N° d'ordre NNT : 2016LYSE2076

THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON
en Cotutelle avec
L' UNIVERSITE LIBANAISE DE BEYROUTH

Opérée au sein de

L'UNIVERSITÉ LUMIÈRE LYON 2

École Doctorale : ED 485

Éducation Psychologie Information Communication

Discipline : Sciences de l'Éducation

Soutenue publiquement le 12 septembre 2016, par :

Nada EL SOWAYSSI

Étude des pratiques de classe dans l'évolution du savoir et de sa continuité.

Cas d'une séquence sur les circuits électriques en classe de 5ème.

Devant le jury composé de :

Patrice VENTURINI, Professeur des universités, Université de Toulouse 3, Président

Corinne MARLOT, Professeure, HAUTE ECOLE PEDAGOGIQUE DE VAUD, Examinatrice

Amer EL HELWANI, Professeur, Université Libanaise de Tripoli, Directeur de thèse

Andrée TIBERGHIEN, Directrice de recherche émérite, C.N.R.S., Co-Directrice de thèse

UNIVERSITE LUMIERE LYON 2
UNIVERSITE LIBANAISE

Étude des pratiques de classe dans l'évolution du savoir et de sa continuité. Cas d'une séquence sur les circuits électriques en classe de 5ème.

Nada EL SOWAYSSI-BEYROUTHY

Thèse de Doctorat en Sciences de l'Éducation
Sous la direction d'Andrée TIBERGHIEN et Amer EL HELWANI
Au sein de l'équipe ADIS-LIST
de L'UMR 5191 ICAR (Université Lyon 2, CNRS, ENS Lyon)

JURY

TIBERGHIEN Andrée	Directrice - Université Lyon II
EL HELWANI Amer	Directeur - Université Libanaise
VENTURINI Patrice	Rapporteur - Université Toulouse II
MARLOT Corinne	Rapporteur - Haute Ecole Pédagogique du canton de Vaud

A mon père ...

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier grandement ma directrice de thèse Mme Andrée Tiberghien pour la confiance qu'elle m'a accordée en acceptant d'encadrer ce travail doctoral, pour avoir toujours été là pour me soutenir et m'encourager au cours de l'élaboration de cette thèse, pour ses multiples conseils et pour toutes les heures qu'elle a consacrées à diriger cette recherche.
Je suis ravie d'avoir travaillé en sa compagnie car ses compétences, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup appris. Ils ont été et resteront des moteurs de mon travail de chercheur.
J'aimerais également lui dire à quel point j'ai apprécié sa grande disponibilité malgré ses nombreuses charges et son respect sans faille des délais serrés de relecture des documents que je lui ai adressés.
Enfin, j'ai été extrêmement sensible à ses qualités humaines d'écoute, de compréhension, de gentillesse et de patience tout au long de ce travail doctoral.

J'exprime mes profonds remerciements à mon directeur de thèse, M. Amer El Helwani, pour son accueil chaleureux à chaque fois que j'ai sollicité son aide, pour ses multiples encouragements et son soutien qui a permis à cette cotutelle de thèse d'avoir lieu. Pour ceci je lui exprime ma plus grande gratitude.

Je tiens aussi à remercier M. Patrice Venturini et Mme Corinne Marlot pour l'honneur qu'ils m'ont fait d'être dans mon jury de thèse.

J'adresse toute mon affection à tous les membres de ma famille, ils ont tous cru en moi et maintenant j'y suis !

A ma belle-famille, votre amour et vos encouragements me touchent beaucoup. Pour moi vous êtes deux autres parents et deux jolies sœurs que j'aime énormément. Je suis tellement reconnaissante pour l'aide que vous m'avez apportée au cours de cette thèse notamment avec Lyana.

Un merci 'spécial' à Sarah pour son aide précieuse avec tous mes courriers et papiers administratifs au cours de ces deux dernières années et encore !

Les mots ne suffisent pas pour exprimer l'amour, l'affection et la gratitude que j'ai pour ma mère et mon frère. Malgré mon éloignement, leur confiance, leur tendresse, leur amour me portent et me guident tous les jours. Merci pour avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Merci d'avoir toujours mis en priorité cette thèse et même parfois bouleversé votre vie pour m'apporter l'aide que j'en avais besoin. Je vous aime très fort.

La plus grande gratitude et le plus grand remerciement sont pour mon cher époux, mon meilleur ami, mon plus grand fan et mon compagnon au cours de cette belle aventure de vie. Merci pour ton soutien quotidien indéfectible et ton enthousiasme contagieux à l'égard de mes travaux comme de la vie en général. Notre couple a subi sans doute pas mal de contraintes à cause de ce long projet, très long ! Merci pour ta patience, tes encouragements et d'avoir toujours cru en moi. Je t'aime beaucoup, sans toi et sans ton soutien cette thèse n'aurait jamais vu le jour.

Ces remerciements ne peuvent s'achever, sans une pensée pour ma princesse Lyana, tu es ma force et ma faiblesse ! Je t'adore ma plus chère.

Une pensée pour terminer ces remerciements pour toi qui n'a pas vu l'aboutissement de mon travail mais je sais que tu en aurais été très fier de ta fille !

TABLE DES MATIERES

Introduction **11**

Chapitre I Contexte de l'étude **13**

1. Principales évolutions des travaux sur l'enseignement 14
2. Quelques travaux de recherches récents sur les pratiques d'enseignement 16
3. Inscription de la séquence étudiée dans les programmes officiels 22
4. Résumé et conclusion 23

Chapitre II Cadre Théorique **25**

1. La théorie de l'action conjointe en didactique 26
   - 1.1 Le contrat didactique 27
   - 1.2 Le milieu 28
   - 1.3 La notion de Jeu 29
     - 1.3.1 Les jeux d'apprentissage 30
     - 1.3.2 Jeux d'apprentissage « premiers » et jeux d'apprentissage « spécifiques » : 31
     - 1.3.3 Glissement de jeu : 32
   - 1.4 La triple genèse 32
     - 1.4.1 Chronogenèse 32
     - 1.4.2 Topogenèse 33
     - 1.4.3 Mésogénèse 33
   - 1.5 Concepts pour caractériser l'action didactique 33
     - 1.5.1 La Définition 34
     - 1.5.2 La Dévolution 34
     - 1.5.3 La Régulation 34
     - 1.5.4 L'Institutionnalisation 34
2. La continuité du savoir 35
3. Les échelles d'analyses 38
4. Du savoir savant au savoir enseigné 40
   - 4.1 Du savoir savant au savoir à enseigner 40

4.2 Du savoir à enseigner au savoir enseigné 41
5. Questions de Recherche 42
6. Résumé et conclusion 42

Chapitre III Méthodologie 45

A. Méthodologie de recueil des données 46
1. Dispositif d'étude 46
2. Utilisation des documents conçus et du livre 47
3. Analyse du savoir en jeu dans la séquence d'enseignement 47
4. Données recueillies 57
B. Méthodologie d'analyse 60
5. Différentes échelles d'analyses 60
5.1 Analyse à une échelle mésoscopique 60
5.1.1 Analyse en thèmes 61
5.1.2 Organisation de la classe 64
5.1.3 Découpage en phases didactiques 65
5.2 Analyse à l'échelle microscopique 66
5.2.1 Choix des parties à analyser 66
5.2.2 Transcription des séances choisies 67
5.2.3 Analyses en facettes 69
5.3 Analyse en jeux d'apprentissage 77
6. Etude de la vie du savoir et de sa continuité du point de vue méthodologique 78

Chapitre IV Structuration de la séquence et analyse en termes de jeux 81

1. Vue d'ensemble de la séquence, première structuration 82
2. Analyse en termes de jeux d'apprentissage 86
2.1 Analyse en termes de jeux d'apprentissage de la première séance (S1) 86
2.1.1 Description générale de la séance 86
2.1.2 Jeu 1.1 89
2.1.3 Jeu 1.2 91
2.1.4 Jeu 1.3 92
2.1.5 Jeu 1.4 99
2.1.6 Jeu 1.5 102

2.1.7 Jeu 1.6 105
2.2 Ensemble des jeux dans les séances analysées 108

Chapitre V Etude des pratiques de classe en lien avec la vie du savoir 119

1. Choix des jeux d'apprentissage 120
2. Jeu 3.5 : répondre à la question : qu'est ce qui se passe dans le circuit électrique quand on actionne l'interrupteur 121
2.1 Etude de la topogenèse 123
2.2 Est-ce que ce jeu a été gagné ou pas ? 123
3. Jeu 10.7 : répondre à la question entre deux lampes différentes liées successivement à une même pile, laquelle brille plus 124
3.1 Etude de la topogenèse 126
3.2 Est-ce que ce jeu a été gagné ou pas ? 126
4. Jeu 12.2 : expliquer si l'affirmation suivante est toujours juste : quand on mélange deux isolants on obtient un nouveau isolant 129
4.1 Pourquoi y a-t-il eu un glissement de ce jeu ? 130
4.2 Etude de la topogenèse 131
4.3 Etude de savoir en jeu 132
5. Jeu 12.12 : proposer une explication de la situation en utilisant l'analogie des camionnettes 133
5.1 Pourquoi y a-t-il eu un glissement de ce jeu ? 133
5.2 Quel changement crée le glissement de ce jeu ? 136
6. Jeu 11.5 : « relire et expliquer le bilan précédent 3.1» et Jeu 11.7 : « reprendre ce qui a été fait dans l'activité 3.1 » 139
7. Résumé et conclusion 141

Chapitre VI Etude de la continuité du savoir 145

1. Différentes phases de la vie du savoir dans la classe 148
1.1 Phase de travail de l'activité en binômes 150
1.2 Phase de mise en commun et correction de l'activité 151
1.3 Phase du bilan 151
1.4 Phase de Rappel 152
2. Quelle continuité entre les différentes phases didactiques ? 153

2.1 Activité 1.1 : « Faire briller une ampoule avec une pile » 153
2.1.1 Phase de mise en commun / Correction de l'activité 1.1 154
2.1.2 Phase du bilan de l'activité 1.1 156
2.2 Activité 1.2 : « Le support de la lampe » 159
2.2.1 Phase de mise en commun /correction de l'activité 1.2 160
2.2.2 Phase du bilan de l'activité 1.2 162
2.3 Activité 1.3 : « Le rôle de l'interrupteur » 165
2.3.1 Phase de correction de l'activité 1.3 165
2.3.2 Phase du bilan de l'activité 1.3 170
2.4 Activité 3.1 : « les lampes brillent-elles toutes autant » 172
2.4.1 Phase de mise en commun/correction de l'activité 3.1 172
2.4.2 Bilan de l'activité 3.1 175
2.5 Cas de l'activité 3.2 (S11 et S12) 177
2.5.1 Phase de mise en commun/correction de l'activité 3.2 (S11 et S12) 178
2.5.2 Bilan de l'activité 3.2 182
2.6 Résumé et conclusion 186

Chapitre VII Conclusion 189
1. Résumé et principaux résultats 189
2. Limites et perspectives 194

INTRODUCTION

Notre travail se situe dans le contexte d'une évolution des programmes qui, au collège, passent d'une centration sur les savoirs à une centration sur les développements des démarches d'investigation. Il vise à étudier comment une séquence d'enseignement qui a été conçue à partir de cette nouvelle centration se déroule en classe. Notre étude porte sur une analyse des pratiques de classe au cours de la mise en œuvre de cette séquence qui porte sur un enseignement de physique (les circuits électriques) en 5ème. Nous cherchons à étudier la vie du savoir, son évolution et sa continuité à travers ces pratiques.

Dans ce manuscrit, nous commençons par présenter le contexte dans lequel s'inscrit notre travail de recherche qui se situe du côté des recherches sur les pratiques de classe et du côté de l'enseignement. Nous présentons d'abord quelques travaux récents sur les pratiques de classe puis, nous situons comment la séquence étudiée s'inscrit dans les instructions officielles.

Le deuxième chapitre introduit le cadre théorique sur lequel se fonde notre travail et qui nous a permis de poser nos questions de recherches. Notre cadre théorique est principalement constitué par la théorie de l'action conjointe en didactique. Cette théorie permet la description de la pratique en fournissant des outils pour cette description notamment la notion de jeu. Nous

discutons ensuite la notion de continuité et son importance pour l'apprentissage des élèves. Puis nous présentons les différentes échelles d'analyses que nous utilisons dans notre étude. À la fin du chapitre nous présentons nos questions de recherche qui découlent de notre problématique et notre cadre théorique.

Dans le troisième chapitre nous détaillons notre dispositif d'étude et nos données recueillies. Nous présentons notre méthodologie d'analyse de la séquence à partir des différentes échelles d'analyse et celle pour l'étude de la continuité des savoirs.

Dans le quatrième chapitre, nous présentons dans un premier temps une structuration de la séquence analysée pour en donner une vue d'ensemble. Nous exposons dans un deuxième temps, notre analyse en jeux en prenant le cas de la première séance de la séquence et nous donnons un tableau récapitulatif de l'ensemble des jeux dans les autres séances analysées.

Dans les deux chapitres qui suivent, nous présentons notre étude des effets des pratiques de classe sur la vie du savoir et notre étude sur la continuité du savoir. La conclusion reprend l'essentiel de notre travail et propose des perspectives pour la formation des maitres et la conception de séquences.

CHAPITRE I

CONTEXTE DE L'ETUDE

Ce premier chapitre situe notre travail du côté des recherches sur les pratiques de classes et du côté de l'enseignement. Les études sur les pratiques de classe deviennent de plus en plus nombreuses de nos jours. Vu la complexité de ces pratiques, il existe plusieurs types d'études qui se fondent sur des approches théoriques et méthodologiques différentes. Certains travaux cherchent un lien entre les pratiques de classes et les performances des élèves, d'autres ont pour but de comprendre les modalités des pratiques de classes (leur organisation, leur fonctionnement et les processus en jeu). Notre travail se situe dans cette dernière perspective ; il est centré sur l'étude des pratiques de classes en lien avec l'évolution du savoir dans le cas de l'enseignement d'une séquence d'enseignement sur les circuits électriques en $5^{ème}$. Nous donnons dans ce chapitre tout d'abord une présentation succincte de l'évolution des principales approches des travaux sur l'enseignement, puis nous présentons quelques travaux récents sur les pratiques d'enseignement afin de situer notre travail. A la fin pour situer notre travail vis-à-vis de l'enseignement, nous présentons comment la séquence étudiée s'inscrit dans les instructions officielles.

1. Principales évolutions des travaux sur l'enseignement

Dans ce paragraphe nous présentons les principales approches des travaux sur les processus d'enseignement au cours des dernières décennies afin de situer notre travail.

La recherche sur les pratiques enseignantes avec des méthodologies d'observations systématiques d'enseignants dans la classe a débuté dans les années cinquante aux Etats-Unis et a donné lieu à de nombreux travaux. Ces travaux ont été nourris par ceux de la fin du 19ème et du début du 20ème comme ceux de Binet, Dewey, mais aussi Montesori (Zimmerman & Schunk, 2003). Gage N.L. a conçu et édité le premier guide de recherche sur l'enseignement (Gage, 1963) et Bru (2002) précise que « La recension effectuée par N.L. Gage (1963) au début des années 60 dénombrait déjà plus de 10 000 travaux de recherche sur l'efficacité de l'enseignement. » (p. 64). Ces recherches, en particulier celles de type « processus-produits », donnaient lieu, souvent via des synthèses, à des préconisations sur les actions des enseignants. Dans ce type de recherche, « on tente d'évaluer l'efficacité en étudiant les relations entre la mesure des comportements des enseignants en classe (processus), d'une part, et l'apprentissage des élèves (les produits) d'autre part. Autrement dit, on tente de découvrir des liaisons directes entre les variables relatives à la façon de faire des enseignants et les indicateurs d'efficacité. Les recherches du type processus-produit n'ont pas pour seule ambition de décrire le processus d'enseignement-apprentissage elles visent son amélioration » (Doyle 1986). Donc les travaux du type processus produit (Anderson, 1992 ; Doyle, 1983, 1986 ; Safty, 1993 ; Fischer et al.2012 ; Ohle et al. 2015) cherchent à déduire l'efficacité de l'enseignement à partir des liens entre des variables relatives à la méthode d'enseignement et à l'apprentissage des élèves. Leur étude s'inscrit sous le courant behavioriste et est limitée aux comportements observables de l'enseignant.

Ensuite plusieurs approches se sont développées comme les modèles cognitivistes (Shavelson et Stern, 1981 ; Clark et Peterson, 1986 ; Tochon, 1993). Contrairement aux travaux précédents, ces travaux se sont intéressés aux processus cognitifs qui sont à la base de l'action du professeur de l'enseignement : les préparations, les planifications et les prises de décision de l'enseignant influant sur les pratiques. Ils ont pris en compte le rôle de la classe et des élèves de manière plus importante que celles qui les précédaient. Cependant, comme le disent Shavelson et Stern

(1981), ces études restaient du côté de l'enseignant et ont rarement pris en compte les attitudes et les acquisitions des élèves :

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

Une troisième approche s'est développée sur les théories constructivistes et socio-constructivistes de l'apprentissage, donnant un rôle à l'élève et à la situation. En opposition au courant behavioriste, le courant constructiviste (Piaget), ne limite pas l'apprentissage au stimulus-réponse mais prend en compte le rôle actif de l'élève dans la construction du savoir. D'après le constructivisme, l'interaction entre l'élève et l'environnement permet la construction de connaissances par des processus d'adaptation, d'assimilation et d'accommodation. Le socio-constructivisme (Vygotski) considère que l'apprentissage se fait dans le processus de médiation. Pour Vygotski, " *la vraie direction du développement ne va pas de l'individuel au social, mais du social à l'individuel* " (Vygotsky, in Johsua et Dupin, 1993, p. 106) mettant ainsi l'accent sur le rôle de l'interaction sociale dans la construction des savoirs. Il a développé la notion de la « zone proximale de développement » (ZPD) dans laquelle l'individu peut progresser grâce à la médiation d'un autre (enseignant) mais ne pourrait pas tout seul.

Dans les dernières décennies d'autres approches théoriques se sont développées (Altet 2009, Numa-Bocage et al., 2014). Altet (2009) résume cette approche ainsi :

> « Les chercheurs (Altet, Bru, Clanet, Gauthier, Lenoir, Tupin, Vinatier) proposent des modèles intégrateurs qui visent l'articulation de plusieurs types de variables personnelles, processuelles et contextuelles en interaction. Les variables étudiées concernent l'enseignant, mais portent aussi sur l'élève et la situation, afin de pouvoir expliquer et comprendre le fonctionnement de la pratique enseignante dans sa complexité, à partir de l'étude des processus en jeu, de leurs interactions et des différentes dynamiques internes et externes. » (p.37).

Nos travaux de recherche dans cette thèse s'intègrent dans le courant socio-constructiviste et dans les dernières tendances de la recherche en didactique en considérant la situation et le rôle essentiel que prend les interactions entre les trois pôles du triangle didactique enseignants-élèves-savoirs dans le processus enseignement-apprentissage.

2. Quelques travaux de recherche récents sur les pratiques d'enseignement

Les travaux de recherche récents ayant pour objet les pratiques d'enseignement sont très variés aussi bien dans leur objet d'étude que dans les cadres théoriques, par exemple certains étudient les pratiques d'enseignement en lien avec la formation des professeurs, d'autres en relation avec les apprentissages des élèves. Certains types de recherches privilégient le point de vue de l'enseignant, de ses actions, de ses interactions, des régulations, des ajustements avec l'élève en contexte. D'autres privilégient le point de vue du contenu, de sa mise en œuvre par le professeur et les élèves en classe ; d'autres encore sont centrés sur les élèves, leur compréhension, leur attitude, leur motivation.

Dans notre travail de recherche, comme nous le présentons dans le chapitre suivant sur le cadre théorique, nous adoptons le point de vue de la classe, en nous centrant sur la vie du savoir, comment les acteurs élèves et professeur jouent un rôle dans sa construction, son évolution et sa continuité. Ce choix nous a conduits à sélectionner quelques travaux de recherche récents sur les pratiques de classes afin de situer notre travail.

Les deux premiers travaux mettent en évidence la variété des pratiques pédagogiques.

- Herrenkohl et al. (2011) examinent la pratique pédagogique de deux enseignants de science qui utilisent l'approche de la démarche d'investigation dans leur enseignement. Il s'agit d'une collaboration enseignant-chercheur au cours de laquelle les deux enseignants étaient inclus dans tous les aspects de la recherche et du processus de développement des ressources d'enseignement. Leur travail concerne deux classes à la fin du cycle élémentaire (5th grade, CM2). Les deux professeurs ainsi que leurs élèves ont utilisé un système web appelé 'Web of Inquiry (WOI)'. Il s'agit d'un site internet dynamique où les élèves réalisent des projets d'enquête scientifique pour développer et tester leurs théories, apprendre le langage scientifique, les outils et les pratiques d'enquête, se livrer à l'auto-évaluation et fournir une rétroaction à leurs pairs.

Les auteurs examinent et discutent l'utilisation par les professeurs de stratégies d'enseignement pour aider les élèves à développer un modèle cohérent et théoriquement axé sur l'investigation scientifique. Ils ont commencé à analyser leurs données en organisant les transcriptions de la

classe autour des six tâches d'enquêtes que les élèves ont complétées en utilisant le WOI. Au sein de chaque tâche ils ont examiné les discussions qui ont eu lieu dans toutes les classes afin d'identifier ce qui a été discuté, comment et pourquoi. Ils utilisent une approche d'analyse du discours pour étudier le discours de la classe et comprendre les idées centrales discutées. Ils ont trouvé quatre moments (pour l'ensemble de l'enseignement dans les 2 classes) où professeur et élèves ont explicité des défis à mener une investigation. Pour chacun de ces moments, les chercheurs ont caractérisé les approches pédagogiques mises en œuvre par chacun des professeurs. Ces moments concernent : (a) le développement des théories et des hypothèses alternatives, (b) la conception d'expériences pour tester des hypothèses, (c) l'analyse des données pour fournir des preuves, et (d) l'établissement des liens entre les théories et les preuves.

A partir de ces moments communs aux professeurs, ils ont pu spécifier les approches pédagogiques de chacun des professeurs et préciser leurs différences. Par exemple pour le moment : « conception d'expériences pour tester des hypothèses », un des professeurs développe le langage technique et le vocabulaire à partir du lexique scientifique des élèves, questionne les élèves sur leurs premières idées, utilise le WOI comme aide, utilise des représentations pour présenter graphiquement des liens entre théories, hypothèses et variables, etc. L'autre professeur active les connaissances initiales des élèves comme une ressource, fait partager les idées des élèves pour en construire d'autres, démontre le caractère raisonnable des hypothèses alternatives en examinant ce qui les rend crédibles, etc.

Ces auteurs montrent ainsi qu'il y a une grande variété de pratiques pédagogiques utilisées :

> « Some were shared across teachers while others were particular to one teacher. We found that these pedagogical practices supported student thinking, including students who initially needed the most support as well as students who started at a proficient level […]. However, we are not able to make any specific claims about which aspects of the instruction were most helpful and successful for student learning. […] In our research, one might argue that the model of inquiry together with effective teachers and a range of pedagogical strategies that included students in providing feedback to one another proved to be successful and that *it is not possible to isolate particular practices as inherently more effective than others*." (Italique par nous, p.38)

- Hmelo-Silver et al. (2015) ont étudié l'intégration de la démarche d'investigation dans des classes de sciences en lien avec l'apprentissage des élèves. Ils ont mené une enquête dans deux classes (de collège) différentes pour comprendre comment les enseignants utilisent et

s'approprient les mêmes outils physiques (aquarium) et informatiques dans leurs pratiques d'enseignement. Leurs ressources informatiques sont deux modèles de simulation sur ordinateur (Netlego) et des outils représentatifs de certaines fonctions (Reptools). Pour comprendre les pratiques d'enseignement et les interactions dans la classe ils ont conduit une analyse de l'interaction (Interaction Analysis IA). Cette analyse, menée par un groupe de chercheurs, qui a nécessité plusieurs phases, de l'observation des vidéos à la sélection de clips présentant des interactions sociales qu'ils ont considérées comme des « évènements critiques » pour l'apprentissage des élèves. Les événements qu'ils ont identifiés concernent des interactions professeur-classe au cours des moments de discussion en classe entière et des moments d'interaction élève-élève lors du travail en petit groupe. Ils ont ainsi choisi 10 vidéo clips au total (6 de la classe d'un professeur et 4 de l'autre) représentant ces événements critiques pour étudier les différences entre les interactions élève-professeur et leurs impacts respectifs sur les interactions élève-élève. Ils ont conduit 10 sessions d'analyses IA pour étudier les clips choisis, décrire des observations et générer des hypothèses. Enfin toutes les conclusions des sessions IA ont été étudiées et discutées pour identifier des caractéristiques distinctes qui ont émergé au cours des interactions dans la classe.

Ils trouvent que les deux enseignants ont utilisé des approches différentes dans leur pratique d'enseignement. Un enseignant a travaillé à partir d'une perspective « d'élaboration cognitive » tandis que l'autre enseignant a pris une approche de l'enseignement qui intègre également des perspectives socio-culturelles. Les deux approches ont conduit à des performances similaires chez les élèves. Ces auteurs (Hmelo-Silver et al., 2015) considèrent que dans les deux classes les élèves sont impliqués dans leur apprentissage :

« In both of these perspectives, student's active engagement is important. We observed active engagement in both classrooms and this may have resulted in similar learning gains. Alonzo et al. (2012) found that different teaching approaches did not lead to similar gains, but in the lower achieving class, there was little to indicate active engagement. » (p. 24)

Cependant, il y a des différences importantes dans l'enseignement ; par exemple l'un des professeurs favorise l'apprentissage du point de vue du contenu, et la participation de l'élève vise à une reproduction de ce contenu alors qu'avec l'autre professeur les élèves sont plus centrés sur des pratiques de raisonnement et l'accent sur l'exactitude du contenu est moins fort.

