d'une hauteur h.

Ce thème qui n'est pas aussi décomposé en sous-thèmes a pour objet d'anticiper sur un travail qui sera utilisé lors des prochaines séances. Il est situé tout juste après la synthèse effectuée à la fin du chapitre sur travail et puissance –cf graphique 40). Sa durée est de 5 minutes environ.

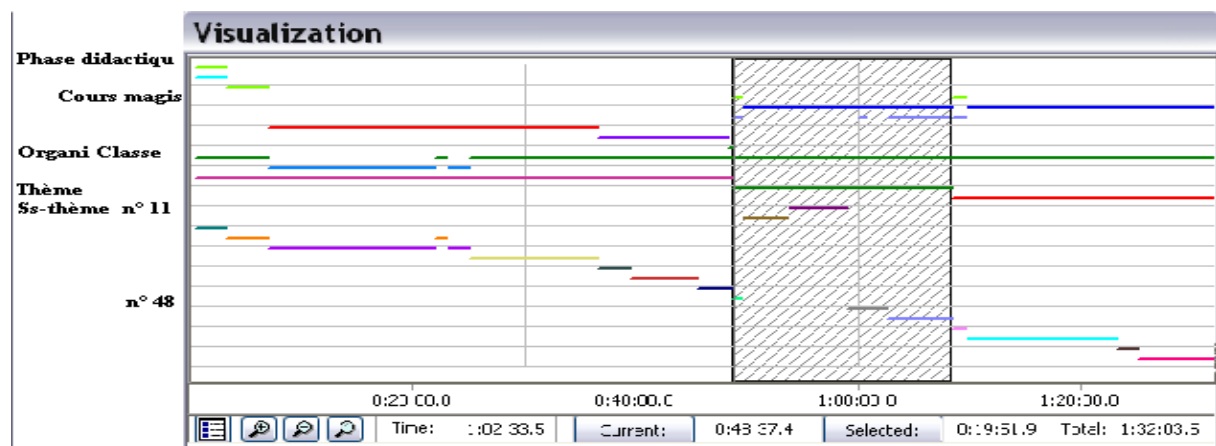
Le professeur annonce qu'il va donner un travail à faire pour les prochaines séances, en distribuant des feuilles qui y font référence (cf annexe XX). Ensuite, revenant devant son bureau, il lit le texte accompagnant ce document. Il s'agit de la photographie d'une bille à des intervalles réguliers successifs d'une durée de 0,02 secondes. La bille est lâchée sans vitesse initiale à une hauteur h. Après avoir fait la lecture, il explique le but du travail en interrogeant les élèves. A partir de la réponse d'un élève qui a choisi une position donnée, l'enseignant généralise en écrivant au tableau une formule : $v_n = M_{n+1}M_{n-1}/t_{n+1}-t_{n-1}$. Ensuite il donne la procédure qu'il faut utiliser pour trouver les valeurs de cette formule en interrogeant toujours les élèves. Mesurer la distance qui sépare deux points entourant celui où l'on calcule la vitesse et la diviser par 0,04 seconde.

A partir cette explication il clôture ce thème en leur demander de le faire à la maison.

Dans ce thème le professeur a la responsabilité de l'avancée du savoir. Il leur donne un travail à faire à la maison et explique le but en donnant la procédure à suivre. Les élèves participent à cette avancée en répondant aux questions relatives à la formule qu'il faut utiliser pour trouver la vitesse de chaque représenté dans le document.

Thème n° 13. Energie cinétique.

Ce thème est le deuxième de la quatrième séance comme le montre graphique 43. Il fait référence à la première forme d'énergie stockée par un système étudié dans cette classe (énergie cinétique). Sa durée est de 20 minutes environ. Il est composé de 4 sous-thèmes (cf graphique 43 et le tableau 63). L'organisation de la classe, durant le développement de ce thème, est du type classe entière.



Graphique 15 Visualisation du thème 13 (Partie hachurée) dans la quatrième séance. De haut en bas. Phases didactiques (Introduction cours, développement magistral et lecture de texte). Organisation de la classe (CE). Thèmes et sous-thèmes.

Tableau 19 Structuration du treizième thème. Classe 2

Thème n° 13 (Durée : 20 min). Sous-thèmes Energie cinétique.

Org
Cl

- N° 34 Détermination des vitesses successives d'un système en chute libre d'une hauteur h. (Durée 4 min) CE
- N° 11. Travail du poids d'un système de déplacement d'une altitude de position 0 à une autre de position 9. Signification du travail du poids comme énergie transférée à un système. (Durée : 5 min)
- N° 48. Expression de l'énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation ou de rotation. (4 min)
- N° 49. Les propriétés de l'énergie cinétiques. (6 min)

Le thème est débuté par une lecture de texte que l'enseignant a distribué. L'enseignant invite un élève à lire le texte qui fait référence aux formes d'énergie utilisées en physique et aux grandeurs physiques qui influencent l'énergie cinétique.

L'enseignant se base alors sur le travail qu'il avait demandé de faire à la maison (détermination des valeurs des vitesses successives du solide qui tombe en chute libre) pour déterminer l'expression de l'énergie cinétique. En prenant la valeur moyenne des résultats trouvés par les élèves, l'enseignant demande aux élèves de calculer le travail du poids de la position 0 à la position 9. Dans cette classe le travail du poids est considéré comme un transfert d'énergie entre la Terre et la bille. En considérant que l'énergie cinétique est fonction de la masse et de la vitesse, il leur demande de calculer successivement les expressions mv , mv^2 et $1/2mv^2$ et de comparer la valeur trouvée au travail du poids. L'explication que donne l'enseignant est basée sur le travail du poids qu'il considère comme un transfert d'énergie entre les systèmes Terre et bille. C'est, selon lui, cette énergie transférée par la Terre sur la bille qui permet à celle-ci d'acquérir une certaine vitesse. Donc l'énergie liée à la vitesse de la bille à la position 9 est sous forme cinétique de formule $1/2mv_9^2$. A partir de ce moment il invite un élève à lire le texte concernant l'énergie cinétique dans le cas des mouvements de translation et de rotation. L'enseignant explique la notion de vitesse angulaire et de moment d'inertie autour d'un axe de rotation fixe. A la suite de cela il invite un autre élève à lire la suite du texte qui fait référence aux propriétés de l'énergie cinétique. L'explication de ces propriétés s'est basée sur la notion de référentiel (terrestre : un point de la surface de la terre comme origine). Ensuite la propriété de l'énergie cinétique qui dit que celle-ci dépend de la vitesse est explicitée à travers des personnes, l'un liée à un arrêt de bus (donc référence sur de la Terre) et deux autres à l'intérieur d'un même bus 'référence liée au bus). La deuxième propriété est une évidence selon l'enseignant car toutes les grandeurs dans l'expression sont positives ($m > 0$, $V^2 > 0$).

A partir de ce moment il enchaîne avec la signification des moments d'inertie (l'objet du prochain thème).

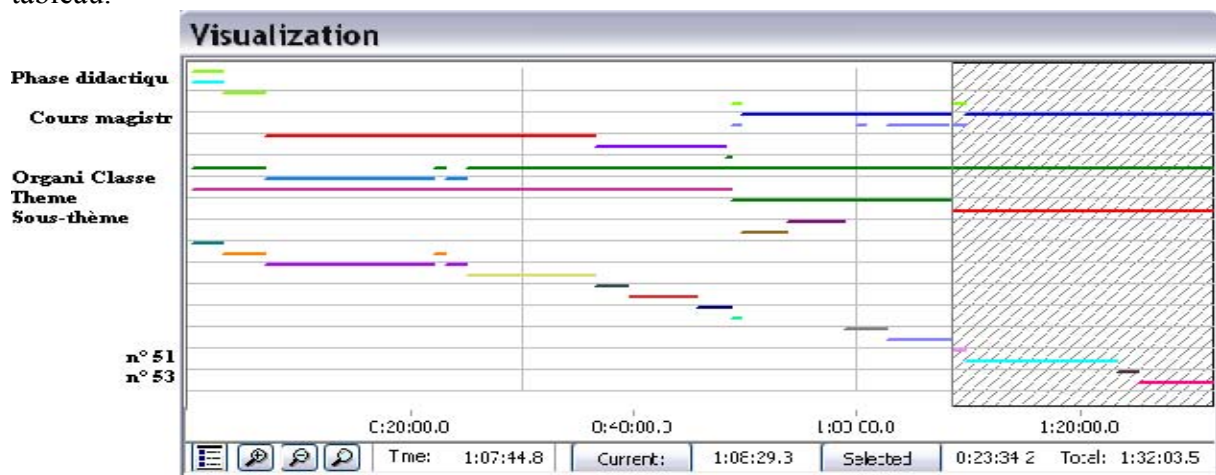
La lecture, par un élève, d'un texte distribué permet à cette classe de démarrer le thème. Durant le développement de ce cours magistral, l'enseignant a fait appel à un savoir réalisée à la maison par les élèves. Les élèves, sous la demande de l'enseignant, et en fonction du document et de la procédure clarifiée en classe pour déterminer les vitesses, donnent les valeurs trouvées. Ne pouvant pas être d'accord sur une même valeur, l'enseignant introduit la notion valeur moyenne : la valeur moyenne de la vitesse trouvée dans cette classe. Pour faire avancer le savoir, le professeur prend la responsabilité d'introduire en pleine discussion la moyenne des valeurs trouvées à la position neuf. Ensuite il délègue encore cette avancée aux élèves qui doivent calculer le travail du poids quand la bille se déplace de la position 0 à la position 9. En faisant appel aux notions déjà étudiées (transfert d'énergie entre système, énergie cinétique liée à la vitesse), il reprend un moment la responsabilité de l'avancée du

savoir pour expliquer que l'énergie acquise par le solide à la position 9 est appelée : énergie cinétique. Pour trouver l'expression de cette énergie cinétique, il délègue encore la responsabilité de l'avancée du savoir aux élèves qui doivent choisir, en calculant chaque valeur, la bonne formule parmi les trois expressions : mv , mv^2 et $1/2mv^2$. La lecture du texte qui suit l'expression de l'énergie cinétique faite par un élève constitue une forme d'institutionnalisation du savoir : il concerne les expressions de l'énergie cinétique dans les cas de mouvement de translation et de mouvement de rotation. Dans ce cas c'est un élève choisi par l'enseignant qui a la responsabilité de l'avancée du savoir au moment de la lecture. Les autres suivent : l'enseignant et les élèves. A partir de l'explication qui suit cette lecture, l'enseignant reprend la responsabilité de l'avancée du savoir. Il interroge les élèves sur les propriétés de l'énergie cinétiques qui sont : Ec dépend d'un référentiel donné et est toujours positif. Pour expliquer que l'énergie cinétique est fonction du référentiel choisi, un élève prend la responsabilité de l'avancée du savoir en levant son bras. Devant ses explications un peu vagues en relation avec la vitesse du système, l'enseignant reprend cette responsabilité en demandant d'abord à toute la classe de donner un exemple de référentiel. Ce que les élèves ont donné : la lune, la Terre. L'enseignant en rajoutant un point fixé à la surface de la Terre, reprend encore la responsabilité de l'avancée du savoir et explique la relativité des référentiels : un point fixe à la surface de la terre (arrêt de bus) et une voiture (un repère en mouvement par rapport à l'arrêt). Il poursuit avec la propriété de l'énergie cinétique qui dit que celle-ci est toujours positive.

La clôture de ce thème est donnée par un marqueur langagier qui fait partie du répertoire de cet enseignant : « Voilà maintenant on va voir expression du moment d'inertie... ».

Thème n° 14. Moment d'inertie d'un solide en mouvement de rotation autour d'un axe fixe.

Comme le montrent les graphiques 44 et 45, c'est un thème qui s'étale sur deux séances. Les trois principaux sous-thèmes se trouvent dans cette quatrième séance, un seul sous-thème qu'on peut considérer comme principal se trouve dans la cinquième, il s'agit de l'étude du moment d'inertie d'un système composé de plusieurs sous-systèmes (cf tableau 64). Le thème a une durée de 30 minutes environs. Il s'agit de donner les expressions de quelques moments d'inertie de systèmes simples en rotation autour de leur axe et de les dessiner au tableau.



Graphique 16 Visualisation du thème 14. De haut en bas (Introduction cours et lecture de texte, développement cours magistral). Organisation de la classe (CE). Thème et sous-thèmes

Tableau 20 Structuration du quatorzième thème. Classe 2

| | | | | |
|-------------|-----------|-------|--|--------|
| Thème | n° | 14 | Introduction (Durée : min) | Org CI |
| (Durée : | 30 | min). | N° 50. Annonce de l'étude du moment d'inertie et lecture de texte (Durée : | CE |
| Moment | d'inertie | | 1 min) | |
| d'un solide | en | | Sous-thèmes | |
| mouvement | de | | N° 51 Expression des moments d'inertie de systèmes simples dont l'axe de | |
| rotation | d'un | | rotation passe par le centre d'inertie (14 min) | |
| axe fixe. | | | N° 52 Signification physique du moment d'inertie d'un solide en rotation | |
| | | | (2 min) | |
| | | | N° 53 Théorème de Huguens. (7 min) | |
| | | | Introduction | |
| | | | N° 54. Rappels : Expression énergie cinétique cas des mouvements de | |
| | | | translation et de rotation. Moment d'inertie d'un système en rotation (2 | |
| | | | min) | |
| | | | Sous-thème | |
| | | | N° 55 Moment d'inertie d'un système composé de plusieurs sous-systèmes | |
| | | | (4 min). | |

Le professeur annonce le début de l'étude des moments d'inertie de quelques solide en invitant un élève à lire le texte faisant référence : La signification physique du moment d'inertie d'un système en rotation autour d'un axe fixe.

Après la lecture et quelques explications données à cette signification, l'enseignant annonce l'écriture de quelques moments d'inertie accompagnés de leur dessin. Il dessine alors successivement un cerceau, un cylindre, une sphère homogène et une tige de longueur L. Pour tous ces systèmes il dessine l'axe de rotation passant par leur centre d'inertie et écrit à côté l'expression de l'énergie cinétique en fonction soit du R soit de la longueur. En dessinant il explique la rotation autour de l'axe. A la fin de ce thème il introduit le théorème de Huguens en utilisant la tige qui, cette fois-ci, est en mouvement de rotation autour de l'une de ses extrémités. Alors il applique la formule donnée auparavant en interrogeant maintenant les élèves. Les élèves, tout en recopiant le schéma et les formules développées, répondent aux questions du professeur.

Au début de la cinquième séance, l'enseignant revient sur les expressions de l'énergie cinétique dans les cas de mouvement de translation et de rotation (sous-thème). A partir du mouvement de rotation, il introduit le moment d'inertie d'un système composé de plusieurs sous-systèmes en faisant un dessin au tableau. Il donne alors l'expression de ce moment d'inertie : $J_{\text{total}} = \sum_i J_i$, J_i étant le moment d'inertie du sous-système i. Il en déduit que les moments d'inerties s'ajoutent

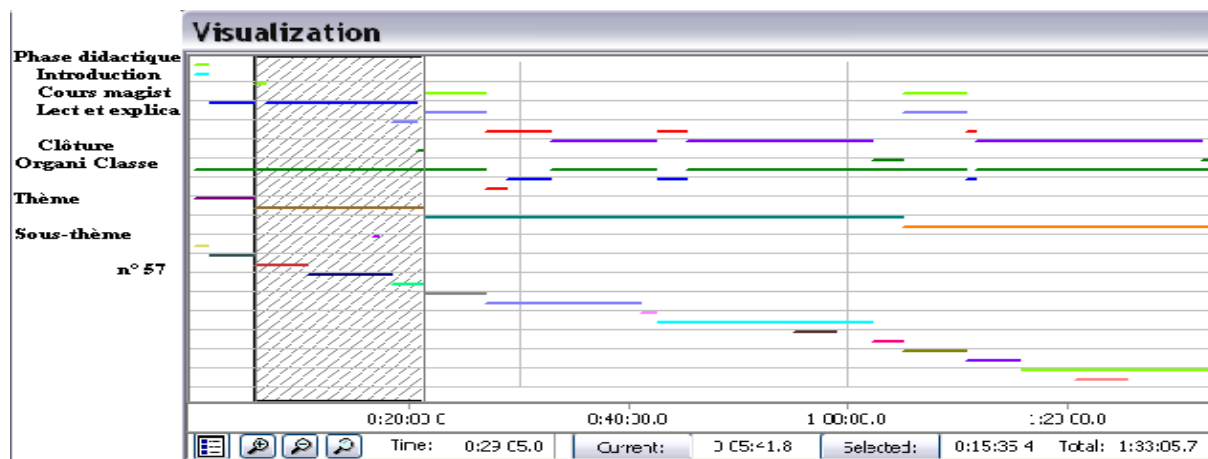
L'enseignant donne un peu de temps aux élèves (3 minutes environ) pour qu'ils recopient les schémas et les expressions au niveau de leur cahier. Il annonce ensuite l'étude du théorème de l'énergie cinétique.

On est en présence d'un cours purement magistral où la participation des élèves au début se résume à la prise de note et à quelques demandes de clarification de termes ou de notations. L'enseignant donne des savoirs institutionnalisés que les élèves ne peuvent pas connaître à l'aide de jeu de questions/réponses.

Durant la clôture de ce thème, l'enseignant, tout étant responsable de l'avancée du savoir, fait participer les élèves par des jeux de questions et de réponses.

Thème n° 15. Théorème de l'énergie cinétique.

Comme le montre la graphique 45, ce thème est le deuxième dans la cinquième séance qui a une durée de 1 heure 33 minutes. Sa durée est 16 minutes environ, il est composé de Trois sous-thèmes (cf tableau 65). C'est aussi le dernier cours magistral consacré à l'étude de l'énergie cinétique.



Graphique 17 Visualisation du thème 15 (Partie hachurée) dans la cinquième séance. De haut en bas. Phases didactiques (introduction cours, développement cours et clôture cours). Organisation de la classe (CE). Thèmes et sous-thèmes.

Tableau 21 Structuration du quinzième thème. Classe 2

| Thème n° | Intitulés des sous-thèmes | Org Cl |
|---------------------------------|---|--------|
| 15 (Durée 16 min). | | |
| Théorème de l'énergie cinétique | N° 56. Détermination de la variation de l'énergie cinétique d'un système entre deux positions données (Durée 5 min) | CE |
| | N° 57. variation de l'énergie cinétique d'un système et énergie stockée et/ou transférée. Transfert par mode travail mécanique (Durée 8 min). | |
| | N° 58. Expression du théorème de l'énergie cinétique (Durée 3 min). | |

L'enseignant annonce la dernière partie, du point de vue cours magistral, pour l'étude de l'énergie cinétique. Il commence à dessiner la bille en chute libre en l'expliquant. Ensuite il demande aux élèves de calculer la variation de l'énergie cinétique quand la bille passe de la position 2 à la position 9.

En même temps il écrit les formules en demandant aux élèves de se rappeler de la valeur de l'énergie cinétique de la bille à la position 9. Rappelons que c'est la même situation que la classe avait utilisée pour construire l'expression de l'énergie cinétique. L'enseignant avait pris comme point de départ l'énergie cinétique d'un solide en mouvement qui est liée à la vitesse (lu au début par un élève). Puisque le solide au départ est lâché sans vitesse initiale, s'il a acquis de la vitesse, cela veut dire qu'on lui a transféré de l'énergie. Et les élèves avaient calculé la valeur de cette énergie transférée par l'intermédiaire du travail du poids quand la bille passe de la position d'immobilité (0) à la position 9 avec une vitesse v_9 . Car pour cette classe, c'est la Terre qui transfère de l'énergie au système « bille ». La valeur calculée en ce moment à la position 9 leur a permis de trouver l'expression de l'énergie cinétique. Puisqu'ils connaissent maintenant cette expression, ils peuvent calculer la variation de l'énergie cinétique entre deux positions. L'enseignant leur donne deux positions (2 et 9) et leur demande de calculer : $\Delta E_c = E_{c9} - E_{c2}$.

A partir de ce moment les élèves se lancent aux calculs des énergies cinétiques dans les deux positions et à la différence $E_{c9} - E_{c2}$. En même temps l'enseignant les aide en rappelant la partie calculée lors des précédentes séances (E_{c9}) et en écrivant au tableau les expressions de l'énergie cinétique dans les deux positions ($E_{c2} = 1/2mv_2^2$ et $E_{c9} = 1/2mv_9^2$). Après un moment l'enseignant utilise un autre marqueur langagier pour que les élèves lui donnent un résultat : « on trouve combien ? ». Les élèves continuent leur calcul et au bout d'un moment lui donnent un résultat : 0,137. Celui-ci les interroge sur l'unité de ce nombre. Un élève répond par Joule.

A la suite de ce résultat donné par les élèves et écrit au tableau par l'enseignant, celui-ci les interroge pour qu'ils trouvent une grandeur physique à comparer à cette variation d'énergie

cinétique. Les réponses des élèves ne sont pas orientées à celle qu'attend le professeur. Les élèves se contentent de dire que le travail est moteur. Finalement le professeur les oriente vers les modes de transfert d'énergie qu'il lie au mouvement pour en déduire, avec les élèves, que la variation de l'énergie cinétique est à comparer au travail du poids du système « bille ». Pour cela l'enseignant fait appel, en interrogeant les élèves, aux propriétés de stockage de l'énergie lorsque la bille est aux positions 2 et 9. Ce stockage est le résultat de la différence $E_{c9}-E_{c2}$ qui est positif. Si le système stocke de l'énergie c'est qu'un autre système lui transfère de l'énergie : « La Terre ». Ce qui permet à l'enseignant de déduire que le travail du poids est le mode de transfert de cette énergie. Et puisque, selon l'enseignant il n'y a que cette force extérieure qui est appliquée au système bille, alors la relation peut s'écrire : $\Delta E_{c2-9} = W_{1-2}(P)$.

L'enseignant généralise ensuite ce théorème de l'énergie cinétique pour un solide en mouvement de translation à un système où plusieurs forces sont appliquées. Il continue la généralisation à un solide en mouvement de rotation en donnant l'expression dans ce cas.

Par la suite le professeur invite un élève à lire un texte qui fait référence à ce théorème de l'énergie cinétique. Les autres suivent cette lecture. L'enseignant intervient à la fin de la lecture pour rajouter des phrases au texte.

IL clôture le thème en revenant sur le fonctionnement de la physique et le processus de modélisation, la relation entre travail et mode de transfert d'énergie et annonce un exercice d'application.

Durant l'introduction de la situation, l'enseignant est responsable de l'introduction du nouvel élément de savoir. Il dessine la même situation utilisée dans les séances précédentes, donne des explications en interrogeant les élèves, donc ces derniers participent à cette introduction qui consiste à déterminer l'expression du théorème de l'énergie cinétique. La classe ré-utilise les notions et situations des cours précédents : la bille en chute libre, la valeur de l'énergie cinétique à la position 9. Le passage de la détermination de l'expression de l'énergie cinétique au théorème de l'énergie cinétique se fait en utilisant la même situation. Pour construire l'expression de l'énergie cinétique, le professeur et les élèves partent du principe que l'énergie cinétique est liée à la vitesse. Du fait que la bille acquiert une vitesse en passant de la position 0 à 9, on lui a transféré de l'énergie. Jusqu'à présent le seul mode de transfert d'énergie que les élèves ont étudié est le travail d'une force, ils en déduisent que c'est le travail du poids qui est considérée comme une force extérieure au système « bille ».

A partir de l'écriture de cette expression, l'enseignant délègue la responsabilité de l'avancée aux élèves. Cette délégation de responsabilité dans l'avancée du savoir se voit par l'utilisation de marqueurs langagiers comme : « vous allez calculer.. ».

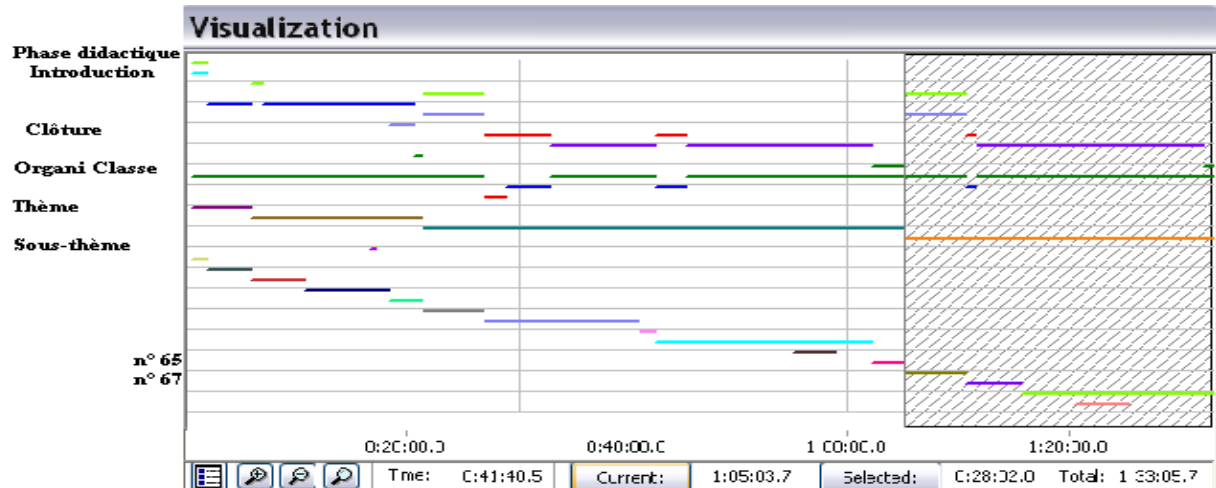
Les élèves ont la responsabilité de trouver le résultat numérique, ce que l'enseignant attend en se positionnant devant le tableau, en les aidant à se rappeler des expressions de l'énergie cinétique en fonction des positions et utilisant des marqueurs langagiers comme : « vous trouvez combien ? ». Il interroge aussi les élèves pour compléter les unités des résultats trouvés. Donc l'avancée du savoir est sous la responsabilité de chacun des acteurs.

Durant tout ce développement, en classe entière, l'enseignant a la responsabilité de l'avancée du savoir qu'il délègue à des moments précis aux élèves : quand il s'agit de faire les applications numériques. Remarquons que durant son développement pour relier la variation de l'énergie cinétique et le travail du poids, l'enseignant est revenu sur le fonctionnement de la physique et sur le processus de modélisation.

L'enseignant systématise le savoir en cette fin de thème et fait des rappels sur certaines notions qu'ils jugent indispensables pour le physicien. Il est responsable de l'avancée du savoir qui sert ici de clôture. Il enchaîne ainsi en annonçant un exercice d'application qui va suivre.

Thème n° 17. Utilisation du théorème de l'énergie cinétique dans le cas d'un mouvement de rotation. Détermination d'angle.

Le thème 17 termine la cinquième séance comme le montre le graphique 47. Il est composé de deux sous-thèmes et d'une inclusion (cf tableau 68 et graphique 47). La durée de l'enregistrement de 28 minutes environ. Il s'agit d'un exercice d'application en référence au théorème de l'énergie cinétique.



Graphique 18 Visualisation du thème 17 (Partie hachurée) dans la cinquième séance. De haut en bas. Phases didactiques (Introduction et écriture exercice, Réalisation exercice). Organisation de la classe (CE, Ind). Thème, sous-thèmes et inclusion.

Tableau 22 Structuration du dix-septième thème. Classe 2

| | | |
|--|--|-----------|
| Thème n° 17 (Durée : 28 min). Application : utilisation du théorème de l'énergie cinétique dans le cas d'un mouvement de rotation. Détermination du nombre de tours. | Introduction (écriture d'exercice au tableau) (Durée : 6 min) | Org Cl |
| | N° 65. Disque qui s'arrête après N tours sous l'action d'une force | CE |
| | Sous-thèmes | Inclusion |
| | N° 66. Détermination des forces appliquées au disque en rotation autour d'un axe fixe horizontal (Durée : 5 min) | Ind/ CE |
| | N 67. Théorème de l'énergie cinétique appliqué à un solide en mouvement de rotation (Durée : 12 min) | CE |
| | N° 68. Détermination de l'énergie cinétique et du moment d'une force en rotation (Durée : 5 min) | CE |

Le but de cet exercice est de familiariser les élèves à l'utilisation de l'expression de l'énergie cinétique d'un solide dans le cas d'un mouvement de rotation (cf tableau 69).

Tableau 23 Enoncé exercice. Classe 2

Un disque homogène de rayon $r = 10\text{cm}$, de masse $m = 200\text{g}$ tourne autour de son axe de rotation (Δ) à raison de 5 tours/s. Pour freiner ce disque on lui applique tangentiellement à la date 0 une force f . On donne $f = 0,32\text{N}$. Au bout de combien de tours le disque s'immobilise-t-il?

L'enseignant efface le tableau en annonçant un deuxième exercice dans ce chapitre. Il écrit alors le texte de l'exercice en le répétant en même temps. Les élèves le recopient dans leur cahier. A la suite de l'écriture du texte, le professeur dessine au tableau un disque soutenu à son centre d'inertie par un axe fixe horizontal. Il indique aussi le sens de rotation du disque et la force qui lui est appliquée.

Au bout de quelques minutes de réalisation individuelle, il invite un élève à aller au tableau corriger la seule question que comporte cet exercice.

A la correction, l'élève sous la direction de l'enseignant, identifie et écrit le système : « disque ». Ensuite il superpose les vecteurs forces au dessin du disque. L'élève au tableau a du mal à représenter le vecteur réaction de l'axe sur le disque. Sous la direction toujours de

l'enseignant, il réussit à le schématiser. En écrivant au tableau les noms des forces qui s'appliquent au disque, l'élève annonce qu'il va utiliser le théorème de l'énergie cinétique.

Sous la direction toujours de l'enseignant, il écrit l'expression du théorème de l'énergie cinétique appliqué au disque en rotation autour d'un axe horizontal fixe. En développant cette formule il se heurte aux problèmes de positions (ou instant) où l'énergie cinétique du disque est nulle. Sous la direction du professeur, il arrive à trouver dans l'énoncé que le disque s'immobilise au bout de N tours.

Ensuite l'élève développe les expressions traduisant les travaux des forces appliquées au disque, l'énergie cinétique et le moment de la force appliquée au disque. Les difficultés rencontrées sont surmontées grâce l'étayage du professeur. L'élève arrive à trouver la valeur de l'angle ($\theta = m r \pi^2 N^2 / f$) et donne la valeur numérique.