Ces deux études montrent la variété possible des pratiques pédagogiques, mais pas n'importe lesquelles, par exemple Herrenkohl et al. (ibid.) mettent en évidence des moments communs,

et Hmelo-Silver et al. (ibid.) affirment que dans les deux classes les élèves sont engagés très activement dans les tâches. Ces études conduisent ainsi à de nouvelles questions de recherche sur les similarités et les différences des approches pédagogiques en lien avec l'apprentissage des élèves. De plus, elles nous conduisent à considérer qu'isoler des pratiques utilisées à certains moments pour étudier leur influence sur l'apprentissage est un risque. Dans ces deux études, l'ensemble de l'activité des classes a été pris en compte au départ de l'analyse ; isoler certaines pratiques (par exemple utiliser les idées initiales des élèves) aurait vraisemblablement conduit à des résultats différents. Ces études nous conduisent également à poser que de nombreux travaux sont encore nécessaires pour comprendre le fonctionnement d'une classe ; on est loin des espoirs qu'ont donnés les recherches « processus-produits » présentées ci-dessus.

Comme nous le présentons dans le chapitre suivant, notre travail est fondé sur la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD). Du fait de ce choix nous ne discutons pas ici de travaux français sur les pratiques de classe dans le domaine des sciences qui se situent dans un autre cadre théorique comme celui par exemple de la praxéologie (Venturini et al, 2007).
Nous avons sélectionné trois études qui se fondent sur la TACD et qui sont proches de notre perspective :
Le travail de Ligozat et al. (2011) est intéressant parce qu'il montre la complémentarité de l'utilisation de la TACD avec d'autres théories. Les deux autres travaux (Marlot, 2009 et Tiberghien, 2012) utilisent la notion de jeux pour l'analyse des actions didactiques dans la classe.

- Ligozat et al. (2011) utilisent deux approches théoriques, pour analyser l'action d'un professeur de mathématique dans une école primaire. Leur étude se fonde sur la PEA (the Practical Epistemology Analysis) ainsi que sur la triple genèse (méso- topo- chrono) de la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD). La PEA (Wickman & Östman 2002 ; Wickman 2004 ; Wickman 2006 ; Wickman 2012) est une approche pragmatique de chercheurs suédois qui a pour but d'étudier l'enseignement et l'apprentissage en s'intéressant à comment les transactions dans la classe peuvent influencer la construction du savoir et comment les élèves en bénéficient. Elle repose sur la notion de jeu de langage de L. Wittgenstein (2004) et la théorie de continuité de l'expérience de J. Dewey (1938/1997). Selon cette approche l'apprentissage a lieu quand les élèves remarquent des écarts par rapport à des éléments de situations déjà vécues et pour les combler ils construisent des relations et établissent ainsi une

continuité entre leurs expériences passées et présentes. La continuité selon la PEA est définie comme étant le joint qui remplit ces écarts.
Ligozat et al. concluent que les deux approches PEA et la triple genèse se complètent au sens où elles ont permis d'élucider le processus de construction des significations du point de vue des participants (analyse avec la PEA), ainsi qu'une analyse des conséquences de la gestion par l'enseignant de la progression de l'apprentissage du point de vue institutionnel (analyse avec la triple genèse).

- Marlot (2009) a choisi la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) pour étudier la dynamique du fonctionnement des jeux d'apprentissage sur la découverte du monde vivant. Son étude vise à éclairer certaines des déterminations de l'action du professeur étudié. Elle considère la pratique comme « une succession de jeux d'apprentissage dont il s'agit d'apprécier la dynamique » (p.1). Dans le cadre de la TACD, le jeu est un jeu didactique, il est coopératif (le professeur ne gagne que si les élèves gagnent), il est dissymétrique (professeur et élèves n'ont pas le même rôle) et il est réticent (le professeur ne transmet pas directement le savoir à l'élève qui doit apprendre par la clause proprio motu). Le jeu d'apprentissage représente une spécification du jeu didactique rapporté à un savoir défini. Il n'existe pas en soi : « c'est un *« voir comme »,* au sens de Wittgenstein (1953-2004), une grille de lecture à l'usage du chercheur. Cette notion engage le chercheur à se poser la question suivante : 'comment le professeur et les élèves s'y prennent-ils ensemble pour gagner au jeu ?' En ce sens, les jeux d'apprentissage représentent pour le chercheur un principe organisateur de la séance qui permet de donner sens aux observations afin de mieux objectiver le discours des acteurs sur leur pratique. » (p.1).
Son étude lui a permis de comprendre le travail épistémique à l'œuvre dans la classe, mais cette approche ne permet pas « à elle seule de rendre raison des déterminations de l'action du professeur et de ses intentions » (p.12). Son travail montre que « l'analyse didactique *in situ* est première : c'est elle qui vient informer la parole des acteurs et qui permet de reconstruire la logique de leur action sur la base des contradictions qui apparaissent : l'épistémologie pratique du professeur est bien révélée dans et par les conduites en situation du professeur. Pour autant, le repérage de certains éléments de l'épistémologie pratique mobilisés par la situation nous permet de réinformer l'analyse *in situ*. » (p.12). Son travail contribue au développement de la notion de jeux d'apprentissage en proposant une représentation analytique du doublet, jeu d'apprentissage/ épistémologie pratique.

- Tiberghien (2012) fait une analyse d'une séance de classe de physique en seconde. Son analyse se fonde comme Marlot (ibid.) sur la théorie de l'action conjointe et vise à rendre compte de la mise en œuvre des savoirs dans la classe comme des objets de transaction entre le professeur et les élèves. Elle étudie ses données à deux échelles, une échelle mésoscopique en organisation de classe et en thèmes et une échelle microscopique en termes de facettes (énoncé d'éléments de savoir) pour rendre compte de la dynamique des transactions dans la classe. La dynamique est modélisée par une analyse globale en termes de jeux didactiques, leur enjeu, leur règle et leur bilan et leur évolution. A partir de ces analyses elle a pu construire un modèle de la classe centré sur le savoir. Ce modèle a permis de rendre compte des particularités d'une partie de la séance : « L'analyse de la séance montre la possible reconnaissance par le professeur et les élèves d'un décalage entre ce qui a été enseigné et ce qui a été compris et donc la nécessité d'un temps d'enseignement dédié à l'ajustement entre-temps d'enseignement et d'apprentissage » (p.119). A la fin, elle souligne la question de la validation du modèle construit qui reste ouverte vu l'investissement en temps (analyse en facettes et en jeux d'apprentissage) assez lourd pour un grand corpus.

Les travaux présentés renvoient à des points essentiels pour notre travail de recherche sur les plans théorique et méthodologique. Nous étudions le cas d'une séquence d'enseignement qui représente une nouvelle ressource par rapport à un enseignement ordinaire. La séquence est construite par un groupe de chercheurs et enseignants qui visent en particulier à développer la démarche d'investigation. Dans notre étude nous considérons l'importance d'étudier à la fois l'action du professeur et la situation pour comprendre l'action des élèves et vice versa ; la classe est donc notre objet d'étude. Ce choix nous a conduits à utiliser le terme 'pratique de classe' (et non pratique d'enseignement par exemple) pour désigner les actions du professeur ainsi que les interactions professeur-élèves autour du savoir. Nous analysons les discours et les actions qui ont lieu au cours des séances de physique en considérant la vie du savoir, son évolution et sa continuité. Sur le plan théorique nous considérons principalement la théorie de l'action conjointe, comme nous le présentons dans le chapitre suivant.

3. Inscription de la séquence étudiée dans les programmes officiels

Ce travail de thèse se situe dans la perspective de l'analyse des pratiques de classe au cours de l'enseignement de physique, partie électricité en 5ème. La séquence analysée est mise en place en 2005, dans le contexte de la rénovation des programmes de collège, par un groupe d'enseignants et de chercheurs (groupe Sésames-collège) qui ont collaboré pour élaborer des séquences d'enseignement et des documents d'accompagnement pour l'enseignant. Ces séquences se devaient de respecter la double contrainte d'intégration de la démarche d'investigation demandée par l'institution et de la prise en compte des hypothèses issues de la recherche en didactique.

Le programme officiel applicable à la rentrée scolaire 2006/2007 au cours de laquelle nos données ont été prises est le B.O. hors-série N°5 du 25 Aout 2005. Ce programme privilégie une démarche d'investigation pour les disciplines scientifiques dont la physique. Cette démarche n'est pas unique et elle n'est pas exclusive non plus, et « tous les objets d'études ne se prêtent pas également à sa mise en œuvre » (B.O. hors-série N°5 du 25 Aout 2005). La présentation par l'enseignant n'est pas totalement exclue, elle est parfois nécessaire mais « ne doit pas, en général, constituer l'essentiel d'une séance dans le cadre d'une démarche qui privilégie la construction du savoir par l'élève » (B.O. hors-série N°5 du 25 Aout 2005). Le professeur choisit les sujets qui feront l'objet d'un exposé et ceux pour lesquels une démarche d'investigation sera plus pertinente.

Le programme officiel souligne l'importance de l'approche expérimentale qui « contribue à une représentation scientifique, donc explicative, du monde » (B.O. hors-série N°5 du 25 Août 2005). La partie circuit électrique se fonde sur l'observation et la réalisation de pratiques sans mesure. L'évocation de la sécurité concernant des sujets de cette partie (court-circuit, électrisation, électrocution) reste au programme.

Comme nous le verrons dans la suite, la séquence construite par le groupe Sésames respecte les points essentiels soulignés par le canevas d'une séquence d'investigation proposé dans le B.O, soit :

- le choix d'une situation problème par le professeur *(moment de réalisation de l'activité)*
- l'appropriation du problème par les élèves *(moment de réalisation de l'activité)*

- la formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles *(moment de réalisation de l'activité)*
- l'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves *(moment de réalisation de l'activité)*
- l'échange argumenté autour des propositions élaborées *(moment de mise en commun)*
- l'acquisition et la structuration des connaissances *(moment du bilan)*
- l'opérationnalisation des connaissances *(exercices supplémentaires et devoirs donnés)*

4. Résumé et conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les principales évolutions des travaux de recherche sur les processus d'enseignement au cours des dernières décennies. Nous avons précisé comment nos travaux de recherche dans cette thèse s'intègrent dans le courant socio-constructiviste et dans les dernières tendances de la recherche en didactique en considérant la situation et le rôle essentiel que prennent les interactions enseignants-élèves-savoirs dans le processus enseignement-apprentissage.

Ensuite nous avons présenté quelques travaux de recherche récents sur les pratiques d'enseignement afin de situer notre travail. En effet, dans notre travail de recherche nous adoptons le point de vue de la classe, en nous centrant sur la vie du savoir, comment les acteurs, élèves et professeur, jouent un rôle dans sa construction, son évolution et sa continuité. Ce choix nous a conduits à sélectionner quelques travaux de recherches récents sur les pratiques de classe. Les travaux présentés renvoient à des points essentiels pour notre travail de recherche sur les plans théorique et méthodologique. Dans notre étude nous considérons l'importance d'étudier à la fois l'action du professeur et la situation pour comprendre l'action des élèves et vice versa ; la classe est donc notre objet d'étude. Nous analysons les discours et les actions qui ont lieu au cours des séances de physique en considérant la vie du savoir, son évolution et sa continuité. Sur le plan théorique nous avons choisi la théorie de l'action conjointe en didactique, comme nous le présentons dans le chapitre suivant.

A la fin nous avons présenté comment la séquence étudiée s'inscrit dans les programmes officiels. La séquence analysée est mise en place en 2005, dans le contexte de la rénovation des programmes de collège, par un groupe d'enseignants et de chercheurs (groupe Sésames-

collège). Elle se devait de respecter la double contrainte d'intégration de la démarche d'investigation demandée par l'institution et de la prise en compte des hypothèses issues de la recherche en didactique.

Dans le chapitre suivant nous présenterons le cadre théorique sur lequel nous nous basons dans ce travail de recherche ainsi que les questions de recherches qui dérivent de notre problématique et de notre cadre théorique et auxquelles nous allons essayer de répondre.

CHAPITRE II
CADRE THEORIQUE

Dans le chapitre précédent, nous avons mentionné que nous étudions les pratiques de classes du point de vue de la vie du savoir, son évolution et sa continuité. Dans ce chapitre, nous présentons le cadre théorique sur lequel se fonde notre étude qui est principalement constitué par la théorie de l'action conjointe en didactique. Ensuite nous discutons la notion de continuité et son importance pour l'apprentissage des élèves. Puis nous présentons les différentes échelles d'analyses que nous utilisons dans notre étude. Par la suite nous présentons succinctement le concept de transposition didactique. Et enfin nous présentons nos questions de recherches qui découlent de notre problématique et notre cadre théorique et auxquelles nous essayons de répondre dans les chapitres suivants.

1. La théorie de l'action conjointe en didactique

Notre cadre théorique se fonde en grande partie sur la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD). En effet, cette théorie d'orientation pragmatique permet d'étudier les actions liées aux pratiques de classe. (Sensevy, et al., 2000 ; Mercier, et al., 2002 ; Sensevy & Mercier, 2007 ; Sensevy 2011, 2012). La TACD repose sur les travaux élaborés en didactiques des mathématiques ; elle a un lien de filiation avec la théorie anthropologique du didactique (TAD) (Chevallard, 2007) et la théorie des situations didactiques (TSD) (Brousseau, 1997). Ces théories considèrent principalement le système didactique comme une triade formée par trois sous-systèmes : le professeur, les élèves et le savoir en jeu. Le système didactique ne peut être donc être compris sans prendre en considération les relations entre ces trois sous-systèmes. Alors que la TAD et la TSD prennent en compte ce triangle à partir du savoir, la TACD met l'accent sur l'action didactique du professeur et des élèves en posant que « que *les savoirs donnent leurs formes* aux pratiques d'enseignement et d'apprentissage » et donc que « comprendre l'action, c'est d'abord comprendre comment le *contenu* propre à cette action la spécifie » (Sensevy et Mercier, 2007, p.9)

La TACD considère l'action didactique comme une action conjointe entre le professeur et les élèves (Sensevy & Mercier, 2007) ; (Sensevy 2011, 2012). Dans l'expression « action didactique », ces chercheurs entendent par action : « le fait que les gens agissent » et ils entendent didactique dans un sens très général : « ce qui se passe quand quelqu'un enseigne quelque chose à quelqu'un d'autre ». Ce qui fait que par action didactique il faut entendre : « ce que les individus font dans des lieux (des institutions) où l'on enseigne et où l'on apprend » (Sensevy, 2007, p.14).

Selon ces auteurs l'action didactique est caractérisée principalement par deux aspects :

- Cette action est conjointe entre le professeur et les élèves dans la mesure où pour donner du sens à ce que fait l'enseignant, il est nécessaire de prendre en compte ce que font les élèves : « le terme enseigner, d'une certaine manière, demande le terme apprendre ; le terme apprendre demande le terme enseigner » (Sensevy, 2007, p.14). L'action conjointe ne signifie pas que le professeur et les élèves ont une position symétrique par rapport au savoir. L'action est conjointe dans le sens où, l'action du professeur rétroagit à celle de l'élève et réciproquement, elles sont bien distinctes et surtout leurs rôles ne sont pas symétriques : le professeur est dans la classe

pour enseigner et transmettre le savoir aux élèves, les élèves sont dans la classe pour apprendre et acquérir des connaissances, au centre de leurs deux actions se trouve le savoir.

- Cette action conjointe a pour objet le savoir : « 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) » (Sensevy, 2007). Il faut noter que le savoir est décrit par Sensevy comme la puissance d'agir en situation au sein d'une institution : « knowledge is always seen as a power of acting in a specific situation, within a given institution, in Douglas' sense of the term 'institution' (Douglas 1986) ». (Sensevy, 2012 (a), p. 505)

La TACD permet la description de la pratique en fournissant des outils pour cette description. La notion de jeu est un tel outil modélisant l'action conjointe entre le professeur et les élèves. Nous présentons dans les paragraphes suivants la notion de jeux didactiques ainsi que quelques concepts liés à la TACD que nous utilisons dans notre travail.

1.1 Le contrat didactique

Le concept de contrat didactique a été initialement produit dans des études en didactique des mathématiques au sein de la théorie des situations didactiques construite par Brousseau et son équipe (Brousseau, 1998). Pour Brousseau (1998) le contrat didactique est un système d'attentes réciproques entre le professeur et les élèves à propos du savoir. Il s'agit en partie d'habitudes (de répétitions) en particulier dans le comportement du professeur, mais aussi de nouveautés apportées par la situation didactique qui est spécifique du savoir et constamment redéfinie dans l'action. A partir du travail de Brousseau, Sensevy (2007) parle de normes générique et spécifique : « Le contrat didactique en tant que 'règle de décodage de l'activité didactique', constitue donc un système de normes, certaines d'entre elles, pour la plupart génériques, pouvant perdurer, d'autres, pour la plupart spécifiques du savoir, devant être redéfinies en fonction de l'avancée du savoir » (Sensevy, 2007, p. 19). En effet, les attentes du professeur ou des élèves changent au fur et à mesure que le processus d'enseignement – apprentissage évolue. Avec l'introduction de nouveaux éléments de savoir, de nouvelles attentes sont créées. Par exemple, représenter un circuit électrique après avoir introduit les schémas normalisés met en jeu des attentes bien différentes de celles au début de l'enseignement, de plus elles seront encore différentes avec l'introduction du sens du courant.

La partie pérenne du contrat didactique, comme le décrit Sensevy (2012), fonctionne comme un arrière fond commun développé par l'action conjointe, un style de pensée pour la résolution des problèmes : « As we have argued, it functions as a common background fostered in everyday didactic joint action, a thought style attached to the 'problem solving' game. » (Sensevy, 2012, p.507)

1.2 Le milieu

On définit le milieu didactique généralement par l'ensemble des objets actuels et des structures symboliques en relation avec un problème à résoudre pris en compte par les acteurs (Sensevy, 2012). Le concept de milieu a été initialement produit par Brousseau au sens de « milieu antagoniste » par rapport au système précédemment enseigné (contexte cognitif actuel dans le vocabulaire de la TACD) : « the system opposing the taught system or, rather, the previously taught system » (Brousseau, 1997, p. 57).

Dans la TACD, Sensevy a repris et retravaillé cette notion. Il attribue au milieu un double sens (2007) en différenciant d'une part, le milieu comme un système antagoniste (sens de Brousseau dans les années 1995) d'autre part, le milieu comme un contexte cognitif commun de l'action, un « environnement de l'action », « état du monde problématique » (Sensevy, 2011) qui présente des possibilités d'actions capables de résoudre le problème. Sensevy explique que chaque situation didactique a besoin d'un arrière-plan commun pour la résolution du problème. Il définit le problème comme tout « ce qui échappe au contexte cognitif actuel » et qui ne peut pas être traité avec les connaissances actuelles. Le contexte cognitif actuel constitue alors un arrière-plan pour la résolution du problème, il est nécessaire mais pas suffisant : c'est un contexte 'passé' qui résulte de ce qui a été déjà enseigné. Le milieu est alors constitué de connaissances anciennes (déjà enseignées) et 'virtuelles' (Sensevy, 2011) qui deviendront réelles lorsque l'apprentissage est fait, quand 'le problème' est résolu et les connaissances institutionnalisées. Pour résoudre le problème les élèves doivent accommoder le système cognitif actuel en mettant en relation les éléments constitutifs du milieu. Par exemple en classe de physique, partie électricité, les élèves manipulent un circuit électrique contenant un interrupteur. En appuyant ou non sur l'interrupteur, la lampe s'allume et s'éteint. Les résultats de leur expérience ainsi que la notion de circuit électrique et la notion de courant électrique (qui ne circule dans le circuit que si la boucle est fermée) doit permettre aux élèves de comprendre

le rôle de l'interrupteur. Donc la mise en relation de ces éléments du milieu doit favoriser un apprentissage (le rôle de l'interrupteur). Du point de vue de l'enseignement, ces mises en relation et l'institutionnalisation doivent conduire à des savoirs partagés par la classe.

1.3 La notion de Jeu

Dans la théorie de l'action conjointe la notion de jeu est présentée comme un modèle pour mettre en évidence et décrire l'action didactique. « … la théorie de l'action conjointe en didactique tente de proposer une *théorie de la pratique*. Elle tente donc de fournir des outils de description de la pratique. Dans cette perspective, la notion de jeu constitue un tel outil, utilisé autant pour sa capacité générique à donner à voir sous une certaine description toute action humaine, que pour sa capacité spécifique à rendre compte de certains aspects saillants de l'action didactique, c'est-à-dire de toute action au sein de laquelle quelqu'un entreprend de faire apprendre « quelque chose » à quelqu'un d'autre… » (Sensevy, 2012, p.106).

Le jeu didactique a une structure fondamentale et plusieurs caractéristiques :

- c'est un jeu coopératif dans lequel coopèrent deux joueurs qui sont en transaction autour d'un objet. Dans notre cas la transaction est autour du savoir en jeu entre les deux joueurs, le professeur et l'élève (ou les élèves). L'activité du professeur et de l'élève est coopérative dans le sens où aucune de leur activité n'a de sens que si chacun joue son rôle. L'enseignement du professeur n'a pas de sens sans l'apprentissage de l'élève. C'est un jeu du type gagnant-gagnant : le professeur ne gagne que si et seulement si l'élève gagne. L'élève doit produire les stratégies gagnantes par lui-même, par son propre mouvement (*proprio motu*). Il ne suffit pas de faire semblant ou de reconstituer mécaniquement le savoir, il faut que l'élève intègre véritablement le savoir.

- c'est un jeu réticent : Dans ce jeu une *réticence* didactique est exigée de la part du professeur pour assurer la clause proprio motu. Le professeur ne doit pas transmettre directement le savoir à l'élève, il doit permettre à l'élève de produire la stratégie gagnante de son propre mouvement. C'est un jeu qui nécessite *la dévolution* (Brousseau, 1998) dans le sens où le professeur doit faire accepter à l'élève la responsabilité de jouer le jeu à la première personne.

- c'est un jeu dissymétrique : Le professeur a la responsabilité du jeu, il est à la fois « juge et partie » ce qui suppose la tentation de « tricher » au jeu : effets *Topaze* et *Jourdain* (Brousseau,

1998). « Le professeur peut être tenté de reconnaître dans un comportement de l'élève une stratégie gagnante et de « décréter le gain » (effet Jourdain). Il peut être tenté également de donner directement à l'élève des informations concernant le savoir, en permettant ainsi la production de comportements mimant la stratégie gagnante sans que celle-ci ne soit appropriée (effet Topaze). » (Sensevy, 2007, p.21).

Un jeu possède des *règles définitoires* qui permettent de jouer le jeu, « elles correspondent grosso modo au règlement du jeu ». Il nécessite *des règles stratégiques* qui « explicitent comment bien jouer au jeu » et qui permettent aux élèves de gagner au jeu et *des stratégies* (effectives) « qui constituent pour le joueur la manière concrète d'agir ». (Sensevy, 2012, p.112).

« La caractérisation d'une règle définitoire répond à la question *que faire ?* et la caractérisation d'une règle stratégique répond à la question *comment bien faire* et tandis que la caractérisation d'une stratégie répond à la question *qu'est ce qui est fait* ? » (Le Henaff, 2013).

1.3.1 Les jeux d'apprentissage

Un *jeu d'apprentissage* n'existe que dans le cadre du jeu didactique. C'est une modélisation pour décrire le jeu du professeur sur le jeu de l'élève. Il représente une spécification du jeu didactique à un savoir identifié. Chaque jeu d'apprentissage a un enjeu de savoir particulier. En effet, tout jeu didactique se décline en une série de jeux d'apprentissage qui évolue chaque fois qu'apparaît, en situation, un changement de focalisation d'un objet de savoir à l'autre (Sensevy, Mercier, Schubauer-Leoni, Ligozat, & Perrot, 2005).

Une séance d'enseignement est caractérisée par une succession de moments à la fois liés et indépendants, moments « à la fois connexes et clos » (Sensevy, 2007). Dans la TACD ces « moments » sont considérés comme des jeux d'apprentissage (Sensevy, Mercier, Schubauer-Léoni, Ligozat & Perrot, 2005) ; ces jeux (moments) sont produits par la nécessité d'avancer dans l'apprentissage.

D'après la TACD, les jeux d'apprentissage peuvent être définis comme l'expression d'un contrat didactique spécifique dans un milieu donné lié à un savoir donné. « Un nouveau jeu supposera un nouveau contrat, c'est-à-dire, en particulier, de nouvelles attentes du professeur vers les élèves et des élèves vers les professeurs […] Ce contrat nouveau, propre au nouveau jeu, est accompagné d'un nouveau milieu. » (Sensevy, 2007, p. 27).

1.3.2 Jeux d'apprentissage « premiers » et jeux d'apprentissage « spécifiques » :

Dans le travail de thèse de Marlot (2008), les jeux d'apprentissage ont été distingués selon le contenu épistémique qu'ils mobilisent. Les jeux d'apprentissage « premiers » sont des jeux de faible densité épistémique, ils peuvent être plus ou moins génériques s'ils sont mis en fonctionnement par des éléments pérennes du contrat de la classe, par des règles définitoires et par des incitations stratégiques de la part du professeur ; les jeux d'apprentissage « spécifiques » ont une densité épistémique plus importante.

En fait, un jeu d'apprentissage n'est pas générique ou spécifique « en lui-même ». Selon la situation un même jeu pourra être spécifique (s'il représente l'enjeu de la situation) ou générique (s'il actionne la mobilisation d'un savoir qui lui, va être nécessaire à la mise en œuvre du jeu spécifique visé par l'apprentissage) ou premier (s'il est devenu avec le temps un élément pérenne du contrat didactique de la classe).

Par exemple : « Réaliser le schéma d'un circuit électrique » peut être un jeu spécifique s'il s'agit pour les élèves de faire une première expérience avec les contraintes de la schématisation en électricité. Il est considéré comme un jeu générique, s'il s'agit de faire le schéma pour une étude et un calcul de la tension et de l'intensité du courant dans le circuit. Le même jeu prend le statut de jeu premier s'il devient associé à une habitude ou fait partie du contrat établi dans la classe comme par exemple au début de tout exercice on fait le schéma du montage étudié. Dans chacun de ces cas, même si le jeu d'apprentissage semble être le même « réaliser le schéma d'un circuit électrique », les règles stratégiques (comment l'élève va-t-il gagner au jeu ?) vont fortement différer.

Donc, selon l'avancée du temps didactique, un jeu d'apprentissage change généralement de statut. Sur l'espace d'une même séance, ou de plusieurs séances, voire de temps plus longs, un jeu d'apprentissage peut passer du statut de spécifique au statut de générique.

Dans le cadre de notre travail, nous nous limitons à la distinction jeux d'apprentissage « premiers » (qui représentent une partie des jeux d'apprentissage génériques), et jeux d'apprentissage « spécifiques ».

1.3.3 Glissement de jeu :

Le phénomène de glissement de jeu est un phénomène didactique qui a été identifié et décrit dans le travail de Marlot (2008). En effet parfois, les jeux spécifiques visés ne peuvent être joués faute de disponibilité d'objets correspondant dans le milieu, ils sont alors remplacés par des jeux plus génériques. Ces jeux génériques dont les objets sont souvent disponibles dans le milieu viennent alors substituer les jeux spécifiques. Ce phénomène est appelé « glissement de jeu d'apprentissage ». Le glissement de jeu d'apprentissage ne peut être considéré en soi comme un dysfonctionnement de la relation enseignement-apprentissage : c'est son analyse dans le contexte de la situation de savoir qui permettra au chercheur d'évaluer son effet sur la compréhension des élèves.

1.4 La triple genèse

1.4.1 Chronogenèse

Le savoir enseigné qui évolue avec le temps d'enseignement est un savoir-temps (Sensevy & Quilio, 2002). Cette disposition du savoir sur l'axe du temps est le temps didactique, aussi appelé chronogénèse. Plusieurs chercheurs (Sensevy & Quilio, 2002), (Mercier, et al., 2002), (Sensevy, 2007) définissent la chronogénèse comme la progression dans le temps du savoir en classe. Ainsi la chronogénèse est évolutive mais pas de façon régulière, le rythme d'introduction de nouveaux éléments de savoir dépend à la fois du professeur et des élèves donc du système classe. En effet, le professeur gère la répartition du savoir dans le temps et peut décider d'avancer ou de retarder l'introduction de nouveaux éléments de savoir dans une classe (par rapport à ce qui est prévu initialement par le professeur), ces choix sont liés aux niveaux d'acquisition des élèves. Par exemple l'introduction d'un élément de savoir peut être retardée si la situation dans la classe nécessite un rappel ou une reprise d'une notion déjà introduite pour assurer sa compréhension. La chronogènèse aide le chercheur à diriger l'attention sur les choix du professeur d'avancer ou de retarder le temps didactique. « La chronogénèse pose la question quand ? plus précisément comment quand ? Elle incite à identifier la nature et les raisons du passage, à un certain moment, d'un contenu épistémique à un autre » (Sensevy, 2007, p. 32).

1.4.2 Topogenèse

La responsabilité de l'élaboration et de la mise en œuvre du savoir n'est pas seulement de la part du professeur. Dans la classe, il y a une négociation entre le professeur et les élèves de la répartition des tâches et des responsabilités vis-à-vis du savoir. La position de chacun envers le savoir est évolutive et correspond à ce que les chercheurs appellent la topogénèse (Chevallard, 1991) ;(Mercier, et al., 2002). « La topogénèse pose la question qui ? plus précisément comment qui ? Elle incite à identifier comment la responsabilité du contenu épistémique de la transaction est effectivement répartie entre les transactants. La catégorie de topogénèse constitue ainsi un analyseur privilégié de la nature « conjointe » des transactions » (Sensevy, 2007, p. 32).

1.4.3 Mésogénèse

La mésogénèse est le processus d'aménagement du « milieu », c'est-à-dire du système des objets matériels et symboliques auquel l'élève est confronté pour apprendre. « La mésogénèse répond donc à l'élaboration d'un système commun de significations entre le professeur et les élèves, système dans lequel les transactions didactiques trouvent leur sens » (Sensevy, 2007, p.30). Cet aménagement se fait dans le but de permettre une action (matérielle, symbolique, cognitive) commune des élèves et du professeur, et de transformer le « potentiel d'action virtuel » en « potentiel d'action disponible » (Sensevy, 2011).
« La mésogénèse pose la question quoi ? Ou plus précisément comment quoi ? Elle incite à identifier le contenu épistémique précis des transactions didactiques » (Sensevy, 2007, p. 32).

1.5 Concepts pour caractériser l'action didactique

Dans ce paragraphe nous présentons quatre catégories qui sont des descripteurs de l'activité didactique, ils permettent « de se rendre attentif aux modalités de construction du savoir dans la classe » (Sensevy, 2007, p.29).

1.5.1 La Définition

La définition désigne ce que le professeur fait pour transmettre aux élèves les règles « constitutives » et « définitoires » du jeu didactique. Elle représente ce que le professeur met en œuvre pour que les élèves sachent à quel jeu ils jouent et quelles sont les conditions qui leur permettent de gagner le jeu.

1.5.2 La Dévolution

La dévolution est le processus par lequel le professeur confie aux élèves la responsabilité de leur apprentissage. Les élèves doivent accepter de jouer le jeu, assumer la responsabilité de la production de nouvelles connaissances en utilisant leurs savoirs antérieurs, et accepter que le professeur ne leur transmette pas d'emblée ces connaissances d'une façon directe.

1.5.3 La Régulation

La régulation désigne ce que fait le professeur au cours du jeu en influençant « la production de stratégies par les élèves mais sans se substituer à eux dans cette production » (Sensevy, 2007, p. 28). L'action de régulation constitue le cœur même de l'activité d'enseignement in situ (ibid.).

1.5.4 L'Institutionnalisation

L'institutionnalisation est le processus par lequel le professeur signifie aux élèves les savoirs ou les pratiques que leur activité leur a permis de trouver, que ces savoirs sont légitimes hors de « l'institution-classe » et qu'il les « rend comptables dorénavant de ces savoirs » (Sensevy, 2007). En fait si l'élève parvient à résoudre le problème que le professeur lui a dévoilé, il a besoin de quelqu'un pour lui signaler le nouveau savoir à apprendre, sinon il peut croire qu'il a résolu le problème par application de ses connaissances antérieures et qu'il n'y a rien de nouveau à apprendre. L'institutionnalisation est le passage du savoir d'un moyen de résolution dans une situation contextualisée à un savoir de référence qui est donc décontextualisé.

2. La continuité du savoir

L'apprentissage d'un savoir est un processus qui se fait au fil du temps. Comme le dit Barnes (1992) on n'apprend pas d'un coup: « Most learning does not happen suddenly: we do not one moment fail to understand something and the next moment grasp it entirely. » (Barnes, 1992, p. 123). Enseignement et apprentissage ne sont pas simultanés, l'élève n'apprend pas au rythme où les nouveaux éléments de savoirs sont enseignés, il apprend à son propre rythme ; alors si le savoir est repris souvent dans l'enseignement, il y a plus de chance qu'il soit acquis et appris par les élèves.

Or dans la classe, le savoir est dynamique, il est toujours en évolution et lié à la situation en cours. De ce fait apparaît la nécessité d'avoir une continuité entre anciens et nouveaux éléments de savoir pour favoriser l'apprentissage des élèves ; il ne suffit pas d'avoir juste des reprises mémorielles il faut établir des liens entre les différents éléments de savoirs et les différents moments de leur enseignement.

Etablir ces liens dans la class se fait à travers les pratiques de classe et dépend fortement de la situation. En effet, dans un exposé de savoir traditionnel les liens entre les éléments de savoir sont établis par la personne du professeur et suivent alors sa logique d'exposition. Alors que dans une classe où interactions et discussions avec les élèves sont mises en avant, les liens entre les éléments de savoir sont plus complexes à établir, les relations peuvent être de nature très variée selon la situation : celles relevant d'un développement rationnel du savoir, celles liées à la mémoire de la classe, ou aux connaissances quotidiennes, etc. Même la généralisation d'un savoir ne relève pas seulement de liens rationnels habituellement présents dans l'exposition d'un savoir :

> « Knowledge is always *meaning*, in transaction in doing something, and never absolute and abstracted from a context of use (Wickman & Ligozat, 2011). *Generalization* of knowledge is the process of adding uses and activities to earlier uses and activities, where the learner in action takes the two uses as *continuous* (Wickman & Östman, 2002b). In this way knowledge always entails transformation and therefore *learning*. » (Wickman 2012, p.145).

D'où la nécessité d'étudier le savoir en lien avec le contexte et la situation. Comme le dit Mercer (1995), le discours de la classe ne peut être compris et évaluer qu'en le reliant à son contexte :

“Any sequence of classroom talk is just a snapshot—it needs to be put back into its time and its context to be properly understood and evaluated” (Mercer, 1995, p. 52).

Différents chercheurs abordent la notion de continuité de différents points de vue tout en soulignant son importance pour l’apprentissage des élèves.

Roth et al. (2011) renforcent l’importance pour l’apprentissage des élèves de la cohérence d’un contenu d’enseignement autour d’un but principal. Pour ces auteurs il y a cohérence du savoir enseigné quand des liens sont établis entre les différents éléments de savoir correspondant au but principal. Plus précisément, dans le cadre de la formation des enseignants, les chercheurs ont mené un projet appelé STELLA (Science Teachers Learning from Lesson Analysis). Le projet porte sur un programme pour la formation des enseignants basé sur une analyse vidéo des pratiques de classe. Le programme est centré sur deux axes principaux : ‘the Science Content Storyline’ et ‘the Student Thinking’ pour aider les enseignants à analyser l’enseignement et l’apprentissage des sciences et pour améliorer leurs pratiques d’enseignement. Par ‘science content story line’ les chercheurs dirigent l’attention des professeurs sur la façon de mettre en lien les idées en jeu dans une leçon de sciences en accord avec le but principal de l’enseignement (« main learning goal ») et comment les relier aux activités correspondantes pour aider les élèves à construire une histoire cohérente qui a un sens. Notons que les chercheurs ont choisi d’inclure dans leur programme l’axe de ‘Science content story line’ suite aux résultats du TIMMS video Study pour les sciences. Ces résultats montrent que dans les pays où les activités menées par les élèves étaient explicitement liées aux idées scientifiques, il y a eu de meilleurs résultats concernant l’apprentissage : « The STeLLA program focus on the Science Content Storyline Lens was based on results from the TIMSS Video Study showing that most US science lessons, unlike those in higher- achieving countries, engaged students in activities without clearly linking those activities to science ideas. » (ibid, p. 138)

Les chercheurs ont étudié les effets de ce programme sur l’apprentissage des élèves. Ils comparent les résultats d’apprentissage des élèves d’un groupe d’enseignants ayant suivi un programme de formation traditionnel et ceux d’un groupe d’enseignants ayant suivi le programme STeLLA. Les résultats montrent un apprentissage des sciences plus important chez les élèves enseignés par des professeurs formés à partir du projet STeLLA. L’étude de leurs résultats leur a permis de lier l’apprentissage des élèves à l’implémentation dans les pratiques d’enseignement des stratégies de l’axe ‘Science Content Storyline’ :

> « Student science learning was most strongly associated with teachers' implementation of four Science Content Storyline strategies in the STeLLA program: linking science content ideas with activities, matching activities to the main learning goal, linking science content ideas with other content ideas, and providing opportunities for students to use content representations that are matched to the main learning goal. Two of these strategies, ''Linking science content ideas and activities'' and ''Linking activities to the main learning goal,'' emphasize the importance of linking ideas to activities before, during, and after activities, and linking the activities to the overall learning goal. » (Roth et al. 2011, p.138)

Donc nous pouvons dire que les résultats du projet STeLLA ainsi que ceux de TIMMS Video Record, soulignent l'importance de la continuité du savoir au cours de l'enseignement. Dans le projet STeLLA, cette continuité est traduite par la cohérence du savoir enseigné, au sens où le professeur établit de multiples liens entre les différents éléments de savoir à différents moments d'enseignement, ces éléments étant également cohérents avec le but principal de l'enseignement.

Viiri et Saari (2006) parle de la continuité dans le 'flux' du discours du professeur entre les différents épisodes d'une séance. Ils considèrent qu'à chaque épisode de la séance correspond un type de discours plus adapté pour favoriser l'apprentissage des élèves. Ils discutent et décrivent les différents types de discours que le professeur utilise pour assurer une continuité dans le flux du discours et faire en sorte que chaque nouvel épisode de la séance soit lié à l'épisode précédent.

D'autres chercheurs soulignent l'importance de la continuité entre l'acquis et le scientifique.

Wickman (2014) passe en revue comment l'enseignement des sciences a été approché et développé dans les didactiques des sciences, il présente les travaux de didactiques de sciences dans plusieurs pays en Europe relatifs à la façon dont les professeurs peuvent mieux favoriser l'apprentissage des élèves en science. Parmi les orientations de recherche présentées, il propose une approche suédoise de la modélisation didactique liée à l'épistémologie des pratiques. Cette approche se fonde sur la théorie de l'enquête et la notion de continuité de John Dewey. Selon ce modèle, chaque enquête scientifique favorable à un apprentissage commence dans la classe par une pratique ou une activité dans laquelle les élèves peuvent déjà agir et parler avec compétences pour parvenir à certains buts. De ce fait, une pratique acquise peut être développée

et améliorée par l'introduction de nouvelles façons de parler et d'agir d'un point de vue scientifique. De ce fait, il y a continuité entre les deux pratiques (acquise et plus scientifique) :

> « The start and end of learning and teaching progressions according to this understanding is how a practice in which students already can act competently can be improved by introducing new ways of talking and acting from a scientific practice and so transforming the well known activity into a more scientific one, meaning one in which students better can use science in their lives (Wickman et Ligozat, 2011). In this way the familiar and more scientific practices are said to be made continuous. » (Wickman, 2014).

Dans le cadre de notre travail nous suivons ces chercheurs et nous considérons l'importance de la continuité du savoir pour l'apprentissage des élèves. Le savoir est dynamique et évolutif et nous considérons qu'assurer une continuité du savoir c'est expliciter son évolution à travers la construction des liens entre les différents moments de son enseignement. Ces liens peuvent s'exprimer de différentes façons comme par exemple l'introduction d'un langage plus scientifique, ou un lien entre l'acquis et le scientifique, ou un lien de généralisation par passage du cas particulier au cas général, de l'évènement à la théorie, … etc.

3. Les échelles d'analyses

L'étude des pratiques de classe dans l'évolution du savoir nécessite des analyses à différents niveaux d'échelles allant des plus fins qui peuvent être de l'ordre de la seconde aux niveaux plus larges qui s'étendent sur une année ou plus. Chaque niveau d'échelle permet de rendre compte de différentes caractéristiques des pratiques. Lemke (2001) dit que l'activité à un niveau macro ne peut pas être définie à partir d'un niveau micro. Le niveau micro ne permet pas d'avoir la structure ou les propriétés des phénomènes qui apparaissent à un niveau macro.

> "Activities at higher levels of organization are emergent, their functions cannot be defined at lower scales, but only in relation to still higher ones. […] Going « up » we know the units, but we know neither the patterns of organization nor the properties of the emergent higher level phenomena" (Lemke, 2001, p.25).

Sensevy (2011) parle de la nécessité de 'regarder au bon endroit' lorsqu'il s'agit de décrire et d'analyser les pratiques :

> « …pour répondre à certaines questions relatives à la pratique, pour déterminer selon quelles « règles » cette pratique fonctionne, il faut d'abord, de manière nécessaire, « regarder au bon endroit ». » (Sensevy, 2011, p.273).

Regarder au bon endroit signifie identifier un niveau d'échelle spécifique qui permet de comprendre certaines spécifiques de la pratique sans pour autant isoler cette échelle :

> « Mettre en œuvre cette conception dans le travail de recherche, cela correspond à reconnaître la grammaire première de nos pratiques, et donc, j'en fais la conjecture, à identifier un niveau d'échelle spécifique qui rende précisément capable de comprendre en quoi une pratique donnée répond à certaines nécessités. » (Sensevy, 2011, p.274).

Nous considérons trois échelles de temps pour les analyses des pratiques (Tiberghien et al., 2007 ; Tiberghien & Malkoun, 2009 ; Venturini &Tiberghien, 2015) : macroscopique, mésoscopique et microscopique.

Le niveau macro correspond à des temps didactiques relativement long. Il peut correspondre à une ou plusieurs séances, s'étendre à une séquence et même s'étaler sur plusieurs années. Il permet une vue d'ensemble large. En général la granularité du savoir à ce niveau est grande.

Le niveau méso correspond au rythme de production de nouveaux éléments de savoir dans la classe. Il est en général de l'ordre de quelques dizaines de minutes ou de l'heure. Le plus souvent c'est à ce niveau que le savoir enseigné est reconstruit par les chercheurs.

Le niveau micro correspond à une échelle d'analyse du chercheur à un niveau de granularité très fin. Ce niveau correspond au temps d'un énoncé ou d'un geste ; il peut être de l'ordre de la minute ou la seconde.

Les analyses au niveau micro peuvent ne pas avoir de sens si elles ne sont pas restituées aux échelles supérieures. Le niveau méso joue un rôle pivot pour les analyses, il permet de donner du sens aux analyses au niveau micro et permet des relations entre les différentes échelles. Les articulations et les liens entre les différentes échelles d'analyses et les différentes granularités de savoir contribuent à caractériser le savoir enseigné et permettent alors une vue d'ensemble et en détail plus claire.

4. Du savoir savant au savoir enseigné

Notre travail porte sur la mise en œuvre dans une classe d'une séquence conçue par un groupe de professeurs et de chercheur. Il nous a paru nécessaire pour analyser cette séquence de nous référer au concept de transposition didactique que nous présentons succinctement.

La transposition didactique a été introduite par Yves Chevallard (1985) en didactique des mathématiques.

Nous prenons les deux grandes étapes proposées : la transposition didactique externe qui correspond au passage du savoir savant au savoir à enseigner, et la transposition didactique interne qui correspond au passage du savoir à enseigner au savoir enseigné.

Le savoir savant est appelé savoir scientifique ou savoir de référence, c'est un savoir scientifique produit par la communauté scientifique (Chevallard, 1991).

Le savoir à enseigner que Chevallard appelle « savoir-initialement-désigné-comme-devant-être-enseigné » est plus qu'une simple reformulation du savoir savant, c'est le savoir qu'on retrouve décrit dans les programmes officiels et les manuels scolaires.

Le savoir enseigné, ou "savoir-tel-qu'il-est-enseigné" comme le nomme Chevallard (1991) est différent du savoir à enseigner. Le professeur s'approprie le savoir qui se trouve dans les manuels scolaires et le reconstruit à sa façon pour le mettre en œuvre dans la classe. Le savoir enseigné est donc associé à une classe particulière, il est en jeu dans les productions discursives de la classe (incluant les gestes) et correspond au savoir mis en œuvre dans la classe par le professeur et les élèves pendant les séquences d'enseignement (Tiberghien & al., 2007).

4.1 Du savoir savant au savoir à enseigner

Le premier type de transposition correspond au passage du savoir savant au savoir à enseigner, c'est la transposition externe car elle a lieu hors du système d'enseignement, hors de la classe. Parmi les savoirs savants, produits par la communauté scientifique, un choix sera fait pour sélectionner et déterminer ceux qui seront des objets d'enseignements et définir les programmes

d'enseignement de chaque discipline scolaire. Ce travail est réglé par ce que Chevallard appelle la noosphère, la sphère où l'on pense :

> « … à la périphérie du système d'enseignement, il faut faire sa place à une instance essentielle au fonctionnement didactique, sorte de coulisses du système d'enseignement, et véritable sas par où s'opère l'interaction entre ce système et l'environnement sociétal. Là se trouvent tous ceux qui, aux avant-postes du fonctionnement didactique, s'affrontent aux problèmes qui naissent de la rencontre avec la société et ses exigences ; là se développent les conflits, là se mènent les négociations, là mûrissent les solutions. Toute une activité ordinaire s'y déploie, en-dehors même des périodes de crises (où elles s'accentuent), sous forme de doctrines proposées, défendues et discutées, de production et de débat d'idées - sur ce qui pourrait être changé et sur ce qu'il convient de faire. Bref, on est ici dans la sphère où l'on pense - selon des modalités parfois fort différentes - le fonctionnement didactique. Pour cela, j'ai avancé pour elle le nom parodique de noosphère ». (Chevallard, 1985)

La noosphère est alors formée par l'ensemble des personnes qui pensent les contenus d'enseignements comme les universitaires, les auteurs des manuels d'études, les représentants du système d'enseignement, les didacticiens, les représentants du monde politique, etc.

4.2 Du savoir à enseigner au savoir enseigné

Le deuxième type de transposition correspond au passage du savoir à enseigner tels qu'il apparaît dans les programmes officiels et les manuels scolaires au savoir enseigné, c'est la transposition didactique interne car elle a lieu au sein de l'institution scolaire, au sein de la classe. C'est le travail de l'enseignant qui par sa pratique dans la classe conduit à l'apprentissage de ce savoir par les élèves.

Nous allons introduire ici un autre type de transposition qui se situe dans le passage du savoir à enseigner au savoir enseigné que nous pouvons désigner par *transposition intermédiaire.* Il s'agit du travail collaboratif mené dans des groupes d'enseignants et de chercheurs en didactique qui construisent des ressources d'enseignement pour les enseignants en respectant le contenu des programmes officiels. Les professeurs avec leurs expériences d'enseignement, et les chercheurs avec leurs connaissances didactiques de la discipline pensent ensembles non

seulement le quoi mais aussi le comment pour un meilleur apprentissage des élèves. Ils construisent la séquence d'enseignement en rédigeant exercices, activités et parties de cours. Ils construisent un document d'aide pour le professeur avec des remarques pour les activités et les chapitres ainsi que (pour certaines activités) une description des possibles actions des élèves et comment les gérer pour tenir compte des conceptions des élèves, des façons variées d'apprendre, etc.

Cette pratique conduit à la construction d'un savoir intermédiaire entre le savoir à enseigner et le savoir enseigné, elle précède la transposition didactique interne qui se fait dans la classe.

Dans le cadre de cette thèse nous allons étudier le cas d'une séquence d'enseignement construite suivant cette pratique innovante par le groupe Sésames-Collège pour la partie électricité en classe de cinquième.

5. Questions de Recherche

Nos questions de recherche dérivent de la problématique et de notre cadre théorique.

Comme nous l'avons déjà présenté, notre problématique est d'étudier les pratiques de classe dans la vie du savoir, son évolution et sa continuité. Ceci nous amène à poser les questions suivantes :

- Quels sont les effets des pratiques de classe sur la vie du savoir dans la classe, sur son développement et son évolution ?
- Quelle est la vie du savoir dans la classe ? Et plus précisément, comment caractériser sa continuité ? Quels liens de continuité sont-ils établis entre les différents éléments de savoir ?

6. Résumé et conclusion

Comme nous l'avons déjà précisé, notre travail de recherche porte sur l'étude des pratiques de classe en considérant la vie du savoir, son évolution et sa continuité. Ceci nous a conduits à choisir la théorie de l'action conjointe en didactique que nous avons présentée au début de ce

chapitre. Cette théorie permet la description de la pratique en fournissant des outils pour cette description notamment la notion de jeu qui est un outil modélisant l'action conjointe entre le professeur et les élèves. Ensuite nous avons présenté la notion de continuité et son importance pour l'apprentissage des élèves et la nécessité de faire son étude en lien avec la situation et le contexte. Puis nous avons abordé les différentes échelles d'analyses nécessaires pour notre étude. Chaque niveau d'échelle permet de rendre compte de différentes caractéristiques des pratiques. Ensuite nous avons fait une présentation succincte du concept de transposition didactique. En effet, notre travail porte sur la mise en œuvre dans une classe d'une séquence conçue par un groupe de professeurs et de chercheurs et il nous a paru nécessaire pour analyser cette séquence de nous référer à ce concept.

Et enfin, à partir de notre cadre théorique, nous avons présenté nos questions de recherches.

Dans le chapitre suivant nous présentons la méthodologie que nous avons construite pour essayer de répondre à ces questions.

CHAPITRE III
METHODOLOGIE

Nous présentons dans ce chapitre notre méthodologie de recueil de données où, dans un premier temps nous détaillons notre dispositif d'étude et nos données recueillies. Dans un deuxième temps, nous présentons notre méthodologie d'analyse à partir des différentes échelles d'analyse, ainsi que notre méthodologie pour l'analyse de la continuité du savoir.

A. METHODOLOGIE DE RECUEIL DES DONNEES

1. Dispositif d'étude

Notre travail de recherche porte sur l'étude des pratiques de classe concernant la vie du savoir dans la classe. Notre but est de reconstruire le savoir enseigné dans la classe et d'étudier sa vie, son évolution et sa continuité à travers les pratiques de classe : Comment le savoir est introduit, repris, développé dans la classe et quelle continuité il présente à travers les séances et les différentes notions introduites. Nous avons choisi de mener une étude de cas.

Il s'agit d'une classe de 5ème pendant l'enseignement d'une séquence de physique, partie électricité.

La séquence a été construite par un des groupes Sésames[1]de l'UMR ICAR travaillant sur la conception de ressources d'enseignement Il s'agit d'une collaboration entre chercheurs et enseignants (Bécu-Robinault, 2007 ; Bécu-Robinault, 2015). Le professeur de la classe étudiée a participé à ce groupe pour la conception de cette séquence.

Le professeur est une femme qui a moins de cinq années d'expérience. A la sixième séance de la séquence, elle a eu un arrêt maladie pour plusieurs mois. Un professeur remplaçant a été désigné pour poursuivre l'enseignement de la classe. Le professeur remplaçant a accepté d'être filmé et de suivre la séquence construite par le groupe Sésames. La première séance où il a rencontré les élèves n'a pas été filmée car il ne nous a pas avertis de la date de démarrage. C'est un homme ; il n'a pas d'expérience d'enseignement dans des classes de collège, ses remplacements étaient plutôt avec des élèves de lycée.

La classe filmée comporte 26 élèves (14 filles et 12 garçons). Elle se situe dans la périphérie d'une grande agglomération. C'est un collège qui recrute dans un milieu socioculturel sans difficulté particulière. Des autorisations de filmer ont bien sûr été demandées à tous les élèves et au professeur.

[1]http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/physique/sesames/
http://pegase.inrp.fr

2. Utilisation des documents conçus et du livre

Le professeur titulaire (P1) et le professeur remplaçant (P2) ont suivi la séquence construite par le groupe Sésames. Ils donnaient à chaque élève les textes écrits des activités, des exercices et des bilans à découper et coller sur leur cahier (une analyse de cette séquence est proposée le paragraphe suivant §1.2). Parfois le bilan est également projeté sur le mur de la classe et/ou dicté par le professeur et les élèves le copient sur leur cahier. Les deux professeurs ont aussi utilisé le livre Belin de physique chimie (physique chimie 5^{e}, collection Parisi, Belin, 2001, ISBN 978-2-7011-2889-4) à partir duquel ils donnaient des exercices supplémentaires aux élèves à faire comme devoir à la maison. Ces exercices étaient corrigés dans la classe à la séance suivante. Par contre ils n'ont jamais utilisé le livre pour lire des parties du cours.