A la clôture du thème, en remerciant l'élève, l'enseignant fait remarquer à toute la classe qu'on pourrait trouver directement le nombre de tours en remplaçant directement par $2\pi N$.

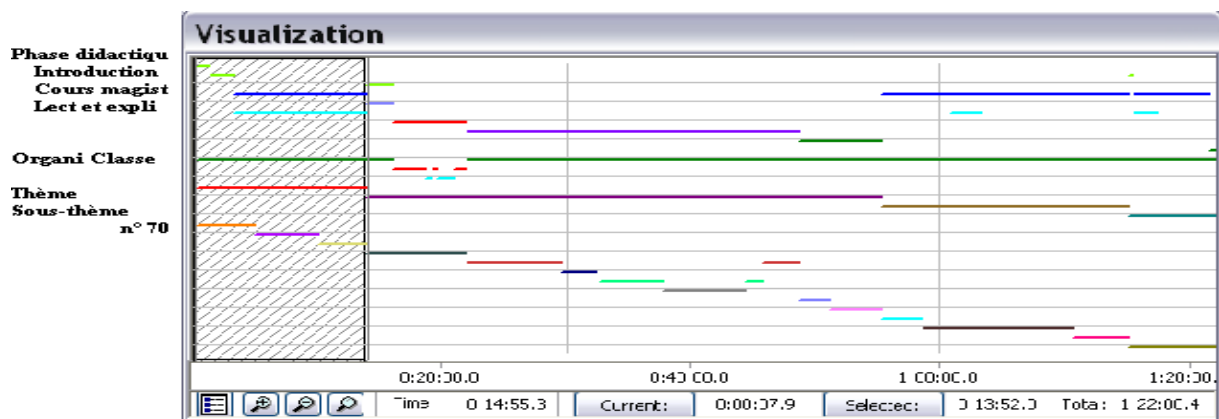
L'écriture du texte de l'exercice donne un seul rythme dont l'enseignant a la responsabilité de faire avancer. Les élèves en ce qui les concerne recopient au niveau de leur cahier.

La réalisation de l'exercice est sous la responsabilité des élèves qui travaillent individuellement. L'enseignant ne participe pas à cette réalisation, son rôle se résume à regarder leur production.

La correction se fait sous l'étayage de l'enseignant qui, à la fin, donne une proposition de résolution qui permet de trouver directement la valeur de l'angle sans passer par la règle de proportion.

Thème n° 18. Energie potentielle de pesanteur.

Le thème 18 débute la sixième séance qui a une durée d'enregistrement de 1 heure 22 minutes. Il a une durée de 14 minutes et est composé de trois sous-thèmes comme le montre le graphique 48 et le tableau 70.



Graphique 19 Visualisation du thème 18 (Partie hachurée) dans la sixième séance. De haut en bas (Introduction (séance, cours), développement et lecture de texte). Organisation de la classe (CE). Thème et sous-thèmes.

Tableau 24 Structuration du thème 19. Classe 2

| Thème n° 18. Energie potentielle de pesanteur. | Sous-thèmes | Org CI |
|--|---|--------|
| | N° 69 Définition de l'énergie potentielle (Durée : 5 min) | CE |
| | N° 70 Energie potentielle de pesanteur. Force conservative. Détermination de la constante (Durée : 5 min) | |
| | N° 71 Relation entre variation énergie potentielle et travail du poids (Durée : 4 min) | |

A l'introduction qui coïncide avec le début de la séance, l'enseignant distribue une nouvelle feuille. A la suite de cela il fait un rappel sur l'énergie cinétique qui, dit-il, était liée au mouvement. Il reprend la situation de la bille en chute en libre en la dessinant au tableau et

s'intéresse ensuite à la position où sa vitesse est nulle (au moment du lâcher) (sous-thème 69). La question qu'il pose aux élèves est la suivante : est-ce que la bille possède de l'énergie ? Les élèves ne pouvant pas répondre, l'enseignant revient à l'expression de l'énergie cinétique qu'il écrit au tableau. Ensuite il demande aux élèves les forces qui sont appliquées à cette bille. Les élèves ayant répondu que c'est le poids et qu'il est exercé par la Terre sur la bille. L'enseignant en déduit que c'est une force d'interaction. La question que l'enseignant pose à la suite de cela est la suivante : quand y a interaction, on pense à quelle type d'énergie. Il faut remarquer qu'il avait évoqué la relation entre interaction et énergie potentielle dans l'activité qui concernait à classer les énergies en physique du point de vue macroscopique et microscopique. L'enseignant avait utilisé l'interaction microscopique pour qualifier une des formes d'énergie en physique : énergie potentielle. Ses explications avaient pour champ d'application : les particules qui interagissent. Il reprend ce même type d'interaction entre la Terre et la bille pour donner une définition générale de l'énergie potentielle.

A partir de ce moment il invite un élève à lire le texte qui fait référence à la classification des énergies par les physiciens. Il faut remarquer que ce texte comporte une partie qui provient du document « sésames » auquel il a rajouté d'autres phrases par exemple : « On peut dire que l'énergie potentielle d'un système est l'énergie en "réserve" liée aux positions des différentes parties du système ». L'enseignant enchaîne ensuite des explications sur la position de l'objet par rapport à la Terre pour montrer qu'il y a possibilité de mouvement dès qu'on l'abandonne. Il qualifie ensuite cette énergie de potentielle de pesanteur à cause de l'interaction entre l'objet et la Terre (sous-thème 70). Se référant au poids de l'objet, qu'il considère comme une force d'interaction, l'enseignant la qualifie aussi de force conservative. Cette explication est faite en dessinant au centre du tableau un schéma visualisant un objet situé au dessus de la Terre à une hauteur h .

A partir de ce moment il invite un autre élève à lire la suite du texte. Après la lecture il enchaîne avec des explications. Le texte lui fait référence à l'expression générale de l'énergie potentielle de pesanteur : $E_p = mgz + cte$. Il explique alors la procédure à suivre pour trouver la valeur de la constante en s'appuyant sur le petit schéma au bout du tableau. Cette procédure est la suivante : il faut choisir un état de référence qui est la position où l'énergie potentielle est nulle, orienter l'axe vertical vers le haut et calculer la constante. Il donne ensuite un exemple : si on choisit l'origine des altitudes confondue avec l'état de référence, alors la constante devient nulle. Dans ce cas l'expression devient : $E_p = mgz$. Toute cette explication est faite en remplaçant l'altitude choisie et la valeur de l'énergie potentielle à l'état de référence ($E_p = 0$) dans l'expression générale. Ensuite il ordonne aux élèves de prendre le schéma et les formules dans leur cahier.

Au moment où les élèves commencent à écrire au niveau de leur cahier, l'enseignant reprend tout ce qu'il avait écrit (schéma et développement de formules) dans la partie propre du tableau, en commençant par le titre de la leçon : Energie potentielle de pesanteur.

Au bout d'un moment il enchaîne avec la variation de l'énergie potentielle de pesanteur en invitant un autre élève à poursuivre la lecture du texte (sous-thème 71). A la suite de la lecture, il explique l'expression se trouvant dans le texte en la développant : $\Delta E_p = (mgz_B + cte) - (mgz_A + cte) = mg(z_B - z_A)$. A partir de cette première expression il interroge les élèves sur la relation entre celle-ci et le travail du poids. Certains disent que c'est égal au travail du poids, d'autres donnent l'opposé du travail du poids. Il prend partie du côté de ceux qui ont dit c'est l'opposé du travail du poids et rappelle son expression en l'écrivant au tableau. A partir de ce moment il donne la relation ($\Delta E_p = -W(P)$) et fait savoir aux élèves que c'est une autre façon de calculer le travail du poids. Il ordonne encore aux élèves de recopier maintenant dans leur cahier, pendant ce temps il efface l'autre partie du tableau. A la fin de la prise de note au niveau de leur cahier, l'enseignant annonce un exercice d'application.

Du point de vue de la topogénèse, l'enseignant a la responsabilité d'introduire l'énergie potentielle. Il utilise toujours la même situation, la bille en chute libre sans vitesse initiale. Nous sommes donc en présence d'une introduction d'un nouveau savoir avec une réutilisation de situation et un rappel d'une notion déjà évoquée (l'énergie potentielle d'interaction). L'enseignant est l'initiateur de cette introduction de nouveau savoir, les élèves y participent en répondant aux questions qu'il pose.

Durant le développement du cours magistral, l'enseignant délègue la responsabilité de l'avancée du savoir à un élève qui lit un texte. Le texte comprend l'historique de la classification et l'enseignant y rajoute une phrase qui est capitale pour lui : énergie potentielle est une énergie en réserve qui est liée aux différentes parties du système. En expliquant ce texte l'enseignant reprend cette responsabilité et donne une définition de l'énergie potentielle qui est basée sur l'interaction entre deux systèmes. Notons aussi qu'il introduit la notion de force conservative. Il a la responsabilité d'écrire au tableau l'expression générale de l'énergie potentielle de pesanteur : $E_{pp} = mgz + cte$. Il introduit ainsi un savoir procédural qui permet de trouver la valeur de la constante. Il faut noter que ce thème est étudié avec un texte que l'enseignant fait lire pas à pas. Ce qui lui permet d'introduire le savoir par petite dose.

Les élèves qui suivent durant la lecture ou les explications prennent note au niveau de leur cahier dès que l'enseignant termine. Il faut noter aussi la sur utilisation du tableau qui fait qu'il est obligé de ré écrire proprement les procédures et schémas dans une autre partie. Ces gestes peuvent aussi être considérés comme un indicateur pour un enseignant qui fait attention aux traces dans les cahiers des élèves. Il écrit correctement le titre qu'il n'avait pas mis au tableau, fait un schéma correct différent de celui avec lequel il expliquait et reprend les éléments essentiels de la procédure.

Le thème se fait avec la même méthode utilisée par l'enseignant lors des cours magistraux accompagnés de lecture et explication de texte. La méthode est la suivante : lecture par un élève, explication (avec des schémas et des formules au tableau) par l'enseignant, pendant ce temps les élèves suivent. A la fin des explications les élèves recopient dans leur cahier. L'utilisation du texte permet à l'enseignant de faire avancée le savoir à petits pas avec une régularité que nous décrivons par étapes.

Première étape : annonce du savoir à étudier par l'enseignant

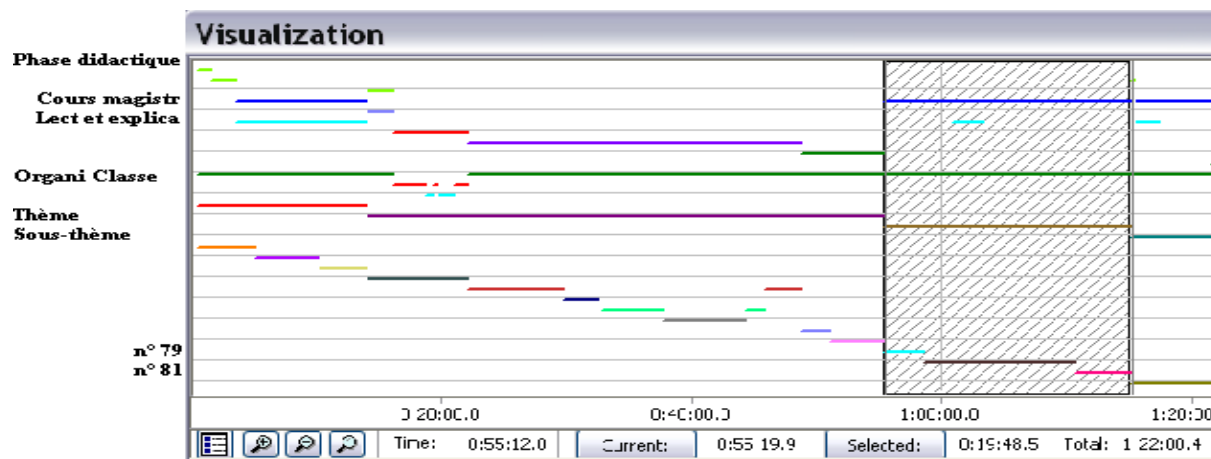
Deuxième étape : invitation à la lecture sans désigné nominativement un élève. L'enseignant dit seulement vous lisez dans la plupart des cas. Quelque fois c'est avec son bras qu'il désigne quelqu'un. Dans tous les deux cas il y a un contrat didactique qui s'installe dans cette classe.

Troisième étape : l'enseignant interroge les élèves dans certains cas pour démarrer son explication. Dans d'autres cas il enchaîne après la lecture avec des explications en utilisant le tableau pour les formules et les schémas. Pendant ce temps les élèves écoutent attentivement s'ils ne sont pas sollicités par l'enseignant avec des questions. Un autre type de contrat didactique se trouve dans cette étape : pendant que l'enseignant explique aucun élève ne prend note, tout le monde suit.

Quatrième étape : après les explications, l'enseignant les ordonne de recopier au niveau de leur cahier.

Thème n° 20. Energie potentielle élastique.

Le thème 20 complète l'étude de l'énergie potentielle. Il a une durée de 19 minutes environs. Il s'agit d'étudier les énergies potentielles élastique et de torsion. Il est composé de trois sous-thèmes comme le montre le graphique 50 et le tableau 74.



Graphique 20 Visualisation du thème 20 (Partie hachurée). De haut en bas. Phases didactiques (Développement cours magistral et lecture de texte). Organisation de la classe (CE). Thèmes et sous-thèmes.

Tableau 25 Structuration du thème 20. Classe 2

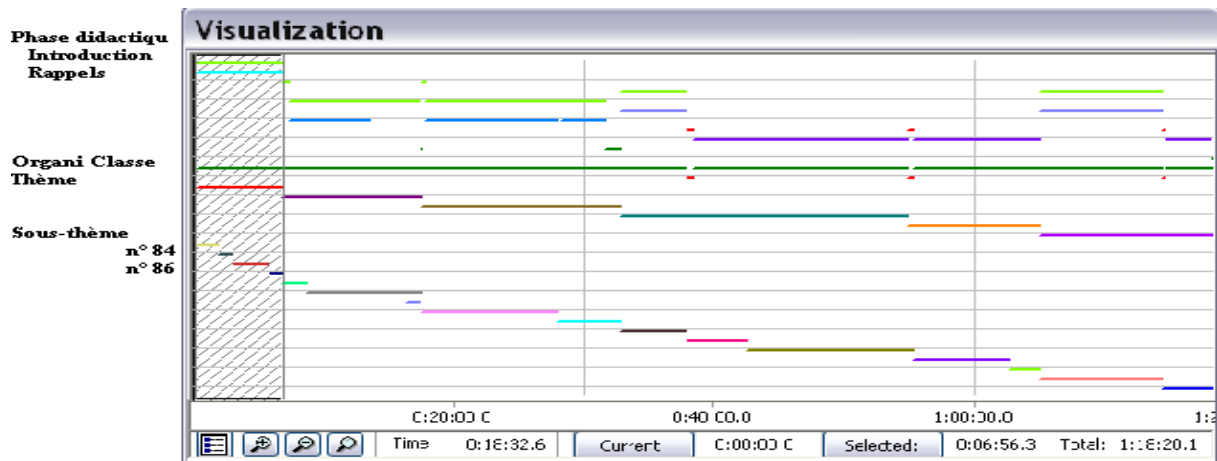
| Thème n° | Sous-thèmes | Org Cl |
|--------------------------------|--|--------|
| 20. | | |
| Energie potentielle élastique. | N° 79 Energie potentielle élastique d'un ressort (Durée 5 min) | CE |
| | N° 80 Energie potentielle élastique de torsion. Force intérieure conservative : analogie entre des systèmes (5 min) | |
| | N° 81 Choix de l'état de référence (origines des énergies potentielles élastiques). Variation énergie potentielle et travail des forces intérieures conservatives. | |

Le professeur débute le thème par un dessin, il s'agit d'un ressort horizontal auquel est accroché un objet de masse m . A partir de ses explications et des questions qu'il pose aux élèves, il en déduit d'abord les caractéristiques du ressort avant de dire qu'il y a interaction entre le ressort et l'objet. Ce qui lui permet de définir l'énergie potentielle élastique du système « ressort + Objet » : $1/2kx^2 + cte$. La même procédure est utilisée pour déterminer l'énergie potentielle de torsion : un dessin représentant un pendule de torsion permet de dire qu'il y a interaction entre le fil de torsion et la barre horizontale. Dans les deux cas la position où il n'y a pas de déformation est utilisée comme état de référence (état où l'énergie potentielle est nulle) pour donner une valeur de la constante. Durant ses explications l'enseignant revient sur la notion de force intérieure conservative. En faisant lire le texte par les élèves, il en déduit une généralisation de la relation entre le travail des forces intérieures conservatives et la variation de l'énergie potentielle ($\Delta E_p = -\sum W$ (fic)). Les explications lui permettent de faire une analogie entre les systèmes « Terre+ Objet », « ressort+Objet » et « fil de torsion+barre » et de dire qu'ils ont la particularité d'avoir tous des forces intérieures conservatives. Des exemples de systèmes pris en combinant les objets ressort, objet et Terre permettent à la classe d'identifier à chaque fois les forces extérieures et intérieures.

Le cours est magistral, l'enseignant a la responsabilité de l'avancée du savoir mais les élèves y participent. Ils répondent aux questions posées par l'enseignant, l'interpellent pour des clarifications sur les systèmes pris pour identifier les travaux des forces intérieures conservatives.

Thème n° 21. Définition d'un système isolé. Energie potentielle. Forces intérieures et extérieures.

Comme le montrent les graphiques 50 et 51, le thème s'étale sur deux séances. Il a une durée de 14 minutes et est composé de 5 sous-thèmes (cf tableau 75). La particularité de ce thème est qu'il est constitué dans sa majorité de rappel (les 4 derniers sous-thèmes de la septième séance). C'est aussi un thème préliminaire à l'étude de l'énergie mécanique stockée par un système.



Graphique 21 Visualisation de la deuxième partie du thème 21 (partie hachurée) dans la septième séance. De haut en bas. Phase didactique (Introduction de la séance et rappel). Organisation de la classe (CE). Thèmes et sous-thèmes.

Tableau 26 Structuration du thème 21 Classe 2

| Thème n° 21 (Durée : 14 min). | Sous-thèmes | Org Cl |
|------------------------------------|---|--------|
| Définition d'un système isolé. | N° 82 Définition d'un système isolé (7 min) | CE |
| Energie potentielle. | N°83 Energie potentielle de pesanteur. Choix de référence (2 min) | |
| Forces intérieures et extérieures. | N° 84 Energie potentielle élastique. Choix de référence (1 min) | |
| | N° Définition de l'énergie potentielle. Relation entre variation de l'énergie potentielle et travail de force intérieure conservative (3 min) | |
| | N° 86 Système isolé. Force intérieure et extérieure (1 min) | |

Le professeur annonce l'étude d'une nouvelle grandeur : l'énergie mécanique. Il propose de revenir d'abord sur la notion de système. Après un moment de silence, un élève commence la lecture du texte.

Le texte donne une définition de la notion de système : un système est la partie de l'Univers que l'on étudie, le reste est appelé milieu extérieure ou environnement. Après cette lecture, l'enseignant explique les notions de système à l'échelle microscopique et échelle macroscopique. Il s'intéresse au dernier qui est de l'ordre de grandeur de l'échelle humaine.

La lecture continue avec le même élève. Cette fois-ci il s'agit de définir un système isolé. Cette définition se fait à l'aide d'exemples qui combinent les systèmes « ressort », « objet » et « Terre ». Les deux systèmes « ressort+objet+Terre » et « objet » ont été pris pour identifier les forces intérieures et extérieures. Des discussions se sont établies entre le professeur et les élèves pour identifier ces forces. Cette première définition du système isolé fait référence aux forces. L'enseignant clôture la sixième séance en revenant sur la notion de modèle. Le fait de choisir un système selon la manière que le physicien veut interpréter le phénomène est expliqué par l'enseignant.

Au début de la septième séance, l'enseignant fait un rappel sur un ensemble de notion dont les plus importantes sont les suivantes : le type d'énergie que stocke la bille à une hauteur h sans vitesse initiale (énergie potentielle de pesanteur : $E_p = m\alpha z + cte$), les autres énergies potentielles (élastique : $1/2kx^2 + cte$ ou torsion : $1/2C\alpha^2 + cte$), la valeur de la constante générale ($cte = m\alpha z_{ref}$), la définition de l'état de référence. A partir de ce rappel l'enseignant revient sur les notions de force conservative qui est liée à chaque système suivant l'énergie potentielle considérée. A l'énergie potentielle de pesanteur d'un système « solide +Terre », il rattache le poids qui est une force intérieure conservative. Il fait la même chose pour les autres systèmes : « ressort+ solide » (la tension est une force intérieure conservative), « barre+ fil de torsion » (le couple de torsion : un couple conservatif). En revenant sur la définition d'une force conservative (son travail ne dépend que des position de départ et d'arrivée) et de celle de l'énergie potentielle (une énergie en réserve qui ne dépend que de la position du système

par rapport à une autre partie du système), il en déduit alors l'expression générale de la variation de l'énergie potentielle : $\Delta E_p = -W(f_{ic})$. f_{ic} étant considéré comme une force intérieure conservative. L'enseignant en déduit que la notion de force intérieure ou extérieure ne dépend que du système choisi.

En terminant ces rappels, l'enseignant revient sur le fonctionnement du physicien qui choisit un système qui lui convient selon les phénomènes qu'il étudie. Il insiste sur le fait qu'on pouvait isolé un système et demande aux élèves quand est qu'on peut le faire ? Un élève répond quand celui-ci ne subit aucune force extérieure. L'enseignant reprend cette réponse et la reformule : quand il n'échange pas d'énergie ou de matière avec l'extérieure. A partir de cet instant il annonce la deuxième partie à savoir l'énergie mécanique

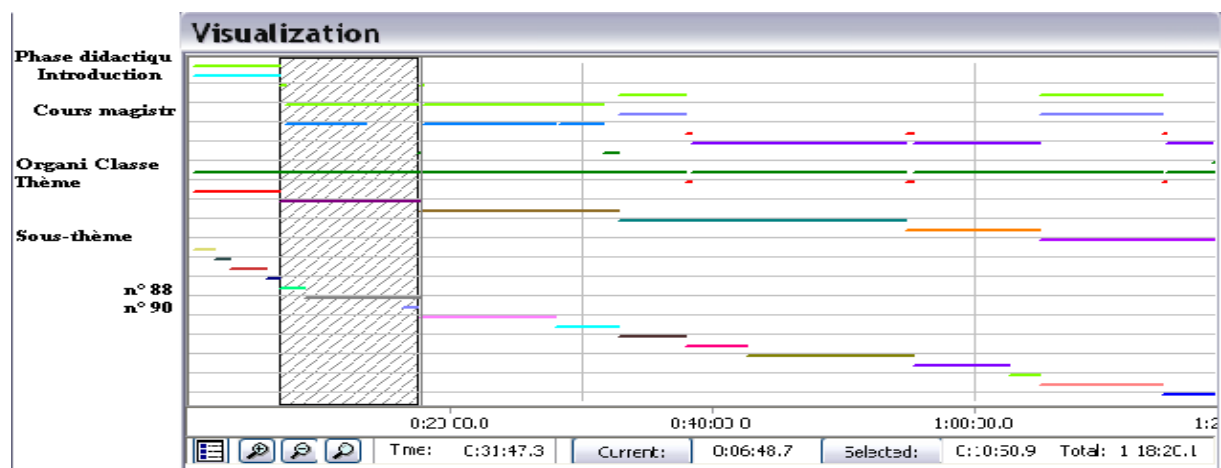
Ce thème reprend et précise la notion de système. Les savoirs mis en jeu dans la classe sont : la notion de système, les systèmes microscopique et macroscopique et en fin le système isolé. Les notions de forces extérieures et intérieures et le retour au fonctionnement du physicien ont permis de préciser ces notions. La situation de l'objet accroché à un ressort vertical, donc le système « ressort+solide+terre » est utilisée pour développer ces notions. L'enseignant et les élèves se relaient la responsabilité de l'avancée du savoir. Les élèves participent en répondant aux questions du professeur ou en l'interpellant sur des situations variées : « un objet seul est-il isolé ou encore la partie où est fixée le ressort fait-il partie ou non du système ».

L'enseignant clôture cette première partie en insistant sur le fonctionnement que le physicien utilise pour étudier un système.

Dans la deuxième partie, l'enseignant a la responsabilité de l'avancée du savoir. Il rappelle les notions vues dans la séance précédente. En interrogeant toujours les élèves, il précise davantage la notion de système isolé, ce qui lui permet d'entamer l'étude de l'énergie mécanique.

Thème n° 22. Energie mécanique.

Ce thème fait suite à celui qui étudie la notion de système isolé. Il introduit l'énergie mécanique et la variation de l'énergie mécanique stockée par un système isolé. Il est le deuxième thème de la séance 7 comme le montre le graphique 52. Il est composé de deux sous-thèmes (cf graphique 52 et tableau 76).



Graphique 22 Visualisation du thème 22 (Partie hachurée) dans la septième séance. De haut en bas. Phase didactique (Introduction, Développement et lecture de texte). Organisation de la classe (CE). Thème et sous-thèmes.

Tableau 27 Structuration du thème 22. Classe 2

| Thème n° | 22 | Sous-thèmes | Inclusion | Org CI |
|--|----|---|---|--------|
| Energie mécanique. (Durée : 11 min) | | N° 87 Expression de l'énergie mécanique (Durée : 2 min) | N° 89 Système isolé, semi isolé ou pseudo isolé (1 min) | CE |
| | | N° 88 Variation de l'énergie mécanique. Transformation d'énergie stockée par un système isolé (Durée 8 min) | | |

L'enseignant annonce ainsi la deuxième partie de ce thème : l'énergie mécanique. A partir de ce moment il invite une élève à continuer la lecture. Le contenu du texte et les explications de l'enseignant portent sur l'expression de l'énergie mécanique ($E_m = E_c + E_{pp}$), sa variation lorsque le système est isolé. L'énergie mécanique étant constante dans ce cas, il y a transformation d'énergie cinétique en énergie potentielle ou l'inverse. L'enseignant le traduit aussi en terme mathématique ($\Delta E_c = -\Delta E_p$). Il faut toujours une alternance entre la lecture et les explications et questions de l'enseignant. A la fin de l'écriture des formules au tableau, il laisse un moment aux élèves pour qu'ils recopient dans leur cahier.

L'enseignant est interpellé par une élève sur le terme « système semi isolé ». Son explication est la suivante : il existe des forces extérieures au système mais la somme vectorielle est nulle. Un autre élève rajoute que c'est la même chose que système pseudo isolé. A partir ce moment il annonce l'étude de variation de l'énergie mécanique dans le cas d'un système non isolé.

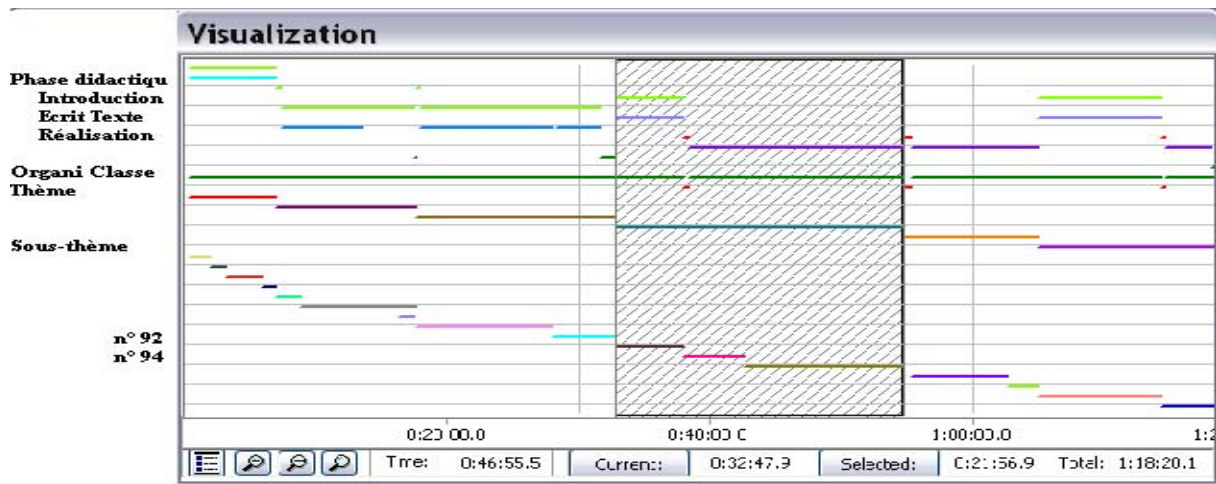
L'introduction des nouvelles grandeurs (variation, évolution de l'énergie), la reprise de la délimitation et l'appellation du système qui est isolé (Solide+Terre) sont sous l'initiative de l'enseignant qui les explique en interrogeant les élèves. Donc ces derniers participent aussi l'avancée du savoir.

Durant le développement du cours magistral, l'avancée du savoir est sous la responsabilité de l'enseignant qui la délègue, dans un premier temps à un élève pour la lecture du texte faisant référence à la définition de l'énergie mécanique. Il la reprend après lecture. A partir de ce moment il explique cette nouvelle grandeur en écrivant l'expression. Il ré utilise la même situation, celle de la bille en chute libre sans vitesse initiale.

L'enseignant aménage donc des moments où il laisse les élèves recopier ce qui se dit et qui est écrit au tableau. Certains élèves en profitent pour demander des explications ou pour proposer des synonymes aux termes donnés par l'enseignant, c'est le cas ici avec les termes isolé, semi isolé ou pseudo isolé. Durant la clôture, en classe entière, les savoirs qui éclairent la notion de système isolé sont introduits par les élèves, l'enseignant n'y participe que pour les confirmer, ce qui fait partie de ses rôles parce qu'il est dans cette salle le représentant institutionnel du savoir scolaire.

Thème n° 24. Conservation de l'énergie mécanique. Système conservatif. Transfert et/ou transformation d'énergie.