3. Analyse du savoir en jeu dans la séquence d'enseignement

La séquence d'enseignement a été construite dans le contexte de rénovation des programmes de collège et tient compte du programme officiel applicable à la rentrée scolaire 2006/2007 au cours de laquelle nos données ont été prises (le B.O. hors-série N°5 du 25 Aout 2005) ; elle respecte donc l'intégration de la démarche d'investigation. Il s'agit d'une séquence d'enseignement et de documents d'accompagnement du professeur relatifs aux circuits électriques. La séquence est formée de quatre chapitres (cf. Tableau 1). Pour chaque chapitre deux documents ont été créés : un document élève et un document professeur. Le document élève contient les activités et les bilans qui seront distribués (ou dictés ou projetés) aux élèves. Le document professeur est le document d'accompagnement pour le professeur, il contient des indications sur les buts des activités, des informations pratiques sur leur préparation, des commentaires sur le savoir à enseigner, des informations sur le comportement des élèves ainsi

que les corrigés des activités et des exercices. Ces documents sont présentés dans l'annexe 1 de la thèse.

Dans le tableau suivant nous présentons, dans une première colonne, la structure de la séquence en chapitres, activités, bilans et exercices comme elle a été construite par les concepteurs. Nous mettons le but des activités et des exercices tel qu'ils ont été présentés dans le document du professeur. Dans certains cas si l'objet n'explicite pas suffisamment le savoir enjeu de l'activité, nous complétons par les commentaires donnés à propos du savoir par les concepteurs. Dans une deuxième colonne, nous présentons les principaux éléments de savoir et notions introduites à travers les différentes activités, exercices et bilans.

Structure de séquence en chapitres, activités, exercices, faites par les concepteurs (extraits des documents Sésames	**Eléments de savoir et Notions introduites**
Chapitre 1 : comment faire fonctionner une lampe ?	
Activité 1.1 : *faire briller une lampe avec une pile* But de l'activité : Cette activité a pour but d'introduire la notion de dipôle et prépare l'introduction de la notion de circuit qui se fera dans l'activité suivante. Elle permet au professeur de faire un bilan des connaissances des élèves et de faire prendre conscience à ces derniers de leurs éventuelles erreurs sur la réalisation d'un montage pile-ampoule **Bilan 1.1**	- vis, plot et lame - bornes - pôle - dipôle - pour que la lampe brille ses deux bornes doivent être reliées aux deux bornes de la pile - le courant électrique : la lampe brille car elle est traversée par un courant électrique mis en circulation (ou généré) par un générateur - le générateur : la pile joue le rôle de générateur
Activité 1.2 : *Débrouille-toi pour faire briller la lampe sans la tenir.* But de l'activité : Cette activité a pour objectif de justifier l'utilisation d'un support pour la lampe, d'examiner sa conception et d'introduire la notion de circuit électrique **Bilan 1.2**	- boucle fermée - circuit électrique : un circuit électrique est un ensemble de dipôle reliés les uns aux autres et comportant au moins un générateur - circuit fermée : un courant circule dans le circuit fermé : dans la pile, les fils et dans la lampe
Présentation de l'analogie des camionnettes : *le circuit électrique correspond au circuit des camionnettes* But de l'analogie : Cette analogie est proposée de manière à éviter que les élèves se forgent d'autres explications auxquelles le professeur n'aura pas accès et qui risquent d'être sources de difficultés. Cette analogie permet de distinguer les concepts de courant et d'énergie (classe de	

cinquième) et pourra être utilisée dans les classes suivantes pour la distinction intensité-tension. Elle est un résultat de la recherche en didactique et a montré son efficacité (Scott et al. 2006)	
Exercice 1.1 : *le dessin du support de la lampe*	
Activité 1.3 : *le rôle de l'interrupteur* But de l'activité : Cette activité a pour but de faire comprendre le rôle et le fonctionnement de l'interrupteur et de préparer les notions de circuit ouvert ou fermé. **Bilan1.3**	- rôle de l'interrupteur : fermer ou ouvrir le circuit - le courant circule lorsque le circuit est fermé. Il ne circule pas lorsque le circuit est ouvert.
Exercice 1.2 : *ouvert ou fermé* But de l'exercice : Cet exercice a pour objectif de faire prendre conscience que les mots « ouvert » et « fermé » n'ont pas toujours le même sens en physique que dans la vie quotidienne. Elle permet de préparer la représentation d'un interrupteur ouvert ou fermé conforme aux symboles normalisés. **Bilan1.4**	- remarque sur l'utilisation des mots « ouvert » et « fermé » qui sont employés avec un sens parfois différent de celui qu'ils ont en électricité.
Exercice 1.3 : *dessin montage, pile interrupteur* L'intérêt de cet exercice est de montrer qu'il est difficile de faire un dessin d'interrupteur qui indique clairement si le circuit est ouvert ou fermé. Il faudra veiller à ne pas culpabiliser les élèves de ne pas avoir très bien réussi leur interrupteur	-il est difficile de faire un dessin d'interrupteur qui indique clairement si le circuit est ouvert ou fermé.
Exercice 1.4 : *l'interrupteur à la maison*	
Activité 1.4 : *isolant et conducteur* But de l'activité : La notion d'isolants et de conducteurs est introduite à ce moment car elle ne nécessite pas de schémas. Au contraire, si elle était faite après l'activité de schématisation, il faudrait introduire une représentation non officielle des matériaux à tester dans le schéma du montage. Cela se solderait par une confusion entre dessin et schéma. Par ailleurs, cette activité s'inscrit dans la continuité de l'activité précédente où l'on explique pourquoi lorsque l'interrupteur est ouvert, le courant ne circule pas (l'air est en effet un isolant) Commentaires sur le savoir à enseigner et informations sur le contenu disciplinaire : Les termes « isolants » et « conducteurs » ne sont pas définis préalablement. Il s'agit de mots du modèle qui seront définis à la fin de l'activité, suite à une discussion avec les élèves. Pendant les manipulations, les élèves décrivent les expériences en termes d'objets et d'événements : la lampe brille, ou elle ne brille pas (on dira que même si elle ne brille qu'un peu, elle brille quand même). **Bilan 1.5**	- isolant et conducteur
Exercice 1.5 : On veut relier les points A et B avec des objets constitués de différents matériaux. Fais une liste de 5 objets qui permettent le passage du courant et donc à la lampe de briller.	

De quels matériaux sont-ils constitués ? Fais une liste de 5 objets qui ne permettent pas le passage du courant et donc ne permettent pas à la lampe de briller. De quels matériaux sont-ils constitués ? De quels matériaux sont composés les objets qui permettent le passage du courant ?	
Exercice 1.6 *: propriétés des matériaux d'une lampe de chevet* Le dessin ci-dessous représente une lampe de chevet débranchée et son cordon d'alimentation. Finis de compléter le dessin en indiquant les fils de connexions. Complète la légende à l'aide du tableau ci-dessus. Complète le tableau en indiquant sur les matériaux désignés dans la légende sont isolants ou conducteurs.	
Exercice 1.7 : *la lampe de chevet à la maison* La lampe de chevet est généralement reliée à une prise. Pour la faire fonctionner, on appuie sur un interrupteur. Attention, ne démontez jamais un interrupteur si la fiche est reliée au secteur. Quand la lampe est branchée, même si la lampe ne brille pas, il y a risque d'électrisation ou d'électrocution. **1.** Cite les éléments qui composent la boucle dans laquelle circule le courant qui traverse la lampe lorsqu'elle est branchée. **2**. Complète le dessin ci-dessous comme dans l'exercice 4 afin de relier tous les éléments de la boucle **3.** Situe la prise sur le dessin	
Chapitre 2 : schématisation **I- Représentation d'un montage**	
Activité 2.1 : *représenter un montage* But de l'activité : Cette activité vise à introduire le besoin de la schématisation des circuits électriques, en se basant sur plusieurs difficultés auxquelles l'élève sera vraisemblablement confronté : -faire un dessin c'est souvent fastidieux - relire le dessin d'un autre élève n'est pas toujours facile car tous les élèves ne dessinent pas la même chose. Parallèlement cette activité est une étape fondamentale de la modélisation des montages électriques Passer de la représentation du montage par un dessin à la représentation par un schéma, c'est passer de la représentation de chaque objet à la représentation de sa fonction. Les dessins faits par les élèves jusqu'à maintenant ne sont pas identiques : en choisissant de représenter ou non certains aspects des objets du montage, les élèves ont fait une sélection, ils ont fait des choix. En ce sens, le dessin est une modélisation intuitive des objets manipulés par l'élève. Le schéma électrique n'est pas une modélisation intuitive, c'est la modélisation conventionnelle du point de vue de la physique. **Bilan2.1**	- les symboles normalisés - les conventions à respecter pour réaliser un schéma normalisé
Activité 2.2 : *du schéma au montage et vice-versa* But de l'activité : Cette activité vise à aider les élèves à articuler les objets qu'ils manipulent concrètement et leur représentation symbolique. Nous considérons en effet qu'une des difficultés majeures des élèves réside dans les opérations au cours desquelles ils ont à mettre en relation des éléments du montage et des éléments du modèle. Elle se décompose en	- différence entre un montage (référence aux objets réels) et un schéma (qui représente le montage sur le papier en utilisant les symboles normalisés).

deux parties : la première où les élèves doivent identifier le matériel correspondant au schéma et réaliser le montage correspondant, et la seconde où ils doivent faire un schéma à partir d'un montage (photo). Le choix retenu dans la deuxième partie est de montrer que le schéma « simplifie » le montage pour ne retenir que ce qui est fonctionnellement utile. Dans cette activité, on se limite aux lampes. **Bilan2.2** **Exercice2.1 :** faites le schéma du montage photographié ci-contre en représentant les conventions des schémas normalisés	
Activité 3 : *le courant a-t-il un sens ?* But de l'activité : Le but de cette activité est de faire comprendre que le courant a un sens que certains dipôles ne fonctionnent pas de la même façon selon le sens dans lequel on les branche, que le sens est imposé par la pile. Cela justifie la représentation du courant par une flèche **Bilan 2.3** **Exercice 2.2 :** On a établi expérimentalement que le moteur tournait dans le sens 1 1orsqu'on construit le montage correspondant au schéma ci-contre. Prédis le sens de rotation du moteur dans montages correspondant aux schémas suivants.	- sens de rotation d'un moteur - sens du courant - représentation du sens du courant par une flèche dessinée sur le schéma - dipôle polarisé
Activité 2.4 : *un autre dipôle : la diode* **Information donnée au début de l'activité :** la diode est un autre dipôle polarisé dont on va étudier le fonctionnement. Il existe différents types de diode : - La DEL (Diode Electro Luminescente) est celle qui sert souvent de voyant lumineux sur les appareils électroménagers. Il existe aussi des DEL dites diodes haute luminosité qui équipent parfois les lampes de poche, les lampes frontales, les éclairages de vélo. On les représente de la même façon. - La diode classique qui, elle, n'émet pas de lumière But de l'activité : Le but de cette activité est d'introduire un autre dipôle polarisé, la diode, présenté comme un dipôle fonctionnant en tout ou rien. **Bilan2.4** **Exercice 2.3 :** **1.** Fais le schéma d'un circuit qui comporte une pile, une diode, une lampe et un interrupteur qui permet au courant de circuler et donc à la lampe de briller **2.** Il y trois façons d'empêcher le courant de circuler avec ces dipôles dans un même circuit. Représente les trois schémas pour lesquels le courant ne peut pas circuler.	- la diode est un dipôle polarisé - présentation des différents types de diode : La DEL et la diode classique - comment fonctionne une diode - représentation d'une diode - représentation d'une DEL
Chapitre 3 : quelques effets du courant électrique	
Activité 3.1 : *les lampes brillent-elles toutes autant ?*	- Les générateurs mettent en circulation un courant

But de l'activité : Une des conceptions des élèves est de penser qu'une pile met toujours en circulation le même courant, indépendamment du circuit qu'elle alimente. On utilise différentes lampes et différentes piles (ou générateurs). On montre que les lampes ne brillent pas toutes de la même façon. Dans certains cas, une lampe brille beaucoup et la lampe chauffe. Cela montre que le courant mis en circulation dépend à la fois de la pile et de la lampe. **Bilan 3.1**	électrique suivant le dipôle branché à leurs bornes. Pour certaines lampes, la pile chauffe et donc risque de se détériorer - notion d'adaptation pile – lampe :
Activité 3.2 : *que se passe-t-il pour une pile quand on relie ses bornes par un fil de connexion ?* But de l'activité : Le but de cette activité est d'informer les élèves des dangers liés au court-circuit du générateur : il y a échauffement pour la pile et risque de détérioration. Cette activité sera aussi l'occasion d'expliquer le fonctionnement de la lampe (fil de fer qui chauffe et brille). **Exercice 3.1 :** Christian met une pile dans sa poche que risque-t-il de se produire s'il met dans sa poche : un mouchoir, des dès, des pièces de monnaie, une barre de céréales. **Bilan 3.2**	- le court-circuit (définition) - conséquence du court-circuit de la pile (échauffement et courant intense)
Activité 3.3 : *ce qu'il se passe dans le fil de connexion quand la pile est en court-circuit.* But de l'activité : Cette activité a pour but de confirmer qu'un courant intense est mis en circulation par une pile court-circuitée. Après avoir permis d'expliquer l'échauffement de la pile, l'intensité du courant permet d'expliquer celui du fil. Cet effet du courant permettra d'étudier le fonctionnement des lampes à filament et d'évoquer les conséquences d'un court-circuit à la maison. **Bilan3.3**	- lorsque la pile est court-circuitée (les deux bornes sont reliées par un fil), le courant mis en circulation est très intense.
Exercice 3.2 :(*en classe d'abord)* Décris ce qui peut se passer lors d'un court-circuit sur l'installation électrique à la maison. Pour cela, aide-toi des documents à ta disposition et de ce qui a été dit précédemment.	
Exercice 3.3 : *la lampe à incandescence*	
Exercice 3.4 : *les accidents dus à l'électricité*	
Chapitre 4 : les associations de dipôles	
Définition : Un circuit série est constitué de dipôles tous reliés les uns à la suite des autres **Activité 4.1 :** *le circuit-série* But de l'activité : Cette activité a pour but de faire découvrir aux élèves que le courant est le même dans un circuit série et que ce courant dépend des dipôles constituant le circuit. Le recours à l'analogie du supermarché permet de faire des prévisions et de fournir une explication. **Bilan 4.1**	- Un circuit série est constitué de dipôles tous reliés les uns à la suite des autres - le courant est le même dans un circuit en série - le courant est plus faible dans le cas de plusieurs lampes montées en série que dans le cas d'une seule lampe

	- le courant débité par une pile dépend du circuit qu'elle alimente.
Activité 4.2 : *on dévisse une lampe* But de l'activité : Cette activité vise à lutter contre la conception du raisonnement séquentiel encore très présente chez les élèves au collège et au lycée. On s'intéresse à la lampe car à la différence des autres dipôles, on peut ouvrir le circuit sans être obligé de déconnecter un fil.	- Si on dévisse une des deux lampes du circuit série, aucune des deux ne fonctionne. -Lorsqu'une lampe est dévissée dans un circuit série, le circuit est ouvert : le plot de la lampe n'est pas relié au reste du circuit.
Activité 4.3 : *on inverse la position des lampes* But de l'activité : Cette activité vise à lutter contre la conception circulatoire avec épuisement du courant. On veut faire constater aux élèves que l'ordre des dipôles n'est pas important. **Bilan4.2**	- le courant est le même dans tout le circuit série. - le courant dépend des dipôles qui constituent le circuit, mais il ne dépend pas de leur ordre.
Exercice 4.1 : Pour chacun des montages schématisés ci-dessous, prévois si les lampes brillent ou si les moteurs tournent.	
Activité 4.4 : *Faire briller deux lampes* But de l'activité : Dans cette activité il s'agit d'introduire les circuits en dérivation. **Bilan4.3**	- le circuit en dérivation : un circuit comportant plusieurs boucles - le nœud - branche principale - branches dérivées
Activité 4.5 : Mise en court-circuit d'un dipôle autre que la pile. **But de l'activité :** Il s'agit de permettre aux élèves de comprendre que n'importe quel dipôle peut être mis en court-circuit. Quand cela concerne un dipôle autre que le générateur, cela n'endommage ni le récepteur, ni le générateur (sauf si ce court-circuit provoque un court-circuit du générateur, mais on veillera à éviter cette association).	- Le court-circuit d'un dipôle autre que le générateur et ses effets : cela n'endommage ni le récepteur, ni le générateur
Exercice 4.2 : *repérer un court-circuit sur des dessins et des schémas* But de l'exercice : Il s'agit de permettre aux élèves de repérer un court-circuit, soit sur un montage déjà existant, soit à partir d'un schéma. Cette activité pourra leur servir comme support de vérification d'un montage, avant de le réaliser afin d'éviter un court-circuit.	- repérer un court-circuit sur des dessins et des schémas
Exercice 4.3 1- si tu faisais le montage correspondant au schéma ci-contre, la DEL et la lampe brillent-elles toutes les deux ? 2- Propose deux solutions pour modifier la façon dont la DEL et la lampe fonctionnent.	

Tableau 1: chapitres, activités et exercices de la séquence d'enseignement

La séquence est présentée sous forme de quatre chapitres dans desquels les savoir-faire et notions suivantes sont introduites :

Comment faire briller une lampe avec une pile, le courant électrique, le circuit électrique, l'analogie des camionnettes, l'interrupteur, isolant et conducteur, la schématisation, les dipôles polarisés (le moteur, la diode), la notion d'adaptation pile-lampe, le court-circuit de la pile, les circuits en série, les circuits en dérivations, le court-circuit d'un dipôle autre que le générateur.

Nous remarquons d'après le tableau comment la notion de courant électrique introduite dès le début de la séquence dans le premier bilan, sera construite et développée avec l'avancement de la séquence. En effet, suite à l'introduction de l'élément de savoir comment faire briller une lampe avec une pile, la notion de courant électrique a été initialement introduite comme suit : « La lampe brille car elle est traversée par un courant électrique mis en circulation (ou généré) par un générateur ».

Ensuite avec l'introduction de la notion de circuit électrique par le bilan1.2, la notion de courant électrique sera plus détaillée. En fait le bilan 1.2 commence par une description du montage et une introduction d'une causalité entre la boucle fermée et la lampe qui brille : « Dans le montage que tu viens de réaliser, pour que la lampe brille, il faut que la pile, les différents fils et la lampe forment une boucle fermée ». Ensuite ce bilan nomme 'la boucle fermée' (expression générique) : circuit électrique fermé : « En physique, on appelle le montage ainsi réalisé un circuit électrique fermé ». Puis il introduit la définition du circuit électrique : « Un circuit électrique est un ensemble de dipôles reliés les uns aux autres et comportant au moins un générateur ». A la fin il introduit le courant comme un « quelque chose qui circule sans donner de rôle particulier à la pile : Un courant circule dans ce circuit fermé : dans la pile, dans les fils et dans la lampe.

Puis avec l'introduction de l'interrupteur et son rôle dans le circuit, les conditions de circulation du courant seront plus détaillées : « le courant circule lorsque le circuit est fermé. Il ne circule pas lorsque le circuit est ouvert ».

Après, suite à l'introduction des schémas normalisés et des dipôles polarisés (moteurs, diodes) on introduit le sens du courant et comment le représenter sur un schéma.

Avec l'introduction de la notion d'adaptation entre pile et ampoule on introduit l'idée que le courant dépend du dipôle alimenté : « Les générateurs mettent en circulation un courant électrique suivant le dipôle branché à leurs bornes. »

Ensuite, en introduisant la notion de court-circuit de la pile et ses conséquences on parle de l'intensité du courant : « lorsque la pile est court-circuitée (les deux bornes sont reliées par un fil), le courant mis en circulation est très intense ».
Avec la notion de circuit série on introduit les caractéristiques du courant dans ce type de circuit : « le courant est le même dans un circuit en série, le courant est plus faible dans le cas de plusieurs lampes montées en série que dans le cas d'une seule lampe, le courant débité par une pile dépend du circuit qu'elle alimente, le courant dépend des dipôles qui constituent le circuit, mais il ne dépend pas de leur ordre ».
Donc nous pouvons dire que les notions de circuit et celle de courant électrique constituent une sorte de lien entre les différentes notions introduites.

Une autre caractéristique de cette séquence est l'intégration de l'analogie des camionnettes qui est introduite au cours du premier chapitre. Cette analogie aide les élèves à concevoir le fonctionnement du circuit électrique dans son ensemble et non seulement le rôle de chaque élément isolé. Dans plusieurs activités on demande aux élèves d'utiliser l'analogie pour prévoir des réponses ou comprendre le fonctionnement d'un objet électrique comme par exemple le rôle de l'interrupteur dans le circuit (activité 1.3) ou les conséquences d'une pile court-circuitée (activité 3.2).
Ainsi suite à cette séquence, il est prévu que l'élève aura acquis des connaissances de base sur les principaux objets électriques et leur rôle dans le circuit ainsi qu'une vue sur le fonctionnement d'un circuit électrique comme un ensemble.

Dans la figure suivante (Figure 1) nous présentons un schéma qui traduit le fonctionnement du savoir et les liens qui sont supposés être construits dans son introduction.

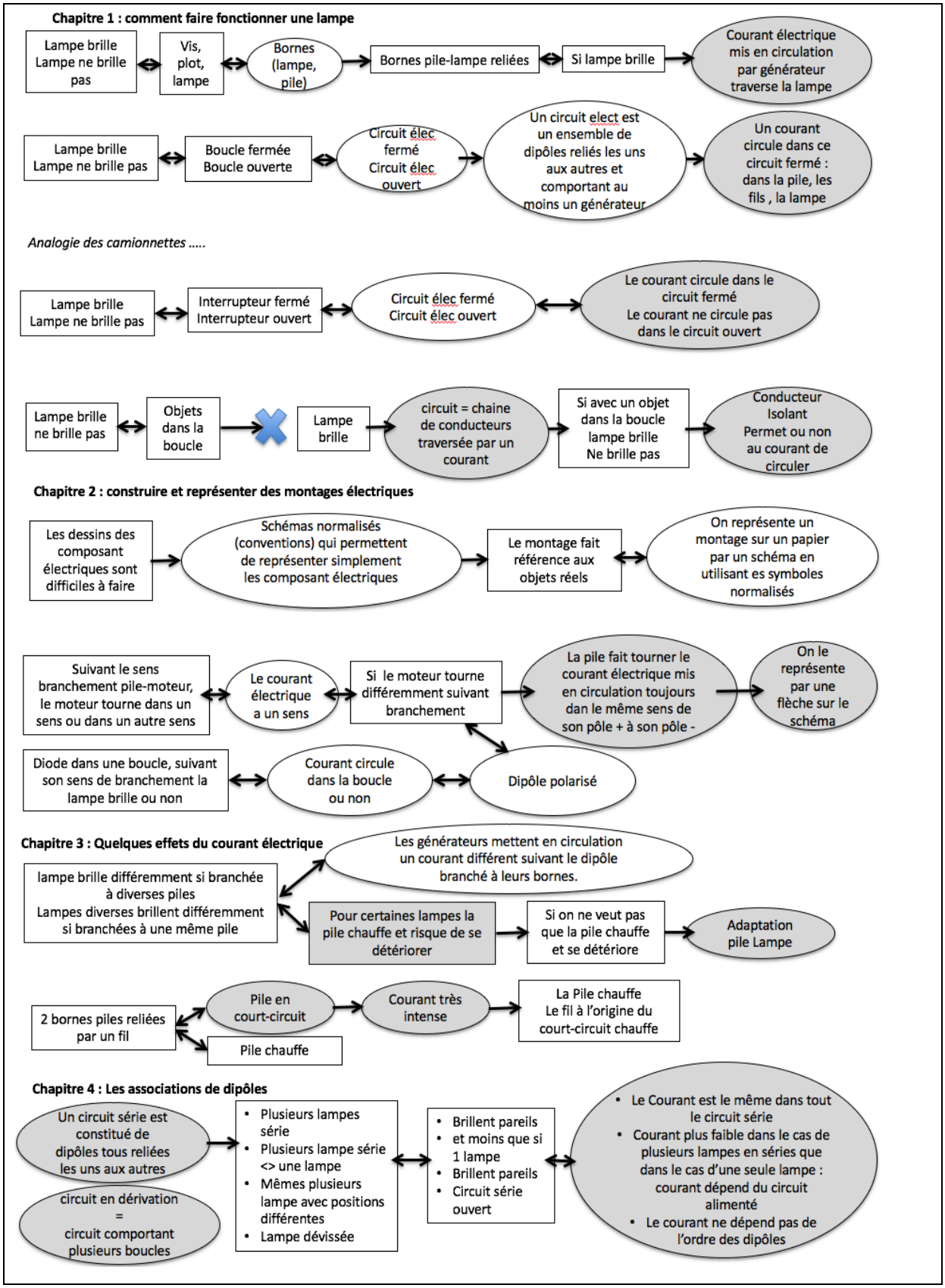

Figure 1: schéma du fonctionnement du savoir prévu dans la séquence
Les rectangles correspondent à des objets/ évènements observables ou des relations entre eux
Les ellipses correspondent à des catégories d'objets ou concepts ou des relations entre eux
Le texte grisé correspond à une proposition imposée par le professeur

Le schéma ci-dessus montre comment les notions de courant électrique et de circuit électrique mis en circulation par une pile et ses caractéristiques selon l'état du circuit ainsi que la notion de circuit électrique fermé ou ouvert (selon que la lampe brille ou non) sont en jeu dans la séquence.
L'analyse de ce schéma montre deux types principaux de fonctionnement pour construire du nouveau savoir :
- observations/manipulations puis descriptions en termes d'objets et de faits observés (lampe brille ou pas très souvent) puis en termes de « catégorie d'objets » puis une généralisation des relations entre le montage et les effets observés. La majorité des liens étant entre un rectangle et une ellipse.
- dans les autres cas il y a observation puis description des faits observés puis un élément conceptuel est donné pour interpréter l'observation (forme grisée).

4. Données recueillies

Nos données recueillies sont constituées principalement des enregistrements vidéo. Ce type d'enregistrement permet d'obtenir au mieux le déroulement temporel des actions des acteurs filmés. Le champ de la caméra étant limité, les films ne rendent que partiellement l'activité des acteurs, mais ils sont néanmoins le moyen le plus adapté pour l'étude des pratiques in situ. Nous avons également deux autres types de données : la séquence conçue par le groupe Sésames (voir annexe 1) et des copies de cahiers d'élèves.