Comme le montre le graphique 54, ce thème est le quatrième dans la séance 7 qui a une durée de 1 heure 18 minutes. Il a une durée de 22 minutes et constitue le premier des exercices d'application qui accompagne le cours sur la conservation de l'énergie mécanique. Il est composé de trois sous-thèmes. L'écriture de l'exercice au tableau a duré 5 minutes. (cf graphique 54 et tableau 78).



Graphique 23 Visualisation du thème 24 (Partie hachurée) dans la septième séance. De haut en bas. Phase didactique (Introduction et écriture exercice, Réalisation et correction). Organisation de la classe (CE). Thèmes et sous-thèmes.

Tableau 28 Structuration du thème 24 Classe 2

| | | |
|---|--|--------|
| Thème n° 24 (Durée : 22 min) | N° 92 Introduction (écriture du texte de l'exercice) (Durée : 5 min) | Org Cl |
| Application des expressions faisant référence à la conservation de l'énergie mécanique. Système conservatif. Transfert et/ou transformation d'énergie | Solide en chute libre : détermination de la vitesse du solide en un point donné | |
| | Sous-thèmes | |
| | N° 93 Energie mécanique d'un système conservatif (Durée 5 min) | CE |
| | N° 94 Transformation d'énergie au sein d'un système conservatif. Evolution des formes d'énergie cinétique, potentielle et mécanique (Durée : 12 min) | |

Le but de ce thème est de familiariser les élèves à l'utilisation des expressions traduisant la conservation de l'énergie mécanique dans des situations variées (cf tableau 79).

Tableau 29 Structuration du thème 24. Classe 2

Un solide de masse m égale 2 kilogrammes tombe en chute libre. sans vitesse initiale. à partir d'une altitude z égale à 15m du sol.

1. Le système solide+Terre est-il conservatif? Justifier. Dire sans calcul les transformations d'énergie qui se produisent.
2. Quelle est l'énergie mécanique du système? On choisit l'état de référence et l'origine des altitudes le sol.
- 3 Calculer l'énergie cinétique du solide à z égale à 5 m et en déduire sa vitesse.

L'enseignant écrit le texte de l'exercice au tableau. Il rappelle que celui-ci est le deuxième exercice dans ce chapitre. Au cours de l'écriture, une élève interpelle l'enseignant sur une notion est apparue pour la première fois dans cette classe : système conservatif. L'enseignant lui fait savoir que c'est à lui d'y répondre maintenant.

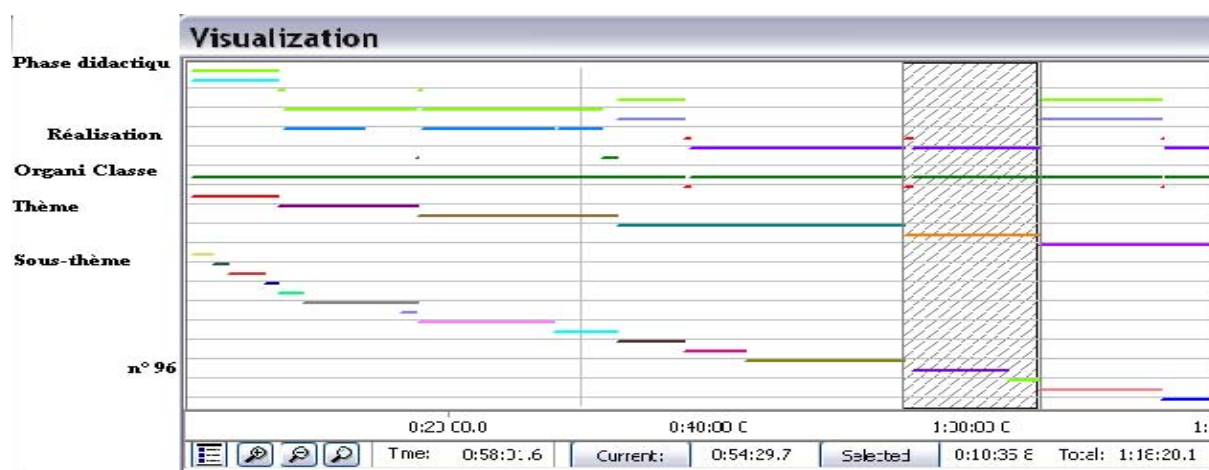
Les élèves commencent la réalisation individuelle. Au bout d'un moment l'enseignant invite quelqu'un à faire la correction des deux premières questions. La correction porte sur la définition du système conservatif. L'élève au tableau et un autre en donnent chacun (le système est conservatif car il est isolé ; le système « Terre+Solide » n'a que le poids comme force intérieure conservative, donc il est conservatif). L'enseignant accepte les réponses et se retourne vers l'élève qui avait soulevé cette question au moment de l'écriture de l'exercice et lui demande sa réponse. Celle-ci lui donne une phrase similaire, que l'enseignant reprend pour toute la classe. La correction continue avec l'étude des transformations d'énergie au sein du système isolé. Le schéma est demandé par l'enseignant. La même procédure est utilisée : l'enseignant suit attentivement la correction en posant des questions à l'élève au tableau ou aux autres. A la fin du calcul numérique l'enseignant systématise pour toute la classe.

Après la correction de la première partie, la question de la constance de l'énergie est soulevée par un élève. L'enseignant en utilisant le texte, donne des explications à toute la classe. L'exercice d'application suit exactement la même procédure qui se fait dans cette classe. Nous voyons que certaines notions qui ne sont pas introduites durant le cours magistral peuvent apparaître durant la réalisation des exercices : c'est le cas de « système conservatif ». Les élèves interpellent l'enseignant quand une notion n'est pas comprise, ce dernier parle toujours à toute la classe.

Thème n° 25. Calcul de l'énergie cinétique et de la vitesse d'un solide à une altitude donnée.

Ce thème est entamé la dernière question de l'exercice qui est proposé pour appliquer les expressions étudiées dans le cours magistral concernant l'énergie mécanique et sa conservation (cf tableau 79). Comme le montre le graphique 55, il est l'avant dernier thème dans cette septième séance. La durée d'enregistrement du thème est de 10 minutes environs. Il est composé de deux sous-thèmes (cf graphique 55 et tableau 80).

Le but de l'exercice consiste se familiariser avec l'expression de l'énergie mécanique et de celle de la conservation de l'énergie mécanique. (cf tableau 79 troisième question).



Graphique 24 Visualisation thème 25 (Partie hachuré) dans la septième séance. De haut en bas. Phases didactiques (Réalisation et correction exercice). Organisation de la classe (CE). Thème et sous-thèmes.

Tableau 30 Structuration du thème 25. Classe 2

| Thème n° 25 (Durée : 10 min). Calcul de l'énergie cinétique et de la vitesse d'un solide à une altitude donnée. | Sous-thèmes | Org CI |
|--|---|--------|
| | N° 95 Calcul de l'énergie cinétique d'un système isolé à une altitude donnée (Durée : 8 min). | Ind/CE |
| | N° 96 Calcul de la vitesse d'un solide isolé à une altitude donnée (Durée : 2 min). | CE |

Après un moment donné aux élèves pour recopier ou pour poursuivre la réalisation des autres questions, un autre élève est invité à faire la correction de la dernière question (cf tableau 79). Il s'agit dans cette question de calculer l'énergie cinétique du solide durant sa chute quand il est à une altitude $z = 5$ mètres. Le but donc de cette partie est de se familiariser avec la notion de conservation de l'énergie mécanique d'un système isolé et de pouvoir déduire la valeur d'une des formes d'énergie (cinétique ou potentielle).

Le premier élève envoyé au tableau part de la relation $\Delta E_c + \Delta E_p = 0$ en se basant sur la constance de l'énergie mécanique du système au cours du temps. Il en déduit alors la relation : $\Delta E_c = -\Delta E_p = W(P)$. Le calcul du travail du poids lui permet de trouver, avec des erreurs rectifiées par les autres, la valeur de l'énergie cinétique au point considéré. Après le

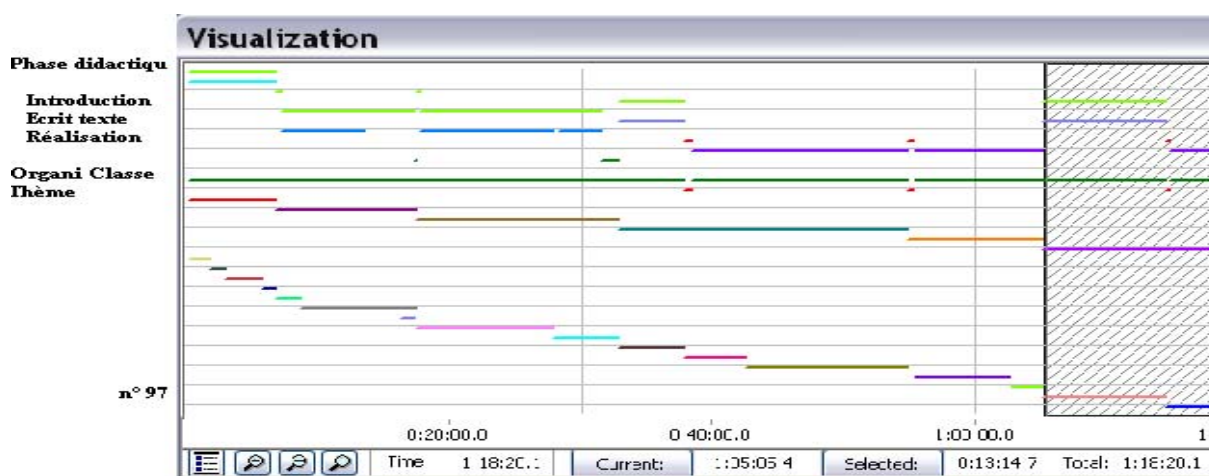
calcul numérique, lui signifie qu'il fallait appliquer la conservation de l'énergie qui est à l'ordre du jour et non le théorème de l'énergie cinétique. Il le répète encore en répondant à un autre élève. L'enseignant envoie une autre élève qui doit cette fois-ci appliquer cette conservation d'énergie.

La caractéristique de l'exercice d'application est donnée à toute la classe, on se familiarise aux savoirs en jeu. L'enseignant insiste alors sur l'intérêt que revêt l'énergie mécanique par rapport à certaines formes de situations physiques où il est plus pratique de résoudre le problème en l'utilisant que de prendre l'énergie cinétique et sa variation. L'enseignant remercie alors l'élève qui était au tableau et conclut ce thème en insistant sur l'application du savoir qui est étudié présentement. Il fait savoir en passant au premier élève qui avait utilisé le théorème de l'énergie cinétique qu'il a des difficultés sur l'utilisation du travail du poids d'un système qui passe d'une altitude à une autre. Il revient sur l'utilisation de plusieurs modèles pour interpréter les phénomènes physiques. Et dans ce sens le théorème relatif à l'énergie mécanique est plus commode dans certaines situations. A partir de ce moment il les invite à prendre un autre exercice qu'il commence à recopier au tableau.

Cette précision de l'enseignant montre aussi une des caractéristiques de l'exercice d'application dans cette classe. Il ne s'agit pas de prendre n'importe quelle procédure. On doit appliquer la procédure suivant le savoir en jeu. Nous remarquons que ce professeur se sert des exercices d'applications pour que ses élèves se familiarisent avec le savoir qui est en jeu.

Thème n° 26. Transformation d'énergie au sein d'un système isolé.

Comme le montre le graphique 56, ce thème constitue le dernier de la septième séance. Il est composé d'un sous-thème (cf graphique 56 et tableau 81) et de l'écriture de l'énoncé de l'exercice. La durée de l'enregistrement est de 13 minutes environ.



Graphique 25 Visualisation du thème 26 (Partie hachurée) dans la septième séance. De haut en bas. Phase didactique (Introduction et écriture exercice, réalisation et correction). Organisation de la classe (CE, Ind). Thème et sous-thèmes.

Tableau 31 Structuration du thème 26. Classe 2

| | | |
|--|--|--------------|
| Thème n° 25 (Durée : 13 min). Calcul de l'énergie cinétique et de la vitesse d'un solide à une altitude donnée. | Introduction (écriture du texte de l'exercice) (Durée : 9 min) Solide qui glisse sur un plan incliné et qui heurte un ressort placé en bas de ce plan. Sous-thèmes | Org Cl CE |
|--|--|--------------|

N° 98 Système isolé. Les changements de forme d'énergie durant la descente du solide sur un plan incliné (4 min).
Ind/CE

Le but de l'exercice qui est proposé par l'enseignant est de se familiariser avec les changements de formes d'énergie qui s'opèrent au sein d'un système isolé et d'utiliser les

expressions qui traduisent la conservation de l'énergie mécanique pour déterminer la longueur de compression d'un ressort qui amorti la chute libre d'un solide sur un plan incliné (cf tableau 82).

Tableau 32 Énoncé exercice. Classe 2

Un solide de masse m peut glisser sans frottement sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontal. Il est abandonné sans vitesse. Après un parcours de l , il comprime un ressort de raideur k (voir figure) $m = 100\text{g}$, $k = 100\text{N/m}$, $\alpha = 30^\circ$, $l = 20\text{cm}$, $g = 10\text{N/kg}$

1. a) Le système {ressort, masse, Terre} est-il conservatif? Dire sans calcul les transformations d'énergie qui se produisent lorsque le solide se déplace de O à A. Lorsque le solide se déplace de A à B.

b) Trouver la diminution de longueur du ressort au moment où le solide s'immobilise avant de faire demi-tour

2. En réalité la diminution de longueur vaut 1,5 cm ce qui est dû aux frottements, calculer le travail des forces de frottements, en déduire la valeur de f .

Le professeur annonce un autre exercice qui porte le numéro 3 et commence à l'écrire au tableau. Les élèves eux aussi commencent à le recopier dans leur cahier. Cette écriture dure environ 9 minutes. A la fin du texte l'enseignant dessine la situation : un solide qui glisse sur un plan incliné. Au bas de ce plan se trouve un ressort qui sert à amortir le solide.

Après un moment consacré à la réalisation individuelle des premières questions, l'enseignant commence à interroger les élèves. Il s'agit dans un premier temps de dire si le système est conservatif ou pas. Ce savoir est réutilisé parce qu'il a été étudié dans le thème 24. Les élèves y répondent sans aucune difficulté. Ce que l'enseignant reprend en l'expliquant d'avantage. Ce système est conservatif parce qu'il est isolé. Toutes les forces qui sont recensées sont des forces intérieures conservatives. L'enseignant enchaîne dans un deuxième temps, en interrogeant toujours les élèves, à lister l'ensemble des forces qui s'appliquent au solide durant les deux phases qu'il considère dans cette situation. Dans la première phase où le solide glisse sur le plan incliné sans rentrer en contact avec le ressort (noté de O à A sur un autre schéma superposé à côté de celui qui accompagne l'énoncé de l'exercice), il dessine le poids, la réaction normale du plan incliné. Dans la deuxième phase, en plus de ces deux forces il a rajouté entre A et B la tension du ressort.

A partir de ce schéma, il interroge les élèves sur les changements de formes d'énergie entre les deux phases. Les réponses des élèves qu'il reprend en les expliquant d'avantage sont les suivantes : une partie de l'énergie potentielle de pesanteur que stockait le solide en O se transforme en énergie cinétique en A et que ces deux formes (énergies cinétique et potentielle de pesanteur) se transforment aussi en énergie potentielle élastique en B.

Il conclut alors cette séance en leur demandant d'utiliser ces résultats pour déterminer la longueur de la compression du ressort entre A et B.

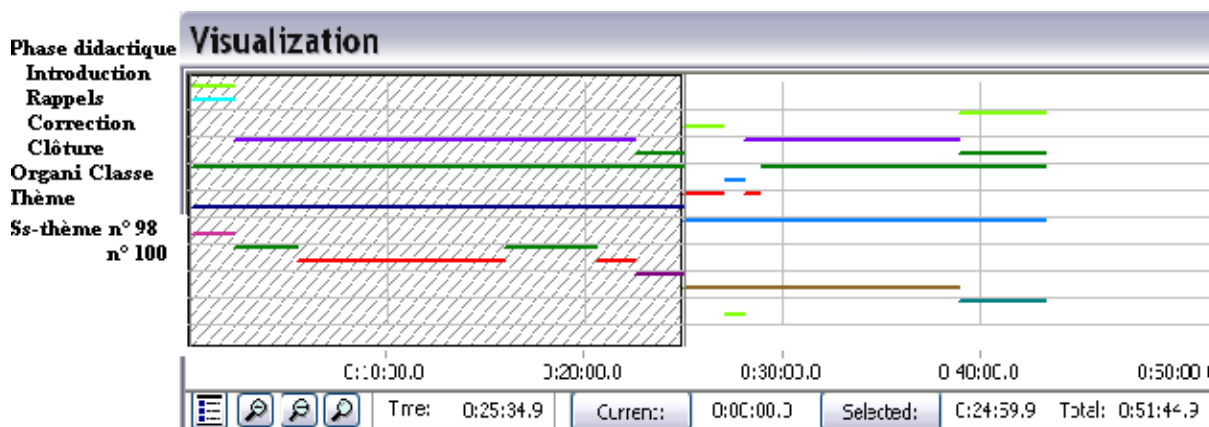
L'écriture de l'exercice et le dessin qui l'accompagne obéit à une régularité constatée depuis le début de cette séquence : un exercice mis au tableau est toujours accompagné d'un dessin. Du point de vue de la topogénèse, les responsabilités sont partagées : l'enseignant a la charge d'écrire au tableau et les élèves recopient l'exercice dans leur cahier avant de commencer la réalisation individuelle.

Durant la réalisation les élèves travaillent individuellement et l'enseignant en circulant dans les rangs vérifie leur production sans parler. Après un moment passé à la réalisation, l'enseignant prend en charge la correction des deux premières questions. La stratégie de l'enseignant n'est plus la même. Cette fois-ci il est le seul à être responsable de l'avancée du savoir. Il interroge les élèves d'abord sur des notions déjà vues (système conservatif, forces appliquées au solide) et sur le savoir en jeu dans ce thème (les changements de formes d'énergie durant la descente du solide sur le plan incliné). Les changements de formes d'énergie données par les élèves durant leur réponse sont les suivantes : énergie potentielle de pesanteur qui se transforme en énergie cinétique et énergie potentielle de pesanteur et énergie cinétique qui se transforment en énergie potentielle élastique. Dans cette forme de correction,

l'enseignant n'a pas invité quelqu'un à aller au tableau comme d'habitude, les élèves participent à cette avancée en répondant aux questions du professeur.

Thème n° 27. Utilisation de la conservation de l'énergie mécanique pour déterminer la longueur d'un ressort.

Il est situé au début de la huitième séance qui ne dure que 43 minutes (graphique 57). Officiellement cette séance a une durée de 1 heure. C'est le prolongement de la correction de l'exercice débuté dans la séance précédente (thème 26). Le but de l'exercice est d'utiliser les expressions faisant référence au théorème de l'énergie mécanique pour déterminer la longueur de compression d'un ressort qui amorti un solide en chute libre sur un plan incliné (cf tableau 65). Le thème dure 25 min, il est divisé en quatre sous-thèmes dont les deux sont imbriqués (cf graphique 57 et tableau 82). Le premier est un rappel de ce qui a été corrigé dans la séance précédente et les autres font suite à la correction (cf tableau 82).



Graphique 26 Visualisation du thème 27 (Partie hachurée) dans la huitième séance. De haut en bas. Phases didactiques (Introduction de la séance et rappels ; Correction exercice clôture). Organisation de la classe (CE). Thème et sous-thèmes.

Tableau 33 Structuration du thème 27. Classe 2

| Thème n° 27 (Durée : 25 min). Utilisation de la conservation de l'énergie mécanique pour déterminer la longueur d'un ressort. | Sous-thèmes | Org |
|---|---|-----|
| | | Cl |
| | N° 98 Système isolé. Les changements de forme d'énergie durant la descente du solide (Durée : 2 min) | CE |
| | N° 99 Calcul de la diminution de longueur d'un ressort en utilisant la conservation de l'énergie mécanique (Durée 8 min) | |
| | N° 100 Expression de l'énergie mécanique d'un système complexe : ressort+ solide+ Terre. Choix des états de références (Durée : 12 min) | |
| | N° 101 Comparaison de deux méthodes de calcul : utilisation du théorème de l'énergie cinétique ou de la conservation de l'énergie mécanique (Durée : 3 min) | |

Au début de la séance, le professeur reprend le dessin représentant la situation. Il rappelle l'énoncé de la question en interrogeant les élèves. Les changements de formes d'énergie stockée par le solide au cours de sa descente, ainsi que le système conservatif sont rappelés par l'enseignant. A partir de ce moment il invite un élève à corriger la troisième question au tableau.

La même procédure est utilisée pour la correction : l'enseignant guide l'élève qui corrige, répète à toute la classe les réponses que donne cet élève et fait des synthèses de temps en temps.

Du point de vue de la topogénèse, l'enseignant et l'élève au tableau sont responsables de la réutilisation des savoir précédemment étudiés : la conservation de l'énergie mécanique, les types d'énergies potentielles (de pesanteur et élastique), l'énergie cinétique, l'orientation de

l'axe et le choix des origines des énergies potentielles). Les autres élèves y participent en répondant aux questions du professeur.

Au moment du développement des expressions, l'élève au tableau est responsable de l'avancée du savoir. Il réutilise des savoirs issus d'une autre discipline scolaire (les mathématiques). L'enseignant y participe en le guidant et ré expliquant les procédures aux autres élèves (choix des positions adéquates pour l'utilisation de la conservation de l'énergie mécanique). Les autres élèves participent aussi à cette avancée en répondant aux questions du professeur.

A la fin de la correction, l'enseignant soulève la question de la comparaison des deux méthodes de résolution (utilisation du théorème de l'énergie cinétique ou de la conservation de l'énergie mécanique). Les élèves participent à cette discussion en optant pour la méthode utilisant la conservation de l'énergie mécanique, car pour eux celle-ci ne nécessite pas de passer par les travaux des forces en déplacement. Les élèves interpellent aussi l'enseignant sur la question du choix des états de référence. Pour eux le choix peut se faire en utilisant un même point pour les deux énergies potentielles (de pesanteur et élastique). L'enseignant ne semble être d'accord, il l'explique par les types d'énergies différentes et les renvoie au cours : on avait établi les états de référence pour chacune des énergies potentielles.

L'enseignant donne un moment aux élèves pour qu'ils recopient les formules et schémas au niveau de leur cahier.

Annexe 5. Description des séances en termes de phases didactiques

Dans la Classe 1

Phases didactiques de la première séance. Classe 1.

C'est une séance qui a duré 1 heure 19 minutes (côté caméra professeur). Le graphique (annexe) nous donne un aperçu des différentes phases (seul la caméra professeur est prise en compte ici).

L'activité (introduction de l'expérience, la réalisation de l'expérience et de l'activité proprement dite, la correction) occupe plus d'une heure dans cette séance. Le cours (qui est ici un texte que l'enseignante lit et commente avec les élèves) occupe le reste du temps avec à la fin une introduction pour une autre activité. Cette séance est donc largement consacrée à la réalisation et la correction d'une activité.

Phases didactiques de la troisième séance. Classe 1

Sa durée est 1 heure 35 minutes, la structuration de ses différentes phases est donnée par le graphe (annexe).

Une introduction de la séance, trois introductions d'activité, une introduction d'expérience expliquent la longueur de la catégorie introduction dans le tableau globale (Graphique 4). L'introduction de la séance est une occasion pour l'enseignante d'exhorter les élèves à redoubler d'avantage d'efforts pour bien travailler à l'école.

Cette séance est composée d'une correction d'activité et d'exercices faits à la maison, ils sont prolongés par une activité qui est débutée par une expérience. Nous sommes donc en présence d'une séance essentiellement consacrée à des activités. Cette phase d'activité est plus importante dans celle-ci que dans les deux premières (séances 1 et 2).

La séance est clôturée en prenant une décision pour le jour où le cours physique se déroulera.

Phases didactiques de la quatrième séance. Classe 1

La quatrième séance a duré 1 heure 19 minutes. Le graphique (annexe) montre les différentes phases qui se sont déroulées durant celle-ci.

Elle comporte une introduction et une clôture. L'introduction rappelle qu'on reprend une activité débutée dans la séance précédente et dans la clôture c'est la continuation de l'activité pour la séance prochaine qui est annoncée. La séance est composée d'une alternance de correction, de réalisation et elle est terminée par un développement de cours. Le développement du cours est aussi important que dans la séance 1 (cf graphique 4). Nous remarquons que les introductions ne sont pas plus variées que dans les séances 2 et 3, ce qui explique la différence de longueur avec ces dernières dans la Graphique 4. Mais en revanche la variation est plus accentuée que dans la première.

Phases didactiques de la cinquième séance. Classe 1

La quatrième séance dure 1 heure 17 minutes (Graphique annexe)). Elle comprend une longue introduction de la séance comprenant un rappel sur l'agenda des semaines à venir, une mise au point sur certains événements qui auront lieu dans les jours à venir ou qui se sont déroulés précédemment. Une introduction comprenant des rappels des cours précédents. Elle contient aussi une introduction pour un exercice et une activité. Toutes ces variétés que l'on observe dans le graphique 4 expliquent la longueur de la catégorie introduction.

La séance comprend un cours, un exercice réalisé et corrigé entièrement en classe, une activité réalisée et corrigée aussi en classe. Mais la durée consacrée à l'exercice est plus importante que celle accordée à l'activité (Graphique annexe).

Phases didactiques de la sixième séance. Classe 1

C'est une séance qui dure 52 minutes, avec une introduction de séance, de cours et d'exercice. Le développement du cours est une lecture d'un texte commenté avec la classe, celui-ci a une durée moins longue que l'exercice (graphique annexe)). La clôture de la séance est consacrée à la préparation du devoir surveillé.

La durée de la catégorie introduction est moins importante que celles se trouvant dans les séances 2, 3 et 4 (graphique 4). La durée du développement cours accompagné d'une lecture et explication est plus importante dans cette séance que dans les autres (séance 1 et 2).

Phases didactiques de la septième séance. Classe 1

Cette dernière séance (graphe annexe) dure 49 minutes, elle est constituée essentiellement de réalisation et correction d'exercice. Remarquons que dans cette séance il y a eu une explication de l'exercice (introduction exercice). C'est cette dernière qui donne à la catégorie des introductions sa longueur supérieure aux autres (séances 1 et 6).

Dans la Classe 2

Phases didactiques de la première séance. Classe 2

Le graphique (annexe) représentant les différentes phases de la première séance est composé d'une introduction et d'une clôture de séance qui encadre un cours magistral.

Ce cours se décompose en une première phase où il est question d'une lecture et d'explication d'un texte dans lequel figure un de contrôle oral qui résume ce qui est dit durant ce commentaire. Une deuxième phase de cours suit cette première, dans celle-ci le professeur développe son cours et à un moment donné fait un contrôle oral.

Phases didactiques de la deuxième séance. Classe 2

Elles sont représentées dans le graphique (annexe) où l'on retrouve un cours et deux exercices. Ces derniers se retrouvent avec des introductions assez longues à cause du temps consacré à écrire au tableau le texte de l'exercice, ce qui confirme la longueur observée dans la catégorie introduction au graphique 7. La phase d'exercice comprend une réalisation (qui est ici entièrement filmée) et une correction qui se sont toutes déroulées en classe. La phase de correction est plus importante que celle de la réalisation.

Le cours consiste à un développement au tableau de la classe, il est précédé d'une introduction de la séance.

Phases didactiques de la troisième séance. Classe 2

Elles sont représentées dans le graphique (annexe) où nous trouvons un introduction de séance qui est un rappel des cours précédents, suivi d'une série de développement de cours où le professeur utilise le tableau de la classe.

La série de développement de cours est terminée par une synthèse de ce qui est vue dans les cours précédents. Un travail à faire est donné aux élèves pour préparer un prochain cours, ce que nommons anticipation de cours. La réalisation et la correction d'exercice suivent cette série. Une clôture où le professeur dit aux élèves « qu'on arrête là » termine cette séance.

Phases didactiques de la quatrième séance. Classe 2

Les phases didactiques sont visualisées dans le graphique (annexe) où nous remarquons une introduction de séance qui sert aussi de rappel. Cette séance est composée d'une activité et d'un cours. On retrouve dans cette dernière phase un cours où une partie est un développement et l'autre partie est accompagnée d'une lecture et explication de texte. Ces deux phases ont à peu près une même durée.

Phases didactiques de la cinquième séance. Classe 2

Cette séance visualisée dans le graphique (annexe) comprend une introduction qui est aussi un rappel des cours précédents, d'un cours qui est accompagné d'une lecture et explication de texte à la fin et d'une série de réalisation et de correction d'exercice. Remarquons que les phases de réalisation d'exercices ne sont pas totalement filmées durant cette séance.

Remarquons aussi dans cette séance la durée des introductions d'exercices due à l'option du professeur d'écrire le texte de l'exercice au tableau pour permettre aux élèves de le recopier dans leur cahier. La durée de la réalisation ne peut être comparée à celle de la correction car cette première n'est pas totalement filmée, néanmoins nous constatons que beaucoup de temps est consacré à la correction des exercices.

Phases didactiques de la sixième séance. Classe 2

Cette séance représentée par le graphique (annexe) est composée d'une introduction (qui est aussi un rappel de cours) et de deux phases de cours séparées par une réalisation et d'une correction d'exercice. La première phase de cours est complètement accompagnée d'une lecture et explication de texte alors la deuxième l'est à des moments donnés.

La phase de réalisation de l'exercice (qui est ici entièrement filmée) est plus courte que celle de la correction.

C'est une séance qui est composée donc de cours et d'exercice avec une durée plus importante pour la première phase.

Phases didactiques de la huitième séance. Classe 2

Une partie de cette séance a fait l'objet d'une analyse, elle ne dure que 43 minutes (Graphique annexe)).

C'est une séance qui dure 51 minutes et comprend essentiellement une phase d'exercice qui est la suite de la correction de l'exercice précédente. Elle comprend aussi une introduction de séance qui est un rappel de ce qui a été corrigé dans cet exercice la séance précédente. La clôture de cette partie du cours est aussi une introduction pour un autre cours.

Cette partie de la séance à laquelle nous nous sommes intéressé concerne la correction d'un exercice qui a été commencé dans la séance précédente.

Annexe 6. Feuilles d'activités et d'exercices

Classe 1

Partie 3 : Formes et transfert d'énergie

Activité préliminaire.

Constituer un dossier sur les différentes formes d'énergie de la région Rhône-Alpes.

Le dossier doit contenir :

- quatre pages maximum, notées sur 10 points ;
- des documents d'origines diverses (Internet, photocopies, coupures de presse, brochures...), notés sur 5 points ;
- une bibliographie, notée sur 5 points.

ACTIVITÉ 1 : objet tiré par un moteur alimenté par une pile

Faire l'expérience suivante :

■ On alimente un moteur grâce à une pile. Sur l'arbre du moteur un fil s'enroule et entraîne un objet qui glisse sur la table.

Travail à deux

a. Décrire par écrit ce qu'il se passe.

Proposer une interprétation (explication) de cette expérience à partir de vos connaissances en sciences physiques ou de la vie quotidienne.

Faire un ou plusieurs schémas pour illustrer votre interprétation.

b. Pourrait-on répéter cette expérience un grand nombre de fois, en replaçant l'objet à sa position initiale à chaque fois ? Justifier la réponse.

Travail à quatre (se regrouper avec le groupe voisin)

c. Comparer vos schémas avec ceux du groupe voisin.

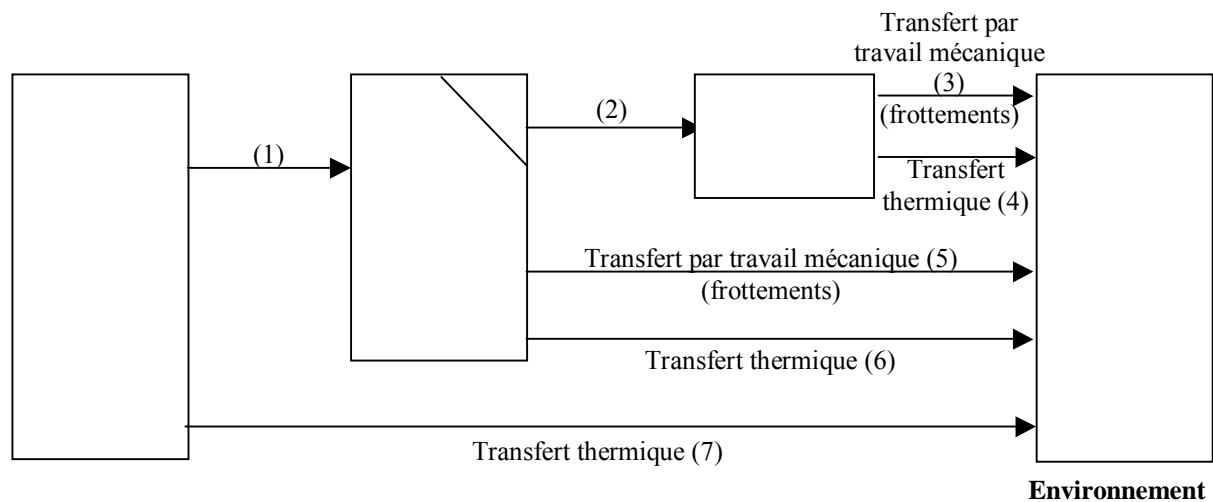
d. Reprendre les phrases écrites en a. et b. par chacun des deux groupes. Classifier en quatre catégories, dans le tableau suivant, ces phrases (ou parties de phrases) ainsi que les schémas.

| Objets et événements observables | Interprétation à partir de ce que vous savez en sciences physiques, | | |
|----------------------------------|---|---------------------------------|--------------------------------------|
| | Dans le domaine de l'électricité | Dans le domaine de la mécanique | Dans un ou plusieurs autres domaines |
| | | | |

Pour la suite des activités, se référer au *Modèle de l'énergie*.

Activité 2 : UTILISATION DU MODELE de l'énergie

On représente la situation étudiée dans l'activité 1 lorsque la vitesse de l'objet augmente. Une chaîne énergétique possible est la suivante, laissée incomplète. Utiliser le modèle de l'énergie (paragraphe I, II, III et IV) pour répondre aux questions.



a. Compléter la chaîne en indiquant sous chaque rectangle le nom du système (réservoir ou transformateur) qu'il représente et en précisant les modes des transferts d'énergie (1) et (2).

b. Pour chacun des systèmes représentés, préciser comment varie l'énergie stockée lorsque la vitesse de l'objet augmente.

c. Que néglige-t-on sur la situation si on ne représente pas le transfert thermique (7) ? même question pour les transferts (4) et (6).

d. Indiquer un moyen de diminuer la quantité d'énergie transférée par le transfert (3) et par le transfert (5).

Exercice relatif à l'activité 2

Se référer au paragraphe « le transfert par mode travail » du modèle de l'énergie pour répondre.

1. Décrire l'interaction en jeu pour les transferts (2) et (3) par mode travail :
 - en nommant les deux systèmes qui interagissent ;
 - en représentant sur un schéma les forces représentant cette interaction et en les nommant.

Indication : pour le transfert (2), on considérera que le fil fait partie du moteur.

2. Qu'est-ce qui est en mouvement dans le transfert (1) ?

Activité 3 : Comparaison de points de vue concernant les différentes formes d'énergie.

Les adjectifs attribués à l'énergie dans les documents consultés pour réaliser les dossiers sur l'énergie dans la Région Rhône Alpes relèvent plutôt de domaines technologiques et économiques. Historiquement, en se développant, la physique et la chimie ont élaboré leur propre classification de l'énergie. Par exemple, les physiciens utilisent :

- l'énergie cinétique : elle augmente avec la masse et la vitesse du système ;
- l'énergie potentielle : c'est l'énergie stockée même si les systèmes en présence sont immobiles, le mot "potentielle" exprimant la potentialité d'un mouvement ultérieur.

Au niveau macroscopique, les formes d'énergie sont nombreuses, elles sont liées aux phénomènes et aux grandeurs physiques macroscopiques qui les décrivent.

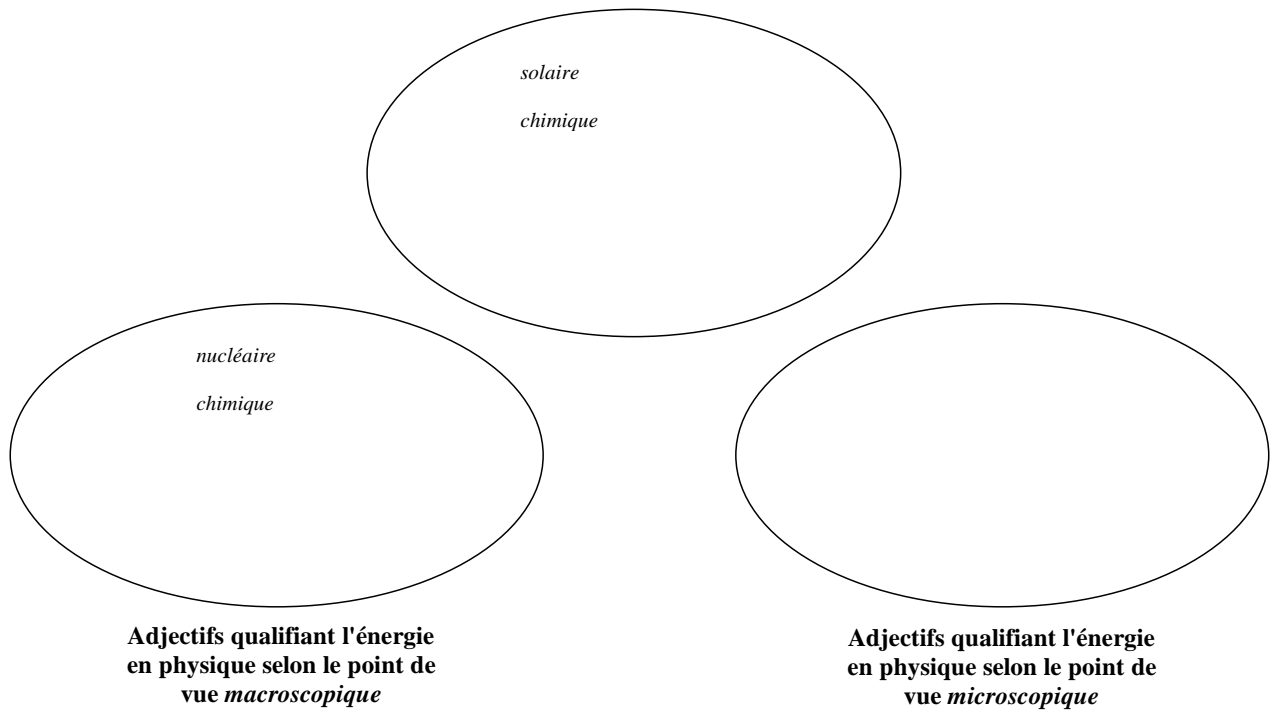
En revanche au niveau microscopique, "il n'y a finalement que deux formes d'énergie, cinétique et potentielle, quelles que soient les diverses *interactions fondamentales* que l'on est amené à distinguer²". Par exemple, l'énergie thermique s'interprète comme de l'énergie cinétique désordonnée des particules qui composent un système.

a. Compléter le diagramme ci-dessous à partir du dossier réalisé, du texte précédent et de vos connaissances en physique.

Certains adjectifs peuvent appartenir à plusieurs domaines (voir exemple).

² Dictionnaire de la physique Mathieu, Kastler, Fleury -Masson 1983

**Adjectifs qualifiant l'énergie dans la vie de tous les jours
et dans les domaines technologiques et économiques**

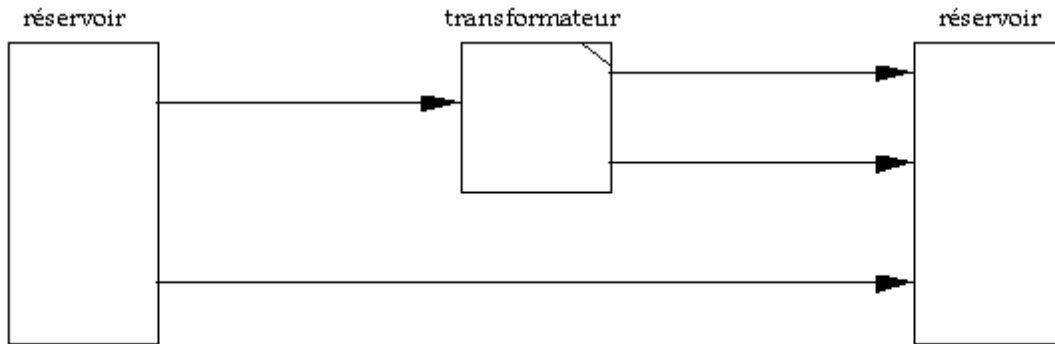


b. Proposer un ou deux adjectifs qualifiant l'énergie stockée selon les trois points de vue précédents pour les différents sites ou dispositifs suivants :

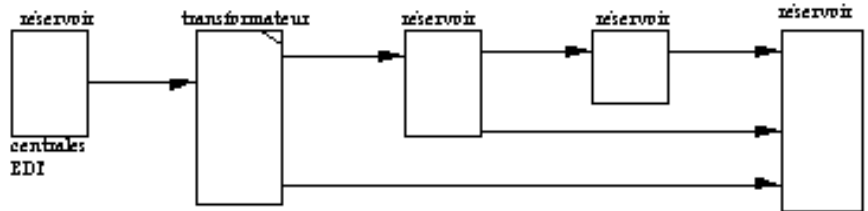
| Sites ou dispositifs | Vie de tous les jours | Point de vue macroscopique | Point de vue microscopique |
|---|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Pile | | | |
| Eolienne (partie en amont de l'alternateur) | | | |
| Barrage de Génissiat (partie en amont de la turbine) | | | |
| Centrale au charbon (partie en amont de l'alternateur) | | | |
| Centrale du Bugey (partie en amont de l'alternateur) | | | |

Exercices

1. On donne ci-dessous la chaîne énergétique d'une pile faisant fonctionner une ampoule. Complétez la chaîne en nommant chacun des systèmes et en précisant chaque mode de transfert.



2. On donne ci-contre la chaîne énergétique d'une situation de chauffage d'une quantité d'eau contenue dans un récipient à l'aide d'un thermoplongeur (résistance électrique plongée dans l'eau).



a. Nommez chaque système et précisez le mode de chacun des transferts.

b. Que faudrait-il modifier dans la chaîne ci-contre si on chauffait l'eau à l'aide d'un réchaud électrique ?

Partie 4 - Le travail : transferts et changements de forme de l'énergie

Activité 1 : Lancers de médecine-balls

■ On dispose de deux médecine-balls, un léger et un plus lourd. Lancer verticalement chaque médecine-ball à différentes hauteurs et le rattraper.

- Décrire par quelques mots dans le tableau ci-dessous la façon dont vous vous y prenez :
 - pour le lancer et à faible hauteur et la réception du médecine-ball le plus léger ;
 - pour le lancer à moyenne hauteur et la réception des deux médecine-balls ;
 - pour le lancer et à grande hauteur et la réception du médecine-ball le plus lourd .

| | faible hauteur | hauteur moyenne | | grande hauteur |
|-----------|----------------|-----------------|----------|----------------|
| | MB léger | MB léger | MB lourd | MB lourd |
| lancer | | | | |
| réception | | | | |

2. A propos expériences précédentes, mais uniquement pour le lancer, indiquer les grandeurs physiques mises en jeu dans vos descriptions.

| | faible hauteur | même hauteur (moyenne) | | grande hauteur |
|--------|----------------|------------------------|----------|----------------|
| | MB léger | MB léger | MB lourd | MB lourd |
| lancer | | | | |

Activité 2 : étude de la situation de l'activité 1 d'un point de vue énergétique

On utilise le modèle de l'énergie de la partie 3 pour cette activité.

1. Première approche du point de vue énergétique

a. Interpréter selon un point de vue énergétique ce qui se passe lors d'un lancer.

Préciser les éventuels réservoirs et/ou transformateurs, les éventuels transferts, précisez leur mode.

On ne s'intéressera pas aux transferts d'énergie entre les différents organes ou parties du corps (bras, main, muscles, système sanguin...), parties que l'on associera dans un unique système.

On considère comme négligeables les transferts thermiques et les frottements avec l'air.

b. Même question pour les trois autres phases (montée, descente, réception) du mouvement.

2. Les différentes formes d'énergie du système

a. Pendant la montée

On s'intéresse au système (médecine-ball + Terre), considéré comme un système isolé pendant la montée.

- En déduire comment évolue la quantité d'énergie du système (médecine-ball + Terre) pendant la montée ?
- Comment évolue l'énergie cinétique du système (médecine-ball + Terre) pendant la montée ?

On admet que l'énergie cinétique perdue a été transformée en énergie potentielle.

Préciser comment évoluent les quantités d'énergie stockées sous forme cinétique et potentielle. Pour quelles positions ces quantités sont-elles maximales ? minimales ?

A votre avis, de quelles grandeurs dépend l'énergie potentielle du système ?

b. Pendant la descente

- Comment évolue la quantité d'énergie du système (médecine-ball + Terre) pendant la descente ?
- Précisez comment évoluent les quantités d'énergie stockées sous forme cinétique et potentielle. Indiquer en quelles positions ces quantités sont maximales et en quelles positions elles sont minimales.

c. Pour les phases de lancer et de réception du médecine-ball

Indiquer pour chacune de ces deux phases si l'énergie stockée par le système (médecine-ball + Terre) augmente, diminue, ou est constante. Précisez quand elle est minimale et quand elle est maximale.

3. Grandeurs dont dépend la quantité d'énergie transférée par mode travail

On s'intéresse au lancer et à la réception. On s'intéresse maintenant au système médecine-ball tout seul.

- a. Décrire l'interaction en jeu pour le transfert d'énergie (par mode travail) :
 - en nommant les deux systèmes en interaction ;
 - en nommant et en représentant les deux forces mises en jeu dans cette interaction.
- b. A partir du geste effectué pour lancer le médecine-ball le plus haut possible et de l'analyse du lancer faite dans l'activité 1, déterminer quelles grandeurs doivent varier pour que la quantité d'énergie transférée soit la plus grande possible.
- c. On peut analyser la réception de la même façon. Vérifier si la réponse précédente s'adapte à cette phase.
- d. Finalement, de quelles grandeurs dépend la quantité d'énergie transférée par mode travail ?

Conclusion : expression du travail d'une force

4. Travail effectué par le poids

Donner l'expression du travail effectué par le poids du médecine-ball pour le déplacement de A à B pendant la montée puis de B à A pendant la descente.

Application numérique : $AB = 1,50\text{m}$; $m = 4\text{ kg}$.

Le travail effectué par le poids correspond-il à un transfert d'énergie entre deux systèmes ?

Lire le complément au modèle de l'énergie

Exercices partie 4

On prendra $g = 9,81\text{ N.kg}^{-1}$ pour tous les exercices.

Exercice 5 p.106. Questions a., b. et c.

1. On abandonne sans vitesse initiale une bille de masse $m = 20,0\text{ g}$ d'une hauteur $h = 10,0\text{ m}$ au-dessus du sol. On considère que la force exercée par l'air sur la bille est négligeable.
 - a. Déterminer la variation d'énergie potentielle de la bille entre la position initiale (A) et finale (B).
 - b. Déterminer la variation d'énergie cinétique de la bille entre la position initiale et finale.
 - c. En déduire la vitesse de la bille lorsque celle-ci atteint le sol.
 - d. On lance à présent la bille depuis le sol . Elle s'élève d'une hauteur $h' = 30,0\text{ m}$. Calculer la vitesse qu'elle avait à la fin du lancer, c'est à dire au moment où elle quitte la main du lanceur.
2. Pour lancer à la verticale un médecine-ball de masse $m = 4,0\text{ kg}$, un élève exerce une force que l'on suppose constante d'intensité $F = 70\text{ N}$. La distance de poussée est de 60 cm .
 - a. Pour la phase de lancer, établir les expressions puis calculer :
 - le travail de la force exercée par l'élève ;
 - la variation d'énergie cinétique et la variation d'énergie potentielle du médecine-ball ;
 - la vitesse du médecine-ball à la fin du lancer.

b. On s'intéresse à la montée du médecine-ball dans l'air. On considère que la force exercée par l'air sur le médecine-ball est négligeable. A quelle hauteur au-dessus du sol le médecine-ball va-t-il s'élever ?

Exercice 13 p.121

Annexe 7. Transcription de la troisième séance de la classe 1

Séance n°3. LSt-Ex. Formes et transferts d'énergie (demi classe). Comparaison de points de vue concernant les différentes formes d'énergie **Début** Thème Adjectifs qualifiant l'énergie stockée dans la vie de tous les jours, dans les domaines technologiques et économiques, en physique du point de vue microscopique et macroscopique *Début sous thème Gestion et organisation de la classe* (**Organisation de la classe CE**) (Pr-CI) *Inclusion* *Organisation du travail* **Introduction de la séance**

1. P (...) Vous avez fait la dissert pour mardi matin/le DS d'espagnol vous l'avez révisé lundi soir pour mardi matin / En principe la veille d'un DS si on a travaillé de façon régulière entre deux cours on révise pas / Y a rien à réviser puisque on a/On est à jour dans les connaissances / Donc vraiment faudrait que vous compreniez ça/ C'est comme si vous essayer toujours de nager derrière le barque hein/ Vous êtes déjà donné d'autres heu /au lieu de sauter dedans/ De monter dedans et d'être dans le bateau vous ramez derrière en permanence/ Vous êtes toujours en train de rattraper le heu d'essayer de vous maintenir juste la veille d'un DS/ Et ça je pense que vraiment quand vous aurez compris que c'est plus intéressant déjà en cours en plus que de noter d'essayer de comprendre ce que vous faites d'être actifs / Et ensuite chez vous entre deux cours de vous de heu de vous replonger un peu dedans dans ce qui a été vu pour arriver au cours suivant en ayant quand même des souvenirs/ Je pense que vous aurez beaucoup moins de travail après/vous devriez pas être heu envahis par le travail / C'est normal que vous ayez du travail/mais faudrait pas faire que ça/A h bon je vous l'ai déjà dit / (*L'enseignante ouvre son sac, sort ses documents et les pose sur le bureau*)/ C'était une parenthèse / Cette chimie je vous la rendrais en chimie la semaine prochaine *Fin inclusion*

2. **Introduction des activités** Donc aujourd'hui qu'est ce qu'on va faire/ On va finir la partie 3 / Vous aviez une activité à finir et vous aviez deux exercices à voir et ensuite / Donc on va corriger ça et ensuite on va commencer la partie 4 (elle arrange ses documents sur son bureau) On va/ La dernière fois on a travaillé sur les m/ Les adj...les différents adjectifs *Inclusions*

2. Noé_ Mme (*il lui tend le un cahier*)

3. P_ Merci (*en prenant le cahier*)

4. Elève_ (*Un élève frappe à la porte*)

5. P_ Oui

6. Elève_ (*ouvre la porte de la salle*)

7. P_ Pourquoi tu es en retard

8. Elève_ J'ai pas vu l'heure

9. P_ Tu étais où

10. Elève_ J'étais chez moi

11. P_ Installe-toi vite / *Fin inclusion* (Elle arrange ses feuilles en attendant que l'élève s'installe) *Début sous Thème. Formes d'énergie dans la région de Rhône-Alpes. Adjectifs qualifiant énergie stockée (rappels dossier sur énergie et annonce activité sur les adjectifs stockés dans un système)*/ Donc a on commencé une activité la dernière fois où on réfléchi sur l'utilisation des termes des adjectifs attribués à l'énergie / Heu dans la vie de tous les jours ou dans les domaines technologiques comme vous les aviez utilisez dans les dossiers que vous m'avez donnés et que j'ai commencé à lire mais je ne les ai pas encore tous lus / Donc je vous les rendrez heu je pense aussi courant de la semaine prochaine ces dossiers / Et donc adjectifs dans la vie de tous les jours et adjectifs qu'on utilis qu'utilise plus particulièrement le physicien / Soit au niveau microscopique soit au niveau macroscopique donc on avait fait le rempli les ensembles et il restait une question concernant quelques centrales en région Rhône-Alpes que vous avez d'ailleurs souvent mentionnées dans vos travaux / Et on vous demandait de proposer des adjectifs pour l'énergie stockée selon les trois

points de vue qu'on avait vu tout à dans la question petit a/α<219971> **Correction de l'activité 3 (suite)** Donc premier dispositif dont on vous parle c'est une pile/ [Fin sous Thème](#) α<223841> [Inclusion Organisation du travail](#) [Gestion et organisation de la classe](#) Donc faudrait déjà sortir l'exercice ça pourrait être utile / C'est bon/ Tout le monde y est / Il est où ton exercice Alexis/

12. Alexis_ .../

13. P_ T'as pas tes affaires Audré tu l'as/

14. Audre_ .../

15. P_ Tu l'a/Oui/

16. Noé_ Mme /

17. P_ Oui /

18. Noé_ le 25 page/

19. P_ Non ça c'est de la chimie ça/Le tableau à remplir sur l'activité 3 /α<274486> Donc quand pour illustrer ce que je dis pour aller dans le même sens que ce que je disais avant ceux qui ont rien fait là bien vous allez perdre votre temps aujourd'hui / Puisque copier les réponses ça sert à rien si vous n'y avait pas réfléchi / Donc soit après chez vous vous allez y re-réfléchir mais bon vous aurez sûrement d'autres choses à faire / Soit vous allez lire les réponses et dire Ah oui Ah oui / Mais autant ne rien faire allez vous promenez / Je pense que se sera plus utile au moins vous ferez du sport ça sert à rien de recopier des réponses / Je vous rappelle aussi que heu étant qu'en ce moment vous êtes pas très motivés pour travailler je peux faire heu un certain nombre de contrôles surprises comme mardi et ramasser les exercices / Je peux très bien les ramasser les exercices et les noter / Donc heu si il faut ça pour vous booster un peu bien je peux en utiliser/ [Fin inclusion](#) α<322327> [Début sous Thème Qualificatif de l'énergie stockée selon les différents domaines](#) Alors une pile dans la vie de tous les jours comment on qualifie l'énergie stockée par la pile/

20. Elèves_ Chimique chimique électrique/

21. P_ Dans la vie de tous les jours /

22. Elève_ Electrique/

23. P_ Oui Je pense que on dirait plutôt électrique /α<337194>Par contre chimique on va l'utiliser/

24. Elève_ Du point de vue macroscopique/

25. P_ Du point de vue macroscopique en physique /Oui /α<344373>Et du point de vue microscopique/

26. Benoît_ Potentielle/

27. P_ On dira que l'énergie est sous forme potentielle dans la pile oui /α<350466> Donc pour la pile y a électrique chimique potentielle/ α<356209>Pour l'éolienne/Dans la vie de tous les jours/

28. Elèves_ éolienne/

29. P_ Oui c'est le terme que vous aviez utilisé dans vos dossier hein énergie éolienne /α<365781>En physique en du point de vue macroscopique/

30. Elèves_ Cinétique mécanique/

31. P_ Heu_ mécanique/ Alors on parle/

32. Elève_ cinétique

33. P_ Oui/C'est plus précis en physique/ La partie qui est en amont de l'alternateur / On utilise plutôt le terme d'énergie cinétique /α<383565>Et du point de vue microscopique/

34. Elèves_ Cinétique/

35. P_ Cinétique aussi oui /α<387759> Un barrage/Donc la partie pareille avant la turbine/

36. Elèves_ ...

37. P_ On parle d'énergie hydraulique / Parfois on trouve aussi le terme d'hydro-électrique/ α<398958>En physique on dira /

38. Elèves _...
39. P_ Au niveau macroscopique/ Oui énergie potentielle oui /α<408815> Et au point de vue microscopique/
40. Elève_ Potentielle/
41. P_ En fait ce point de vue il est pas il a p/ On s'en sert pas trop ici / On dit plutôt/ En fin on peut dire les deux je pense au point de vue microscopique cinétique ou potentielle peut être plutôt cinétique on imaginera plutôt le mouvement des particules / Mais bon c'est vrai que c'est un point de vue qui dont le physicien se sert pas du point de vue microscopique pour cet exemple là/
42. α<438661>Elève_ .../
43. P_ Pardon /
44. Elève_ Cinétique /
45. P_ Ma/Moi je marque si on peut marquer cinétique ou potentielle et marquer entre parenthèse que on s'en sert pas que le physicien s'en sert pas au point de vue sans intérêt/α<457700> Pour une centrale au charbon/ Donc ce qu'on met heu ce qui sert à la combustion/
46. Elève_ Fossile /
47. P_ Alors fossile oui / Parce que on fait référence à des énergies fossile comme comme quoi/
48. Elève_ Pétrole/
49. P_ Le pétrole oui ou le fuel Ou encore/
50. Elève_ Gaz naturel/
51. P_ Le gaz naturel heu/α<480651> Alors en fait nous on ne met même pas le pétrole puisque la centrale c'est une centrale au charbon / Donc là on a pas le choix l'énergie fossile c'est le charbon / Mais le fuel le pétrole le gaz naturel sont aussi des énergies fossiles/ C'est vrai /α<493972> Mais dans une centrale au charbon ce qu'on fait brûler c'est le charbon / Vous utilisez un autre terme aussi parfois dans vos dossier / Pour les centrales au charbon/
52. Elève_ Thermique/
53. P_ Oui centrale thermique aussi/ α<507959>Donc les deux adjectifs vont là fossile et thermique/α<510882> En physique du point de vue macroscopique c'est une énergie qui est de sous quelle forme/
54. Elève_ Chimique/
55. P_ Oui sous forme chimique puisque ce qui va produire de l'énergie là c'est la combustion du charbon / En réaction avec le dioxygène/α<527884> Et au niveau microscopique/ Quand on regarde un morceau de charbon l'énergie stockée au niveau microscopique /
56. Elève_
57. P_ Oui c'est de l'énergie potentielle qui pourra se libérer lors de la combustion avec le dioxygène/α<547706> Et en fin la centrale nucléaire/ Dans la vie de tous les jours on parle d'énergie /
58. Elève_ Nucléaire/
59. P_ Nucléaire oui /α<558380> Du point de vue macroscopique en physique/
60. Elève_ Nucléaire /
61. P_ Nucléaire aussi/α<562728> Et du point de vue microscopique / (*silence des élèves*)/ Si on regarde un morceau d'uranium/
62. Elève_ Potentielle/
63. P_ Potentielle d'accord / Le heu les atomes d'uranium sont susceptibles de générer de heu hein les noyaux des atomes d'uranium sont susceptibles de générer de l'énergie/
64. α<580559>Noé_ .../
65. P_ Hein/
66. Noé_ Quand on les extrait ils ne font pas/