L'enregistrement vidéographique a été fait avec deux caméras sur pied : une caméra-élève fixée sur un binôme (qui reste immobile) et une caméra-professeur placée au fond de la classe et qui suit le professeur lors de ses déplacements. La caméra du professeur prend dans son champ le tableau et une partie des élèves vus de dos ou de biais. La caméra-élève est centrée sur le binôme filmé, dans de rares cas elle a pris dans son champ d'autres élèves vues de face (cf. Figure 2). Le son du binôme filmé a été enregistré avec deux micros-cravates portés chacun par un élève du binôme, ils sont reliés à la caméra élève. Un micro-cravate est donné au professeur et relié à la caméra du professeur.

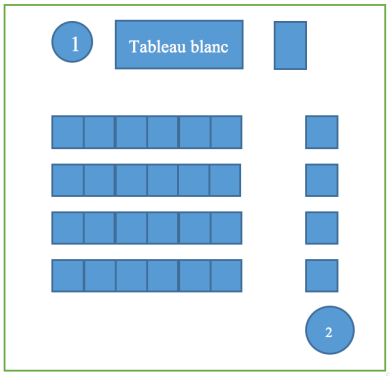

Figure 2: plan de la classe et position des caméras

Le binôme filmé a été choisi par le professeur suite à notre demande d'avoir deux élèves de niveau moyen et qui discutent ensemble. Dans nos analyses nous allons utiliser principalement la caméra du professeur. La caméra élève sera utilisée comme un complément dans le cas où le son n'est pas très clair avec la caméra du professeur ou pour une autre vue de la classe. Ces données peuvent être utilisées ultérieurement pour mener des analyses plus fines concernant l'apprentissage des élèves. Après l'enregistrement des séances dans la classe, les bandes sont numérisées et compressées.

Le tableau ci-dessous (Tableau 2) montre l'ensemble des séances filmées, les dates d'enregistrement ainsi que la durée de chaque séance. La première séance avec le professeur remplaçant (séance 7) n'a pas été filmée comme cela a été signalé ci-dessus. Le professeur nous a dit que, pendant cette séance, il a fait des rappels. Les enregistrements ont été interrompus entre la 9ème et la 10ème séance pour une durée de cinq semaines environ parce que le professeur remplaçant a fait une séquence de chimie pendant ce temps.

Professeur	Numéro de la séance	Date de la séance	Durée d'enregistrement
P1	1	23-11-2006	51 :08
P1	2	30-11-2006	55 :53
P1	3	14-12-2006	57 :07
P1	4	19-12-2006	21 :10
P1	5	21-12-2006	57 :03
Vacances de Noel			
P1	6	11-01-2007	42 :44
P2	7	26-01-2007	non filmé
P2	8	30-01-2007	47 :56
P2	9	01-02-2007	52 :10
Séquence de chimie			
P2	10	08-03-2007	50 :41
P2	11	13-03-2007	52 :10
P2	12	15-03-2007	52 :08
P2	13	22-03-2007	45 :46
P2	14	27-03-2007	49 :44
P2	15	29-03-2007	47 :39

Vacances de Pâques			
P2	16	19-04-2007	non filmé
P2	17	24-04-2007	50 :08
P2	18	26-04-2007	46 :19

Tableau 2: ensemble des séances enregistrées pour les deux professeurs

Les différences des durées d'enregistrement entre les séances, sont dues au fait que parfois les élèves prennent un peu de temps au début de la séance pour s'installer et à la fin de la séance pour ranger leurs affaires. Cela peut venir aussi du fait que parfois on démarre la caméra avec un peu de retard pour des raisons d'installation du matériel. Dans de rares cas le professeur prend deux ou trois minutes de plus pour finir. Cependant quelques écarts importants sont à noter : Le début de la séance 1 (7 minutes environ) a été consacré à la chimie avant de commencer la séquence de physique partie électricité. La séance 4 a été filmée jusqu'à 21min car la suite de la séance a été consacrée à un contrôle. La séance 6 a été filmée jusqu'à 42 min car la suite de la séance a été consacrée à la correction du contrôle. La séance 7 est la première séance avec le professeur remplaçant qui ne nous a pas avertis pour venir filmer. La séance 16 a été consacrée à la réalisation d'un test et nous n'avons pas filmé cette séance.

Autre que nos données vidéo, deux autres données sont importantes : La séquence d'enseignement construite par le groupe Sésames et les cahiers des élèves.

Rappelons que la séquence d'enseignement contient deux documents pour chaque chapitre, un un document élève comportant les activités et les bilans et un document d'accompagnement pour le professeur. Ces deux documents sont utilisés par les deux professeurs. Le document d'accompagnement du professeur constitue ce que nous appelons plus tard le document du professeur.

Ces cahiers ont été photographiés[2]. Le jour où nous les avons récupérés pour les photographier, le professeur avait 18 cahiers (au lieu de 26). Les autres élèves étaient soit absents, soit ils avaient oublié leur cahier à la maison.

Les cahiers des élèves nous ont particulièrement servi dans nos analyses du travail de l'activité en binômes et du travail des devoirs à la maison (les activités et les devoirs sont faits dans le même cahier).

[2] Les prises de données vidéos et la photocopie des cahiers des élèves ont été faites avec l'aide de Zeinab Badreddine (2009).

B. METHODOLOGIE D'ANALYSE

Nous présentons ci-dessous notre approche méthodologique pour l'analyse des pratiques de classes et comment nous avons reconstruit le savoir enseigné dans la classe pour étudier sa vie, son évolution et sa continuité.

5. Différentes échelles d'analyses

Comme nous l'avons mentionné dans notre cadre théorique (§3) des analyses à différentes échelles de temps et de granularité de savoir sont nécessaires pour avoir une meilleure caractérisation et une meilleure reconstruction du savoir enseigné. Nous avons mené des analyses à trois échelles différentes : microscopique, mésoscopique et macroscopique. Nous détaillons dans les paragraphes suivants les différentes analyses correspondantes aux niveaux mésoscopique et microscopique.

La méthodologie d'analyse au niveau macroscopique sera présentée en même temps que l'analyse elle-même au chapitre suivant (chapitre IV-§1). Elle correspond à notre structuration de la séquence d'enseignement et se nourrit des analyses mésoscopiques présentées ci-dessous.

5.1 Analyse à une échelle mésoscopique

L'analyse au niveau mésoscopique caractérise chaque classe en termes de progression thématique, de phase didactique et d'organisation de classe. Ces trois caractéristiques nous informent de la mise en scène du savoir dans une classe. Le découpage en thème montre une progression du savoir sur l'axe du temps et ainsi caractérise la classe en termes de chronogenèse. Les découpages en phase didactique et en organisation de classe peuvent refléter des caractéristiques de la classe en termes de topogenèse (position des acteurs par rapport au savoir) et de contrat.

5.1.1 Analyse en thèmes

Pour une première analyse du savoir enseigné nous procédons par une analyse thématique qui permet de structurer ce savoir par son contenu. L'analyse en thème (Tiberghien et al. 2007, Tiberghien et Buty,2007) nous permet d'obtenir une structure séquentielle de l'avancée du savoir. Cette analyse nous permet de reconstruire le « savoir enseigné » et son évolution à l'échelle mésoscopique :

« En effet, les productions discursives d'une classe (Filliettaz, 2001) peuvent être divisées en unité à des échelles de temps de l'ordre de quelque(s) dizaine(s) de minutes. Ces unités ont une structure, avec des frontières et une cohérence thématique. La plupart du temps, elles incluent une introduction et une conclusion, la majorité des énoncés est reliée au même thème » (Tiberghien et al. 2007, p.108).

Nous appelons ces unités : « thèmes ». Les thèmes sont en général relatifs au savoir mais ils existent des thèmes liés à l'organisation de la classe surtout au début des séances. En général les thèmes se succèdent et recouvrent la totalité de la séance.

Le découpage thématique se fonde sur une analyse du contenu du discours de la classe. Nous avons fait le découpage en thème à partir des vidéos enregistrées. Ce découpage a été affiné par des retours à la transcription pour les séances transcrites. Nous avons fait le choix de découper en thème les parties de la séance qui mettent en jeu du savoir. Les moments qui traitent de l'organisation de la classe surtout en début de séance, ont été mis en évidence par notre découpage en phase didactique (§5.1.3). Au cours des thèmes il y a des moments où le professeur gère le travail des élèves ou fait le silence mais ces moments sont brefs et imbriqués dans la gestion du savoir. Nous avons fait le choix de ne pas isoler ces moments pour ne pas alourdir notre découpage en thème.

Le titre du thème est construit en utilisant des mots ou des expressions qui reflètent le contenu du thème tout en étant fidèle le plus possible à des mots ou des expressions utilisées dans la classe pour refléter au mieux ce qui se passe en pratique.

Au cours de ce découpage, nous avons rencontré des moments où un thème principal est entrecoupé par un autre thème et se poursuit par la suite. Ceci correspond par exemple à des moments où la classe travaille sur la construction d'un nouveau savoir et que le professeur ouvre une parenthèse pour faire un rappel autour d'une autre notion déjà apprise puis revient pour continuer le travail initial. Nous avons choisi de mettre en évidence ces moments par la façon dont nous avons nommé et numéroté nos thèmes (voir plus loin dans ce paragraphe). Ces moments ne se limitent pas à un petit rappel que le professeur fait en posant une ou deux

questions aux élèves. Ils sont de l'ordre de quelques minutes et soulignent une face importante de la construction du savoir dans la classe. En fait, ces moments intercalés lorsqu'ils sont importants correspondent généralement à un des cas suivants :

- Ou bien à un savoir nécessaire à la suite de l'enseignement :
    - Il peut s'agir d'un savoir déjà introduit dans la classe et qui est supposé être connu des élèves alors le professeur en fait un rappel ;
    - Ou il peut s'agir d'un savoir non enseigné mais qui s'avère important et nécessaire pour la compréhension des élèves et alors le professeur décide de l'introduire à ce moment-là avant de poursuivre son enseignement ;
- Ou bien à un savoir non nécessaire pour la suite. Et dans ce cas il s'agit d'un moment de divergence du contenu de l'enseignement.

Dans tous les cas il est fort intéressant de pouvoir repérer facilement ces moments tout au long de la séquence pour mieux comprendre la vie du savoir dans la classe.

L'analyse en thèmes nous permet une étude de la chronologie, une meilleure visualisation des éléments de savoir introduits au cours de la séquence et une vue d'ensemble de l'avancée du savoir.

Nous détaillons dans ce qui suit comment nous avons procédé techniquement au découpage en thèmes et comment nous avons fait le choix de numéroter les thèmes.
Comme nous venons de l'expliquer dans le paragraphe précédent, nous avons fait notre découpage en thème à partir des données vidéo. Le début et la fin des thèmes ont été délimités à un moment précis mais il se peut que le début d'un nouveau thème et la fin du précédent se recouvrent. Dans ces cas, nous avons fait le choix de découper au moment où le contenu a été plus proche du thème suivant que du précédent ; cette précision à la seconde n'est donc pas significative.
A chaque thème sont affectés un titre et un numéro. Nous avons fait le choix de numéroter les thèmes en utilisant deux digits de la façon suivante : 'X.Y' ; X étant le numéro de la séance dans lequel le thème se trouve et Y étant le numéro du thème dans cette séance. Ainsi le deuxième thème de la séance 6 sera numéroté 'thème 6.2'. Ce système de numérotage, nous permet de mieux repérer les thèmes dans toute la séquence et de ne pas avoir deux thèmes ayant le même numéro. Pour mettre en évidence les thèmes intercalés, nous avons fait le choix de

numéroter les deux parties du thème principal en (X.Y) (a) et (X.Y) (b) entre lesquels un autre thème (X. (Y+1)) aura lieu. Ainsi, si par exemple, le professeur introduit une nouvelle notion correspondant au thème 9.6 entre la minute 10 et la minute 25 et qu'au cours de ce thème il fait un rappel d'une autre notion qui correspond à un autre thème entre la minute 15 et la minute 20, notre découpage en thème sera de la façon suivante :

Thème 9.6 (a) : de 10 mn à 15 mn : introduction de nouvelle notion

Thème 9.7 : de 15 mn à 20 mn : rappel d'une autre notion

Thème 9.6 (b) : de 20 mn à 25 mn : reprise de l'introduction de la nouvelle notion.

Ce système de numérotage nous permet de repérer facilement les thèmes intercalés au cours de la séquence.

Nous allons illustrer notre analyse thématique en prenant comme exemple le thème 2.6 (le thème 6 de la séance S2) : « notion de dipôle ».

Nous avons situé le début de ce thème au cours de l'intervention suivante :

> P : le fait que quand on met le le l'ampoule dans son support on obtient exactement la même chose que quand on tient l'ampoule dans la main (0:34:47) parce que le plot est quand même relié à une autre borne qui nous permet de la relier à la pile et la vis est reliée à la deuxième borne qui nous permet aussi de la relier à la pile mais on va le voir à d'autres dipôles (0:35:00) est-ce que quelqu'un peut me rappeler ce que c'est qu'un dipôle alors j'aimerais bien j'ai déjà posé la question à Julien Thibaut allez y
>
> T : c'est le plus et le moins

Le début de cette intervention fait partie du thème précédent, thème 2.5 « le support de la lampe ». Le professeur a décrit le support de la lampe et sa conception et explique aux élèves comment le fait d'avoir l'ampoule dans son support revient au même que d'avoir l'ampoule toute seule car ses bornes sont liées aux bornes de l'ampoule. A la fin de son explication il leur demande un rappel de la notion de dipôle.

Or le début du thème 2.6 a été déterminé, non seulement par la question du professeur mais aussi par l'intervention de l'élève que le professeur juge comme une incompréhension de ce qui a été introduit la séance passée, la notion de dipôle introduite dans la séance S1 est supposée être comprise et apprise par les élèves.

> P : alors est ce que c'est le plus et le moins forcément un dipôle ? Péroline à votre avis quand on a un dipôle est ce qu'il y a forcément un plus et un moins ? (0 :35 :07)

P : oui
P : oui ? Corentin ?
Co : c'est comme une borne

Suite aux réponses des différents élèves questionnés, le professeur reprend la notion de dipôle et la détaille pour relever l'ambiguïté que les élèves montrent concernant ce qu'est un dipôle.

P : un dipôle c'est un objet électrique qui a deux bornes d'accord et (0 :35 :29) il y a des dipôles qui ont un plus et un moins lequel vous connaissez qui a un plus et un moins ? Oui Corentin ?
Co : la pile
P : la pile très bien c'est très bien (0 :35 :37) donc la pile a un plus et un moins est-ce que la lampe a un plus et un moins Péroline ?
Pe : oui
P : oui ? (0 :35 :45) alors prenez-moi votre lampe votre ampoule et regardez et dites-moi quel est le plus et quel est le moins ? (0 :35 :50)
Pe : il n'y a que le plus non mais non (inaud.)
P : Karina qu'est-ce que vous en pensez ? (0 :36 :01)
K : il n'y en a pas
P : il n'y en a pas (0 :36 :04) ce sont ce qu'on appelle je ne sais plus si c'est dans cette classe qui a été prononcé le mot polarisé d'accord il y a des dipôles où il y a un plus il y a un moins il y a des dipôles où il y a pas de plus ni moins

Dans cet exemple il ne s'agit pas d'un petit rappel d'une notion introduite, mais d'une reprise de la notion qui conduit à l'introduction de nouveaux éléments de savoirs (il y a différents types de dipôles : des dipôles qui ont un plus et un moins et des dipôles qui n'ont pas un plus et un moins). Pour ces raisons nous avons jugé important de mettre en évidence ce discours et de le coder comme un thème séparé. Nos décisions sont prises après une analyse du sens du déroulement du discours en tenant compte du savoir introduit aux cours des séances précédentes. Cet exemple illustre comment les analyses du savoir doivent se faire en considérant la situation ainsi que ce qui a été dit et fait avant et après.

5.1.2 Organisation de la classe

Dans notre analyse, nous avons fait le choix de distinguer l'organisation de la classe aux différents moments de l'enseignement. C'est une organisation sociale qui nous informe du

partage du rythme de travail dans la classe. Cette analyse a été faite à partir des enregistrements vidéo. Nous distinguons trois types d'organisation : L'organisation *Groupe* « GR » qui représente les moments où les élèves travaillent une activité en petits groupes (le plus souvent binôme) et le professeur passe d'un groupe à l'autre pour vérifier le travail de chaque groupe et les aider en cas de difficulté. Dans ce cas s'il y a eu des échanges entre le professeur et les binômes, les échanges restent privés à chaque binôme. L'organisation *Mixte* « M » qui représente les moments où les élèves travaillent en groupes et où le professeur intervient et fait appel à l'attention de la classe entière pour clarifier une ambigüité ou faire un rappel nécessaire à la suite de l'activité. L'organisation *Classe Entière* « CE » qui représente les moments où tous les élèves sont impliqués comme par exemple lors des moments de mises en commun, d'exposés du professeur ou les moments de corrections des activités ou du devoir. Dans ce cas les productions écrites, orales ou gestuelles sont rendues publiques à toute la classe. Cette analyse a été faite pour toute la séquence et elle est représentée dans le tableau récapitulatif que nous avons construit pour chaque séance (voir Chapitre IV-§1).

5.1.3 Découpage en phases didactiques

Le découpage en phases didactiques relève de l'organisation fonctionnelle de la classe. Ce type d'analyse a été fait par différents chercheurs qui ont travaillé sur les pratiques de classe (Hiebert et al. 2003, Roth et al. 2006, Fischer et al. 2005).

Les catégories de phases didactiques que nous avons choisies sont liées à la nature de la séquence construite et au contrat établi dans la classe. Le découpage a été fait à partir des données vidéo. Nous présentons ci-dessous une description de chacune de ces phases :

- Gestion du travail de la classe : en général en début de la séance. Il s'agit des moments où le professeur prend le nom des absents, vérifie si les élèves ont fait leur devoir ou distribue des tests corrigés. Du point de vue du discours, il n'y a pas d'énoncées portant sur le savoir au cours de cette phase.
- Introduction de l'activité : généralement de courte durée, le professeur distribue l'activité et le matériel nécessaire, il lit le texte de l'activité en classe entière et explique en gros ce que les élèves doivent faire.
- Travail de l'activité : cette phase correspond au moment de travail de l'activité en binômes. Le professeur se déplace entre les élèves, répond à leur question et gère leur avancement.

- Mise en commun / Correction de l'activité (du devoir) : en général elle suit le travail de l'activité. C'est une phase de mise en commun qui se fait en classe entière où le professeur tranche les bonnes réponses par des discussions avec les élèves.
- Bilan : en général, suite à la phase de correction, un bilan (correspondant à l'activité travaillée) est projeté (ou dicté) et les élèves le copient sur leurs cahiers. Le professeur lit le bilan et l'explique. Il s'agit d'une institutionnalisation du savoir.
- Rappel : cette phase correspond aux moments où le professer fait des rappels de notions apprises. Parfois cette phase se situe en début de la séance comme un test de la compréhension des élèves de ce qu'ils ont appris la séance passée.
- Exposé : il correspond aux moments où le professeur introduit de nouveaux savoirs hors de la phase de l'activité (travail et correction) ou du bilan

A partir de ces analyses nous avons ainsi construit un tableau 'récapitulatif' regroupant le maximum d'information sur le déroulement et le contenu des séances. Ce tableau est très important car il nous a donné une vue d'ensemble de la séquence ainsi qu'une première vue du développement du savoir. Une présentation de la façon dont ce tableau a été construit est détaillée dans le chapitre suivant (voir Chapitre IV-§1), le tableau complet est donné dans l'Annexe 3 de la thèse.

5.2 Analyse à l'échelle microscopique

Avant de présenter nos analyses à l'échelle microscopique (analyse en facettes), nous précisons notre choix des parties à analyser ainsi que les codes de transcription des séances choisies.

5.2.1 Choix des parties à analyser

Vu le grand nombre de données vidéo récoltées, nous avons choisi quelques séances pour nos analyses approfondies. Les analyses microscopiques que nous avons choisies sont coûteuses en temps et l'analyse de la totalité de la séquence n'était pas possible.
Pour le professeur titulaire P1 nous avons choisi d'analyser les trois premières séances pour avoir le tout début de la séquence et le premier contact des élèves avec les nouvelles notions de la partie « électricité ».

Pour le professeur remplaçant P2, nous n'avons pas choisi les trois premières séances de sa séquence car nous n'avons pas pu filmer la première séance de sa rencontre avec les élèves. Alors il nous a paru intéressant de choisir trois séances consécutives qui coïncident avec le début d'un nouveau chapitre. C'était le cas pour les séances S10, S11 et S12. La séance S10 commence avec l'introduction de la première activité du chapitre 3 : « *Quelques effets du courant électrique* ».
Donc nous avons choisi d'analyser à l'échelle microscopique les séances S1, S2 et S3 pour le professeur titulaire P1 et les séances S10, S11 et S12 pour le professeur remplaçant P2.

5.2.2 Transcription des séances choisies

Du fait des méthodes d'analyse choisies, en particulier en facettes, la transcription des séances analysées était nécessaire. Donc nous avons transcrit les productions verbales des six séances choisies pour les analyses approfondies.

Nous n'avons pas suivi de normes déjà fixées mais nous avons fait le choix de transcrire d'une façon simplifiée et adaptée à nos objectifs. Dans nos transcriptions nous désignons les interlocuteurs par la première lettre de leur prénom, le professeur par la lettre 'P', un élève non connu par 'EL', et si plusieurs élèves parlent en même temps nous mettons 'Els'. Nous revenons à la ligne lorsqu'un nouvel interlocuteur prend la parole. Nous décrivons entre parenthèse des gestes que nous considérons importants pour la compréhension de ce qui se passe dans la classe, comme par exemple si le professeur projette le bilan ou note quelque chose au tableau. Nous avons écrit en MAJUSCULES, les mots ou les phrases qui sont dites (généralement de la part du professeur) avec une insistance vocale.

Nous avons fait les transcriptions en utilisant le logiciel de traitement de données vidéo 'Transana'. Ce logiciel nous permet de transcrire la vidéo en la visionnant et d'insérer des repères temps au cours de la transcription, ce qui nous permet plus tard de revenir à un moment précis dans la vidéo si on a besoin de revoir de plus près une interaction dans la classe. Le logiciel Transana a beaucoup plus de caractéristiques et apporte une vraie aide dans le domaine des analyses mais nous ne l'avons utilisé que pour les transcriptions pour la facilité qu'il offre à ajouter les repères temps au cours de la transcription. Après avoir fait la transcription dans Transana, nous avons exporté nos fichiers sous forme de document Word, les repères temps sont aussi exportés sous forme de (h : min : s). Notre exportation en Word ne vient pas de la limite du logiciel Transana mais elle est justifiée par notre travail en facettes. En fait pour nos

analyses en facettes nous avons voulu avoir un codage visuel des différentes facettes sur le document des transcriptions et ceci nous est apparu plus facile à faire sur un document Word (voir §5.2.3).

Dans le document Word nous avons inséré à gauche le numéro des lignes pour une meilleure référence au cours de nos analyses aux différents moments dans la séance. Nous avons fait le choix de découper d'une façon claire, sur la transcription, les thèmes que nous avons codés pour chaque séance et nous avons surligné les productions correspondant aux différentes facettes qu'on a codées dans chaque séance. Cette méthode nous permet de retrouver facilement les facettes dans la transcription et dans chaque thème. Les transcriptions sont données en annexe6 de la thèse.

Voici un extrait de la transcription de la séance 3 (figure 3) :

	THEME 3.1(a) Analogie des camionnettes
1	**P : Donc nous allons tout de suite nous installer et je vais vous poser quelques questions sur la lecture que**
2	**vous avez pu faire de l'analogie des camionnettes et on va discuter ensemble c'était le seul devoir que vous**
3	**aviez à faire en fait donc par contre je vous signale je vous rappelle plutôt que vous êtes sensés de vous taire**
4	**hein? Vous vous asseyez tous vous sortez vos affaires et vous ouvrez vos cahiers côté électricité alors nous**
5	**reprenons donc l'analogie du circuit des camionnettes vous avez donc dû lire et vous êtes capables je vais**
6	**vous poser quelques questions auxquels normalement vous êtes capables de répondre avec ce que vous avez**
7	**lu d'accord ? (0 :01 :17.9) Donc première chose qu'est-ce que c'est quels quels sont les trois éléments**
8	**principaux dans le circuit du circuit des camionnettes des camionnettes ? La première partie il y a quoi quoi**
9	**et quoi ? Oui ?**
10	**M :** une boulangerie
11	**P : Oui**
12	M : un super marché
13	**P : très bien**
14	M : et des camionnettes
15	**P : et des camionnettes excellent Margot merci donc trois éléments principaux (0:01:38.1) maintenant je**
16	**vais vous demander et ça je veux que chacun puisse vraiment être bien attentif maintenant à quoi**
17	**correspond chacun de ces éléments dans le circuit électrique ? (0 :01 :47.9) Donc la la boulangerie elle**
18	**correspond à quoi dans un circuit électrique ? Alors je vais demander à Laura à quoi correspond la**
19	**boulangerie dans le circuit électrique on compare cette boulangerie à quoi dans le circuit électrique ? Ben**
20	**vas-y commence**
21	**L :** à la pile
22	**P : à la pile très bien (0 :02 :18.4) que fabrique la boulangerie ? Qu'est-ce que la boulangerie fabrique ?**
23	**Meriem est-ce que vous pouvez me répondre ? La boulangerie elle fabrique quoi ?**
24	**M :** ben ben du pain
25	**P : du pain (0 :02 :29.6) et leee les pains ça représentent quoi dans le circuit électrique ?**
26	**M :** euhhh ben la pile (0:02:39.1)
27	**P :** non pas la pile Karina?
28	**K :** l'énergie
29	**P : l'énergie excellent les pains représentent l'énergie électrique dans la pile de la pile d'accord que va**
30	**produire la pile (0 :02 :50.0)**

Figure 3: extrait de la transcription de la séance 3

5.2.3 Analyses en facettes

L'analyse en facettes correspond à notre analyse microscopique. Cette analyse va nous permettre de repérer les différents éléments de savoir introduits dans la classe et de suivre leur développement. Elle correspond à la décomposition du discours de la classe en « petits éléments » de discours ; les éléments sont un court-énoncé qui met en jeu un élément de savoir. Nous reprenons le terme « facettes » introduit par Minstrell (1992) et repris par Galili et Hazan (2000). Ces auteurs identifient et cataloguent des éléments de savoir ou de raisonnement que les élèves semblent appliquer dans différentes situations. Ces éléments ont la taille d'une phrase simple. Ils utilisent le langage des élèves quand ils justifient leurs réponses, leurs prédictions ou leurs explications. Minstrell utilise les facettes pour essayer d'étudier la compréhension conceptuelle des élèves. Pour lui les facettes expriment les idées ou parties d'idées, les pensées ou les concepts que les élèves utilisent lorsqu'ils sont amenés à prédire ou à expliquer un phénomène physique. Pour Galili et Hazan (2000) les facettes représentent des éléments de savoir ou de raisonnement que les élèves utilisent lorsqu'ils font face à des questions et des problèmes particuliers. "Facets may represent consistently applied explanations manifested in a declarative Knowledge, but not only. They can also express certain strategies, elements of students' characteristic behavior procedural knowledge, when coping with particular questions and problems." (p. S3-S4).