67. P_ Quand on les extrait/
 68. Noé_ Ils ne sont pas déjà radioactif quand on les extrait/
 69. P_ Alors l'uranium est radioactif / Mais dans les centrales se qu'on utilise c'est des réactions de heu fission / Donc on va envoyer des neutrons ça ce que vous m'aviez décrit / Donc on utilise pas la radioactivité naturelle mais on on génère des réactions de fission/ On fait en sorte que les noyaux d'uranium se scindent en deux et en se coupant en deux ils libèrent de l'énergie/ Est ce que vous avez des questions/Sur la fin de l'activité/ Bon c'est bon alors vous aviez aussi/ [Fin sous Thème](#) **Fin Thème** <615320>**Début thème. chaîne énergétique : identification des systèmes, des modes de transferts d'énergie** **Correction** **exercices sur les chaînes énergétiques** [Inclusion](#) [Gestion de la classe et organisation du travail](#) Je vous avais donné aussi les deux exercices heu qui était sur une feuille indépendante avec des chaînes énergétiques/ Des exercices que je vous avais demandé de heu auxquels je vous avais demandé de réfléchir/ C'étais des exercices qui vous donnaient d'autres exemples de chaînes énergétiques/ Qui vous permettraient de réfléchir sur sur des exemples simples/
 70. <641228>Noé_ Je vois pas du tout ce que c'est/
 71. P_ ça/ (elle lui montre la feuille)/
 72. Noé_ Je vois pas du tout ce que c'est/
 73. P_ Alors si vous avez pas fait parce que vous aviez perdu la feuille on les corrigera une autre fois et vous y réfléchirez chez vous (elle montre la feuille à toute la classe)/ C'est une demi feuille que je vous ai distribuée en fait puisque ma/ Y a deux exercices sur une demi page que je vous ai distribués
 74. Elève_ .../
 75. P_ Heu j'ai du vous distribué ça lundi je pense/ Donc si tu cherches bien tu vas peut être la trouver/
 76. Elève_ .../
 77. P_ Heu je me rappelle plus si je l'ai distribuée en fin ou en début /
 78. Elève_ .../
 79. P_ Oui mais il m'en je crois pas qu'il en restait/ Donc normalement vous l'avez la feuille (Elle vérifie auprès de certains élèves) Qui s'est qui l'a pas/ Y a juste toi Noé/
 80. Noé_ Les activités 1 2 3
 81. P_ Qui s'est qui l'a pas fait/ (Silence des élèves)/ Donc vous êtes pas si vous êtes pas si nombreux que ça mais bon c'est tant pis pour vous hein / Donc je te donne la mienne lala mienne alors<712570> (Elle lui donne la feuille et retourne à son bureau)/<731742> Donc on peut corriger quand même vu que vous êtes heu vous êtes vous l'avez pratiquement tous fait/ [Fin sous thème](#) <736748> [Début sous Thème Identification des noms de systèmes de modes de transfert d'énergie de position des systèmes dans une chaîne énergétique](#) Pour le premier exercice on vous dit qu'on considère une pile/ La chaîne énergétique d'une pile qui fait fonctionner une ampoule / On vous demande compléter cette chaîne en nommant les systèmes et en précisant chaque mode de transfert/<750855> Donc sur la chaîne sont représentés trois systèmes/ Dans le descriptif de la chaîne énergétique on disait une pile fait fonctionnait une ampoule donc déjà dans c'est là dedans qu'il fallait aller chercher les noms des systèmes/<765348> Qu'est ce que tu propose heu Lynda/ Pour le premier réservoir/
 82. Lynda_ La pile /
 83. P_ La pile/
 84. Lynda_ .../
 85. P_ Le deuxième quoi carré ou le deuxième réservoir/
 86. Lynda_ Le transformateur/
 87. P_ Le transformateur c'est l'ampoule/
 88. Lynda_ Le réservoir c'est l'environnement/
 89. P_ Voilà le dernier réservoir c'est l'environnement quand on met l'environnement on met

un peu tout dans ce mot environnement/ Mais en fait c'est surtout ce qui est autour de la pile / Vous êtes d'accord/

90. Elève _ .../

91. P_ Oui/<794884> Alors le transfert thermique entre le réservoir et le transformateur/Bilel/ C'est quel type de transfert/

92. Bilel _ .../

93. P_ Transfert d'énergie pardon/ Je crois que j'ai dit transfert thermique je devais dire le transfert d'énergie entre le réservoir et le transformateur/

94. Bilel_ Transfert par travail électrique/

95. P_ Transfert par travail électrique/ Et entre le réservoir heu pile et le réservoir environnement/

96. Bilel_ Transfert heu transfert thermique /

97. P_ Transfert thermique oui/

98. Bilel_ Par rayonnement/

99. <826986>P_ Par rayonnement/Alors

100. Elève _ .../

101. P_ Alors j'étais entre la pile et l'environnement/ Maintenant entre la pile non pardon entre heu/

102. Elèves _ .../

103. P_ Attendez je vais je vais reprendre/ Parce que je me suis mélangée les pinceaux/ Entre la pile et l'ampoule/ On a dit travail électrique/ Oui / Et entre la pile et l'environnement on a dit transfert thermique/<852604> Et maintenant entre heu l'ampoule et l'environnement y a deux flèches/ Y en a une.../

104. Lynda _ Thermique/

105. P_ C'est un transfert thermique/

106. Lynda _ Rayonnement/

107. P_ Et l'autre c'est transfert par rayonnement/ D'accord/ Donc c'était vraiment une situation très simple mais mais ça vous permet de mettre en jeu le modèle qu'on vu sur sur l'énergie/<873190> Ensuite la deuxième chaîne qu'on construit c'est on chauffe une quantité d'eau qui est contenue dans un récipient et on le chauffe on le fait à l'aide d'un thermoplongeur/ C'est une résistance électrique qu'on plonge directement dans l'eau / Donc nommer chaque système et préciser le mode de chacun des transferts/<894303>Donc le premier système hein il était donné c'était la centrale EDF/ Ensuite le premier transformateur qu'on va voir/ Vous proposez quoi/ Chessica/

108. Jessica _ Le thermoplongeur/

109. P_ Le thermoplongeur oui/ Ensuite y a un réservoir juste après le transformateur/

110. Jessica _ l'eau/

111. P_ L'eau/<918228> Et le réservoir suivant/

112. Jessica _ Le récipient/

113. P_ Le récipient/ Par exemple une casserole hein ou / Effectivement/<926771> Et le dernier réservoir/

114. Elève _ Environnement/

115. P_ L'environnement/<929564> Donc de gauche à droite on a la centrale EDF le thermoplongeur qui est un transformateur l'eau le récipient et l'environnement /<941494> Alors pour les transferts maintenant d'énergie entre la centrale et le thermoplongeur/

116. Noé _ Travail électrique/

117. P_ Travail électrique/ Effectivement/Entre le thermoplongeur et l'eau/

118. Elève _ Thermique/

119. P_ Heu Transfert thermique oui/<958851> Et entre le thermoplongeur et l'environnement/

120. Elève_ Thermique/
 121. P_ Transfert thermique aussi/α<965388> Ensuite y a entre l'eau et le récipient/
 122. Elève_ Thermique/
 123. P_ Transfert thermique/ L'eau chauffe qui du coup elle chauffe le récipient aussi/ Et par cha chaleur se propage de l'eau au récipient/α<981318> Et entre l'eau et l'environnement/
 124. Elève_ Thermique/
 125. P_ Transfert thermique aussi/ L'eau étant plus chaude / La température devenant plus chaude que celle de l'environnement y a un transfert thermique entre l'eau et l'environnement/α<992566> Et en fin il reste le heu mm Le récipient/
 126. Elève_ Thermique/
 127. P_ Qui transfert lui une partie de son énergie à l'environnement par transfert thermique parce que lui aussi s'échauffe/α<1004498> Donc voilà heu que faudrait-il modifier dans la chaîne ci-contre si on chauffait l'eau à l'aide d'un réchaud électrique/ Un réchaud électrique c'est comme heu c'est ce qu'on utilise parfois en chimie par exemple/ Vous savez les
 128. Elève_ Les gaz/
 129. P_ Les réchauds que vous branchez sur lesquels vous posez un récipient/ α<1027315>Noé/
 130. α<1028248>Noé_ entre heu c'est un transfert thermique depuis le thermoplongeur jusqu'à l'environnement/
 131. P_ Oui/
 132. Noé_ Et comment ça se fait puisqu'il est dans l'eau le thermoplongeur/α<1035556>
 133. P_ Alors la partie qui chauffe l'eau est dans l'eau mais à l'extérieur y a le fil qu'on branche et donc le fait de faire passer du courant dans le fil on peut en fin va provoquer un échauffement de celui-ci alors/Après on pourrait dire que discuter s'il était voir s'il est important ou pas important/ Mais là on l'a dé comme la flèche étant représentée le seul transfert possible qu'il y a entre les deux c'est un transfert thermique/ Mais c'est vrai qu'il est pas très élevé/α<1064012> Donc qu'est ce qu'il faudrait modifier si au lieu de chauffer l'eau en plongeant la résistance dans l'eau si on avait un réchaud électrique sur lequel on pose le récipient/
 134. Elève_ On inverse le récipient et l'eau/
 135. P_ Oui / Oui faudrait inverser hein la position des réservoirs récipients et eau/ Puisque le réchaud qui serait le transformateur il chaufferait en premier/ Il chaufferai le récipient qui lui même chaufferai l'eau/ Alors qu'avant c'était le contraire on plongeait la résistance dans l'eau donc on commencer par chauffer l'eau et puis ensuite le ça pla chaleur se propageait au récipient/α<1099391> Donc au lieu de d'avoir un thermoplongeur on aurait un réchaud électrique pour le transformateur et on échangerait la position des réservoirs eau et du réservoir récipient/
 136. α<1114220>Noé_ Il peut pas y avoir un travail électrique entre le transformateur et l'eau/ Parce que l'eau c'est conducteur d'électricité/
 137. P_ Heu Alors l'électricité / L'eau est conductrice un petit peu effectivement mais le thermoplongeur il est isolé l'électricité en fin ne peut pas passer directement dans l'eau/ Ce qui le l'électricité qui passe dans le thermoplongeur sert à chauffer sa température/ Une fois qu'il est chaud bien quand il chauffe il chauffe l'eau/ C'est bon vous avez tout noter/ Vous avez des questions/
 138. Elève_ .../
 139. P_ Non/ [Fin sous thème](#) **Fin Thème** α<1161589>**Conclusion de l'activité 3** Bien alors on peut passer à la suite/ **S3_ Le travail transferts et changements de forme de l'énergie**
Début Thème. Lien entre force et mouvement : étude des actions de lancer et réception de médécines-ball de masses différentes. [Début sous Thème. Mode de transfert d'énergie par travail mécanique \(Annonce et consignes concernant le modèle de](#)

l'énergie). **Introduction a la partie 4** Donc la partie 3 sur les formes les différentes formes et les transferts d'énergie est terminée/ Par contre le modèle qui servait dans cette partie on va s'en resservir dans la partie suivante et on va aussi le compléter ce modèle donc/ Ne le mettez pas rebus trop vite au contraire faites comme tous les modèles que je vous ai déjà distribués/il accroché dans votre chambre/ Comme poster et le lire tous les jours/<1194713> Donc partie 4 cette fois-ci on va regarder heu plus précisément les transferts par travail/ On va s'intéresser à ce/au travail mécanique/<1206278> (*elle distribue les feuilles*)/<1224627> Donc on va que l'énergie pouvait être transférée de trois façons différentes soit par travail soit par rayonnement soit par transfert thermique/ Et on va s'intéresser dans cette nouvelle partie au transfert par travail/ Par mode travail/ *Fin sous thème* <1239570> *Inclusion Organisation du travail* Je vous laisse faire les découpages de l'activité le découpage de l'activité 1/

140. Elève _ .../

141. P_ Oui ça c'est nous/oui c'est la partie 4/

142. Elève _ .../

143. P_ Pardon/

144. Elève _ .../

145. P_ Oui je vous conseille de découper l'activité 1 et de la coller sur la feuille et d'écrire vos réponses en dessous/ *Fin inclusion* <1265345> *Début sous thème. Expression mathématique du travail (Explication du but de l'activité et consignes pour la réalisation de l'expérience "lancer de médecine-ball de masses différentes a différentes hauteurs)*

Introduction Expérience Consignes Donc on va s'intéresser d'une part au transfert donc heu par travail / Transfert d'énergie par mode travail mais aussi aux changements de formes de l'énergie/ Tout ça c'est des choses qu'on a déjà évoqué dans la partie 3 et qu'on va voir de façon plus précise dans cette partie 4 / En particulier on va on va chercher à donner une expression mathématique du travail mécanique/<1298002> (*elle arrange ses feuilles*) posées sur le bureau)/<1362742> Alors on va reprendre une situation qu'on avait déjà analyser en mécanique/ C'est à dire on va s'intéresser au lancer en fin on va lancer un médecine-ball vers le haut récupérer ce médecine-Ball/ Donc cette situation vous l'avez déjà expérimentée et on l'avait analysée en mécanique du point de vue.../

146. Elève _ .../

147. P_ mécanique oui/Et donc on s'était intéressé.../

148. Elève_ Aux forces/

149. P_ Aux forces qui étaient en jeu/ Maintenant on va s'y intéresser à cette même situation mais du point de vue de l'énergie/<1391836> On va regarder ce qui ce s'est ce qui est en jeu ce qui se passe au niveau de l'énergie et des transferts d'énergie en jeu /<1397429> Donc vous allez heu vous avez cha j'en ai pas assez mais j'ai mis deux médecine-ball par groupe de 4/ Normalement y en a un léger en fait si on peut appelé ça léger/ Ou un lourd et un moins lourd on va dire/ Dans l'énoncé on parle d'un médecine-ball léger et d'un médecine-ball lourd/ Y en a un vous verrez qui est plus léger que l'autre/ Si non si y a la différence est pas assez importante j'ai aussi une balle toute simple qui est qui est cette fois-ci beaucoup plus légère que vous pouvez utiliser aussi/<1429712> Donc ce qu'on veut c'est que vous lanciez verticalement le médecine-ball comme on avait fait en mécanique hein / Je lance vers le haut et on le rattrape/

150. Elève _ (*essaie de lancer le médecine-ball*)

151. P_ Attention il ça fait de l'effet quand il arrive/ Heu et ce qu'on veut c'est comparer différentes choses dans le lancer d'une part et dans la réception c'est à dire qu'on récupère le médecine-Ball/ Pour les deux médecine-ball le lourd et le léger/<1456895> Donc on vous dit heu lancer verticalement chaque médecine-ball à différentes hauteur et le rattraper/ Décrire par quelques mots dans le tableau ci-dessous la façon dont vous vous y prenez/ Alors pour le lancer à faible hauteur vous pouvez barrer le et y a un et en trop/ Pour le lancer à faible

hauteur et la réception du médecine-ball le plus léger/ Pour le lancer à moyenne hauteur et la réception des deux médecine-ball et pour le lancer à grande hauteur et la réception le plus lourd/ $\alpha < 1493304 >$ Donc en fait ce qu'on veut c'est comparer des médecine-ball qui n'ont pas la même masse et aussi faire des lancer différents/ Lancer sur une petite hauteur et essaie de lancer de plus en plus haut moyenne hauteur et grande hauteur et de voir la différence au niveau de se qu'on ressent/ Quand on lance le médecine-ball et aussi quand on le récupère/ Qu'est ce qu'on ressent quand on... / Décrire par quelques mots la façon dont vous vous y prenez/ C'est à dire quels sont les gestes que vous devez faire pour lancer de plus en plus haut/ $\alpha < 1523223 >$ Alors évidemment il s'agit pas d'aller toucher cogner le plafond ni d'aller lancer le médecine-ball sue la lampe/ Donc vous essayer de lancer de plus en plus haut tout en gardant des hauteurs raisonnables et compatibles avec le fait que vous devez ramas.../ En fin rattraper ce médecine-ball hein/ Faites pas n'importe quoi y a des caméras qui sont derrière vous qui sont des objets fragiles donc vous essayer de faire ça en étant sûr de maîtriser en assurant le la réception du médecine-ball/ $\alpha < 1554122 >$ Donc je vous laisse faire hein/ Il faut vraiment que fassiez chacun les différents gestes que vous essayez de heu pouvoir décrire comment vous vous y prenez/ [Fin sous thème](#) $\alpha < 1565047 >$ [Début sous Thème Relation entre forces de lancer et réception et hauteur atteinte par la balle \(Expérience "lancer de médecine-ball" de masse différente a des hauteurs différentes\)](#) **(Organisation de la classe Gr ou Ind) Réalisation de l'expérience** Mais vous pouvez vous mettre à des endroits où y a plus de places si vous estimez que y a pas assez de places ou à des endroits plus éloignés de la caméra/ $\alpha < 1571765 >$ (*Inaudible*)/ $\alpha < 1578086 >$ (*les élèves lancent les différents médecine-ball, l'enseignante adossée à son bureau observe les élèves*) / $\alpha < 1613989 >$ Ah vous pouvez vous essayer de sentir ce que vous faites mais vous pouvez observer le voisin aussi Parce qu'on voit des choses quand on regarde quelqu'un faire/

152. $\alpha < 1620424 >$ **(Pr-El)** [Alexandra _.../

153. P_ Je vous demande de mettre ce que tu.../ Comment tu procèdes Alexandra/ Donc je vais te donner de réponses là/ C'est indiquer la façon dont vous vous y prenez/ Donc tu es assez grande pour me dire ce que tu comment tu fais / $\alpha < 1635313 >$ (*l'enseignante continue à observer les élèves faire*)/ $\alpha < 1685887 >$ (*Elle reproduit les colonnes du tableau de l'activité au tableau noir de la classe pendant ce temps les élèves ont presque terminé l'expérienc et commencent à discuter en petit groupe de deux*)/ $\alpha < 1821846 >$ **(Pr-CI)** Quand vous aurez rempli le tableau vous irez le mettre ce que vous avez mis sur le tableau de la classe/ [Fin sous thème](#) $\alpha < 1835253 >$ [Début sous Thème Description des gestes faits ou observés lors de l'expérience de lancer et réception de médecine-balls de masses différentes a des hauteurs différentes](#) **(Pr-Gr 1) Réalisation de l'activité 1**

154. Alexandra _.../

155. P_ Faites ce que heu/ Par rapport au point de départ on commence avec le premier puis après les autres.../

156. Alexandra _ Comme ça c'est tout simple/

157. P_ Là vous bloquer et puis les différentes situations/ Si vous voulez l'évolution/ Bien effectivement ce que heu/ Il faut par rapport à la situation de référence qui est la première

158. $\alpha < 1872697 >$ **(Pr-Gr 2)** Elève_ Alors le lancer/ Je connais les grandeurs physiques Vincent/

159. P_ Alors ce que vous devez faire là c'est décrire la façon dont vous vous y prenez/ D'accord/ Donc.../

160. Elève _.../

161. P_ C'est ce que tu lancer simple c'est pas vraiment une description parce que avec ça on comprend pas bien ce que tu veux dire/

162. Elève_ C'est facile/

163. P_ Donc eu essaie de décrire.../ Précisez un peu plus ton geste/ C'est vraiment une

description sur le geste que vous faites et puis la différence que comment le geste il évolue entre les différents lancer/

164. Elève_ .../

165. Noé_ Mme

166. P_ Bien par exemple c'est une description du geste que vous faites et de l'évolution de ce geste/

167. <1926183>(Pr-Ind)Noé_ Même opération on lève les bras plus rapidement même opération on lève encore plus rapidement/ Même opération on lève les bras toujours plus rapidement/ C'est ça c'est/

168. <1937044>P_ Oui Heu mum/ On peut affiner encore/ Maintenant vous avez fait peut être / Vous avez peut être remarqué que qu'une seule chose/ Mais on les lève plus rapidement/ Mais est ce que/Quand vous parlez de lever les bras c'est jusqu'où/ Comment vous levez les bras/

169. <1959451>Noé_ Oui c'est ça je lève les bras/ (il répète l'expérience)/ C'est raté/

170. P_ Mais si tu veux les lever moins ça marche ou pas/ Si je te demande de les lever moins/

171. Mais en lançant si haut/

172. <1973330>Noé_ En lançant si haut mais non justement/(Rires)/

173. Noé_ (Refait l'expérience)/

174. <1981031>P_ Oui/Bien t'as réussi là/

175. Noé_ Mais non parce que/ Non parce que j'ai poussé avec mes doigts là/ (rires)/ Parce que c'est tricher/

176. <1987797> P_ Ah mais vous avez le droit de pousser avec les doigts hein/ C'est pas interdit hein

177. Noé_ Mais avec les doigts c'est que/ C'est juste on va dire...(il se retourne pour mieux reprendre l'expérience)/

178. <1996880>P_ Disons/ Vous pouvez / Y a différentes façons de lancer haut/ On n'est pas obligé de lancer obligatoirement plus vite quand tu peux faire varier/

179. <2005689>Noé_ Pour moi ça dépend uniquement de la vitesse et de hauteur à laquelle on lève les bras hein/ En fin de la vitesse/

180. <2011938>P_ Ah là t'as introduit quelque chose de nouveau la hauteur à laquelle on lève les bras/

181. Noé_ Moi j'ai mis la vitesse la dedans/ On lève les bras plus rapidement /

182. P_ Oui tu vois là hum/ Pardon/ Tu viens de me parler de hauteur/<2020501>

(Organisation de la classe Mixte) (L'enseignante s'adresse maintenant à toute la classe)/

Donc je vous rappelle que vous devez décrire les gestes que vous effectuez et surtout la comparaison à partir de la première situation au médecine-ball léger et faible hauteur/ Les autres/Hein les autres cas/ Qu'est ce qui va changer entre.../ Qu'est ce qui va varier dans votre geste/ Qu'est ce que vous modifiez par rapport à la première situation/ Qui est prise comme référence/

183. <2045457> **(Organisation de la classe Gr ou Ind) (Pr-Gr2 et Gr 3)** Lynda_ .../

184. P_ Pardon/

185. Lynda_ Il faut dire quand vous/

186. P_ Heu déjà il faut qu'on est vu ensemble ce que vous avez mis dans le premier tableau à partir de là/ A partir des phrases que vous avez mises dans le tableau on va

/<2065845>(inaudible)/<2068605> D'accord mais je sais pas ce que vous avez mis dans votre tableau là <2072681>/(elle regarde le travail de Lynda)/<2075848> Bien allez mettre

s'il vous plaît au tableau on va mettre le à peu près les quatre groupes ce que vous êtes à peu près quatre groupes là/ Et puis on va comparer/<2085295> **(Pr-CI)** Hé vous laissez de la

place pour les autres/ Quand vous avez fini vous allez mettre au tableau vous prenez un

représentant pour les quatre là/ Vous formez des groupes de quatre /α<2093601>

187. (Pr-Gr 4)Jonathan _.../

188. P_ Hein/

189. Jonathan_ Quand on dit par exemple impulsion plus grande ou un heu/ Difficulté dans la réception c'est.../

190. Benoît _ça décrit ou pas/

191. P_ Impulsion plus grande moi je trouve que ça décrit/ Difficulté dans la réception je trouve que ça décrit p.. fin / ça décrit ce que tu ressens mais pas.../

192. Jonathan _.../

193. P_ comment/

194. α<2112562>Jonathan_ Elle est plus lent/

195. P_ Hé ben voilà/ Là tu décris comment tu tu réceptionnes/ Si non tu décris heu ce que tu ressens quoi ou la/ Oui / Le fait que tu es que tu trouves ça plus difficile mais on sait pas pourquoi heu/ Là ce qu'on veut vraiment c'est une description du geste en fait/α<2133100>(elle quitte ce groupe d'élève et s'adresse de nouveau à toute la classe)/ [Fin sous thème](#) α<2139458>[Description de gestes faits lors de l'expérience de lancer et réception \(écriture \(par représentant de groupe de quatre\) des phrases\)](#) (**Organisation de la classe Mixte**) (**Pr-CI**) Hein y en a un par groupe de quatre s'il vous plaît/ Un représentant de chaque groupe là qui va marquer la réponse que vous avez mis au tableau/

196. Elève_ Chaque groupe de quatre/

197. P_ Oui groupe de quatre/α<2156862> (**Pr-El**) (Deux élèves commencent à écrire au tableau)/α<2160223> Noé n'écrit pas trop petit s'il te plaît puisque après on arrive pas à lire/

198. Noé _.../

199. P_ Si si puisque vous êtes que quatre là quatre groupes/ Et si tu écris trop petit on arrive pas à lire après/α<2195705> (elle s'adosse à la dernière paillasse et regarde les élèves recopier les phrases au tableau)/ (**Organisation de la classe Gr ou Ind**) (**Pr-Gr 4 et Gr 5**) Qui c'est qui va au tableau là chez vous c'est Audré/ D'accord/ N'écrivez pas trop petit s'il vous plaît/ C'est dur à lire là de là où je suis/α<2238100> (écriture des phrases au tableau)/α<2287706>(**Pr-élève des Gr 4 et Gr 5**) Audré c'est non non c'est trop petit/Ecrit plus grand déjà les autres c'est limite mais oui voilà merci/α<2297543> (les élèves continuent d'écrire au tableau)/α<2382548> [Inclusion Sous thème "Lancer du médecine-ball" une expérience qui illustre la relation entre les domaines phénoménologiques de la physique](#) (**Organisation de la classe Mixte**) (**Pr-CI**) Vous voyez que y a plein de choses à dire sur cette expérience/ C'est pour ça qu'on vous l'a/ Régulièrement on vous ressort le médecine-ball/ Y en a qui les ont déjà vus en seconde/ Hein vous avez fait en mécanique de seconde/ On vous l'a repris en mécanique de première/ Et là encore c'est pas qu'on veuille vous faire de la musc..c'est pas qu'on veuille vous faire de la musculation mais/ C'est une situation qui est simple et sur laquelle on peut faire on peut dire beaucoup de choses en physique/α<2414064> Dans différents domaines/ D'où l'intérêt de reprendre tout le temps la même situation pour vous montrer que on peut faire intervenir/ Le physicien il va il va faire intervenir un domaine ou un autre selon se qui l'intéresse/ On n'a pas du tout parlé de heu d'énergie quand on lan.../ Quand on s'intéressait à la mum.../A la mécanique / Quand on s'intéressait à la description de la situation en termes de force/On n'a pas du tout parlé de ce qu'on va faire aujourd'hui/ C'est important que vous voyez les différences/ [Fin inclusion sous thème](#)α<2448217> J'aurai dû faire un tableau plus grand hein c'est vrai que j'ai fait des cases un peu petite du coup vous avez écrit petit/ Je sais pas si derrière Benoît vous arrivez à lire ou pas/

200. Benoît _.../

201. P_ Et bien faut que tu fasses lecteur pour Jonathan alors/ Mais alors Jonathan tu t'approches/ Vous pouvez très bien vous approchez si vous voulez lire/ Si vous arrivez pas à lire derrière hein/

202. Benoît _.../
203. P_ J'aurai du écrire.../ Faire des cases plus grandes du dé au départ/
204. Elève_ *(quelques élèves commencent à lire les phrase écrites au tableau)/*
205. <2490285>P_ On fournit de l'élan au ballon en lançant les bras vers haut/<2493950>
(Pr-élève des Gr 4 et Gr 5) Ou là là *(rires)* t'en as encore beaucoup à mettre/ *(elle s'adresse à la dernière élève au tableau)/*
206. Audré _ Non/
207. P_ Non/ *Fin sous thème Description de gestes (écriture phrases au tableau)*<2539547>
Début sous thème Description des gestes (analyse des phrases construites par les élèves pendant l'expérience de lancer et réception de médecines-ball de masses différentes a des hauteurs différentes) **(Organisation de la classe CE) (Pr-CI) Correction de l'activité 1**
 Alors pas besoin de forcer/ *(fin de l'écriture au tableau et Début de la lecture des phrases)* /
 Je lis je commence à lire heu la colonne de gauche/ Pour le lancer médecine-ball léger faible hauteur/ Pas besoin de forcer/ On fournit de l'élan au ballon en lançant les bras vers le haut/ Poussée vers le haut en accélérant/ Petite impulsion sur le médecine-ball les bras accompagne le mouvement/<2556931>Vous vous taisez s'il vous plait/<2559428> Ensuite toujours pour le lancer pour le Médecine léger à une moyenne hauteur/ On met plus de force pour le lancer plus haut/ On fait la même opération pour le médecine-ball pour la faible hauteur mais on fait plus vite et plus haut/ Idem/<2576286> Je sais pas qui s'est qui a mis idem/
208. Noé_ Toujours plus vite toujours plus haut/
209. P_ Ha t'es d'accord t'es d'accord avec la réponse précédente/ C'est ça que ça veut dire le idem/
210. Noé _.../
211. P_ Non non d'accord je croyais que pour idem c'était par rapport à ce que t'avais mis là *(elle pointe la phrase dans la colonne précédente)/*
212. Noé_ Heu c'est une coïncidence/
213. P_ Non c'est par rapport à ce qui est mis là/
214. Noé _.../
215. P_ Tu trouves que ça et ça s'est pareil *(elle pointe les deux phrases qui sont côte à côte dans les deux colonnes)/*
216. Elève _.../
217. Noé _Ah non...
218. P_ *(rires)*/ Voilà d'accord/C'est bon/<2612364> Oui le idem en fait ça veut dire vous êtes d'accord avec la réponse qui est dans la même case et non et ça veut pas dire que vous pensez qu'on fait la même chose que pour la colonne précédente /
219. Noé _.../
220. P_ On est bien d'accord/<2622376> Toujours plus vite toujours plus fort/ En résumé c'est ça que tu aurais tendance à dire/ S'il vous plait/Impulsion plus élevée accompagnement plus haut et plus longtemps/<2635131> Plus de force pour lancer à la même hauteur que le médecine-ball léger/ Poussée de plus en plus forte/ Grande impulsion que.../ Plus grande impulsion que le médecine-ball léger/<2645441> *(inaudible)* /<2647023>Pour retenir le médecine-ball/ Pour retenir/ Je comprends pas bien/ Qui s'est qui a mis ça/ Hein/
- 221.Elève _.../
222. P_ La réception/
223. Elève _.../
224. P_ Oui c'est ça/ Forte impulsion accompagnée/<2670251> Donc qu'est ce qu'on remarque déjà pour le lancer de heu/ Si on parcourt les colonnes là de gauche à droite/ Y a deux choses qui reviennent souvent/ Y a trois choses qui reviennent dans vos descriptions/
225. Elève_ Plus de force/
226. P_ Plus de force/ Oui de plus en plus de force/<2693613> Ensuite y a autre chose qui

revient aussi/ C'est plus vite oui/ Heu je sais plus où c'étais marqué mais c'est revenu heu/
 Poussée plus haut pet en accélérant/ Et je le vois plus/
 227. Elèves _ interaction plus vite/
 228. P_ Voilà/α<2717035> Et ensuite qu'est ce qui revient aussi/Non/
 229. Elève _ Impulsion/
 230. P_ Alors l'impulsion/ L'impulsion c'est ça va avec quoi l'impulsion/
 231. Elève _ Avec la force/
 232. P_ Oui avec la force hein/ C'est un peu heu donner une impulsion je pense que c'est peu donner de la force/
 233.α<2737038>Elève _ Accompagnement/
 234. P_ Par contre y a l'accompagnement/ Accompagnement oui/ Heu lançant les bras vers le haut/ L'accompagnement il est plus haut/ Heu pour lancer poussée/ Là on est dans la poussée donc on va le mettre avec la force/ Je vais changer de couleur peut être/α<2760820>Accompagnement plus haut/ ça s'est la poussée y a tout l'énergie accompagnement encore plus haut/α<2772401>Donc pour le lancer que heu/ Si je comprends bien pour lancer de plus en plus haut qui selon que c'est le m que/ Ou alors à la même hauteur des médecines-ball de masses différentes il faut prendre une force plus grande/ Il faut lancer plus fort/ Avec une poussée plus grande/ Une impulsion plus grande/ Ce que vous avez dit/ α<2792102>Et il faut lancer plus haut/ C'est à dire que vos bras/ Vous avez dit vous lancez les bras vos bras ils montent/ Et bien vos bras ils montent plus d'accord/ C'est se que vous avez mis/ On est bien d'accord/ Et puis aussi il y a de la vitesse/ On lance plus vite c'est à dire que/α<2816943> Qu'est ce qui va plus vite/ (*Silence élève*)/ Qu'est se qui va plus vite/ (*Rires prof*)/ Par exemple les mains à la fin/ La vitesse des mains quand on lâche le ballon est plus grande et du coup la vitesse du ballon au moment ou on le lâche elle est plus grande/ Si on veut que la ballon monte plus haut par exemple qu'un même ballon monte plus haut/ A ce moment là il faut qu'on lui donne une vitesse initiale qui est plus grande d'accord/α<2851391> Alors ça c'est le fait de parler de la vitesse c'est moins dans la description du geste/ Ce qui décrit vraiment votre geste c'est dire je lance plus fort ou je lance plus j'accompagne plus donc je lance mes mains montent plus haut/α<2869660> Pour la réception donc vous avez mis pas besoins de forcer/ On lance les bras vers à la rencontre du ballon pour compenser l'attraction terrestre/ Résistance au pied du ballon/ Ah résistance au poids du ballon (*rires*) avec les mains/α<2887188> Heu accompagnement du médecine-ball à sa réception/ Pas besoin de trop de force pour le rattraper/ Besoin de plus de résistance/α<2898518> Je suis dans deuxième colonne là médecine-ball léger hauteur moyenne/α<2903532>Même Opération plus vite/ Interception plus haute/ Accompagnement plus bas/α<2910887> Bon interception plus haute ça veut dire qu'on va peut être attendre le ballon heu/ On va se préparer on va anticip.../ On va mettre les mains plus haut déjà pour pouvoir accompagner plus bas/ Quand on sait que le médecine-ball il vient d'une hauteur plus grande/ Ou quand c'est un médecine-ball plus lourd hein/α<2928556> Les bras se plient/ Plus grande/ Je sais pas se que s'est là plus grande/ Qui s'est qui a mis ça/ Qu'est se que vous voulez dire par plus grande/
 235. Benoît _ La résistance/
 236. P_ Résistance plus grande/α<2939720> Accompagnement du médecine-ball très bas/ Flexion des jambes/ Besoin de forcer pour retenir/ Idem/ Idem/α<2946688>Donc qu'est ce qu'on retrouve dans la réception/ Ce qui est intéressant par rapport au lancer/ Alexandra/ Les autres vous vous taisez/
 237. Alexandra _.../
 238. P_ Oui c'est les mêmes notions qui reviennent/ C'est à dire la force mise en jeu est plus grande hein/ Besoin de force/ Heu plus grande je sais plus que c'était là/ C'était quoi vous m'avez dit/
 239. Benoît _ Résistance/