Nous considérons les facettes comme des énoncés relatifs au savoir, elles correspondent à l'utilisation d'une idée, d'un concept ou de plusieurs concepts en relation. Dans nos analyses un énoncé peut correspondre à plusieurs interactions verbales comme dans le cas d'une discussion par exemple. Il est associé à une facette lorsque nous considérons qu'il a le même sens que la facette. Nous ne considérons pas le processus cognitif chez les élèves mais plutôt nous identifions les facettes dans les productions discursives (orales, écrites au tableau ou présentes dans un support comme le bilan) du professeur ou des élèves dans la classe. Notre but est de rester le plus proche du savoir enseigné et de suivre son développement à travers les séances. Les facettes représentent une sorte de repères pour le développement du savoir et mettent en évidence la multiplicité des petits éléments de savoirs.

Nous avons choisi ce type d'analyse en termes de facettes car les facettes ont un grand intérêt méthodologique. Différemment aux idées et aux pensées, les facettes sont proches des observables qui permettent d'identifier les éléments de savoir mis en jeu dans la classe. Ceci nous permet une analyse didactique et une reconstruction du savoir enseigné.

Le découpage en facettes est fait à partir des transcriptions avec des allers retours aux vidéos pour mieux comprendre le contexte et identifier les facettes en jeu. Le découpage en facettes est un travail délicat et demande une bonne connaissance de la séance et de son contenu car une même facette peut être énoncée de façons différentes (exemple dans l'extrait ci-dessous).
Nous avons regroupé les facettes d'un même ensemble de savoir, dans des groupes notionnels. A chaque notion correspondent plusieurs facettes différentes. Une analyse a priori des activités et surtout des bilans nous a permis de construire a priori des facettes. Nous avons reformulé cette facette a priori et complété la liste au fur et à mesure des analyses. Nous avons ainsi construit un catalogue des facettes. Nous nous sommes limités aux éléments de savoir du savoir enseigné. Ainsi, nous n'avons pas pris de facettes correspondant aux conceptions des élèves sur les courants électriques

Voici ce catalogue construit par nos analyses des 6 séances choisies :

Groupe Notionnel	**Facettes**
1. Faire briller une lampe avec une pile	1.1 pour faire briller la lampe on ne choisit pas la couleur des fils de connexions
	1.2. pour faire briller la lampe on peut ne pas utiliser les fils de connexion
	1.3. pour faire briller la lampe il faut relier ses bornes aux bornes de la pile
	1.4. pour que la lampe brille il faut avoir une boucle fermée / si la boucle est ouverte la lampe ne brille pas
2. Le circuit électrique	2.1. un circuit électrique est un ensemble de dipôles reliés les uns aux autres (boucle fermée) et comportant au moins un générateur
	2.2. dans un circuit électrique fermé un courant circule dans la pile, les fils et les dipôles
	2.3. dans les fils et les conducteurs des petites particules /porteurs de charge transportent l'énergie
	2.4. dans un circuit électrique il peut y avoir plusieurs générateurs
	2.5. les dipôles dans un circuit électrique peuvent être polarisés ou non
	2.6. dans la lampe il y a quelques dizaines de milliampères
	2.7. lorsque le circuit est ouvert la pile ne met en circulation aucun courant
	2.8. entre les deux limites (courant intense de court-circuit / aucun courant) toute situation est possible
Savoir sur la sécurité dans la classe	2.9. dans un montage s'il y a des étincelles c'est qu'on fait quelque chose qu'il ne faut pas, il faut tout débrancher et arrêter
	2.10. dans un montage électrique il n'y a jamais un dipôle sur un autre
3. Fils électriques	3.1 dans les fils et les conducteurs, des petites particules sont déjà présentes
	3.2 dans les fils électriques il y a du cuivre
4. le courant électrique	4.1. pour interpréter le fait que la lampe brille les physiciens disent qu'elle est traversée par un courant électrique
	4.2. le courant est mis en circulation par la pile
	4.3. le courant est quelque chose qui circule
	4.4. le courant mis en circulation on ne le voit pas et on ne le sent pas-
	4.5. le courant est marqué en A comme ampère
5. La lampe	5.1. La lampe a deux bornes
	5.2. la vis est la partie (borne) dorée autour de l'ampoule
	5.3. le plot est la partie métallique inférieure de la lampe
	5.4 les bornes de la lampe permettent de la relier à la pile et à d'autres dipôles

	5.5 la lampe n'a pas de plus ni de moins
	5.6 deux lampes sont différentes si elles ont des inscriptions différentes
6. Le support de la lampe	6.1. le support en bois dans le matériel s'appelle un support de la lampe
	6.2. il y a un fil qui part de chaque côté du support de la lampe
	6.3. la lampe est formée par l'ampoule et le support de la lampe/ l'ampoule et le support sont les deux parties de la lampe
	6.4. quand l'ampoule est dans son support ses bornes (vis/plot) sont reliées aux bornes de la lampe
	6.5. le support a deux parties métalliques
	6.6. avoir l'ampoule dans son support (la lampe) revient au même qu'avoir l'ampoule toute seule
7. Notion de borne	7.1. les bornes sont les parties métalliques de l'appareil électrique
	7.2. il y a des bornes plus et des bornes moins
	7.3. en physique les bornes plus et moins sont appelées des pôles
	7.4. en physique on ne s'intéresse pas à la forme de la borne, elle dépend de l'appareil
	7.5. on peut relier deux bornes en les mettant en contact l'une avec l'autre
	7.6. on peut relier deux bornes par l'intermédiaire d'un fil électrique
8. Les dipôles	8.1. un dipôle est un objet électrique qui a deux pôles
	8.2. il y a des dipôles qui ont un plus et un moins
	8.3. il y a des dipôles où il n'y a pas de plus et de moins
	8.4. les dipôles qui ont un plus et un moins s'appellent dipôles polarisés
9. Le générateur	9.1. le courant électrique est mis en circulation (ou généré) par un générateur
	9.2. la pile est un générateur
10. La pile	10.1. les deux parties de la pile plate s'appellent les lames
	10.2. la pile a une borne/lame plus et une borne/lame moins
	10.3. la pile fournit de l'énergie
	10.4. si la pile chauffe elle risque de se détériorer
(Savoir lié à la vie de tous les jours)	10.5. si une pile rechargeable est usée il faut la recharger
(Savoir lié à la vie de tous les jours)	10.6. si une pile est usée il faut mieux la mettre dans les collectes de piles
	10.7. dans les piles il peut y avoir des produits chimiques toxiques
11. Le générateur électrique	11.1. un générateur électrique est un générateur qui fonctionne en le branchant au secteur
	11.2. un générateur électrique a un interrupteur marche arrêt qui permet d'allumer et d'éteindre le générateur
	11.3. un générateur électrique a un commutateur de tension qui permet de choisir la tension parmi plusieurs positions de réglages
	11.4. un générateur électrique possède deux bornes plus et moins
12. L'interrupteur	12.1. il y a des formes différentes d'interrupteur :
	12.2. quand on actionne l'interrupteur il y a deux lamelles qui touchent deux languettes
	12.3. quand l'interrupteur est fermé, il laisse passer le courant
	12.4. Un interrupteur permet de fermer ou d'ouvrir le circuit électrique
(Savoir lié à la vie de tous les jours)	12.5. Dans la vie de tous les jours, les mots « ouvert » et « fermé » sont employés avec un sens parfois différent de celui qu'ils ont en électricité
13. Fusible	13.1. l'élément conducteur du fusible est le filament en son milieu
	13.2. quand l'intensité du courant est élevée le filament du fusible se détruit
	13.3. quand l'intensité du courant est élevée le filament du fusible chauffe
	13.4. quand le filament chauffe il se détruit
	13.5. quand le filament se détruit le circuit est coupé
	13.6. le fusible protège les appareils électriques quand le courant est trop intense
	13.7. dans les fusibles on utilise le plomb
(Savoir lié à la vie de tous les jours)	13.8. on choisit les fusibles en fonction de l'utilisation que l'on veut faire
(Savoir lié à la vie de tous les jours)	13.9. on achète les fusibles en fonction du courant on choisit les fusibles en fonction de l'ampérage
	13.10. le fusible va servir comme un interrupteur automatique

(Savoir lié à la vie de tous les jours)	13.11. quand le fusible se casse il faut le changer
14. La diode	14.1. La DEL est la diode électroluminescente
15. Le moteur	15.1. Le moteur de la voiture tourne et joue à la fois le rôle d'une pile
16. Adaptation pile/lampe	16.1. Deux lampes différentes liées successivement à une même pile ne brillent pas autant
	16.2. une même lampe liée successivement à deux piles différentes ne brille pas autant à chaque fois
	16.3. entre deux lampes différentes la lampe qui a les indications les plus proches de la pile brille plus
	16.4. les générateurs mettent en circulation un courant électrique suivant le dipôle branché à leurs bornes
	16.5. si on ne veut pas que la pile chauffe et risque de se détériorer si la lampe n'est pas adaptée à la pile
	16.6. la lampe la plus adaptée à la pile est la lampe qui a les indications les plus proches
	16.7. si les indications de la lampe sont identiques à celle de la pile, la lampe brille normalement
	16.8. la pile chauffe et risque de se détériorer si la différence entre les indications de la pile et de la lampe est grande
17. Le court-circuit	17.1. en reliant les deux bornes de la pile par un fil de connexion elle se décharge
	17.2. en reliant les deux bornes de la pile par un fil de connexion elle chauffe
	17.3. un court-circuit est la modélisation d'une situation matérielle bornes reliées par un fil de connexion ou un objet métallique
	17.4. lorsque la pile est en court-circuit il peut y avoir des dangers dans certaines situations
	17.5. lorsque la pile est court-circuitée le courant mis en circulation est très intense
	17.6. ce n'est parce qu'on a un voltage qui est faible qu'on a un courant qui est faible ça peut être le contraire
	17.7. si on relie les bornes d'une batterie de voiture par un fil fin, le fil va fondre
18. Effet du court-circuit dans le circuit électrique	18.1. si on maintient les bornes de la pile reliées par un fil de connexion une dizaine de minute, on retire les fils et on branche une lampe aux bornes de la pile, la lampe ne brille pas car la pile est déchargée
	18.2. si on maintient une pile court-circuitée pour un moment, dans le cas particulier où la pile peut encore fournir un courant mais qui est faible la lampe brille faiblement
	18.3. lorsque la lampe est court-circuitée le courant circule dans le fil utilisé pour le court-circuit
	18.4. court-circuiter la lampe c'est comme si on n'avait pas de lampe dans le circuit
19. Isolant et conducteur	19.1. l'eau est un isolant
	19.2. L'eau salée est conductrice
	19.3. on peut rendre l'eau plus conductrice en mélangeant l'eau et le sel
	19.4. l'eau est légèrement conductrice
	19.5. un corps mouillé est beaucoup plus conducteur qu'un corps sec
20. Analogie du circuit des camionnettes	20.1. l'analogie des camionnettes est une comparaison entre le circuit électrique et un circuit de camionnettes qui va nous aider à mieux comprendre ce qui se passe dans le circuit électrique
21. Fonctionnement du circuit des camionnettes	21.1. chaque boulangerie charge toujours le même nombre de pains dans chaque camionnette
	21.2. toutes les camionnettes avancent à la même vitesse
	21.3. les camionnettes livrent les pains au supermarché
	21.4. au supermarché les pains sont vendus aux clients
	21.5. après la livraison chaque camionnette retourne à vide à la boulangerie pour un nouveau chargement
	21.6. -la file des camionnettes est mise en mouvement par la boulangerie
	21.7. sur la route les camionnettes sont déjà présentes
	21.8. la boulangerie fournit les pains

	21.9. toutes les camionnettes se mettent en mouvement en même temps et forment un courant
	21.10. les trois éléments principaux dans le circuit des camionnettes sont la boulangerie, le supermarché et les camionnettes
	21.11. les camionnettes n'ont pas/pas besoin/ de moteur / essence pour avancer
	21.12. quand le feu est rouge les camionnettes s'arrêtent
	21.13. quand le pont levis est ouvert les camionnettes ne peuvent pas passer
	21.14. si on enlève le pain les camionnettes vont s'arrêter car elles n'ont rien à livrer
	21.15. quand la boulangerie ne peut plus fabriquer de pain, les voitures ne tournent plus
	21.16. s'il y a moins de pains, les camionnettes vont aller moins vite : dans l'analogie des camionnettes, les camionnettes vont aller moins vite car il y a moins de pains
22. Correspondance entre les éléments des deux circuits le circuit des camionnettes et le circuit électrique	22.1. la pile correspond à la boulangerie
	22.2. le supermarché correspond à la lampe/ objet électrique
Correspondance fonctionnement	22.3. 'la file des camionnettes est mise en mouvement par la boulangerie' est comparé à 'le courant est mis en circulation par la pile'
	22.4. le courant électrique correspond à la file des camionnettes :
	22.5. les porteurs de charges sont comparés aux camionnettes
Elève Correspondance fonctionnement	22.6. la boulangerie dit aux camionnettes vous pouvez y aller / il faut pas y aller comme le feu rouge / vert
Correspondance fonctionnement	22.7. 'la boulangerie fournit les pains' est comparé au fait que la pile fournit de l'énergie
	22.8. la route est comparée aux fils et conducteurs
Correspondance fonctionnement	22.9. 'sur la route les camionnettes sont déjà présentes' est comparé à 'dans les fils et les conducteurs des petites particules sont déjà présentes'
	22.10. les pains sont comparés à l'énergie
Correspondance fonctionnement	22.11. 'les camionnettes transportent les pains' est comparé à 'les particules transportent l'énergie '
Correspondance fonctionnement	22.12. ' le pain est livré au supermarché' est comparé à 'l'énergie est fournie à la lampe'
Correspondance fonctionnement	22.13. 'le supermarché distribue les pains' est comparé à 'la lampe brille'
	22.14. l'équivalent de l'interrupteur n'est pas le moteur des camionnettes
	22.15. l'équivalent de l'interrupteur est un feu rouge
	22.16. l'équivalent de l'interrupteur est un pont levis
	22.17. une pile déchargée est une boulangerie qui ne fabrique plus de pains
	22.18. dans l'analogie des camionnettes dans le cas d'une pile qui n'est pas complètement déchargée, les camionnettes vont aller moins vite
23. Mélange des deux circuits	23.1. il y a des camionnettes déjà dans les fils
	23.2. quand la pile dit vous pouvez y aller, toutes les camionnettes se mettent à bouger
	23.3. les camionnettes sont mises en circulation par la pile
	23.4. la seule énergie qui circule est le pain
	23.5. quand le pont levis est ouvert le courant ne peut pas circuler
24. Comparaison analogie et vie quotidienne	24.1. ce qui se passe dans le circuit des camionnettes ressemble à ce qui se passe chez nous dans la vie quotidienne
	24.2. dans la vie quotidienne les voitures ne sont pas en permanence sur la route comme dans le circuit des camionnettes
	24.3. les ponts levis sont des ponts qui se lèvent pour laisser passer les bateaux (2)
	24.4. quand le pont levis se ferme ses deux parties se rejoignent
	24.5. l'énergie consommée par les moteurs est l'essence/ gasoil
	24.6. quand le pont levis est baissé les bateaux ne peuvent pas passer

25. Autres	25.1. W c'est watt c'est la puissance
	25.2. V c'est volt
	25.3. entre milliampère et ampère il y a un rapport de mille
Savoir sur la sécurité dans la vie quotidienne	25.4. c'est très important d'avoir des protections pour les installations électriques
	25.5. prédire ça veut dire prévoir, deviner

Tableau 3: catalogue des facettes construits à partir des séances analysées

Dans nos analyses nous avons différencié les facettes produites par le professeur, celles produites par les élèves et celles co-produites par le professeur et les élèves.

Nous avons codé une facette produite par le professeur si elle a été énoncée par le professeur tout seul comme par exemple au cours de son explication ou de la correction d'un devoir ou d'une institutionnalisation. Et nous avons codé une facette produite par l'élève si l'énoncé correspondant a été produit par l'élève tout seul comme par exemple lors de la correction d'un devoir, ou en réponse à un rappel ou à une question du professeur. Et nous avons codé une facette co-produite par le professeur et les élèves si par exemple le professeur aide l'élève à énoncer ou à construire un élément de savoir en le dirigeant par des questions ou par des débuts de phrase donc lorsque l'élève n'y parvient pas tout seul.

Nous illustrons notre analyse de facettes par l'exemple ci-dessous extrait de la séance S11 :

	Transcription	Facettes correspondantes
1	P : quelqu'un peut me rappeler qu'est-ce qu'on entend par circuit	
2	électrique ? (0 :14 :50.2)	
3	El : un générateur (0 :14 :56.9)	F (E) : f 2.1: « *un circuit*
4	P : ça suffit pour faire un circuit électrique un générateur ?	*électrique est un ensemble*
5	El : non [inaud.] (0 :15 :27.6)	*de dipôles reliées par des*
6	P : très bien le calme deux minutes de perdues vas-y reprends	*fils électriques et*
7	El : moi	*comportant au moins un*
8	P : oui (0 :15 :38.6)	*générateur* ».
9	El : ben pour faire un circuit électrique il faut il faut une pile euh une	
10	lampe des circuits électriques et ben et un générateur (0 :15 :50.2)	
11	P : qu'est ce tu entends tu as dit des circuits électriques ?	
12	El : des fils des fils électriques (0 :15 :56.7)	
13	P : des ? des fils électriques autrement dit d'une manière générale un	
14	circuit électrique c'est quoi il est composé par quoi il est formé par quoi ?	
15	(0 :16 :05.2) oui vas-y tu veux dire quelque chose oui ?	
16	El : moi ?	
17	P : oui	
18	El : non	
19	P : non je vais te demander de regarder le tableau là et faire travailler les	
20	oreilles (0 :16 :14.1)	
21	El : j'ai rien pour faire les exercices	
22	P : comment ?	
23	El : j'ai rien pour faire l'exercice	
24	El (autre élève) : il a pas l'activité	
25	P : pourquoi tu n'étais pas là ?	
26	El : mais il a pas ses affaires	
27	P : ah je vais t'en donner mais par contre je vais te demander encore pour	
28	la deuxième fois de regarder là-bas voilà faire travailler tes oreilles que	
29	les oreilles pas les yeux (0 :16 :34.4)	
30	P : un circuit électrique c'est ? c'est un ensemble de	
31	El : dipôle	F (P+E) : f2.1 « *un circuit*
32	P : dipôle il peut y avoir plusieurs hein alors comment on peut préciser les	*électrique est un ensemble*
33	choses (0 :16 :51.4) (à un EL) trois remarques attention hein tu vas me	*de dipôles reliées par des*
34	donner ton carnet puisque j'ai l'impression que tu cherches une petite	*fils électriques et*
35	heure si t'as rien à faire mercredi moi je peux t'inviter hein (0 :17 :01.8) (à	*comportant au moins un*
36	la classe) Alors c'est un ensemble de dipôles ensuite on a quoi ? Des	*générateur* ».
37	précisions (0 :17 :09.6)	
38	El : polarisé	
39	P : de dipôles ah ils peuvent être polarisés ou pas de dipôles d'une	F(P) : f 2.5 *« les dipôles*
40	manière générale	*dans un circuit électrique*
41	El : [inaud.]	*peuvent être polarisés ou*
42	P : qui sont reliés comment	*non »*
43	El : par des fils	
44	P : par des fils électriques et dans ce circuit qu'est-ce qu'on doit avoir	
45	obligatoirement ? (0 :17 :27.4)	
46	El : et ben une pile (0 :17 :28.8)	
47	P : hein ? Un générateur une pile au moins un il peut y avoir plusieurs	F (P) : f 2.4 *: « dans un*
48	(0 :17 :35.8) voilà quelqu'un peut un peu redire ce que je viens de dire ?	*circuit électrique il peut y*
49	(0 :17 :42.2) question posée à ceux qui sont bien concentrés pas les autres	*avoir plusieurs*
50	et comme il y en a très peu c'est très bien vas-y (0 :17 :48.3)	*générateur »*
51	El : un circuit électrique c'est des des dipôles	
52	P : reliés entre eux par des	F (P+E) : f 2.1: « *un circuit*
53	El : par des fils	*électrique est un ensemble*
54	P : oui de connexion et dans lequel il y a	*de dipôles reliées par des*
55	EL : un courant	*fils électriques et*
56	P : au moins un GENERATEUR très bien (0 :18 :20.3)	*comportant au moins un*
57	P: allez-vous avez besoin d'un petit rappel [….]	*générateur* ».
58		

Tableau 4: extrait de la transcription séance 11

Dans cet exemple nous avons codé cinq facettes. Le professeur commence par demander un rappel de la définition du circuit électrique et donne la responsabilité par rapport à ce savoir aux élèves. En fait, ce savoir a été introduit au cours de la séance S2 et il est supposé être appris par les élèves. Et d'après le contrat établi dans la classe, les élèves en sont responsables vis-à-vis du professeur. Mais vu la réponse de l'élève (TDP2 : c'est le générateur), le professeur change de question. Il leur demande si un générateur suffit pour faire un circuit électrique (TDP3) ce qui revient à citer les différents éléments du circuit électrique. La responsabilité par rapport au savoir est alors du côté des élèves. Les élèves acceptent la responsabilité et donnent une réponse (TDP8, 9, 10, 11, 12, 13). Donc les échanges entre le professeur et les élèves des tours de paroles TDP3 à TDP13se résument par l'énoncé suivant : « *pour faire un circuit électrique il faut une lampe, des fils électriques, un générateur* ». Cet énoncé correspond à une facette produite par les élèves, la facette f2.1 : « *un circuit électrique est un ensemble de dipôles reliées par des fils électriques et comportant au moins un générateur* ». Cette facette fait partie des groupes notionnels « le circuit électrique ».

Ensuite le professeur reprend au TDP31 sa question principale en relançant le rappel de la définition d'un circuit électrique mais cette fois en acceptant de partager la responsabilité par rapport au savoir attendu avec les élèves. Il commence le début de la phrase (c'est un ensemble) et attend que les élèves continuent la suite. Il continue à aider les élèves (TDP31, TDP43, TDP45) jusqu'à l'énonciation de la phrase complète. Les tours de paroles TDP 31 au TDP 48 correspondent alors à une facette coproduite par le professeur et les élèves f2.1 : « *un circuit électrique est un ensemble de dipôles reliés par des fils électriques et comportant au moins un générateur* ». Cette facette correspond à la définition d'un circuit électrique et fait partie du groupe notionnel circuit électrique.

En fait, les deux échanges correspondent à la même facette f2.1, car nous avons jugé qu'ils ont le même sens (considérant les éléments du savoir enseigné dans la séquence). Cet exemple montre comment l'analyse en facettes nécessite une bonne compréhension du discours, de la situation et de ce qui est déjà introduit pour pouvoir juger les facettes.

Au cours des échanges entre le professeur et les élèves pour se rappeler de la définition d'un circuit électrique une autre facette est codée au tour de parole TDP 39-41. C'est une facette professeur f2.5 « *les dipôles dans un circuit électrique peuvent être polarisés ou non* ». Cette facette fait aussi partie du groupe notionnel « le circuit électrique ».

Au TDP 48, il y a une facette professeur f2.4 : « dans un circuit électrique il peut y avoir plusieurs générateurs ». Elle appartient au groupe notionnel « le circuit électrique ».

A la fin le professeur demande aux élèves de 'redire ce qui vient d'être dit (la définition du circuit électrique). Alors, dans le discours du TDP (49-57), on retrouve la même facette f2.1 (définition d'un circuit électrique) coproduite une deuxième fois par le professeur et les élèves.

5.3 Analyse en jeux d'apprentissage

L'analyse en jeu est une analyse des transactions du savoir dans la classe (entre le professeur et les élèves), nous avons aussi inclus dans les jeux, les transactions relatives à la gestion de la classe.

Comme nous l'avons présenté dans notre cadre théorique, un changement de jeu correspond à un changement d'enjeu, de règle ou de milieu. Ainsi, dans notre analyse nous avons considéré un nouveau jeu chaque fois qu'il y a un changement de focalisation d'un objet de savoir à l'autre, ou chaque fois qu'il y a changement du milieu par introduction d'un nouveau élément (un nouveau élément de savoir ou un nouveau matériel) qui conduit à un changement des règles du jeu. Ainsi avec tout changement de thème qui correspond à un changement d'enjeu de savoir, il y a un changement de jeu, mais il peut y avoir plusieurs jeux au cours d'un même thème. Ceci correspond par exemple à un changement des règles au sein d'un même thème ou à l'évolution du milieu.

L'analyse des jeux nécessite une bonne compréhension de la séance, de la situation et du discours ainsi qu'une prise en compte de ce que qui s'est passé et de ce qui a été introduit précédemment. De ce fait, notre analyse a été faite à partir des transcriptions avec des allers retours aux données vidéo pour être le plus proche de ce qui se passe réellement dans la classe. « La pertinence du modèle du jeu suppose que les entités que l'on identifie dans la pratique rendent adéquatement compte de la dynamique téléologique et de la structuration même de cette pratique. Il ne s'agit pas seulement de déclarer que je vois telle pratique comme un jeu que je décris de telle ou telle manière, il s'agit surtout de s'assurer que ce voir-comme a quelque pertinence, que ce voir comme rencontre la réalité. » (Sensevy 2012, p. 128).