240. P_ Résistance plus grande/ Donc ça va je vais le marquer/ ça va/ça traduit bien la même idée/ Résistance plus grande/besoin de force plus grande/α<2988423> Et que au départ quand on a un médecine-ball léger et qu'on lance à faible ou moyenne hauteur/ Pas besoin de trop de force/ Vous vous taisez s'il vous plaît / Et puis vous avez dit aussi qu'il faut accompagner/ Besoin de plus de résistance ça va là/ Que y a un accompagnement des bras qui est de plus en plus important/α<3014929> Donc on retrouve les deux les deux idées qui se dégagent dans votre geste et qu'on retrouve les deux mêmes/ Plus on veut lancer haut un même médecine-ball/ Plus on va le le pousser fort/ Et puis sur une distance/on va l'accompagner sur une distance.../

241. Elève_ Plus grande/

242. P_ plus grande/En fin on peut jouer sue ces deux choses là hein/α<3037391> Et pareil à la réception/ S'il vient d'une grande hauteur le médecine-ball et bien il va falloir plus de force pour l'arrêter/ Et on va/ On peut aussi être emmener à l'arrêter sur une distance plus grande/ C'est à dire on monte les bras plus haut dès le départ pour pouvoir l'accompagner sur une plus grande distance/ [Fin sous thème](#)α<3053301> [Début sous Thème Grandeurs physiques mises en jeu lors de l'expérience de lancer et réception de médecines-ball de masses différentes](#)

Alors à partir de ça et de ces deux grandes idées que qui se dégagent là dans votre analyse qu'est se qu'on peut mettre dans le deuxième tableau/ La deuxième question on s'intéresse que au lancer et on vous demande d'indiquer les grandeurs physiques qui sont mises en jeu dans vos descriptions/ Donc vous avez fait des descriptions avec des phrases hein qui décrivaient vos gestes dans ce que vous décrivez ça fait/ On peut faire appel à quelles grandeurs physiques/ Quelles grandeurs qui sont utilisables par le physicien/

243. Elève_ Les forces/

244. P_ Alors les forces/ α<3092238> [Inclusion](#) Est ce que la force est une grandeur/ Qu'est se que c'est que une grandeur/ Puisque je demande me donner des grandeurs mais peut être que en fait vous voyez pas bien ce que c'est une grandeur/α<3107169> Donc une grandeur on s'en on s'en sert en physique des grandeurs sans arrêt le physicien s'en sert quand quand il heu il l'utilise dans ses modèles/α<3117501> Il faut dire qu'une grandeur c'est quelque chose qui est mesurable/

245. Elève_ La vitesse/

246. P_ Et par exemple la vitesse c'est une grandeur la masse c'est une grandeur/α<3126621> On peut vous donner des exemples relativement faciles/

247. Elève_ .../

248. P_ Alors une force/

249. Elève_ On peut le calculer/

250. P_ C'est quelque chose qui peut se calculer/ Qui peut se mesurer/ Effectivement une force c'est bien une grandeur/ D'accord/[Fin inclusion](#)α<3139647> Dans vos descriptions là parfois vous utilisez carrément le même mot parce que il se trouve que le mot force il est utilisé dans la vie de tous jours/ Et parfois vous utilisez heu le mot impulsion/ Ou le mot résistance pour la réception/ Donc tous ces mots là de la vie de tous les jours ils renvoient à une grandeur que le physicien appelle la grandeur force/ D'accord/α<3164531> Donc on peut décrire/ On peut de vos phrases de description on peut faire ressortir cette grandeur force/α<3169649> Y a une autre grandeur qui est mise en jeu dans vos descriptions/

251. Benoît_ énergie/

252. P_ Heu l'énergie c'est vrai vous en parlez/ Effectivement/α<3181827> C'est vrai /Mais quelque chose qui revient plus souvent/ Puisque l'énergie vous en avez pas parlé beaucoup en fait dans la description de vos gestes/Alors y a la vitesse effectivement/ Donc on a dit que ça caractérisait plus la vitesse du médecine-ball/ Que c'était pas tellement une description du geste/ En fin si on peut dire vous avez effectivement vos mains elles vont plus vite/α<3203344> Mais qu'est ce que vous faites pour que les en fin/

253. Elève_ La masse et le poids/

254. P_ Alors la masse du médecine-ball/ Effectivement elle intervient dans le dans les caractéristiques des médecine-ball/ Mais c'est pas dans vos descriptions/α<3216629>Tout à l'heure on a/ On a dit que y avait deux .../ Vous pouviez jouer sur deux choses / Hein le force et puis l'accompagnement là / Le mouvement des mains/ Qu'est se qu'on pourrait heu quelle grandeur ça m ça met en jeu / Si je m'intéresse aux mouvements des mains/ On pourrait heu/ Quelle grandeur ça met en jeu/ Si je m'intéresse au mouvement des mains/ (*Silence des élèves*) α<3245238>Vous m'avez dit accompagnement plus haut/ Heu moins des mouvements des bras vers le haut/ Mouvement plus haut/ Donc si je monte plus haut ça veut dire que mes bras je les déplace sur une plus grande.../

255. Elèves_ Distance/

256. P_ Distance/α<3262901> Voilà la grandeur ici en jeu c'est la distance/ C'est bien une grandeur utilisée par les physiciens/ α<3269679>**Clôture** Donc à partir de vos descriptions hein/ On peut faire ressortir deux grandeurs auxquelles on va s'intéresser plus particulièrement/ Et vous verrez heu dans l'activité suivante qu'elles interviennent effectivement ces deux grandeurs dans dans le transfert d'énergie/ C'est la force grandeur force et la grandeur distance/ C'est à dire ici la distance sur laquelle on lance/ La distance parcourue par les mains/ La distance de lancer on pourrait dire/ Et la force avec laquelle/ La force exercée par les mains sur le médecine-ball au moment du lancer/ Et c'est pareil pour la réception d'ailleurs/ Fin sous thème **Fin Thème** α<3322353>**Début Thème Transfert d'énergie entre systèmes : représentation chaîne énergétique Evolution et changement de forme d'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique** Début sous thème Etude du point de vue énergétique de l'expérience de lancer et réception de médecine-ball (annonce de l'analyse du point de vue énergétique) **Introduction activité 2** Donc on va reprendre cette activité maintenant et on va l'analyser finement du point de vue énergétique/ Donc c'est l'activité 2/ Hein étude de la situation de l'activité d'un point de vue énergétique/ Quand vous aurez besoin du modèle/ Dans cette activité le modèle auquel vous devez vous référer c'est le modèle de la partie 3/ Le modèle de l'énergie/α<3347782> Alors je vous conseille de découper paragraphe par paragraphe parce que y a.../ Pour l'instant vous avez que le 1 et le 2/ Mais c'est une activité dans laquelle y aura en tout quatre petits.../ Petites rubriques/ Hein je vous donnerai les autres tout à l'heure/ Et je vous conseille de couper paragraphe en fin paragraphe 1 d'abord/ Ensuite le 2/ Ensuite le 3/ Ensuite le 4/ Fin sous thèmeα<3378879> Début sous thème Transfert d'énergie pendant les différentes phases Représentation chaîne énergétique Evolution d'énergie Donc vous allez analyser ce qui s'est passé dans cette situation de lancer de médecine-ball/ Ou de réception en utilisant le modèle de l'énergie/ Donc faire une description qui fait appel au modèle de l'énergie/ Donc cette fois-ci on va faire exactement ce qu'on avait fait/En fin on va analyser la situation comme on l' avait fait en mécanique mais en utilisant un autre modèle et donc on va s'intéresser à d'autres choses/α<3415107> (*silence, l'enseignante regarde se feuilles*) /α<3427671>Donc faut lire.../Pour la.../ Le premier paragraphe/ Il faut lire toute la question a avant de commencer à répondre hein/ Lisez tout le paragraphe attentivement en essayant de bien comprendre ce qui est demandé et ensuite vous faites cette interprétation/

257. α<3448845>Elève_ On peut faire des schémas/

258. P_ Alors par exemple vous pouvez heu utilisez des chaînes énergétiques puisque vous disposez de cet outil/α<3463585> **(Organisation de la classe Gr ou Ind) Réalisation de la partie 1 de l'activité 2 (Pr-CI)** (*elle regarde ses feuilles en se plaçant près de son bureau, puis se dirige dans la première rangée et regarde le cahier des élèves*) /α<3516592> Vous avez rien noté dans le tableau dans le deuxième tableau/

259. Elève_ .../

260. P_ Non/ Vous avez pas eu le temps de noter bien je vais je vais peut être noter des

choses parce que on était allé un peu vite/

261. Benoît _Mme/

262. P_ Oui/

263. <3527481>(Pr-EI) Benoît_ Pour prendre la chaîne énergétique on prend toute la réception ou pas/

264. P_ Heu alors dans la question petit a on s'intéresse que au lancer non il me semble/ Là la question petit a c'est pour le lancer/

265. <3541129>Benoît _.../

266. P_ Quand on construit une chaîne énergétique qui représente une situation bien si on dans la sit.../ En fin si ondes transformateurs interviennent on les met si y en a pas on les met pas/ C'est pas obligatoire y en a pas forcément

267. Benoît_ D'accord /<3557338><3584077> (**Organisation de la classe Mixte**)/ (elle efface le tableau)/ Inclusion sous thème Grandeurs physiques mises en jeu lors de l'expérience de lancée et de réception de médecine-balls de masses différentes (Pr-CI) P_ (elle écrit au tableau)/<3611200>

Heu je récapitule simplement le tableau/ Le heu les résultats du tableau/ Le dernier tableau de l'activité 1/ Parce que je j'ai que y en a qui avait pas eu le temps de noter/ Qui ont laisser leur tableau vide/ Donc j'étais peut être un peu rapide/ Quand on a corrigé ça/ Vous me.../ Quand on a dit qu'on avait une force qui était en jeu une vitesse qui était en jeu et puis heu une heu un mouvement des bras/<3638441>Le lancer/ Petite/

268. <3660062>(Pr-EI) Jonathan_ .../ F in provisoire inclusion Sous thème

269. P_ Oui/

270. Jonathan _.../

271. P_ Alors on les négligera pendant toutes les phases/ Mais dans la question petit a là on vous demande réfléchir juste à la phase du lancer/

272. <3676865>Jonathan _.../

273. P_ Hein/

274. Jonathan_ Pour la question b/

275. P_ Pour la question b (elle regarde le document posé sur son bureau)/ Oui alors on néglige aussi les frottements avec l'air/ Comme on l'avait fait d'ailleurs en mécanique/ Hein vous rappelez en mécanique on avait on avait découpé en quatre phases celle dont on vous parle ici le lancer la montée et la descente la réception on avait négligé les frottements de l'air à chaque fois/<3700285> Inclusion (suite) sous thème Grandeurs physiques mises en jeu lors de l'expérience de lancée et de réception de médecine-balls de masses différentes/ (elle continue à écrire au tableau)/

Heu vitesse Distance/<3778607> Donc pour ceux qui ont pas eu le temps de noter tout à l'heure hein/ Puisque j'ai vu que vous avez plusieurs vous étiez plusieurs à avoir des tableaux vides/ <3785475> Les grandeurs physiques qui étaient mises en jeu dans vos descriptions c'était la distance de lancer la va.../ La valeur de la force exercée donc par la main et la vitesse de lancer/<3799271> Et pour une faible hauteur un médecine-ball léger c'était les trois grandeurs étaient petites ou faibles/ Et puis elles étaient de plus en plus grandes hein plus on voulait lancer haut plus elles étaient grandes/<3812444> Mais ça c'est un petit retour en arrière sur l'activité 1/ Si vous aviez pas eu le temps de noter voilà/ Je me suis rendue compte que je suis allée un peu vite/ Fin inclusion sous thème

<3820373>(Organisation de la classe Groupe) (Pr-Gr 4)

276. Benoît _Mme/

277. P_ Oui/

278. Benoît_ Donc on a dit que pour le lancer heu c'est le corps qui heu qui fournit de l'énergie par un travail mécanique heu au méd au médecine-ball/

279. P_ Oui/

280. Benoît_ Et pour la réception c'est la même chose mais pendant la montée et la descente y a pas transfert d'énergie/

281. <3841883>P_ Heu oui/ Et si vous vouliez faire une heu une chaîne énergétique là/ Pour la montée ou pour la descente vous mettriez quoi/
282. Benoît_ On met juste le médecine-ball là/
283. P_ Oui/
284. Benoît_ ça/
285. Benoît et Jonathan_ heu on peut faire ça/
286. P_ Bien si si c'est cohérent avec ce que vous avez mis là /<3860024>Vous avez vous me dites y a pas de transfert d'énergie/ Donc effectivement si on veut représenter une chaîne y aura juste le médecine-ball qui transfère de l'énergie/
287. Benoît_ à aucun/
288. P_ A aucun autre système/
289. Benoît_ Donc on fait juste ça/
290. Jonathan_ On passe à la suite/
291. P_ Oui Heu la suite/Oui Oui oui heu oui/ (*elle fait semblant de partir puis revient*)<3891179> Donc on verra tout à l'heure que heu on va un petit peu peaufiner ce heu/ On va changer quelque chose dans ce schéma/
292. Benoît_ Hum hum/
293. P_ Parce que effectivement y a pas de transfert d'énergie/ C'est vrai/
294. Benoît_ Oui/
295. P_ Le médecine-ball heu vous voyez qu'il donne pas de l'énergie à l'environnement mais
296. C'est pas un système isolé pour autant/
297. Benoît_ Y a l'environnement quand même/
298. P_ Oui oui /<3922628>ça c'est vrai mais comme on néglige le heu transfert d'énergie avec l'environnement/ C'est pas à l'environnement que je pensais là/ C'est à autre chose que je pensais/ On va reparler tout à l'heure/
299. Benoît_ La Terre/
300. P_ Oui le médecine-ball il est en interaction avec le Terre/<3939766>Donc le système qui est isolé en fait ici c'est pas et qui conserve son énergie hein c'est le c'est l'ensemble du médecine-ball+la Terre/ C'est pas que le médecine-ball tous seul/
301. Benoît_ Ah/
302. P_ Bien on en reparlera tout à l'heure/ (*elle se met dans la rangée de devant et regarde ses notes*)/
303. <3957351><3989436> (**Pr-Ind**) Aude_ Donc le système en fin c'est comme ça on met pas toujours pas l'environnement/
304. P_ Alors qui est ce qui est marqué dans le modèle/
305. Aude_ Heu/
306. P_ Puisque tu me dis ça c'est que ça ça me rappelle une phrase du modèle mais qui était pas exactement ça/ Sur les chaînes énergétiques/
307. Aude_ bleu bleu / Une chaîne énergétique complète commence se termine par un réservoir/ Oui alors Un réservoir oui/
308. <4020870>P_ Donc ce qu'il faut absolument pour traduire le principe de conservation de l'énergie c'est que ça commence et que ça termine par un réservoir/ ça peut pas terminer sur un transformateur puisque si non ça/
309. <4034942>Aude_ Oui mais l'environnement c'est un réservoir/
310. P_ Alors l'environnement c'est un réservoir mais toi tu m'as dit est ce qu'il faut toujours qu'est l'environnement/
311. <4040167> Aude_ Mais c'est pas le réservoir c'est ce qu'on a vu/
312. P_ Alors c'est vrai tous les exemples qu'on a vu/ Mais si tu la réponse c'est là la dedans/ Est ce qu'il y a marqué qu'il faut toujours avoir l'environnement à la fin/
313. Aude_ Non en fin un réservoir/

314. P_ Voilà et tu proposes quoi alors/
 315. Aude_ Y a pas de transfert à l'environnement/
 316. <4055726>P_ Alors qu'est ce qu'on a dit sur les transferts à l'environnement je cherche/
 317. Aude_ Là/
 318. P_ Ah voilà/ Donc toi t'as bien un réservoir au début et à la fin/ Donc tu satisfais cette condition là/
 319. Aude_ Hum hum/
 320. P_ Et est ce que y a des transfert avec l'environnement/ On en a parlé à un moment donné là dans l'énoncé/ Qu'est ce qu'on dit/Pour ces transferts avec l'environnement/
 321. Aude_ Hum/ On considère négligeable le transfert thermique et frottement avec l'air/
 322. <4083708>P_ Voilà donc ça veut dire qu'en fait on les transferts thermiques qui pourraient les transferts à l'environnement qui pourraient y avoir on les néglige/ C'est pour ça qu'on les met pas sur le schéma/ Mais si non on pourrait les mettre effectivement/
 323. <4096125>Aude_ Et ce ça transfert quoi alors/
 324. P_ Alors qu'est ce qu'on pourrait mettre/ Tu les mettrais comment/ Ces transferts si tu rajoutes l'environnement/
 325. Aude_ C'est pas thermique ça produit pas de chaleur/
 326. P_ Non mais tu mettrais des transferts entre quoi et quoi/ Puisque là t'as deux réservoirs si tu ajoutes l'environnement/ Tu peut avoir un transfert de là à l'environnement du ballon à l'environnement ou/
 327. Aude_ on met environnement transfert thermique c'est.../
 328. <4120939>P_ Voilà tu vois que y a bien y a bien un transfert thermique effectivement quand.../A la limite quand tu le lances une fois tu vas pouvoir le négliger si tu lançait le ballon cent fois heu le transfert thermique il serait peut être plus négligeable/
 329. Aude_ Hum hum/
 330. P_ Oui/Ensuite y a le heu bien y a le.../
 331. <4143246>Aude_ Si on une fusée c'est peut être pas négligeable dans le ballon/
 332. P_ C'est vrai que sur le le transfert entre le ballon et l'environnement c'est plus des frottements/ Si les frottements ça génère des transferts thermiques aussi / Mais c'est vrai qu'ils sont/ Ils sont tout petits tout petits par rapport aux autres transferts en jeu et c'est pour ça qu'on les néglige/<4162746> Et on pourrait rajouter si on voulait tout mettre représenter heu absolument tous les transferts qui sont en jeu rajouter donc l'environnement ici y aura une flèche entre le ballon et l'environnement et entre heu qu'est ce que t'as marqué/
 333. Aude_ Une main/
 334. P_ et l'environnement/
 335. Aude_ OK/
 336. <4181763> (Pr-Gr 5) Elève _.../
 337. P_ Oui/
 338. Elève_ On met l'enviro le heu dernier l'environnement ou pas/
 339. P_ Alors qu'est se qu'on vous dit là oui attend/
 340. Elève_ Puisque ça fait deux deux réserv.../ Finalement c'était un réservoir au début un réservoir à la fin/
 341. Autre élève_ Comment et se termine par un réservoir mais là on a.../
 342. P_ Oui effectivement/
 343. <4202304>Autre élève_ Puis comme on néglige les faire limiter les frottements y a rien/
 344. P_ Oui effec.../ c'est vrai qu'on a dit dans l'énoncé qu'on négligé les transferts thermiques et les frottements et donc y a pas de transfert entre le médecine-ball et l'environnement effectivement/ Et donc la chaîne que vous proposée c'est vrai elle est pas en accord avec le modèle/ Donc ça veut dire que y a quelque chose qui va pas dans cette chaîne/<4224335>

Alors qu'est ce qu'on pourrait changé/

345. Une des élèves_ Mais pourquoi heu ça va si on met les transferts thermique exactement ça/

346. P_ Alors ce que tu me proposes c'est de le dire on les néglige pas et on les met du coup (*rires*) ça va aller/

347. Une des élèves_ Dans les autres heu dans les autres exercices on les négliger pas et il.../

348. <4246625>P_ Heu/ Oui y a eu des situations quand même où on les négl où.../ Oui je pense à l'objet par exemple qu'on tirait avec le fil/ Oui c'est vrai que on on les mettait/ Bon ici ce qui se passe si on vous dit qu'on les néglige c'est parce que ils sont vraiment petits par rapport aux autres transferts en jeu/ Et que heu hum/ Qu'est ce qu'on vous dit

exactement/<4279249> Le transfert thermique qu'il pourrait y avoir c'est entre quoi et quoi/

349. Une des élèves_ Heu là et là en fin on .../ Là avec les frottements dans l'air ça va aller sauf ça/ Et heu et là je sais pas les mains/

350. <4302830>P_ Oui alors les mains les mains ou le mouvement de heu de l'élève hein qui s'active et qui du coup dont la température s'élève et qui va avoir un transfert thermique/ Donc en fait je suis en train de réfléchir à la qu.../ Parce que votre question heu m'a surprise si on les mettait vous dites du coup on aurez plus de problème/

351. <4322521>Une des élèves_ Non mais si.../

352. P_ Alors on peut les mettre effectivement mais y aura quand même encore un problème/ Parce que ces transferts sont tout petits/ D'accord/Est ce que vous avez trouvé que l'air s'échauffait ou que vous aviez vraiment .../ Si vous aviez fait l'expérience vraiment beaucoup de fois c'est vrai que vous auriez chaud à la fin/ Vous auriez un échauffement/ Mais là vous aviez c'était tout petit par rapport au transfert qui est en jeu quand vous vous lançait le ballon/ Là vous donnez beaucoup d'énergie au ballon et qu'est ce qu'on dit sur un transformateur/ Où est ce que c'est/

353. <4352047>*Inclusion* Benoît_ Mme/

354. P_ Oui/

355. Benoît_ Je peux prendre une balle pour/

356. P_ Oui bien sûr/

357. Noé_ vous vous éloignez surtout de la caméra/ *Fin inclusion*

358. <4358677> Une des élèves_ Si non on mettra que le réservoir/

359. P_ Non non mais/

360. Une des élèves_ Le réservoir c'est bizarre/

361. P_ Et bien non ça vous avez pas le droit puisque c'est en désaccord/ Qu'est ce qu'on dit sur les transformateurs/Heu je cherche heu.../

362. Une des élèves_ un transformateur

363. P_ Voilà / Un système sera considéré comme un transformateur quand il fournit autant d'énergie que ce qu'il reçoit/

364. Une des élèves_ .../

365. <4383645>P_ Donc vous si on met l'environnement/

366. Une des élèves_ Non non/

367. P_ Ce que vous me proposait alors y aura vous m'avez dit transfert heu par frottement

368. Une des élèves_ Oui si y a pas l'environnement par contre c'est deux réservoirs/

369. P_ Oui voilà /<4394120>Parce que hum ce qui n'allait pas c'était que c'était aviez mis un transformateur/ Et même si on néglige pas les frottements ce qui n'ira pas dans ce cas là c'est le fait que il faut lui donner en fin bon/ Peut être vous avez l'impression que c'est pareil mais faut lui donner beaucoup d'énergie au ballon quand même pour qu'il monte/ Est ce que vous sentez est ce que vous vous êtes d'accord avec ça que il faut donner.../

370. Une des élèves_ Oui y a plus d'énergie que heu/

371. P_ Transférée dans ce transfert là que dans celui là/ Et donc y aurait aussi un problème/

372. <<4419895>Une des élèves_ Et il peut ne pas y avoir de transformateur dans la chaîne/
373. P_ Oui bien sur c'est pas obligatoire qu'il y en ai un/ Donc en fait votre ballon qu'est ce qu'il fait/ Il reçoit de l'énergie/
374. <<4436465>(Pr-Gr 2)Alexandra_ Mme/
375. P_ Oui/
376. Alexandra_ Pour la montée et la descente/
377. P_ Oui/
378. Alexandra_ C'est ça y a pas de transfert avec le corps y a rien un transfert avec l'environnement/
379. P_ Oui/
380. Alexandra_ Il se vide de l'énergie sur le corps mais au moment du lancement/
381. P_ Au moment du lancement oui/
382. Alexandra_ d'énergie entre le médecine-ball et le corps/
383. P_ C'est ce que vous avez mis là/ Oui /
384. Alexandra_ soit par travail/
385. P_ Mécanique oui/
386. <<4463575> Alexandra_ Donc pendant la montée et pendant la descente le transfert avec le corps/
387. P_ Vous êtes sûr/
388. Alexandra_ Oui ça fait dix minutes qu'on en est dessus qu'on en est sûr hein/
389. P_ Vous êtes sûr/ Non non c'est vrai/
390. Alexandra_ Donc il se vide de son énergie mais le transfert avec l'environnement/
391. <<4480918>P_ Et il se vide de son énergie pourquoi/
392. Alexandra_ Non c'est un transfert avec l'environnement/
393. P_ Et bien si il transfert avec l'environnement c'est que heu/
394. L'autre élève_ Est ce que si on néglige le frottement et bien/
395. P_ Alors on néglige les frottements effectivement/
396. Alexandra_ l'environnement on le met pas/
397. P_ Donc on le met pas/
398. Elève et Alexandra_ y a pas de heu transfert/
399. P_ Donc il donne pas d'énergie à l'environnement donc y a pas de transfert/<<4505443>
Et donc ce que tu m'as mis/
400. Alexandra_ J'ai mis monter et descente pas de transfert d'énergie avec le corps mais avec le.../
401. P_ Mais c'est pas ça que tu viens de me dire hein/ Donc pas avec le corps on est d'accord/
402. Alexandra_ .../
403. P_ Oui/
404. Alexandra_ Je vais conclure ça/
405. P_ Voila/
406. Alexandra_ En fait a la monter et descente ça veut dire que/
407. <<4521108>P_ En fait t'es.../ T'es partagée entre.../ Quand tu réfléchis en disant et bien y a pas de frottement y a pas de transfert thermique/ Quand tu vois ça tu dis bon donc y a pas de transfert entre l'environnement/ T'as deux point de vue contradictoires/
408. Alexandra_ On aurait pas mis ça là mon truc saurait y aurait le réservoir médecine-ball qui allait à l'environnement/
409. P_ Oui En fait tu ne le met pas parce que/
410. Alexandra_ Parce que c'est écrit négligeable/
411. <<4551163>P_ Mais pourquoi t'as envie de dire qu'il donne de l'énergie à l'environnement qui est ce qui te fait dire ça/
412. Alexandra_ Avec la vitesse de frottement ça s'échauffe y a un transfert thermique/

413. P_ Alors tu l'as trouvé chaud ton ballon/ Quand tu l'as récupéré/
414. Alexandra_ C'est vrai si on fait ça plusieurs fois/
415. P_ Non mais c'est vrai que y a effectivement un échauffement en fin un frottement/
416. <4572334>Alexandra_ C'est comme tout à l'heure que vous avez dit avec la prise le fil électrique on le touche c'est pas forcément chaud tout de suite/
417. P_ Oui c'est vrai ça peut être infime et ici c'est le cas/ Il est tout petit/
418. Alexandra_ Hum hum il est chaud/
419. P_ Donc c'est juste/ Bien c'est vrai que l'air frotte sur le ballon et que heu de façon théorique on peut dire bien du coup il va s'échauffer s'il y a un frottement /
420. L'autre élève_ Si on le lance heu/
421. P_ Mais c'est pas perspec voilà/ C'est pas perceptible/
422. <4598070>L'autre élève_ en fait pour heu pour la réception le réservoir c'est le médecine-ball et.../
423. P_ Oui/
424. L'autre élève_ le réservoir c'est le médecine-ball/
425. P_ Oui tout à fait/
426. Alexandra_ Je le mets ou pas l'environnement/
427. P_ Alors si on dit qu'on le néglige/
428. Alexandra_ je le mets pas/
429. P_ on le met pas/<4617836> (*elle cherche sa feuille en quittant ce groupe, ensuite elle regarde le travail d'élevés d'un autre groupe*)/<4651590> **(Pr-Gr 3)** Monter descente pas de transfert d'énergie/Si on voulait représenter/
430. Lynda_ .../
431. P_ Oui vas y Fais/
432. L'autre élève_ Mais on le représente pas/
433. P_ Vous avez fait des diagrammes dans la phase de lancer dans la phase de réception/ Donc on peut aussi faire une chaîne énergétique pour la montée et pour la descente/Oui/
434. Elève du Gr2_ il faut le dessiner aussi pour la montée et la descente/
435. P_ Mais on peut/
436. Lynda_ Oui mais/
437. <4680697>P_ Et ça ça va/
438. Lynda_ Comment ça/
439. P_ ça c'est bon c'est cohérent avec ce que t'as mis là/
440. Lynda_ Oui mais ça apparaît puisque y a pas de transfert/ Moi je pense à un réservoir/
441. P_ Oui c'est ce que t'as mis/ Ah attend t'as dessiné un transformateur je croyais que t'avais des.../
442. Lynda_ Non non c'est un réservoir/
443. P_ D'accord/ Disons que ça c'est juste une représentation de ce que t'as écrit là/ C'est la même chose mais sauf que c'est représenté par un schéma alors que là t'as mis une phrase/ Mais tu peux faire aussi un schéma dans ce cas là/
444. <4720342>Benoît_ Mme/
445. P_ Oui j'arrive/
446. <4723077> **(Pr-Ind)** Aude_ On ne peut pas représenter pour la descente/
447. P_ Si vous pouvez Pourquoi/
448. Aude_ Y a que le ballon/
449. P_ Et bien/
450. Aude_ Et bien dans le modèle que je viens de lire le réservoir est.../
451. P_ Ah oui/
452. Aude_ En fin attend/ Le réservoir initial est différent du réservoir final/
453. P_ oui c'est vrai/ C'est une excellente remarque/

454. Aude_ Excellente remarque/ (*Rires*)/
 455. P_ Donc c'est vrai c'est disons/ Non non c'est vrai c'est ce qu'on disait tout à l'heure en plus Je suis tout à fait d'accord/ Ce qu'il y a c'est que ça c'est quand il y a des transferts d'énergie en fait/ En fait souvent quand on fait une chaîne quand on représente une chaîne heu énergétique c'est une chaîne où il y a des transferts qui interviennent/ Et là y en a pas alors heu c'est vrai que heu je vous ai dit aussi en fin à d'autres groupes qu'on peut représenter mais on met juste un réservoir/ Mais c'est vrai qu'on est plus dans le cas d'une chaîne y a plus de transfert en jeu/ Donc heu c'est vrai un peu tiré par les cheveux/
 456. Aude_ Bon/
 457. <4783006>P_ Disons que c'est un c'est c'est un peu en contradiction avec ce qui est mis là/<4791291>*Silence Pr*/ <4799218>Moi j'ajouterais plutôt ici le réservoir initial est différent du réservoir final si y a des transferts en jeu/ Mais heu.../ Parce que si non effectivement le fait de dessiner un seul réservoir ça va être en contradiction/ Je trouve que ta remarque est pertinente très intéressante/ C'est vrai/
 458. Aude_ Il faut fructifier ça/
 459. P_ (*rires*)/ On verra on verra/<4821127> **(Pr-CI)** Est ce que vous avez fini/ Au b du 1/
 460. <4826236> **(Pr-Gr 5)** Une des élève _.../
 461. P_ Oui/
 462. Une des élève_ Pour la montée et la descente y a que le médecine-ball/
 463. P_ Oui y a que le médecine-ball oui/ Effectivement il ne transfère pas d'énergie/<4837697> **(Pr-Gr 4)** Inclusion sous thème Variation de l'énergie stockée par un système Changement de forme et évolution de l'énergie Vous vous êtes déjà dans le 2/ C'est ça/
 464. Benoît et Jonathan_ Oui/
 465. P_ Mais vous allez trop vite/
 466. Benoît_ Donc heu donc pour en déduire comment évolue la quantité d'énergie du système médecine-ball pendant la montée/ En bon la quantité d'énergie est inchangée/ Mais dans le tableau on n'a pas dit qu'elle était inchangée/
 467. Jonathan_ Non mais/
 468. P_ C'est l'énergie cinétique qu'on vous demande hein/
 469. Benoît_ Oui donc la quantité d'énergie elle est inchangée mais en fait il existe dans les différents heu oui bref/ <4864011> Mais après comment évolue l'énergie cinétique/ Elle diminue parce que heu la vitesse diminue pendant la montée/
 470. P_ Oui hum/ Fin inclusion sous thème
 471. <4872073> Inclusion sous thème Grandeurs dont dépend l'énergie potentielle de pesanteur Benoît_ Alors après/
 472. Jonathan_ Mais c'est pas ce qu'on c'était heu/
 473. Benoît_ Non mais ah toi t'es/
 474. Jonathan_ L'énergie potentielle/
 475. P_ Oui à votre avis de quelle grandeurs dépend l'énergie potentielle du système/
 476. Jonathan_ Il pense à la masse je pense à la distance/
 477. Benoît_ Non non pas que la masse / Pas que la masse/ Mais je pense un peu à la vitesse aussi mais je sais pas/<4891855> Plus la vitesse est petite l'énergie potentielle est grande quelque chose comme ça / Non c'est rien/
 478. P_ Heu alors effectivement c'est un il faut regarder par rapport aux données que vous avez dans votre tableau/
 479. <4904976>Benoît_ Parce que l'énergie cinétique quand elle diminue elle donne de l'énergie à la quantité d'énergie heu potentielle/
 480. P_ Oui on dit qu'elle se transforme en énergie potentielle oui/
 481. Benoît_ Donc suivant la vitesse y a plus ou moins d'énergie heu potentielle/

482. P_ Heu Oui/ Est ce que c'est toujours en accord ça / En fait c'est pas ça marche pas/ Ce que tu dis mais est ce que de votre tableau/Est ce que on pourrait déduire ça de votre tableau/ De toute façon c'est à votre avis hein d'accord/ Donc y a des choses vous allez proposer des choses en fonction de vos résultats qui sont là effectivement/α<4941607> Toi tu me dis bien je vois que l'énergie cinétique heu/

483. Benoît_ Nous on a mis le contraire pour les deux/

484. P_ Diminue quand ça monte alors que l'énergie potentielle augmente/ Bon tu peux tu pourrais heu tu peux en déduire des choses qui sont pas forcément justes/α<4953189>En l'occurrence ce que tu me dis c'est pas juste ça dépend pas de la vitesse/

485. Tous deux_ Hum/

486. Jonathan_ Distance/

487. Benoît_ C'est toi qui/

488. P_ Ah ça effectivement ça marchera oui ça dépend de la distance/

489. α<4965325>Benoît_ Mais distance c'est quoi alors/

490. P_ En fin je sais pas c'est quoi ta distance/ Dont tu parles/

491. Jonathan_ Vous en avez parlé tout à l'heure/ Vous aviez bien dit (*rires*)/

492. P_ Ah alors je non alors je te dis non parce/ Je croyais que tu parlais d'autre chose/ Je t'ai répondu un peu vit/

493. α<4978276> Benoît_ Distance/

494. P_ Non non/ C'est non en fin/ Pas la distance dont je parlais tout à l'heure/

495. Benoît_ Oui mais on va s'accrocher à la distance/

496. P_ Par contre je vous laisse parce faut que j'aïlle voi faire avec les autres/ *Fin inclusion sous thème*α<4993996>**Correction de la partie 1 de l'activité 2 (Organisation de la classe CE)** Bien pour le heu les le premier paragraphe/ S'il vous plait/ Vous avez tous représenté des chaînes énergétiques qui heu sont similaires/ S'il vous plait/ Pour le lancer vous avez mis donc l'élève vous avez dessiné deux réservoirs l'élève et le médecine-ball/ On va marqué MB/ Et entre les deux vous avez marqué/

497. Elèves_ transfert d'énergie/

498. P_ Transfert par travail mécanique ça c'est pour le lancer/α<5038819>Pour la descente vous avez mis l'inverse/ Et pour la montée/ Non pour je veux dire pour la réception vous avez mis l'inverse/ C'est-à-dire/ Vous vous taisez s'il vous plait/ C'est le médecine-ball cette fois-ci qui va transférer de l'énergie à l'élève hein/ Pour la réception c'est le schéma dans l'autre sens/α<5060072>Ce que je voulais là où je voulais revenir c'était sur la montée et sur la descente/ Vous m'avez dit/ Par exemple pour la montée vous m'avez pratiquement tous dit pendant la montée il n'y a.../

499. Elève_ pas de transfert/

500. P_ pas de transfert d'énergie/ ça veut dire que l'énergie du ballon est constante/α<5084286>Et vous me l'avez représentée le réservoir ballon tout seul qui transfert pas d'énergie/ En fin je sais pas j'ai vu au moins trois je vais dire j'ai peut être pas vu Lynda/ Si j'ai vu aussi vous étiez vous aviez fait ça aussi Jessica aussi/

501. Jessica_

502. P_ Vous avez fait ça aussi/ Est ce que quelqu'un a dessiné/ Non/α<5110326>Vous aviez en vie de mettre des transferts avec l'environnement/ Et vous les avez enlevés ces transferts avec l'environnement pour quelle raison/

503. Noé_ Parce que ces transferts c'est de l'énergie thermique/

504. α<5123765> Benoît_ En mécanique on les néglige/

505. P_ Parce que on a en fin on vous disait qu'effectivement on négligeait les frottements avec l'air donc qui étaient susceptibles de faire des transferts par travail mécanique/ Et par transfert thermique/α<5135780>Qu'est ce que tu dis Noé/

506. Noé_

507. P_ Le transfert thermique entre quoi et quoi/
 508. Noé _.../
 509. P_ On peut avoir un transfert thermique entre l'élève qui lance et l'air/
 510. Noé _.../
 511. P_ Alors.../
 512. Noé _.../
 513. P_ Oui tout à fait/ Tu veux dire dans la pièce oui parce que le corps humain est 37 degrés et que l'air est pas à 37 degrés/ Y a un transfert thermique/ Mais on regarde pendant la durée de l'expérience pendant la durée du lancer/ C'est là qu'on négligeait le transfert thermique entre le corps humain et l'environnement d'accord/ Donc effectivement si tu fais sur une grande durée ça sera plus négligeable/α<5180326> Là on peut le négliger c'est pareil si on lançait cent fois/ Et bien ça provoquerai un échauffement hein/ Vous savez bien que plus quand on bouge on on s'échauffe/ Est ce que vous êtes tous convaincus que y a pas de transfert thermique pas de transfert d'énergie entre le ballon et l'environnement/
 514; Elève _.../
 515. P_ Personne n'avait en vie de dire heu l'énergie du ballon diminue/ L'énergie du ballon reste constante/α<5209391> Alors deux remarques j'ai deux remarques à vous faire/ Y a Aude qui disait que ce schéma là il était en désaccord avec le modèle/ Parce que dans le modèle on vous dit que quand on fait une chaîne énergétique le réservoir heu initial doit être différent du réservoir final/α<5225862> Donc effectivement ici y en a un seul réservoir/ Donc cette phrase qui est dans le modèle qui vous dit qu'il faut prendre un réservoir final différent du réservoir initial c'est pas dit mais ça aurait dû être mis/ C'est sous entendu c'est quand il y a des transferts d'énergie/α<5243480> Si on a un système isolé et bien il est tout seul y a qu'un seul réservoir/ Donc ça l'air en contradiction c'est vrai parce que la phrase du modèle finalement elle était pas assez précise hein/ Donc c'est import cette remarque est importante en principe tout se qui est en contradiction avec le modèle c'est faux/α<5258760> Donc les chaînes énergétiques souvent on s'en sert quand on représente des transferts énergétiques/ Et faire une chaîne pour un ballon entre guillemets qui est tout seul c'est vrai c'est pas heu ç'a pas vraiment d'intérêt/ A la limite c'est plus une chaîne énergétique/ C'est pour ça que c'est un cas où on va l'accepté/ [Fin sous thème Transfert d'énergie pendant les différentes phases Représentation chaîne énergétique Evolution d'énergie](#) α<5276709> [Début sous thème Système isolé du point vue énergétique](#) Mais le fait de représenter le ballon tout seul comme ça ça veut dire que c'est un système qui transfère pas d'énergie avec heu avec le milieu extérieur ça veut dire que c'est un système isolé/ Est que le ballon est un système isolé là/ Puisque vous le dessinez tout seul sans transfert d'énergie/ Donc est ce que le ballon est vraiment un système isolé/ Y a quelque chose moi qui me gêne dans ce schéma/
 516. Benoît_ Moi je pense pas/
 517. P_ Toi tu penses pas Benoît je t'ai déjà (*rires*) on a déjà discuté ensemble/ Là je demande plutôt aux autres/ Est ce que le ballon pendant la montée par exemple est ce que c'est un système isolé/ Je sais si vous vous rappelez mais quand on faisait l'analyse des forces en jeu/ Quelle est la force qui intervient ou les forces/
 518. Elève_ Le poids du ballon/
 519. P_ Oui y a le poids y la force exercée par la Terre sur le ballon/ Mais pendant la montée pendant la descente aussi/α<5334861> Donc le ballon en toute rigueur il est pas isolé/ Le système qui est isolé.../
 520. Benoît_ c'est l'ensemble du.../
 521. P_ C'est l'ensemble Ballon +Terre/ Donc en général ce qu'on fait si on veut être rigoureux et cohérent avec le modèle/ C'est à dire y a pas de transfert le système transfère aucune énergie il est donc isolé / Il faut prendre le système ballon+Terre/ Parce que le ballon il est en interaction avec la Terre/α<5365078> D'ailleurs vous savez bien qu'il est en

interaction avec la Terre puisque quand vous le lancez il monte et et puis après/ Et bien il redescend/ Puisque la il reste pas il part pas il s'en va pas/ Il revient d'accord/α<5379527>Donc ça c'est pour vous expliquez pourquoi dans la suite dans le 2 le système dont on parle c'est le système médecine-ball+Terre/ Parce que c'est l'ensemble des deux qui forment un système qu'on peut considérer comme isolé/α<5397590>Mais le ballon tout seul on peut pas considérer qu'il est isolé/ C'est pas possible/α<5401932>On peut considérer on peut faire une approximation et dire y a pas d'échange y a pas de frottement par exemple/ On fait comme si y avait pas de frottement entre le ballon et l'air/α<5411557>Parce que effectivement les frottements effectivement les frottements en jeu sont petits par rapport heu par exemple à la force exercée par la Terre aux autres grandeurs en jeu/α<5423765>Mais en aucun cas on peut négliger l'interaction avec la Terre/ Donc pendant dans le II et dans le III le système dont on va parler ça sera le système médecine-ball+ Terre/Parce que en toute rigueur c'est celui là qui est isolé/α<5438462>Et par abus de par habitude et par abus de langage on a tendance à près/ Et puis on le fera dans la suite/ Mais on à parler parfois que du ballon tout seul/ Et à dire que son énergie reste constante mais c'est un peu un abus de langage/α<5453296>Donc là vous pouvez faire le heu le 2/Vous pouvez passer à la suite hein/ Et c'est on a à partir de ce moment là on vous parle du système médecine-ball+Terre/ *Fin sous thème* **Fin Thème**α<5470019>**Début thème Variation, évolution et changement de formes d'énergie stockée par un système isolé du point de vue énergétique. Grandeurs dont dépend l'énergie potentielle de pesanteur (suite) Réalisation de la partie 2 de l'activité 2 (Organisation de la classe Gr ou Ind) *Sous thème variation de l'énergie stockée par un système Changement de forme et évolution de l'énergie (Pr-Ind)*** Aude_ Il diminue/

522. P_ Alors je vous laisse répondre aux questions Hein/

523. Aude_ Il diminue/

524. P_ Alors/

525. Aude_ S'il diminue pas il continue à monter/

526. P_ Et bien regarde ce que t'avais mis tout à l'heure hein/ Regardez ce que vous avez mis tout à l'heure comme réponse ça doit être cohérent avec ce que vous aviez mis avant/

527. *Fin sous thème*α<5494945>*Sous thème Grandeurs physiques dont dépend l'énergie potentielle de pesanteur*α<0> **(Pr-Gr 4)** Jonathan_ Mme/

528. P_ Oui/

529. Jonathan_ Quand tout à l'heure on parlait de distance de la distance de lancer c'est ça que je veux dire/

530. P_ C'est pas la distance de lancer/

531. Benoît_ Soit la distance de lancer soit la distance parcourue/

532. P_ Alors dans le l'activité 1 moi parlais de la distance de lancer effectivement c'est de ça dont je parlais moi/

533. Benoît_ La distance parcourue par la balle/ Non/

534. P_ Heu hum/

535. Benoît_ Non/

536. α<5517165>P_ Alors je sais je cherche la question/

537. Benoît_ .../

538. P_ Ah vous êtes pendant la montée/ Donc déjà pendant la montée la distance de lancer n'intervient pas/ C'est une phase di.../ Différente là/

539. Benoît_ Non non on est là à votre avis/

540. P_ Oui mais là vous avez fait l'analyse cette analyse là que vous avez faite c'est pour la pendant la montée/ D'accord donc c'est à partir de là/ Donc je t'ai répondu oui trop vite tout à l'heure/ Hein/ Tu m'a parlé de distance tu me parles en fait de la distance de lancer mais on est pas du tout dans cette phase là/ Et moi j'ai en fait j'ai compris autre chose dans ce que tu me disais/

541. Benoît_ La distance/
 542. P_ Donc regardez votre tableau et essayer de voir de trouver une grandeur qui pourrait heu qui pourrait influencer l'énergie potentielle du système.../ Intervenir dans l'énergie potentielle/
 543. Jonathan_ La masse/ Non/
 544. Benoît_ L'énergie cinétique/
 545. Jonathan_ Oui mais c'est pas une.../
 546. Benoît_ C'est pas très bizarre quand même/
 547. Jonathan_ .../
 548. <5575879><5577644> **(Pr-Ind)** P_ L'énergie cinétique et l'énergie potentielle/ Vous m'avez marqué ça vous avez vous dites ça parce que le ballon il monte l'énergie cinétique diminue/
 549. Aude_ Oui/
 550. P_ Et se transforme en énergie potentielle/ Oui/<5587643> Et l'énergie cinétique dépend de la masse et de la vitesse/ Oui c'est vrai/ Et l'énergie potentielle/ Tu me dis elle dépend aussi de la masse et de la vitesse/
 551. Aude_ Non/
 552. <5597394>P_ Donc alors pourquoi faire heu utiliser deux grandeurs/ Pourquoi utiliser deux termes si ça dépend des choses/
 553. Aude_ Bien c'est quand ça se transforme/
 554. P_ ça va se transfor ça ce transforme oui la forme d'énergie dans le ballon se transforme/ C'est à dire il a au départ il avait de l'énergie qui était liée à sa vitesse et sa masse/
 555. Aude_ Hum/
 556. P_ Et la vitesse diminue/ Donc son énergie cinétique diminue
 .../<5620522>**(Organisation de la classe CE) Correction de la partie 2 de l'activité 2**
 Qu'est ce que vous m'avez dit d'autres/
 557. Elève_ .../
 558. P_ Bien je l'ai entendu donc je l'ai mis mais attendez/ Vous dites tout vous dites tout après on discute/
 559. Elève_ Distance au sol/
 560. P_ Distance au sol Ensuite/<5638368>Hé y a trop de bruits là/ Quelle heure est-il/ Ou là
 Elèves_ .../
 562. P_ Hein non il est quinze heure huit on a le temps là de finir/<5650412>Qu'est ce que vous proposer d'autres là/
 563. Elèves_ C'est tout/
 564. P_ Tout à l'heure vous m'avez dit pleins de trucs/
 565. Elève_ la masse/
 566. P_ *(rires)* La masse/
 567. Elèves_ .../
 568. <5665523>P_ Bien alors hé s'il vous plait il reste cinq minutes j'aimerais qu'on discute là dessus/
 569. Noé_ .../
 570. P_ Oui deux minutes exactement puisque ça sonne à dix/ Donc vous avez réagi violemment là tout à l'heure sur heu y a des choses que vous vouliez enlever/
 571. Elèves_ La force des mains on l'enlève la force des mains/
 572. P_ Vous êtes sûrs hein/
 573. Elève_ Ah oui/
 574. P_ Le ballon une fois qu'il est.../ *(elle mime avec ses mains le lancer du ballon)*
 575. Elève_ en l'air/

576. P_ en l'air il n'est plus en interaction avec les mains d'accord/ ça on l'a vu en mécanique donc effectivement la force des mains on va l'enlever/ (*elle barre la force des mains*)/ α <5702173>Ensuite La distance au sol/
577. Elève_ Non on va garder/
578. P_ Donc ça veut dire ça veut dire l'altitude/
579. Elèves_ Oui/
580. P_ Plus il est haut le ballon plus quoi/
581. Elève_ Plus y a de l'énergie potentielle/
582. P_ Plus il a de l'énergie potentielle/ Est ce que ça ça vous paraît heu/
583. Elèves_ Oui oui/
584. P_ ça vous paraît bien/
585. Elèves_ Oui oui/
586. P_ Oui/ α <5726124>**Conclusion de la séance** On finira la discussion heu alors attendez que je réfléchisse Heu lundi oui lundi on fait de la physique/
587. Noe_ .../
588. P_ Non/
589. Noe_ Ah si/ α <5736805> **Fin Thème (provisoire)**

LTID. Chapitre I. Travail et Puissance

1. **Début. Thème. Modèle de l'énergie. Notion de système en physique, propriétés, modes de transfert et chaînes énergétiques (Organisation de la classe : CE)** $\alpha < 0 >$ [Sous thème.](#)

[Fonctionnement de la physique : les fonctions du modèle en physique \(Pr-CI\)](#) **Introduction**

de la séance P...de la physique...intitulé...champs et énergie/ (il distribue les feuilles en même temps)/ Alors l'énergie donc sera le premier modèle qu'on va

étudier/ $\alpha < 37382 >$ **Introduction. Le modèle de l'énergie/** D'abord nous allons définir c'est quoi un ...un modèle/Alors le physicien part toujours ...d'un constat ou bien d'un fait d'observation/ A partir maintenant des faits d'observations il utilise un modèle pour interpréter maintenant ce qu'il a observé/ Ou bien pour expliquer ce qu'il a observé déduire une loi ensuite prévoir aussi d'autres actions/ $\alpha < 78230 >$ Donc le modèle nous permettra chaque fois d'expliquer ou bien d'interpréter certains phénomènes aussi de prévoir d'autres phénomènes/ $\alpha < 88001 >$ Voilà alors le premier modèle je dit que donc c'est ...qu'on va voir c'est l'énergie/Donc c'est un modèle donc on va utiliser l'énergie pour interpréter certains phénomènes de la vie courante ou bien expliquer ou bien prévoir/[Fin sous thème](#) $\alpha < 105968 >$

[Sous thème. Exemple de formes d'énergie/](#)**Cours. Lecture et explication du modèle**

énergie/Maintenant c'est quoi l'énergie/ Ou bien exemple d'énergie/ Oui il faut parler fort/

2. Elève _énergie solaire/

3. P_ Exemple d'énergie/ énergie solaire/ (il écrit en même temps au tableau)/ Hum... Oui/

4. Elève _énergie éolienne/

5. P_ L'énergie éolienne/ Oui/

6. Elève _ énergie électrique/

7. P_ il faut parler fort/ énergie/

8. Elève .../

9. P_ énergie...électrique/ Hun Hun électrique oui oui/

10. Elève _énergie mécanique/

11. P_ énergie mécanique/ Oui/

12. Elève _énergie hydraulique/

13. P_ Hydraulique/ énergie hydraulique/ Hun hun Oui/

14. Elève _énergie cinétique/

15. P_ Cinétique/ Oui/

16. Elève _énergie chimique/

17. P_ énergie chimique/ Donc vous voyez chaque fois vous donnez des exemples d'énergie/

Nous allons partir d'un exemple c'est à dire le premier ex...exemple/ l'énergie solaire/ C'est quoi/ est produite par quoi/ Oui/

18. Elève _Le Soleil/

19. P_ Par le Soleil/ [Fin sous thème.](#) $\alpha < 206047 >$ [Début sous thème. Notion de système en physique. Les propriétés de l'énergie, les modes de transferts d'énergie et les chaînes énergétiques](#)

Maintenant donc on va prendre donc l'énergie d'une manière générale parce que vous avez donné plusieurs exemples/ Nous allons partir de l'énergie d'une manière générale pour expliquer donc ce modèle là c'est quoi/ A travers d'abord si vous lisez bien à travers ses formes/ $\alpha < 220140 >$ On a dit que donc l'énergie est d'abord introduite par ses propriétés puis

comme le font les physiciens par un principe fondamental de conservation/ Donc c'est une partie qu'on va voir/ Nous c'est surtout à travers les propriétés de l'énergie/ $\alpha < 235430 >$ Alors

les propriétés de l'énergie on voit que donc l'énergie peut être stocké par quoi/ Par un système/

C'est quoi un système/ (silence)/ C'est quoi un système en physique hein/ Comment on a

défini un système en seconde/ (silence)/ Comment on a défini un système en seconde/

(silence)/ Quand on faisait heu...les exercices sur les forces oui/

20. Elève _Un corps sur lequel agissent des forces/

21. P_ Un corps sur lequel agissent des forces/ C'est à dire le corps ...qu'on étu.../

22. Élève _ .../
23. P_...qu'on étudie/ C'est l'objet étu.../
24. Élève _ .../
25. P_...étudie/ Voilà donc c'est ça un système/ Le système donc c'est l'objet étudié/ C'est à dire donc ici l'objet d'étude d'accord/α<296478> Alors donc le système donc peut stocker de l'énergie hein/ Donc une forme d'énergie...l'énergie peut être conser...stockée/α<305782>Ensuite l'autre forme d'énergie/ l'énergie peut être .../
26. Elève _changée/
27. P _Changée/ c'est à dire une autre.../
28. Élève _ .../
29. P_... forme/ Parce que vous avez ici élaboré une liste d'énergie/ ça veut dire que donc sous...vous avez établi l'énergie sous plusieurs ...sous plusieurs formes/ Alors stockée on prend l'exemple de l'énergie solaire ...l'exemple de la photopile photovoltaïque les capteurs/ fait quoi/ Stocke de l'énergie l'énergie solaire les photopiles photocathodes/ Vous connaissez/
30. Élève _ .../
31. P _Voilà donc stocke de l'énergie l'énergie solaire/ Ensuite une fois cette énergie est stockée qu'est ce qui se passe/ Quel est le rôle de la photopile là-bas/ Les cellules oui/
32. Elève _Transforment l'énergie.../
33. P _Transforment l'énergie sous quelle forme maintenant là-bas/
34. Elève _électrique.../
35. P _Produit de l'électricité une énergie que vous avez ela... élaborée/α<363482>Donc l'énergie peut être stockée mais aussi peut être transformée/α<368960> Et maintenant la dernière propriété/ Peut être trans.../
36. Elève _transférée/
37. P _Transférée/ On part de quel système/ On part du Soleil qui transfère son énergie à quoi/ A la photo...photopile/ α<384097>Donc voilà différente forme l'énergie donc...les propriétés à retenir l'énergie peut être stockée elle peut être transformée mais aussi elle peut être transférée/α<397893>Donc on part d'un système à un autre le Soleil qui fournit qu'est ce qui reçoit là-bas/ L'autre système qui reçoit c'est quoi/
38. Elève _la photopile/
39. P _La photo...la photopile/ Donc le Soleil fournit la photopile reçoit/ Voilà donc on a là-bas deux systèmes voilà/α<418055>Donc le transfert se fera d'un système à un autre/α<421934> Maintenant comment se fait le transfert/ c'est le II/ Vous voyez donc les modes de transfert et de changement de formes de l'énergie/ On a vu que donc le mou...l'énergie pouvait être sous différentes formes mais aussi l'énergie pouvait être transférée/ α<440724>Alors comment se fait le transfert/ Donc le transfert se fait d'un système à un autre/α<446404> Ou bien on peut toujours avoir un même système dans le même système... le système peut être composé de deux sous systèmes/ On parle de sous-systèmes/ Dans le même système le système est un système composite/ α<457767>Alors le transfert va se faire à l'intérieur du système même/ D'accord/ α<463560>Alors ici on dit que quoi/ Dans ce cas le transfert d'énergie au sein du système peuvent se traduire par des changements de forme sous laquelle il stocke l'ener...l'énergie/α<475990>Les différents modes de transferts de l'énergie sont/ Alors la aussi il faut retenir/ on a quoi/ Le transfert par mode travail/ Comment on apprécie cela/ C'est à dire comment se rendre compte que ici le transfert se fait par mode de travail/ On considère que y a transfert d'énergie par mode de travail chaque fois qu'il y a déplacement d'un objet ou d'une partie d'un objet au cours d'une inter...interaction/Voilà/ donc on se rend compte qu'il y a énergie si et seulement si...y a travail si et seulement si ...y a /
40. Elève _déplacement/
41. P _Y a déplacement de l'objet...de l'objet étudié c'est à dire du système

étudié/α<523108>Donc un système... maintenant il suffit de voir maintenant quel est le système qui va ...qui a fournit l'énergie au système étudié/ Qui a permis quoi le déplacement/ Donc dès qu'il y a déplacement on peut parler quoi/ On peut parler de tra.../

42. Élève_ Travail/

43. P_...de travail. Voilà le premier mode de transfert/α<544495>Ensuite donc on peut distinguer là-bas le travail mécanique qui est l'objet donc de ce chapitre qu'on va voir le premier chapitre/ Et le travail élec...électrique qu'on verra ultérieurement/α<559410>Ensuite l'autre transfert/ le transfert aussi peut être le transfert thermique ou mode de ch.../

44. Élève_ Chaleur/

45. P_...chaleur/ Ensuite l'autre mode de transfert le transfert par mode de rayonnement/ Donc toutes ces formes de transfert là seront étudiés/ Donc on va utiliser les modèles pour interpréter/ Donc pour montrer que y a travail on va utiliser quoi/ Le modèle énergie c'est à dire donc j'ai ...je répète encore/ On va interpréter les faits en utilisant un modèle c'est à dire le modèle de l'énergie/ Sous quoi/ Sous quoi...en reconnaissant sous ses propriétés en tenant compte des propriétés de l'énergie/ α<601783>**Contrôle oral de connaissances** On a noté combien de propriétés/ Combien de propriétés on a noté/