Nous avons analysé en termes de jeu d'apprentissage toutes les phases de travail *en classe entière*. Au cours de ces phases les discussions entre le professeur et les élèves sont publiques et sont capturées par nos enregistrements vidéo (du moins la très grande majorité). Donc nous avons pu suivre ce qui se passe en réalité et reconstruire à quoi jouent le professeur et les élèves à chaque moment.

Par contre, lors du travail en binôme, nous avons considéré le jeu inféré par les questions de l'activité, donc en d'autres mots, ce que les élèves sont supposés être en train de travailler.
En effet, vu le nombre de binômes (13 binômes) dans la classe et la différence dans leur avancement, il était impossible de représenter les jeux d'apprentissage auxquels ils jouent en réalité. De plus, nous n'avons pas accès aux discussions entre les binômes au moment du travail en groupe à part les brefs moments de discussion entre le professeur et les binômes qui lui posent des questions. Ces moments étant capturés par la vidéo de la caméra professeur. Cependant, lorsque cela a été possible, nous avons utilisé ces bouts de discussions ainsi que les productions écrites des élèves sur leurs cahiers (que nous avons photographiés) pour inférer certains des jeux d'apprentissage qu'ils ont joués au moment de travail en binômes.
A chaque jeu, nous avons donné un numéro et un intitulé. Le numéro du jeu est formé de deux digits, le numéro de la séance et le numéro du jeu dans la séance. Ainsi le deuxième jeu de la séance S3 est le jeu '3.2'. Cette notation permet de visualiser le développement chronologique du savoir.
L'intitulé du jeu est donné en référence à l'action de l'élève. Ainsi si le jeu consiste à un rappel que le professeur initie dans la classe, son intitulé sera 'se rappeler de'.
Nous avons regroupé la liste des jeux dans un tableau affichant le numéro du jeu, son intitulé, le temps de début, le temps de fin et sa durée. Ce tableau est donné dans le chapitre 4 « structuration de la séquence et analyse en termes de jeux » ainsi qu'une analyse détaillée des jeux de la première séance. Dans le chapitre 5, nous détaillons l'analyse de certains jeux (des autres séances) que nous avons jugés importants pour nos buts de recherche.

6. Etude de la vie du savoir et de sa continuité du point de vue méthodologique

Notre méthodologie comporte des analyses à différentes échelles nécessaires pour l'étude du savoir. Comme nous venons de le montrer dans les paragraphes ci-dessus, nos analyses thématiques et notre analyse en phases didactiques nous ont aidés principalement à avoir une vue d'ensemble ainsi que de l'évolution du savoir dans la séquence. Nos analyses en facettes se situent à l'échelle microscopique de l'ordre d'une phrase, celle en jeux à l'échelle

mésoscopique rend compte de la dynamique qui accompagne la transaction du savoir. Nous présentons dans ce paragraphe comment nous allons croiser ces différentes analyses afin de répondre à nos questions de recherche pour étudier la vie du savoir et sa continuité.

Dans un premier temps, nous regardons comment les pratiques de classes affectent la vie du savoir, son évolution et sa continuité. Pour cette étude nous nous basons principalement sur notre analyse en jeux qui traduit la dynamique qui accompagne la vie du savoir dans la classe. Nous regroupons dans un tableau les jeux d'apprentissage des séances analysées. Une étude de ce tableau va nous permettre de surligner certains jeux liés à des cas particuliers affectant la vie du savoir. Un de ces cas particuliers est par exemple le glissement de jeu qui est assez intéressant du point de vue de la continuité du savoir. Nous analysons alors les jeux que nous jugeons intéressants du point de vue de notre but, pour étudier leurs effets sur les savoirs en jeu. Cette étude sera nourrie, complétée et interprétée dans certains cas par notre analyse en facettes plus informative sur les éléments de savoir en jeu.

Dans un deuxième temps, nous allons étudier la continuité du savoir dans le sens des liens qui existent entre les différents éléments de savoir à différents moments de l'enseignement et en particulier comment les éléments de savoir sont liés à travers la séance et la séquence, par quel type de continuité ce lien est exprimé. Notre analyse en facettes croisée avec notre découpage en phases didactiques répond à ce but. Les facettes reflètent les différents éléments de savoir en jeu dans la classe et les phases didactiques permettent une référence des moments où ces éléments de savoir sont en jeu. Notre choix des phases didactiques comme référence pour cette analyse vient de la nature de la séquence qu'on étudie et la façon dont elle a été construite. Une explication plus détaillée sera présentée dans le chapitre VI. Nous différencions pour chaque phase didactique les nouvelles facettes des facettes réutilisées et nous cherchons le lien entre les facettes des différentes phases. Cette analyse va nous permettre d'étudier quelle continuité (ou non) les facettes introduites au cours de chaque phase présentent avec les phases et/ou les séances précédentes. Elle sera complétée et interprétée par nos analyses en jeux d'apprentissage dans certains cas où nous avons eu besoin d'un autre point de vue de la situation.

Dans le chapitre suivant nous présenterons une structuration de la séquence enseignée en phases didactiques, thèmes et organisation de la classe, ainsi que nos analyses en termes de jeux d'apprentissage selon la méthodologie présentée dans ce chapitre.

CHAPITRE IV

STRUCTURATION DE LA SEQUENCE ET ANALYSE EN TERMES DE JEUX

Dans ce chapitre, nous présentons dans un premier temps une structuration de la séquence analysée que nous avons construite à partir d'un découpage en thème, associé à un découpage en phase didactique et en organisation de classe. Cette structuration donne une vue d'ensemble de la séquence nécessaire pour nos questions de recherches.

Pour faire nos analyses plus approfondies en lien avec la TACD et pour comprendre la façon dont le savoir vit dans la classe, nous avons pris une approche en termes de jeux. Cette approche rend compte, à la fois, de la situation de la classe et des actions du professeur et des élèves. Nous présentons dans un deuxième temps, comment nous avons effectué notre analyse en jeux en détaillant l'analyse de la première séance de la séquence avant de donner un tableau récapitulatif de l'ensemble des jeux dans les séances analysées.

Notre structuration et nos analyses en jeux vont, ensembles, nous permettre de mieux comprendre le fonctionnement de la classe (du point de vue du savoir) pour aller plus loin dans nos analyses au cours des chapitres suivants.

1. Vue d'ensemble de la séquence, première structuration

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté la séquence prévue par les concepteurs suivant sa structure en chapitres, activités, exercices et bilans. Pour appréhender l'enseignement de cette séquence en classe, nous avons construit une vue d'ensemble de la séquence sous la forme d'un tableau récapitulatif.

Nous avons procédé à un découpage du point de vue de l'évolution du savoir en termes de thèmes en y associant une courte narration de ce qui s'est passé dans la classe du point de vue du savoir. Nous avons également structuré chacun des thèmes suivant les phases didactiques et l'organisation de classe comme nous l'avons présenté dans le chapitre méthodologie (§5.1.1, §5.1.2 et §5.1.3).

Nous avons ensuite récapitulé l'ensemble de cette analyse dans un tableau donné en annexe 3. Nous présentons ci-dessous une description de la construction du tableau ainsi qu'un extrait (Tableau 5).

Le tableau récapitulatif comprend huit colonnes :

- La première colonne 'séance' comporte le numéro de la séance, sa date et la notation P1 si la séance est enseignée par le professeur principal ; ou la notation P2 si la séance est enseignée par le professeur remplaçant ;
- La deuxième colonne donne la phase didactique ;
- La troisième colonne correspond à l'analyse thématique, elle comporte le numéro et le nom du thème ;
- La quatrième colonne donne le temps du début d'un nouveau thème ou d'une nouvelle phase didactique, il est affiché en (mn: ss) ;
- La cinquième colonne donne le temps de fin du thème ou de la phase didactique, il est affiché en (mn: ss) ;

- La sixième colonne correspond à la durée du thème ou à la durée de la phase didactique, elle est affichée (en mn: ss) ;
- La septième colonne est destinée à la description de la situation au cours du plus petit découpage de la phase ou du thème. Elle a été faite à partir des enregistrements vidéo. Dans cette colonne nous notons les actions les plus pertinentes du professeur et des élèves : c'est une sorte de synopsis de ce qui se passe dans la classe aux moments correspondants. Pour les thèmes les plus larges qui sont de l'ordre de dizaines de minutes ou plus, nous avons ajouté le repère temps des actions les plus importantes pour avoir une idée plus claire du déroulement de la séance. Nous avons clarifié dans cette colonne le nom du chapitre lorsque le professeur commence un nouveau chapitre ainsi que le nom et le numéro de l'activité que les élèves travaillent ou lorsqu'il y a correction de l'activité. Dans certains cas nous avons inclus des photos de la vidéo pour avoir une référence visuelle et nous aider à mieux comprendre ce qui se passe dans la classe ;
- La huitième colonne est destinée à l'organisation de la classe. Nous avons fait la différence entre les moments de travail en classe entière (CE), les moments de travail en groupes (GR) et les moments de travail mixte (Mixte).

En largueur, nous avons découpé le tableau à chaque changement de thème et/ou de phase didactique. Ceci peut être par exemple, dans le cas où les élèves travaillent une activité en binômes et que par la suite ils passent à la correction de l'activité en classe entière. Le thème sera le même lors de la réalisation de l'activité et de la correction de l'activité mais la phase didactique change de travail en petit groupe à mise en commun / correction, et l'organisation de la classe change et passe de Groupe (GR) à Classe entière(CE).

Donc comme nous l'avons précisé ce tableau nous donne une vue d'ensemble du fonctionnement de la séquence et nous permet une première reconstruction du contenu du savoir enseigné. Il nous renforce dans les choix des parties à analyser en plus approfondie (surtout notre analyse thématique et la dernière colonne de description) présentés dans le chapitre précédent. Rappelons que le choix a été fait pour les séances S1, S2 et S3 pour le professeur P1 et les séances S10, S11 et S12 du professeur P2.

Nous ne présentons ici qu'un extrait de ce tableau, nous avons choisi la séance 3 (voir l'ensemble du tableau dans l'annexe 3) :

Séance	*Phase*	*Thème*	*Début*	*Fin*	*Durée*	*Description*	*Org Classe*
Séance 3 (P1) 14/12/2006	Rappel	Thème 3.1(a) : Analogie des camionnettes	1:09	6:18	5:09	Le professeur teste la connaissance des élèves concernant l'analogie des camionnettes.	1 :09 **CE**
	Introduction de l'activité 1.3	Thème 3.2(a) : L'interrupteur	6:18	7:03	0:45	Le professeur introduit le titre de l'activité 1.3 : 'le rôle de l'interrupteur', il désigne l'interrupteur de la lampe de la classe comme exemple d'interrupteur.	
	Rappel	Thème 3.1(b) : Analogie des camionnettes	7:03	7:54	0:51	Le professeur reprend l'analogie car il a oublié de faire le rappel de la notion de courant électrique et de son équivalent dans le circuit des camionnettes.	
	Travail de l'activité 1.3	Thème 3.2(b) : L'interrupteur	7:54	32:03	24:09	Les élèves travaillent l'activité 1.3 : 'le rôle de l'interrupteur' qui consiste à allumer et éteindre la lampe en utilisant l'interrupteur et le matériel en disposition, et à dire que se passe-t-il quand on actionne l'interrupteur, et d'essayer de trouver son équivalent dans le circuit des camionnettes. Le professeur envoie deux élèves pour noter leur réponse au tableau.	7 :54 **GR**
	Mise en commun / Correction de l'activité 1.3		32:03	34:48	2:45	Le professeur demande aux élèves d'observer l'intérieur de l'interrupteur pour comprendre ce qui se passe quand on l'actionne (dans l'interrupteur et dans le circuit électrique)	32:02 **CE**
		Thème 3.3 : Equivalent de l'interrupteur dans le circuit des camionnettes	34:48	43:00	8:12	Le professeur corrige les réponses des élèves au tableau et les discute. Ensuite il propose une autre réponse 'le pont levis', il l'explique et la discute avec les élèves puis la note au tableau.	
	Bilan	Thème 3.4 : Notion de circuit électrique ouvert /fermé	43:00	54:09	11:09	Le professeur projette le bilan 1.3 sur le tableau ainsi que le titre du chapitre 2 : 'Construire et représenter des montages électriques'. Les élèves copient sur leur cahier.	
	Gestion du travail de la classe		54:09	57:07	2:58	Le professeur explique aux élèves ce qu'ils ont à réviser pour le contrôle qu'ils auront la prochaine fois.	

Tableau 5 : partie du tableau récapitulatif : la séance 3

Le tableau récapitulatif nous montre que les deux professeurs ont suivi en grande partie la séquence construite et l'ordre d'introduction des chapitres, leurs noms et leurs numéros ainsi que ceux des activités et des bilans. Soulignons que la séquence n'a pas été faite en totalité : la plupart des exercices (ex 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 2.3, 3.2, 3.3, 3.4, 4.2 et 4.3) ainsi que plusieurs activités (1.4, 4.4 et 4.5), et bilans (bilan 1.5, 2.4, 4.2 et 4.3) n'ont pas été faits dans la classe. L'activité 1.4 introduit la notion d'isolant et conducteur, elle est suivie par le bilan 1.5. L'activité 4.4 permet d'introduire les notions de boucle, branches principale et dérivée et circuit en dérivation. L'activité 4.5 porte sur la mise en court-circuit d'un dipôle autre que la pile, elle est suivie par deux exercices mais ne comporte pas de bilan.

Notons aussi que les professeurs (surtout le professeur P1) ont fait des petites modifications dans les textes de certaines activités et bilans. La séquence (activités, exercices et et bilans) effectivement introduite dans la classe est donnée dans l'annexe 2 de la thèse.

Le tableau nous a permis aussi de mettre en évidence des écarts avec la structure de la séquence prévue par les concepteurs :

- Les premiers écarts concernent des notions introduites dans la classe mais qui ne sont pas présentes dans la séquence. Nous avons repéré ces écarts chez les deux professeurs. C'est le cas des thèmes 2.1 'Comment Volta a eu l'idée de la pile', 2.2 'Composition des piles modernes' et 2.3 'Phénomène d'électrostatique' chez le professeur P1, ainsi que le thème 12.2 'Le fusible ' chez le professeur P2. Ces thèmes correspondent à la correction d'un devoir que les professeurs ont donné à faire à partir du livre. Notons que les notions introduites par ces thèmes ne font pas partie de la séquence ni du programme officiel.
- le deuxième écart a été constaté chez le professeur P2 qui introduit dans la classe un nouveau matériel non prévu dans la séquence ou par le programme officiel : thème 11.3 'Description d'un générateur électrique'.
- un troisième écart chez le professeur P2 concerne l'ordre d'introduction des notions. Il introduit la notion de court-circuit de la lampe au cours du chapitre 3 (thème 12.4 'le court-circuit de la lampe') alors qu'elle n'est prévue que pour plus tard dans la séquence à la fin du chapitre 4. Notons qu'il s'agit de la partie de la séquence qui n'a pas été enseignée (activité 4.4).

2. Analyse en termes de jeux d'apprentissage

Nous présentons dans ce paragraphe nos analyses en termes de jeux d'apprentissage. Nous détaillons l'analyse de la première séance ensuite nous présentons un tableau la liste des jeux des autres séances analysées.

2.1 Analyse en termes de jeux d'apprentissage de la première séance(S1)

Ce paragraphe présente l'analyse d'une séance complète en termes de jeux d'apprentissage. On a choisi d'analyser la première séance (séance S1) de la séquence d'électricité. En effet, cette séquence se situant fin novembre et donc après deux mois d'enseignement, la classe a vraisemblablement pris des « habitudes » et donc lors de la première séance le professeur va spécifier le mode de travail pour le savoir relatif à l'électricité en s'appuyant sur les habitudes prises, soit en les reprenant soit en explicitant la différence. La séance S1 est donc relative à l'introduction de la partie électricité. Dans un premier temps nous décrirons l'ensemble de la séance puis nous détaillerons l'analyse des différents jeux d'apprentissage.

2.1.1 Description générale de la séance

Cette première séance de la séquence électricité est aussi la première séance de physique de l'année scolaire en cours, elle suit une séquence de chimie. Le professeur enseigne la physique et la chimie en alternant les séquences. La séance démarre par la correction, d'un devoir de chimie qui clôture la séquence de chimie avant de passer à la partie physique. Notre analyse porte seulement sur la partie physique qui s'étale sur la majeure partie de la séance (51 minutes sur 58) (voir Tableau 2).

Le professeur présente tout d'abord la séquence sur l'électricité assez rapidement (6 minutes), puis il introduit la première activité (cf. Figure 4) pendant 3 minutes. Les élèves travaillent ensuite en petits groupes (23 minutes) avant une mise en commun et une correction rapide (5

minutes). A la fin le professeur projette le bilan de l'activité (cf. Figure 5) que les élèves copient sur leur cahier (¼ d'heure).

Nous avons fait une analyse de la séance en la découpant en une suite de jeux d'apprentissage comme nous l'avons présentée dans la méthodologie. Le tableau 6 (ci-dessous) résume l'ensemble des jeux de la séance. Dans le paragraphe suivant nous détaillons les analyses pour chacun des jeux présentés dans ce tableau.

Org. classe	**Jeu**	**Début**	**Fin**	**Durée**
	Séance 1			
CE	Jeu 1.1 : prendre connaissance de la nouvelle partie électricité/ copier sur le cahier le titre du premier chapitre projeté par le professeur/ comprendre le nouveau contrat pour la partie physique	07:29	13:28	05:59
CE	Jeu 1.2 : prendre connaissance et coller le texte de l'activité 1.1 : « *faire briller une ampoule avec une pile* »	13:28	16:27	02:59
Travail en binôme	Jeu 1.3 : faire briller une ampoule avec une pile (activité 1.1) ➢ Faites deux dessins qui montrent comment faire briller la lampe avec la pile ➢ Faites l'expérience avec le matériel. Le dessin était-il correct ? ➢ Si non réessayer de faire briller la lampe jusqu'à ce que vous y arriviez. Expliquer alors pourquoi le dessin n'était pas correct	16:27	39:26	22:59
CE	Jeu 1.4 : comprendre comment il faut relier la lampe à la pile	39:26	42:43	03:17
CE	Jeu 1.5 : légender les photos en dessous de l'activité (donner le nom des parties de la lampe, la pile plate et la pile ronde)	42:43	44:16	01:33

CE	Jeu 1.6 : copier et comprendre le texte du bilan 1.1 projeté et expliqué par le professeur ➢ Description des éléments d'un circuit en terme techniques (bornes, pôles, dipôles, générateur) ➢ introduire la notion de courant électrique	44:16	54:09	09:53

Tableau 6: Tableau de découpage en jeux d'apprentissage pour la séance S1

Activité 1.1 : faire briller une ampoule avec une pile

Attention : vous pouvez regarder le matériel sur ta table, mais sans le toucher qu'à partir du c-
a- Faites deux dessins qui montrent comment faire briller l'ampoule :

- *Avec une pile plate*
- *Avec la pile ronde*

Comparez vos idées avec votre voisin et essayer de vous mettre d'accord pour faire un dessin en commun pour chacune des piles.
b- Faites l'expérience avec le matériel dont vous disposez. Le dessin sur lequel vous vous êtes mis d'accord était-il correct ?
c- S'il n'était pas correct, réessayez de faire briller la lampe jusqu'à ce que vous y arriviez.
Expliquer alors pourquoi le dessin n'était pas correct.

Photographies à légender lors du bilan :

Figure 4: Activité 1.1-Chapitre 1 « comment faire fonctionner une lampe»

Bilan 1.1
Pour faire briller une ampoule à l'aide d'une pile plate, il faut utiliser la vis et le plot de l'ampoule et les deux lames de la pile. On doit relier la vis à une lame et le plot à l'autre lame.
La vis et le plot de l'ampoule, les deux lames de la pile sont des parties métalliques qu'on appelle des bornes. Leur forme dépend de l'appareil. Pour que l'ampoule brille, ses deux bornes doivent être reliées aux deux bornes de la pile.
On peut relier deux bornes en les mettant en contact l'une avec l'autre ou par l'intermédiaire d'un fil électrique. En électricité, on ne s'intéresse pas à la forme de la borne et on nomme une borne un pôle. Les appareils qui possèdent deux bornes sont appelés dipôles.
Pour interpréter le fait que la lampe brille les physiciens disent qu'elle est traversée par un courant électrique mis en circulation (ou généré) par un générateur. Dans ce montage, la pile joue le rôle de générateur.
S'il n'y a pas de générateur, aucun courant ne peut circuler.

Figure 5: Bilan de l'activité 1.1

2.1.2 Jeu 1.1 : prendre connaissance de la nouvelle partie électricité/ copier sur le cahier le titre du premier chapitre projeté par le professeur/ comprendre le nouveau contrat pour la partie physique. (Durée 0 :05 :59)

Ce jeu se déroule en classe entière. Il a pour enjeu l'organisation du travail des élèves et non pas un enjeu spécifique de savoir.

Le professeur initie ce jeu lorsqu'il annonce le passage à l'électricité et projette le nom du premier chapitre et de la première partie de ce chapitre. (Les tours de parole TDP sont ceux de la transcription complète de la séance S1donnée en annexe 6)

(TDP1)
P : donc alors nous allons maintenant passer à l'électricité d'accord ?

Dans ce jeu introductif de la séquence, le professeur essaye de mettre en place les règles générales pour la partie physique qui visent principalement à organiser le travail des élèves. Voici les principaux extraits montrant comment le professeur explicite directement des règles d'actions relatives à la façon de travailler et à l'organisation de la classe :

(TDP 5-8) (0 :07 :43.5)
P : c'est bien donc vous retournez votre cahier il me semble que vous faites comme ça en mathématiques
E : non en français
P : en français donc comme en français et on part sur l'électricité maintenant

(TDP 10) (0 :08 :25.6)
P : donc on procède en électricité exactement de la même façon qu'en chimie

(TDP 24) (0 :09 :16.5)
P : donc tout comme en chimie vous mettez Electricité chapitre 1

(TDP 36) (0 :10 :55.6)
P : vous collez comme d'habitude hein le texte de l'activité dessous oui

(TDP 43) (0 :11 :53.4)
P : et vous en distribuez un par binôme d'accord comme comme pour la chimie

Les règles du jeu sont simples, et ne semblent pas nouvelles.

Ce jeu introduit des règles pour l'ensemble de la séquence, de ce fait notre analyse dépasse ce jeu. Nous présentons ici comment ces règles sont reprises ou modifiées, au moins explicitement par le professeur, pendant cette séance.

Au fur et à mesure de la séance d'autres règles s'ajouteront selon les situations (travail en binôme, mise en commun/correction, etc.). Par exemple lors du passage à la phase de correction, le professeur explicite aux élèves qu'il faut ranger le matériel, se taire et faire attention.

> (TDP 508) (0 :39 :26.9)
> P : très bien maintenant nous mettons ensemble ça signifie que vous vous taisez à présent je suis la seule personne qui parle sauf des personnes qui veulent prendre la parole (0 :39 :37.4) donc le matériel retourne dans la cuvette

A partir des données vidéo, nous avons pu inférer d'autres règles implicites qui semble acquises lors de l'enseignement précédent en chimie, comme par exemple au moment du travail en binôme, chaque élève travaille avec l'élève qui est à côté de lui, ils partagent le même matériel, ils discutent ensemble pour donner une même réponse que chacun rédige sur son cahier.

Dans ce jeu il n'y a pas de verbalisation de savoir. Ce jeu relève essentiellement d'une construction d'un système de règles d'actions relatives à l'organisation du travail des élèves pour la séquence de physique. A ce niveau d'enseignement, ce type de règles est particulièrement important pour les élèves qui par exemple demandent souvent au professeur avec quelle couleur écrire le bilan ou si les schémas doivent être faits au crayon papier.

Commentaire sur ce jeu

Comme nous l'avons mentionné, ce jeu est particulier, car il relève de l'organisation du travail de la classe. Nous avons construit ce jeu car il correspond à un moment précis d'une durée de l'échelle de celle des jeux choisie dans notre travail. La question de savoir si ce jeu a été gagné ou non en ce début de séquence n'est pas pertinente. Tout au long de la séquence, des règles vont émerger, d'autres resteront.

2.1.3 Jeu 1.2 : Prendre connaissance et coller le texte de l'activité 1.1 : « *faire briller une ampoule avec une pile* » (durée 0 :02 :59)

Ce jeu se joue en classe entière. Le professeur introduit l'activité 1.1 (cf. Figure 4). Il distribue son texte et demande aux élèves de le coller. Il demande à un élève de lire l'activité en classe entière.

Par la lecture de l'activité les élèves prennent connaissance de son contenu et de ce qui est attendu dans la phase suivante (phase de travail de l'activité en binôme). Le professeur n'explicite pas le savoir traité dans l'activité. Il demande aux élèves de respecter les consignes de l'activité en insistant sur le fait qu'ils ne doivent pas toucher le matériel dans un premier temps. Ils doivent commencer par faire des dessins.

Il continue à construire des règles pour le fonctionnement de la partie électricité en comparaison à ce que les élèves savent déjà et ce qu'ils font d'habitude :

(TDP 84-87) (0 :16 :01.5)
P : Donc c'est une première prise de contact je ne vous demande comme d'habitude hein je ne vous demande pas de travailler les choses justes vous pouvez regarder le matériel mais vous n'êtes pas censés le toucher d'accord pour le moment

Les règles de ce jeu sont simples. Le professeur prépare les élèves à l'activité (il lit l'activité, distribue le matériel, explique les consignes). Les élèves doivent comprendre ce qui est demandé dans l'activité. Ils doivent, dans un premier temps, faire des dessins proposant comment relier une lampe à une pile pour que la lampe brille, ensuite ils essayent avec le matériel pour déduire si leur proposition était valide, sinon ils doivent essayer jusqu'à ce que la lampe brille et donner une explication de la raison pour laquelle leur dessin n'a pas fonctionné.

Au cours du jeu 1.2 le savoir n'est pas traité, il n'y a donc pas de facettes de savoir codées. L'enjeu porte sur l'organisation / explication des différentes étapes à suivre pour la construction du savoir.

Est-ce que ce jeu a été gagné ou pas ?

De la part du professeur la présentation de l'activité a été faite mais on peut se demander si tous les élèves ont compris les consignes de l'activité et ce qu'ils doivent faire.

En fait, plus tard dans la séance, au cours du travail de l'activité, les élèves posent des questions au professeur manifestant une incompréhension de comment faire et comment suivre les consignes de l'activité.