46. Elève_ Trois/

47. P_ trois propriétés/ Alors la première propriétés mademoiselle/

48. Elève_ l'énergie peut être stockée/

49. P_ Deuxième propriétés/

50. Elève_ l'énergie peut être transformée/

51. P_ L'énergie peut être transf.../ Troisième propriétés/

52. Elève_ L'énergie peut être transférée/

53. P_ L'énergie peut être trans...transférée/α<622156>Et le transfert se fait q...sous forme de...oui vous derrière/

54. Elève_ déplacement/

55. P_ Sous forme de déplacement/ Quand on d...quand y a déplacement y a quoi encore/ Hein/

56. Elève_ mouvement/

57. P_ Mouvement c'est à dire/

58. Elève_ Travail/

59. P_ Travail/ Dès que y a...on apprécie ça sous forme de donc...l'énergie sous forme de travail/α<641265>Ou bien sous forme the.../

60. Elève_ thermique/

61. P_ Sous forme thermique/ Le transfert thermique et le transfert.../

62. Elève_ Par mode rayonnement/

63. P_ Par mode de rayonnement/ Et maintenant les systèmes dont on a parlé...donc il faut identifier maintenant les systèmes qui inter...interviennent au cours de ce transfert là/ Les systèmes qui interviennent au cours de ce transfert là/α<667571>**cours :Lecture du texte et explication du modèle (suite)** Donc il faut les identifier/ Et on a les différents types de systèmes qui interviennent au moment de l'interaction/ ça c'est la...le deuxième...toujours deuxième partie du même modèle énergie/ Donc vous voyez modèle de l'énergie partie II/ Les différents types de systèmes/ Alors ces systèmes là maintenant seront appelés soit réservoir ou bien quoi.../

64. Elève_ transformateur/

65. P_ Transformateur/α<696567>Alors c'est quoi un réservoir/ On dit que donc un réservoir est un...le heu...un réservoir c'est tout simplement...sera con est le système qui est capable de stocker l'énergie et qui est capable de faire quoi/ de faire va.../

66. Elève_ .../

67. P_...de faire varier l'énergie/ Voilà un réservoir/α<713112>Un réservoir c'est le système

qui est capable de stocker ou bien de faire varier l'ener...l'énergie/α<719608>Et le transformateur comme son nom l'indique c'est quoi...sans regarder la note/

68. Elève _ .../

69. P_...transformer/ Parce qu'on a dit que donc l'énergie peut être transformée/ Parce que ici on a évoqué plusieurs formes d'ener...d'énergie/ Voilà donc identifier le réservoir identifier aussi quoi/ Le transformateur/ Et ceci indique quoi/ Donc dans l'interaction là on aura chaque fois une chaîne/ Et maintenant dans la chaîne là il faut identifier quoi/ Le réservoir le transformateur/ Et vous avez donc chaîne énergétique en II/ Donc y aura une chaîne et identifier la chaîne/ Alors dans la chaîne maintenant il convient de symboliser au lieu mettre chaque fois réservoir transformateur transfert écrire en toute lettre les physiciens conviennent à utiliser un symbole/ Dès que vous voyez le symbole vous savez que ça c'est un réservoir ça c'est un transformateur ça ça explique quoi le trans...le transfert/ Et donc ce sont les symboles que vous voyez sous vos yeux là/Alors le réservoir sera tout simplement représenté par quoi/ Par un rectangle/ Et maintenant pour le transformateur y a une barre à...juste à gauche en haut/

70. Elève _ .../

71. P_ Voilà à droite en haut/ Et ensuite le transfert on met une ...une flèche/ Voilà dans la chaîne donc on doit faire figurer tous ces élé...tous ces éléments là/ Et maintenant qu'est ce qu'il faut noter surtout là-bas/ On tiendra compte surtout de la chaîne énergétique complète...que la chaîne énergétique complète commence et se termine par un reser...réservoir/ Donc la chaîne complète...la chaîne va commencer toujours par un réservoir et se terminera par un reser... réservoir/α<836493>Le réservoir initial est différent du réservoir fi...final/α<842529>

Clôture. Lecture et explication du modèle énergie Voilà donc le modèle qu'on va utiliser à savoir encore une fois l'énergie pour interpréter les phénomènes physiques/ Pour expliquer ou bien aussi pour prévoir d'autres résultats ou bien d'autres circonstances/ On va toujours utiliser donc le modèle je dis bien pour expliquer/ C'est compris/ Et le modèle ici utilisé sera le modèle de l'énergie/ Donc on va utiliser l'énergie pour expliquer les phénomènes qu'on va voir/Fin sous thème. Fin Thèmeα<873039> **Début Thème. Travail d'une force constante en déplacement. Sous thème. Annonce de l'étude du premier mode de transfert d'énergie : le travail** Introduction Chapitre Travail et Puissance Alors le premier mode qu'on va voir ici sera le travail/ Donc en grand chap...en chapitre I/ On va mettre PI/ Physique I/ Travail/ c'est le modèle..et Puissance/ Travail et

Puissance/α<903637> **Inclusion. Organisation du travail** Là aussi donc vous allez utiliser votre cahier en même temps vous allez vous servir du support là/ Donc dans le cahier y aura un complément là-bas à faire hein/ Donc vous allez...voilà.../ Donc modèle/ travail d'une force en déplacement/ (*il distribue de nouvelles feuilles*)/ Alors chaque fois vous allez coller ça au niveau de votre cahier pour ne pas perdre hein. Voilà/ **Fin inclusion. Organisation du travail**

Fin sous thème α<987059>**Début sous thème. transfert d'énergie par mode travail et déplacement du système** Cours Travail d'une force en déplacement

Alors ...donc là-bas vous voyez modèle travail d'une force en déplacement/ On va partir d'un exemple/(*efface le tableau pour faire un schéma*)/ Alors je prends un ouvrier... qui déplace une masse par l'intermédiaire d'une poulie/ Donc voilà l'ouvrier il est là/ Voila (il est en train de dessiner au tableau)/ Voilà l'ouvrier va déplacer la charge de masse m/ Donc fait monter sur une auteur h/ Il déplace la masse donc soulève une masse m par l'intermédiaire d'une poulie et d'un ...et d'un fil/ Voilà/α<1079963>Maintenant problème/ Ici est ce que la masse reçoit de l'énergie/ Est ce que la masse reçoit de l'énergie/ Oui/

72. Elève _ Non la masse ne reçoit pas d'énergie/

73. P_ La masse ne reçoit pas de l'énergie/ Pourquoi/ (*silence*) /

74. Elève _ C'est la poulie...c'est la poulie qui reçoit de l'énergie/

75. P_ C'est la poulie qui reçoit de l'énergie/

76. Elève _ .../

77. P _ De qui/ qui donne cette énergie là/
78. Elève _ C'est la personne qui tire/
79. P _ La personne/ Donc l'ouvrier donc en tirant.../
80. Elève _ en tirant la poulie/
81. P _ Oui/
82. Elève _ la poulie reçoit de l'énergie/
83. P _ Reçoit de l'énergie/ Et maintenant cette énergie reste sur la poulie/ Hein/
84. Elève _ Non non/
85. P _ Cette énergie reste maintenant sur la poulie/
86. Elève _ non non sera.../
87. P _ sera stockée par la poulie/ Et maintenant la masse là ne reçoit rien/ La masse/
88. $\alpha < 1147484 >$ Elève _.../
89. P _...vous parlez fort/
90. Elève _ La masse...la personne en tirant la corde /
91. P _ Hum hum/
92. Elève _ soulève la masse/
93. P _ Hum hum/ (*silence*)/ Oui maintenant en... la masse en se déplaçant je dis ne reçoit pas d'énergie selon vous/ Vous êtes d'accord/
94. Elèves _ Non non/
95. P _ Oui vous/
96. $\alpha < 1174230 >$ Elève _ La masse reçoit de l'énergie/
97. P _ La masse reçoit de l'énergie/ Pourquoi/
98. Elève _ Parce que la personne fournit de l'énergie/
99. P _ La personne fournit de l'énergie par l'intermédiaire de quoi/
100. Elève _ du fil/
101. P _ Par l'intermédiaire du fil/ $\alpha < 1188214 >$ Maintenant pour quoi vous dites que la masse reçoit de l'énergie/
102. Elève _ .../
103. P _ Oui pourquoi reçoit de l'énergie/ Qu'est ce qui nous permet de savoir que la masse reçoit de l'énergie/ Oui/
104. Elève _ Quand la charge monte.../
105. P _ Parce que y a déplace.../
106. Elève _.../
107. P _...déplacement/ C'est tout simplement/ $\alpha < 1210197 >$ On avait vu que donc ça c'est un mode ...hein c'est un mode... d'énergie/ Dès que y a déplacement on dit que donc le système reçoit de l'énergie/ Et ce mode d'énergie là ce modèle là sera quoi/ On appelle ça quoi/
108. Elève _ Travail/
109. P _ Le travail. Et ce modèle là est le travail/ Voilà/ $\alpha < 1231537 >$ Donc la masse en conclusion cette masse reçoit de l'énergie/ De quoi/ L'ouvrier. Par l'intermédiaire de quoi/ Par l'intermédiaire du fil et de la poulie/ [Fin sous thème. Transfert d'énergie par mode travail et déplacement du système](#) $\alpha < 1246700 >$ [Début sous thème. Travail d'une force. Déplacement du point d'application de la force](#) D'accord/ $\alpha < 1248726 >$ Alors ici la masse se déplace donc le système c'est ça / (*il indique l'objet de masse m*)/ Quelles sont les forces qui s'appliquent ici/ quelle est la force appliquée à la masse/ Oui/
110. Elève _ C'est le poids.../
111. P _ Le poids/ y a aussi la ten.../
112. Elève _ Tension du fil/
113. P _ Tension du fil **T**/ $\alpha < 1268578 >$ Alors ici on voit que donc y a la force y a une force **T** par l'intermédiaire donc du fil le fil exerce une ten.../
114. Elève _ tension/

115. P_...tension/ Et y a quoi/ y a déplacement de quoi cette fois-ci/ déplacement.../
116. Elève_ de la masse/
117. P_déplacement.../ (*insiste sur le point d'application de la force tension*).../ Oui déplacement de la masse par l'intermédiaire de quoi/
118. Elève_ du fil/
119. P_ Par quel modèle/ Par l'intermédiaire du fil alors le fil exerce quoi/
120. Élèves_ une force/ une tension/
121. P_ Une ten...tension/ Donc ça c'est un autre modèle/□<1303303>Maintenant l'action là cette action là aussi il faut interpréter ça par quoi/ Cette action a eu lieu grâce/ (*il indique la tension du fil*)/ à la force/ Y a action/ Vous avez défini la force comme étant une action/ donc vous dé...vous interprétez le déplacement maintenant par cette action/ L'action ici c'est quoi c'est la force/ Voilà un autre modèle/ Je dis chaque fois il faut interpréter d'accord/ Maintenant y a déplacement sous l'action de quoi/ (*il indique la tension du fil*)/
122. Elève_ De la tension/
123. P_ De la tension/ La force exercée au sys...au système/ Donc on voit que donc la masse en se déplaçant alors le point d'application de la force se dé...déplace et on dit que quoi/ On dit que maintenant cette force là travaille/ On dit que cette force travaille/ parce que y a quoi/ Y a déplacement du point d'application et ceci nous permet donc de définir le travail/ Alors quelle définition donnez-vous au travail maintenant/ Travail d'une force/ (*silence*)/ Quelle définition donnez-vous au travail d'une force/ Oui/
124. Elève_ Une force effectue un travail lorsque son point d'application se déplace/
125. P_ Une force effectue un travail lorsque son point d'application se dé...déplace/ Voilà comment on le scientifique explique le travail/□<1392478>Donc maintenant travailler c'est pas tout simplement rester sur place ou travailler intellectuellement hein/ C'est pas le fait de porter un lourd fardeau hein/ Le fait d'être fatigué qu'on a travaillé/ Donc travailler en physique c'est quoi/ C'est lorsque la force effe...le point d'application de la force se dé...se déplace très bien/□<1415699>[*Recours a la camera élève*] Donc la personne fournit de l'énergie à quoi/ A la masse/ Grâce à quoi/ Grâce au dép...déplacement par l'intermédiaire du...du fil/ Y a action/ cet action est interprétée par quoi/ Par une force/ Y a déplacement parce que y a force/ Et maintenant déplacement du point d'application de la force nous permet de dire donc.../ Donc l'énergie...sous forme de travail par l'intermédiaire de quoi/ Par l'intermédiaire de la force qui s'exerce sur quoi/ Sur le système étudié/ Et cette force nécessairement son point d'application doit se déplacer/ ça donc c'est la définition que vous avez sous vos yeux / [*Fin recours a la camera élève*]/□<1483212>Travail d'une force constante/ [*Fin sous thème. Travail d'une force. Déplacement du point d'application de la force*](#)□<1485769>[*Sous thème. Les facteurs qui influencent le travail mécanique*](#) Alors maintenant on va voir les facteurs dont dépend le travail/ A partir toujours d'une activité/ Qu'est ce qu'on fait/ On avait travaillé avec la masse m / On va...on remplace la masse m par une masse m_1 qui est supérieure... m_1 supérieure a m sur un même déplacement/ Donc le déplacement ne change pas/ On a tout simplement change la masse/ Alors l'ouvrier va-t-il fournir beaucoup plus d'énergie ou non/ Oui.../ L'ouvrier va fournir.../
126. Elève_ beaucoup plus d'énergie/
127. P_ Beaucoup plus d'énergie/ Pourquoi/ parce que.../
128. Elève_ m_1 est sup.../
129. P_ La charge a .../
130. Elève_ augmenté/
131. P_ La charge a augmenté/□<1540996> Donc la charge ayant augmenté sur un même déplacement l'ouvrier donc va fournir beaucoup plus d'énergie/ ça veut dire quoi/ ça veut dire que donc le travail va augmenter ou bien va diminuer/
132. Elève_ va augmenter/

133. P_ Le travail va augmenter/ $\square < 1556896 >$ Alors la masse est liée à quoi/ au poids/ Si le poids augmente ça veut dire que .../
134. Élève _ .../
135. P_ ...la tension augmente/ $\square < 1564962 >$ Donc on va dire quoi/ que le travail ...hein est proportionnel à quoi/
136. Elève _ l'intensité/
137. P_ L'intensité de quoi/
138. Elève _ de la force/
139. P_ De la force/ Bien/ Proportionnel à l'intensité de la force F/ Voilà un premier facteur donc la force F est un facteur dont dépend le travail/ Alors maintenant l'autre facteur je maintiens toujours la masse m maintenant je fais varier la hauteur/ Je déplace maintenant sur une hauteur h_1 supérieure h / Maintenant h_1 supérieure à h comment va évoluer le travail/
140. Élève _ .../
141. P_ Parlez fort/
142. Elève _ l'ouvrier va encore fournir plus d'énergie/
143. P_ Donc .../
144. Elève _ Donc le travail est proportionnel à la hauteur .../
145. P_ La hauteur c'est à dire d'une manière générale...le dép.../
146. Élève _ le déplacement/
147. P_ Le déplacement bien/ donc travail proportionnel au déplacement/ Maintenant l'ouvrier pour maintenant fournir moins de travail va toujours conserver sa masse mais maintenant va déplacer la masse sur un plan incliné/ Voilà le système reste inchangé maintenant le fil fait un angle α par rapport au déplacement/ Vous voyez que ici dans le premier cas le fil hein...est parallèle au dépla...au déplacement/ C'est à dire la force est parallèle au déplacement/ Maintenant quand le fil est incliné d'un angle α vous voyez que la force ici ...maintenant fait un angle α par rapport au déplacement/ $\square < 1682412 >$ Voilà la personne charge...donc la hauteur ne change pas la masse aussi ne change pas/ Et on s'aperçoit que ici la personne fournit moins d'é.../
148. Élève _ .../
149. P_ d'effort/ ça veut dire quoi ici quel est le nouvel ...le nouveau paramètre qui intervient ici/
150. Elèves _ angle/
151. P_ C'est l'angle/ Hein donc le travail est fonction de ...de l'angle/ Donc proportionnel au cosinus de l'angle α / [*Fin sous thème. Facteurs qui influencent le travail mécanique*](#) $\square < 1714267 >$ Voilà donc finalement l'expression va donner donc l'expression du travail est donnée c'est pour cela on dit donc... c'est pour cela qu'on dit donc le ...les facteurs dont dépend le travail on a ...la valeur du travail d'une force en déplacement dépend des facteurs suivants/ intensité de la force la longueur du déplacement et l'angle entre le vecteur force et le vecteur dep.../
152. Elève _ .../
153. P_ déplacement/ $\square < 1739532 >$ **Contrôle oral de connaissances** Voilà/ Donc.../Travail ...lorsqu'il y a quoi/ Lorsque le point d'application se .../
154. Elève _ déplace/
155. P_ ...déplace/ Y a travail lorsque le point d'application se déplace/ Les facteurs/ Les facteurs.../
156. Elève _ Les facteurs/ Il y a.../ il y a l'angle/
157. P_ Il y a l'angle/ Y a ensuite l'intensité de quoi/
158. Elève _ l'intensité de la force/
159. P_ De la force/ Y a aussi quoi / derrière/
160. Elève _ la longueur du déplacement/

161. P_ La longueur du déplacement/ Donc ces trois facteurs là seront tenus en ...en compte dont dépend le...le travail/α<1780172> [Début sous thème. Travail moteur, travail résistant et travail nul](#) Cours. Travail moteur, travail résistant et travail nul Maintenant si on prend on revient au premier cas/ Si on revient au premier cas/ On a ici deux types de force/ Y a quoi/ La tens.../

162. Elève_ la tension du fil/

163. P_ Y a aussi quoi/

164. Elève_ poids/

165. P_ Le poids/α<1797633> Alors regardez le poids par rapport au...la tension par rapport au déplacement/ Favorise -t-elle ou bien s'oppose-t-elle au déplacement/

166. Elève_ favorise/

167. P_ La tension oui/

168. Elève_ favorise/

169. P_ La tension favorise le dé...déplacement/Alors que .../

170. Elève_ .../

171. P_ ...le poids .../

172. Elève_ s'oppose/

173. P_ ...s'oppose au déplacement/ C'est à dire ne favorise pas le déplacement/ Donc y a/

174. Elève_ une résistance/

175. P_ ...il faudrait faire quoi un diffé...une différence différentier/α<1829964> Lorsque la force favorise le déplacement on dit que le travail est moteur/ Lorsque la force ne favorise pas le déplacement on dit que le travail.../

176. Elève_ résistant/

177. P_ ... est résistant/α<1847950> Et ceci sera déterminé par une grandeur algébrique on va algébriser/

178. Parce que le cosinus de l'angle est compris entre quoi/ Cosinus alpha/ Cosinus de l'angle est compris entre quoi et quoi/

179. Elève_ 1 et -1/

180. P_ Entre -1 et 1/ Donc là vous voyez que donc comme ça dépend de l'angle on peut algébriser/ Alors si la force favorise le travail alors...si la force favorise le déplacement on dira que le travail est moteur et le travail sera compté positivement/ Si maintenant la force ne favorise pas le travail...le travail...le déplacement on dira que le travail est résistant et on va compter ça négativement/ Le travail sera compté négativement/ Donc convention/ convention/ travail ...la force favorise le mouvement le travail est compté positivement/ La force ne favorise pas le mouvement le travail est compté négativement/ On dit que donc le travail est moteur pour le premier cas et résistant pour le deuxième cas/ Maintenant si ça ne favorise ni ne défavorise le mouvement l'autre cas c'est à dire donc un travail est nul/ Voilà/ Donc voilà.../ Travail moteur en conclusion le travail d'une force est moteur si la force favorise le mouvement dans ce cas $W(\mathbf{F})$ est compté positivement/ Travail résistant on note ca...le travail d'une force est résistant si la force ne favorise pas le mouvement/ dans ce cas $W(\mathbf{F})$ est.../

181. Elève_ .../

182. P_ ...négatif/ Travail nul alors si la valeur du travail d'une force est nul on dit que le travail est...nul on note $W(\mathbf{F})$ égal a zéro/ Alors le travail est nul/ [Fin sous thème. Travail moteur, travail résistant et travail nul](#) α<1973770> [Sous thème. Travail d'une force constante en déplacement rectiligne](#) Cours. Travail d'une force constante sur un déplacement rectiligne Maintenant nous allons voir un cas/ Les types de mouvement/ Y a le mouvement de translation/ y a aussi les mouvements de rotation/α<1982792> Pour le cas d'une ...translation cas d'une translation on voit que donc le travail d'une force constante sur un déplacement rectiligne est donné par l'expression/ Donc donne directement l'expression parce

que dépendait de quoi/ de l'intensité...dépendait de quoi/ de la longueur du déplacement/
 Dépend de quoi/ de l'angle alpha/□<2004194>Alors on a vu que le travail pouvait être compté
 positivement ou bien négativement/ Alors la relation mathématique qui traduit tout ça/ la
 relation mathématique qui traduit tout ça travail de la force **F** au cours du déplacement **AB** est
 traduite par le produit scalaire qui est une grandeur algé...algébrique/ **F.AB**/ F scalaire
 AB/□<2027615>Donc ici on introduit quoi/ La force hein le déplacement et aussi l'angle que
 forme la force et le déplacement/ Parce que ici vous avez F/ AB/ cosinus (de l'angle formé
 entre A et B)c'est à dire donc $\cos(\mathbf{F},\mathbf{AB})$ qu'on note alpha alpha égale à l'angle formé par **F** et
AB/□<2059050>Donc voilà donc le produit scalaire ici va traduire la grandeur algébrique du
 travail qu'on a déjà établi ici/ Donc vous ajoutez cette relation là/ Vous ajoutez F scalaire AB
 et vous mettez F fois AB fois cosinus de l'angle formé entre **F** et **AB**/ Vous ajoutez ça là-
 bas/□<2080081> □<2092969>Donc ça c'est le cas où le déplacement est rectiligne voilà.
 Prenez A B on prend une force **F** voilà/ Voilà le cas simple/ (il fait un schéma représentant
 une force F en déplacement rectiligne)/ **AB** représente le vecteur déplacement/ ça y est/ vous
 avez complété/ voilà/ Fin sous thème. Travail d'une force constante en déplacement
rectiligne□<2150495> Sous thème. Travail d'une force constante en déplacement quelconque.
Travail élémentaire. Force conservative. Cours Alors maintenant si le déplacement est
 quelconque/ Je prends le cas où le déplacement est quelconque/ Voilà je vais maintenant
 toujours utiliser la masse m/ La masse est déplacée de A à C en passant par en suivant le
 trajet A B C/ Voilà le problème/ Je veux déterminer le travail de la force **F** voilà **F** la force qui
 s'exerce sur la masse m/ Voilà la force exercée sur la masse m/ Maintenant je veux déplacer le
 corps de A à C en passant par le trajet A B C/ Comment faire à partir de ce qu'on connaît
 maintenant... / comment faire pour déterminer le travail de la force de A à C en suivant le
 trajet A B C/ Comment procéder/ Oui/□<2221494>
 183. Elève _Il faut calculer le travail entre A et B puis après B et C/
 184. P _il faut calculer le travail entre A et B puis entre.../
 185. Elève _ .../
 186. P _ ... B et C/ Donc on a fait quoi/ On a décou...il a découpé le tronçon en deux part...
 parties c'est à dire donc il a ramené ça au premier problème/ Hein travail d'une force constante
 sur un déplacement rectiligne/ Donc alors en découpant maintenant la portion AC en deux
 parties rectilignes on a défini donc un élément de travail qu'on appelle travail travail
 élémentaire/□<2260524>Donc le travail de A à B d'abord ensuite travail de B à
 C/□<2272136>Et maintenant pour avoir le travail total qu'est ce qu'on fait/
 187. Elève _On additionne...on fait la somme/
 188. P _On addi...on additionne et maintenant le travail total de A à C sera égal à quoi/ Oui
 vous/
 189. Elève _ travail de A à B/
 190. P _Travail de A à B plus/
 191. Elève _ travail de.../
 192. P _ travail de B/
 193. Élève _ C/
 194. P _Voilà/□<2292265>Donc voilà si le déplacement est quelconque on fait appel à la ...on
 découpe le déplacement en éléments rectilignes en petits éléments rectilignes/ Et lorsqu'on
 découpe le travail en petits éléments rectilignes on a...on a fait quoi...on a effectué le travail
 élémentaire qu'on note comme ça ou bien W_{el} qui est égale à ça/ Et maintenant qui est égale à
 quoi à la force **F** scalaire le déplacement élémentaire qu'on note Δl / ça ça veut dire un
 élément de longueur Δl / Donc voilà travail élémentaire donc chaque fois si le
 déplacement est quelconque on va découper en portion en petites portions rectilignes ce
 travail là/□<2340476>Et maintenant le travail au cours du déplacement élémentaire c'est à dire
 donc en petites portions c'est ça qu'on appelle le travail élémentaire voilà/□<2348935>Donc

c'est ça pour déterminer un travail quelconque on passe par le travail élé...élémentaire/ Alors pour un déplacement quelconque le travail de la force sera exprime par la somme des travaux élémentaires/ Le travail élémentaire d'une force \mathbf{F} alors il faut éliminer l'autre \mathbf{F} si vous regardez bien le deuxième \mathbf{F} vous éliminez ça sur un déplacement élémentaire $d\mathbf{l}$ est donné par l'expression suivante $W_{el}(\mathbf{F}) = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l}$ d'accord/ C'est bon/ voilà/ Donc voilà le travail élémentaire/ $\alpha < 2397039 >$ Maintenant je prends le cas là/ Au niveau de votre cahier vous pouvez prendre ça/ Par exemple je prends un déplacement quelconque A et B hein alors si j'exerce une force \mathbf{F} je prends un petit élément que je note $d\mathbf{l}$ le déplacement élémentaire/ Voilà un déplacement élémentaire donc vous découpez ça en petits segments de droites de A à B/ Donc chaque fois et vous faites quoi la somme des travaux élémentaires/ Alors la somme de ces déplacements élémentaires là aboutit à quoi au segment de droite AB et vous avez ça/ $\alpha < 2444088 >$ Donc vous faites deux vecteurs sommes de deux vecteurs deux à deux la résultante vous donnez ensuite troisièmes vecteurs plus résultante vous donnez ainsi de suite vous allez aboutir à quoi au segment de droite AB/ $\alpha < 2457988 >$ La somme des éléments de longueur est égale à quoi à AB d'accord ($S_{dl} = \mathbf{AB}$) / Et qu'est ce qu'on constate/ Alors le travail de cette force là de A à B en suivant ce déplacement là...le travail de cette force vous découpez donc en éléments rectilignes/ Et la somme des éléments de longueur là c'est égale au vecteur \mathbf{AB} / $\alpha < 2485566 >$ Donc le travail que cette force là effectue au cours du déplacement de son point d'application en prenant cette courbe là n'est rien d'autre que le travail de la force lorsque le point d'application se déplace de quoi de A à B suivant le segment là \mathbf{AB} / $\alpha < 2504507 >$ Alors qu'est ce qu'on constate/ on constate donc que le travail là dépend-il du chemin suivi/ On voit que le travail là suivant cette courbe est égale au travail suivant ce segment là/ Alors qu'est ce qu'on peut dire du travail/ Oui/

195. Elève_ Le travail ne dépend pas du chemin suivi/

196. P_ Le travail ne dépend pas du chemin suivi/ Le travail d'une force con...constante ne dépend pas du chemin suivi/ Mais tout simplement de quoi/ Du point de .../

197. Elève_ .../

198. P_ de départ et du point/

199. Elève_ .../

200. P_... d'arrivée/ $\alpha < 2537807 >$ Alors une telle force est dite une force conservative/ D'accord une telle force est dite force conservative/ Si le travail d'une force ne dépend pas d'un chemin suivi on dit que la force est conservative/ $\alpha < 2551978 >$ Donc vous complétez dans votre cahier/ $\alpha < 2554684 >$ Donc travail élémentaire... W élémentaire qu'on note ΔW égale \mathbf{F} scalaire $\Delta \mathbf{l}$ / Maintenant travail total de A vers B de \mathbf{F} égale somme des travaux élémentaires des ΔW qui est égale à $\int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l}$ hum/ Alors qui est égale à \mathbf{F} comme \mathbf{F} est une force constante je sors de la somme sommation/ \mathbf{F} scalaire $\Delta \mathbf{l}$ $\int \Delta \mathbf{l} = \mathbf{AB}$ / Et maintenant $\int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l}$ on voit que c'est quoi/ C'est $\mathbf{F} \cdot \mathbf{AB}$ et on revient à notre expression de départ $\mathbf{F} \cdot \mathbf{AB}$ / Voilà/ $\alpha < 2622862 >$ Donc vous prenez ça/ Vous mettez ça au niveau de votre cahier comme remarque/ Travail élémentaire/ ici travail total voilà/ Donc en complément sur le cahier/ $\alpha < 2646468 >$

201. Élèves_ (recopier) /

202. $\alpha < 2743859 >$ P_ Alors si vous ter...si vous prenez ça maintenant on va faire une application de ça/ Et l'application sera le travail du poids le poids est une force constante/ Voilà pour demain d'accord/ Donc vous prenez ça hein/

203. $\alpha < 2788598 >$ Élèves_ (continuent de recopier)/

204. $\alpha < 2821174 >$ Conclusion du cours P_ C'est bon hein/

205. Elève_ .../

206. P_ Vous mettez donc/ (il dicte les phrases suivantes)/ Le travail d'une force constante... ne dépend pas du chemin suivi mais du point de départ et du point d'arrivée/ Ne dépend pas du chemin suivi mais du point de départ et du point d'arrivée/ Une telle force est dite

conservative/ Une telle force est dite conservative/ [Fin sous thème. Travail d'une force constante en déplacement quelconque. Travail élémentaire. Force conservative](#)^{α<2913518>}
Clôture de la séance Donc maintenant comme exemple de force conservative le poids d'un corps et demain on va faire l'app...une application donc de ça à travers le poids/ Donc on va prendre le poids comme appli...application d'une force constante/ Voilà/ **Fin**
Thème^{α<2932940>}