> (TDP 171-180) (0 :21 :01.1)
> (Prof se tourne vers le binôme 7)
> B7 : j'ai pas compris comme comme question (0 :21 :02.4)
> P : alors ils veulent que vous fassiez briller cette ampoule (elle leur montre le matériel devant elles) avec la pile plate
> B7 : on peut essayer avant de dessiner (0 :21 :07.7)
> P : nonnnnnn vous dessinez bien sûr avant d'essayer c'est le principe
> B7 : mais comment si on ne sait pas comment (0 :21 :12.4)
> P : eh ben justement je vous demande d'imaginer comment vous faites donc vous faites des dessins un dessin pour la pile plate et un dessin pour la pile ronde et lorsque vous avez fait le dessin pour la pile plate le dessin pour la pile ronde alors vous essayerez et comme en chimie vous verrez si c'est juste ou si c'est faux d'accord (0 :21 :28.8)

Donc si le fonctionnement de l'activité a été compris par certains il est vraisemblablement qu'il n'a pas été compris par tous les élèves. De ce fait nous pouvons déduire que ce jeu n'a pas été gagné, au moins pas pour toute la classe.

2.1.4 Jeu 1.3 : faire briller une ampoule avec une pile (activité 1.1) (durée 0 :22 :59)

Ce jeu correspond au travail en petits groupes. Son enjeu global est de résoudre l'activité 1.1 et parvenir à faire briller une ampoule avec une pile.

Plus spécifiquement les enjeux de savoir de ce jeu sont :

- faire des dessins proposant comment il faut relier la lampe à la pile

- essayer avec le matériel les dessins proposés

- si la lampe ne brille pas essayer de la faire briller avec le matériel et donner une explication pourquoi le dessin n'était pas correct.

Il y a des règles particulières qui correspondent à ces enjeux. Les élèves doivent faire les dessins au crayon papier, ne pas toucher le matériel avant de faire les dessins, se mettre d'accord avec son binôme sur un même dessin, montrer les dessins au professeur avant de passer à l'expérience.

Ces enjeux de savoir peuvent correspondre à des mini-jeux spécifiques qui se jouent dans la classe. Selon les binômes, certains mini-jeux seront joués d'autres non. Et selon les binômes l'avancement ne sera pas le même. Or comme nous essayons de refléter l'état du système classe, nous avons choisi d'intituler le jeu : 'faire briller une ampoule avec une pile'. Car en fin de compte le but principal de l'activité est de faire briller la lampe. C'est le dénominateur commun à tous les mini-jeux et à tous les élèves à tout moment de ce jeu.

Au cours de ce jeu, le professeur continue d'établir le contrat pour la partie électricité en procédant par comparaison à la chimie. En même temps il veille à ce que les élèves respectent les règles du jeu.

(TDP 147)
P : non je vous demande d'abord de faire le dessin de prévoir d'accord comme en chimie vous vérifiez après si vous avez eu juste ou faux ok ?

(TDP 179)
P : (…) alors vous essayerez et comme en chimie vous verrez si c'est juste ou si c'est faux d'accord (0 :21 :28.8)

(TDP 125-127) (0 :19 :12.3)
P : (à la classe entière) avant d'essayer vous me montrer les dessins que vous avez faits vous devez en faire un pour la pile plate un pour la pile ronde même pour ceux qui n'ont qu'un des deux types de pile

(TDP 182-188) (0 :21 :31.8)
P : (en regardant les dessins sur le cahier) d'accord d'accord donc vous attendez que wil.. vous avez fait ensemble ou pas là puisque là je vois que William il fait absolument pas la même chose ? Donc ça ne serait pas mal de discuter vous voyez William lui il fait les deux au même endroit sur l'ampoule et vous vous faites un côté sur l'ampoule
B10 : [inaud] l'autre ça ne va pas marcher (0 :21 :49.8)
P : donc essayez de vous mettre d'accord

(TDP 268-271)
P : eh ben essayez maintenant ce qu'on vous dit .. alors par contre comme en chimie essayez de ne pas mettre le matériel sur vos cahiers hein (prof enlève le matériel qui est sur le cahier et pousse le cahier)

(TDP 277-278)
P : (*au bin 8*) ah essayez de ne pas mettre le matériel sur vos cahiers essayez de toujours le mettre sur la paillasse en céramique et pas sur du papier

A quoi joue les élèves en réalité ?

Notre description globale du jeu et de ses enjeux correspond à ce qui est attendu d'être joué par les élèves mais à quoi jouent les élèves en réalité ?

Au cours du travail de l'activité, le professeur passe entre les binômes pour vérifier leur travail et leur avancement et répondre à leurs questions.

L'analyse des échanges du professeur avec les élèves montre que tous les binômes jouent à faire briller la lampe. Quelques binômes posent des questions manifestant une non compréhension de ce qu'ils doivent faire. Le fait de faire des dessins avant d'essayer avec le matériel les perturbait surtout s'ils ne savent pas comment relier la lampe à la pile. Le professeur leur explique en comparaison à la chimie où ces règles sont déjà fonctionnelles.

La majorité des élèves joue le jeu en suivant les consignes de faire les dessins avant la manipulation, mais ils rencontrent plusieurs difficultés notamment concernant le matériel. Nous présentons ces difficultés en analysant certains des échanges entre le professeur et les binômes.

- ***Des questionnements sur le nombre ou le type des fils de connexions***

Plusieurs binômes posent des questions concernant le nombre des fils de connexions ou leur nombre, si tous les fils sont identiques vu que leur taille et leur couleur sont différentes.

(TDP 113-118) (0 :18 :37.1)
P : (bin1) alors comment est ce que vous vous débrouillez ?
El : ben en fait le problème c'est pourquoi il y a trois câbles
P : pourquoi il y a trois câbles ! Puisqu'on a eu trois (0 :18 :45.2)
El : et on ne va pas s'en servir que de deux (0 :18 :47.4)
P : ah vous pouvez vous servir d'aucun (0 :18 :48.7) (à la classe entière) vous n'êtes pas obligés de vous servir des fils

(TDP 191-202)
B9 : madame regardez pour la pile plate
P : oui dites moi
B9 : pour faire en fait vous avez dit qu'il n'y a pas besoin de fil vous avez dit tout à l'heure
P : j'ai pas dit vous n'avez pas besoin de fil j'ai dit vous n'êtes pas contraints vous n'êtes pas obligés d'utiliser un fil
B9 : mais pourquoi il y en a trois différents ?...
P : parce que si pour si vous en avez..
B9 : c'est le même ou c'est juste pas la même couleur ?
P : ahh c'est juste pas la même couleur c'est la couleur du plastique qui change à l'intérieur c'est la même chose
B9 : oui
P : d'accord ?

(TDP 228-231) (0 :22 :56)
(Le professeur se dirige vers le binôme 3)
B3 : madame nous on a trois fils c'est normal ?
P : oui c'est normal vous avez trois fils vous êtes pas obligés d'utiliser les trois vous êtes pas obligés d'utiliser un seul fil d'ailleurs (0 :24 :03)

(TDP 387-390) (0 :31 :34)
B4 : madame c'est les mêmes c'est la même chose ou c'est
P : non non c'est la même chose c'est juste la couleur du plastique qui change
B4 : ah parce que c'est plus court ça
P : oui il est plus court il y en a des plus courts des plus longs ça n'a pas d'importance

Suite aux questions des élèves, on voit que le professeur explicite que tous les fils de connexion jouent le même rôle quelle que soit leur taille ou leur couleur mais il reste en réticence concernant le nombre à utiliser en insistant sur le fait que les élèves peuvent utiliser un, deux ou trois fils c'est à eux de voir et de découvrir.

- ***Disfonctionnement du matériel***

Un autre problème que les élèves rencontrent et qui perturbent leurs essais est le fait qu'il y a des piles qui ne fonctionnent pas (complètement déchargées). Des élèves appellent le professeur pour lui dire qu'ils ont essayé de diverses façons mais leur lampe ne brille pas.

(TDP 297-315) (0 :26 :50)
(P se dirige vers le binôme 12)
B12 : madame on a essayé par tous les moyens ça marche pas
P : ah c'est qu'il y a un moyen que vous avez surement pas essayé je vais essayer un petit truc
(*Le professeur prend la pile plate et l'ampoule et tourne le dos pour que le binôme ne voit pas ce qu'elle fait*)
P : parce que si ça marche pas (*P remet la pile sur la table et se dirige vers le binôme 10*) je vais voir si
P : (au bin 10) je peux vous emprunter votre pile une seconde parce que je ne les ai pas toutes vérifiées alors
(*Le professeur tourne le dos et manipule la pile et l'ampoule sans que le binôme voit ce qu'elle fait*) (*Le professeur remet la pile sur la table du binôme 10 et se dirige vers le binôme 12*)
P : ça se trouve on a un problème technique ça se trouve (0 :27 :26)
(*Le professeur reprend la pile du binôme 12 et tourne le dos en manipulant l'ampoule et la pile sans que le binôme puisse voir ce qu'elle fait*)
P : (murmure) bon il me semblait que j'ai essayé pourtant mais bon
P : (*remet l'ampoule à la table du binôme 12 et garde la pile en main*) elle ne fonctionne pas cette pile…
El : ah ouais !

Plusieurs binômes signalent que leurs piles ne fonctionnement pas. Le professeur fait des remarques en classe entière demandant aux élèves de faire passer les piles qui fonctionnent. Il échange lui-même les piles entre les binômes. Ce problème avec les piles n'est pas sans effet sur le travail des élèves et il perturbe le déroulement du jeu. En effet, plusieurs binômes ne parvenant pas à faire briller la lampe accuse le matériel à tort :

(TDP 357-358)
B 9 : madame ça marche pas les lampes (inaud.)
P : ah ben là c'est sûr que si hein !

(TDP 451-455) (0 :34 :42)
B11 : vous avez dit qu'elle marche la pile
P : comment
B11 : (inaud.)
P : donnez-moi (*Le professeur prend la pile*) ça il y a un testeur donc autant l'utiliser (*Le professeur essaye le testeur*) elle fonctionne même très bien

Le binôme 1 suppose que leur pile ne fonctionne pas car la lampe n'a émis qu'une petite lumière :

(TDP 430-437) (0 :33 :53)
P : (à la classe entière) qui n'a pas de pile ronde qui marche ?
(*Le professeur se dirige vers le binôme 1*) (0 :33 :59)
P : (*donne une pile ronde au binôme 1*) elle ne fonctionnait pas la votre ?
E : non elle ne marcheeee
B1 : ben on n'arrivait à faire qu'une petite lumière
P : ah oui oui ça suffit
B1 : ah ouais
P : une petite lumière suffit

Ainsi lorsque l'idée que le matériel peut ne pas être 'bon' apparaît dans la classe, certains élèves ne parvenant pas à faire briller la lampe ne mettent plus leur façon de faire en question mais considèrent que c'est la faute du matériel défectueux. Ceci bien sûr ne les aide pas à avancer pour trouver comment faire briller la lampe et construire comment il faut relier l'ampoule à la pile. De ce fait nous pensons que la distribution de piles déchargées a perturbé l'avancement et le bon déroulement du jeu pour que les élèves procèdent par essai erreur et recommencent jusqu'à réussir.

Etude de la topogenèse

Au cours de ce jeu la responsabilité du savoir est assurée par les élèves. Au cours des échanges le professeur la leur remet en les renvoyant à leurs idées. Il ne leur donne pas de réponses directes sur le savoir, il reste donc réticent. Lorsque des binômes posent des questions directes sur la validité de leur réponse il les renvoie toujours à l'expérience sans trancher.

(TDP 141-145) (0 :19 :59.2)
B11 : est ce que c'est juste si là il y a deux heuu trucs comme ça et on met l'ampoule
P : ouais les lames ouais oui ça peut être tout à fait juste mais en fait vous allez faire le dessin et après vous allez essayer et si ça ne marche pas c'est que c'était pas juste comme en chimie on est dans le même système

Pour certains binômes, il leur explicite la façon de procéder pour trouver la bonne réponse sans la leur donner.

(TDP 367-371) (0 :30 :20)

B11 : madame la pile ronde elle ne marche pas madame

P : alors déjà mettez-vous sur la sur le blanc ça sera plus clair comment vous avez fait pour la pile plate comment vous êtes arrivé

B11 : ben en fait on a pris ça et on a mis un truc là et un truc là et ça a marché

P : d'accord faites-moi le dessin et essayez de réfléchir à partir du dessin qui est juste essayez de réfléchir à ce que vous pouvez faire avec la pile ronde (0 :30 :44)

(TDP 465-478)

P : (*Le professeur prend l'ampoule dans la main*) alors vous pensez qu'il faut mettre les deux bornes ici et deux bornes ici

B12 : et deux bornes ici (montre sur l'ampoule)

P : d'accord donc c'est un peu chaud (Le professeur essaye de mettre l'ampoule sur la lampe) ça marche pas là

P : donc c'est que ce n'est pas ça

B12 : non là dessous je vous ai dit

P : deux bornes là dessous

B12 : oui

P : ça ? est ce que ça fonctionne ? vous pouvez essayer de le faire avec un fil

B12 : tout à l'heure j'avais essayé ça aussi (El montre au professeur)

P : donc là vous êtes sur le noir hein ? vous n'êtes pas sur la partie métallique et ça ne marche pas non plus n'est ce pas ? donc c'est que ce n'est pas la bonne méthode (0 :35 :46)

Est-ce que ce jeu a été gagné ou pas ?

D'après les échanges du professeur et notre visualisation de la vidéo nous pouvons déduire que la plupart des binômes sont parvenus à faire briller la lampe avec au moins un des deux types de piles. Mais les données vidéo ne permettent pas d'affirmer si c'est le cas pour tous les binômes. Par ce fait on ne pas déduire si ce jeu est gagné ou pas. Cependant il est gagné pour certains élèves.

(TDP 445-449)

B8 : pour la b on a dit oui mais après le c) on n'a pas besoin donc c'était déjà correct

P : c'était déjà correct la pile plate correct aussi

B8 : oui

P : oui très bien (Le professeur regarde le cahier de l'élève) donc c) c'était correct ok donc je voulais vous mettre un peu en attente (0 :34 :35)

2.1.5 Jeu 1.4 : comprendre comment il faut relier la lampe à la pile (Durée 0 :03 :17)

Ce jeu de courte durée se joue en classe entière. Son enjeu est de décrire la bonne façon de relier la lampe à la pile pour que la lampe brille. Le professeur prépare ce jeu lorsqu'il demande à la fin du jeu précédent à un élève de faire au tableau le dessin qui correspond à la bonne façon de faire briller la lampe. Il a initié ce jeu lors du passage à la phase de mise en commun.

Au cours du travail de l'activité les élèves devaient essayer de faire briller la lampe avec la pile en utilisant le matériel disponible. Par ce jeu le professeur veut valider la bonne façon de faire. Les dessins demandés dans la première question n'étaient que le cheminement pour parvenir et avaient comme but, selon le document du professeur (celui proposé par les concepteurs) à pousser les élèves à penser avant d'essayer différentes façons possibles de relier la lampe à la pile.

Etude du savoir en jeu et de l'avancée du savoir

Le professeur commence la correction en faisant remarquer aux élèves que la lampe a deux parties différentes, il prend appui sur la photo de la lampe qui se trouve au-dessous du texte de l'activité (Figure 4). Sur la photo des flèches désignant les deux parties de la lampe (pour les légender par la suite) montrent bien de quelles parties le professeur parle. En effet ce n'est pas par hasard que le professeur commence la correction par les deux parties différentes de la lampe ; connaitre que la lampe a deux parties différentes est nécessaire pour savoir où il faut faire toucher les fils de connexions pour relier la lampe à la pile. Sans avoir distingué les deux parties de la lampe l'élève n'arrivera que par hasard à faire briller la lampe avec la pile. Donc « la lampe a deux parties différentes » est un élément de savoir essentiel pour décrire comment relier la lampe à la pile.

Or pour relier la lampe à la pile il ne suffit pas de savoir que la lampe a deux parties différentes mais aussi que la pile a deux parties spécifiques (les bornes). Mais le savoir « la pile a deux parties spécifiques » n'est pas souligné explicitement par le professeur ni par les élèves. Tout le monde se réfère intuitivement aux deux parties distinctes de la pile : les bornes plus et moins. En effet savoir que la pile a ces deux parties est implicitement considéré comme acquis et connu par les élèves et cela pour plusieurs raisons. D'abord, les deux bornes de la pile (plate ou ronde) sont bien distinctes sur l'objet pile (ce qui n'est pas le cas pour l'ampoule), elles ont des formes différentes et sont désignées par les signes + et -, ce qui les rend plus perceptibles aux élèves.

En plus les élèves ont plus de contact dans la vie courante avec les piles qu'avec les ampoules. Il y a de fortes chances que tous les élèves aient déjà eu l'occasion de manipuler des piles dans la vie courante (lampe torche, jouets, etc.), et aient été amenés à reconnaitre et distinguer les deux bornes différentes. Donc cet élément de savoir (la pile a deux parties différentes) est ce que Wickman (2002, 2004, 2012) appelle 'what stands fast', des éléments de savoirs qui « *tiennent bon »,* qui sont acquis et utilisés sans que personne ne se pose des questions sur leur validité.

Ensuite le professeur prend appui sur le dessin que l'élève a produit sur le tableau pour montrer aux élèves qu'il fallait relier une partie de la lampe au côté plus de la pile et l'autre côté de la lampe au côté moins de la pile. Il verbalise et confirme l'élément de savoir visé dans l'activité introduit par le dessin de l'élève. Le professeur ne fait pas d'expérience et n'utilise pas le matériel pour montrer aux élèves comment il fallait relier la lampe à la pile ou quelles sont les différentes parties de la lampe. Il se contente de leur montrer sur le dessin au tableau comment relier la lampe à la pile et en se référant au dessin de l'ampoule sous l'énoncé de l'activité qui montre clairement les deux parties de la lampe. En fait au cours du travail de l'activité en binômes, tous les binômes ont manipulé une ampoule (le professeur a lui-même distribué les ampoules). Mais on peut se demander si tous les élèves ont pu distinguer les différentes parties de l'ampoule sur l'objet matériel.

Au cours de ce jeu, on retrouve une continuité avec les éléments de savoir construits au cours du jeu précédent notamment l'élément de savoir 'la lampe a deux parties différentes'. On considère cet élément de savoir comme construit au cours du jeu précédent (travail en binôme) car a priori les élèves qui sont parvenus à faire briller la lampe, ont pu distinguer qu'il y a des parties différentes de la lampe et ont pu construire cet élément de savoir.

L'utilisation de ces deux éléments de savoir a permis l'énonciation et la validation / confirmation par le professeur du nouveau savoir : comment il faut relier la lampe à la pile. Par ce jeu, ce savoir est devenu plus 'formel' vis à vis des élèves.

Etude de la topogenèse

La plupart des facettes de ce thème sont produites par le professeur (cf. Tableau 7). Elles reflètent bien la topogenèse et le type de contrat pour ce jeu qui est sous la responsabilité du

professeur. Au cours de son explication, le professeur pose des questions et les élèves interagissent mais il n'attend pas vraiment une réponse de leur part.

(TDP 524-531) (0 :40 :56.9)
P : donc vous avez remarqué est-ce que tout le monde déjà a remarqué qu'il y avait deux parties dans la lampe ? bien différentes l'une de l'autre ? (0 :41 :04.0)
El : ouais il y avait le les (0 :41 :04.9)
P : alors avant de répondre levez toujours la main votre réponse peut être la bienvenue Loïc allez-y (0 :41 :08.8)
El : il y avait les les petits …. la lampe et dessus il y a unnnn
P : d'accord

Ici, il permet à un élève de partager son expérience personnelle et comment il a pu relier la lampe à la pile sans fils de connexion sans pour autant donner beaucoup d'importance à ces interventions. De plus, dans l'exemple ci-dessous, il profite de la difficulté de l'élève à s'exprimer et désigner les différentes parties de la lampe pour avancer dans ce qui est prévu (d'après le document du professeur) et introduire le nom des différentes parties de la pile et de la lampe.

(TDP 542-552) (0:42:12.4)
El : Madame Madame
P : oui (0:42:12.8)
El : aussi on pouvait faire sans câble sans câble on mettait sur le sur le moins on mettait le truc sur le moins après on mettait leeeee sur le plus (0 :42 :22.3)
P : alors oui (0 :42 :23.6)
E : ce qui est autour (0 :42 :24.6)
P : alors ce qui est autour on va l'appeler ce qui est autour de l'ampoule la partie un peu dorée on va l'appeler la vis la vis toute la partie dorée de l'ampoule (0 :42 :35.7)
El : alors ce qui était en dessous on y mettait sur le moins la vis on y mettait on y penchait sur le sur le plus et après bon ça marchait (0 :42 :43.8)
P : et après ça fonctionnait

Tableau des facettes au cours du jeu 1.4	
Facettes extraites des énoncés du Professeur	➢ La lampe a deux parties différentes ➢ Pour faire briller la lampe, il faut faire arriver une partie de la lampe sur le côté plus de la lampe et l'autre partie de la lampe sur le côté moins de la lampe[3] ➢ Pour la pile ronde c'est comme la pile plate ➢ la partie dorée de la lampe, c'est ce qui est autour est la vis
Facettes Elèves	➢ on peut faire relier la lampe à la pile sans utiliser des câbles en mettant ce qui est en dessous de la lampe sur le moins et ce qui est autour (lavis) sur le plus

Tableau 7: tableau des facettes au cours du jeu 1.4

Au cours de ce jeu, le professeur détient le savoir et utilise le milieu (dessin de l'élève au tableau, photos sous le texte de l'activité, référence aux expériences des élèves au cours du travail en groupes) pour introduire des éléments de savoir dans la classe. Les élèves acceptent ce que le professeur présente surtout qu'ils ont pu tester les différentes façons de faire briller la lampe et ont pu distinguer qu'il y a des façons avec lesquelles la lampe brille et d'autres non.

Est-ce que ce jeu a été gagné ou pas ?

De la part du professeur on peut considérer que ce jeu est gagné car le professeur a décrit et introduit comment il faut relier la lampe à la pile. Mais on ne peut pas confirmer s'il l'a été de la part des élèves. On peut se demander si ce savoir a été compris par tous les élèves dans la mesure où on ne peut pas confirmer si tous les élèves ont réussi à relier la lampe à la pile au cours du travail en binôme.

2.1.6 Jeu 1.5 : légender les photos en dessous de l'activité (donner les noms des parties de la lampe, la pile plate et la pile ronde) (Durée 0 :01 :33)

Ce jeu est très court, il se déroule en classe entière. Son enjeu représente le deuxième but prévu pour la correction de l'activité (selon le document du professeur). Il s'agit d'introduire les noms en physique des différentes parties de la lampe, de la pile ronde et de la pile plate.

[3]La formulation de cette facette est celle du professeur décrivant un montage. Elle correspond à la facette « pour faire briller une lampe il faute relier ses bornes aux deux bornes de la pile ».

A la fin du jeu précédent un élève prend la parole pour décrire comment il a pu, avec son binôme, relier la lampe à la pile plate sans fils de connexion. Au cours de sa description l'élève rencontre une difficulté à s'exprimer et à désigner les différentes parties de la lampe, il utilise les mots 'truc' et 'ce qui est autour'. Le professeur intervient pour aider l'élève dans sa difficulté et introduit le mot 'vis'.

Suite à cette intervention et en continuité avec l'introduction du mot 'vis' et à l'élément de savoir 'la lampe a deux parties différentes', le professeur initie le jeu 1.5 et demande aux élèves de légender les photos avec les mots *vis, plot et lame.* (Photos qui se trouvent sur la feuille de l'activité distribuée et collée sur leurs cahiers, Figure 4)

(TDP 553-561) (0 :42 :45.1)
P : donc on a deux parties vous pouvez les noter sur votre sur les photographies que vous avez en dessous (0 :42 :50.8)
P : vous avez la vis qui est la partie dorée donc celle qui est sur le côté
B : la vis (0 :42 :59.4)
P : et en dessous là vous avez le plot
B : le plot
E : le plot
El : le plot ? (0 :43 :04.0)
P : le plot le plot ça s'appelle un plot (0 :43 :06.3)
(*Le professeur fait un dessin au tableau- elle dessine une ampoule pour légender ces différentes parties*) (0 :43 :15.0)
P : et c'est pas la partie qui est noire hein ! c'est la partie métallique (…)

(TDP 566-567) (0 :43 :47.8)
P : ensuite sur le dessin vous avez sur la pile sur la pile plate vous avez ce qu'on appelle des lames ce sont les lames de la pile plate (0 :43 :57.1)

Le professeur demande aux élèves de légender la pile ronde plus tard après l'introduction du bilan.

(TDP 569-570) (0 :44 :03.4)
P : donc vous légendez bien vos dessins et des deux côtés de la pile ronde c'est vous qui mettrez ça quand on aura écrit le bilan ensemble hein ? (0 :44 :15.8)

En fait, les parties de la pile ronde n'ont pas un nom particulier et doivent être légendées par le mot « borne ». Or le mot borne ne se limite pas à la nomenclature des parties de la pile ronde

c'est toute une notion qui sera introduite dans le bilan. Le professeur fait le choix de ne pas introduire le mot borne avant d'introduire la notion de borne dans le bilan.

Ce jeu présente un développement et une continuité avec le savoir qui a été construit par les élèves au cours du travail de l'activité (comment relier une lampe à une pile). Ce développement est assuré par l'introduction des mots scientifiques de l'électricité (lame, vis et plot). L'introduction de ces mots va permettre aux élèves de décrire, ce qu'ils ont déjà construit, d'une façon plus scientifique et assurer de ce fait une progression dans leur apprentissage.

Etude de la topogenèse

Au cours de ce jeu le professeur détient du savoir et assure son avancement. Il l'introduit aux élèves qui l'acceptent et le notent sur leur cahier. Ce qui implique une position topogénique haute du professeur. Cette position est reflétée par les facettes produites au cours de ce jeu qui sont toutes énoncées par le professeur. (Tableau 8 ci-dessous)

Tableau des facettes au cours du jeu 1.5	
Facettes extraites des énoncés du Professeur	➢ la vis est la partie (borne) dorée autour de l'ampoule (2) ➢ la lampe a deux parties différentes ➢ **le plot est la partie métallique inférieure de la lampe (3)** ➢ **les deux parties de la pile plate s'appellent les lames**

Tableau 8: tableau des facettes au cours du jeu 1.5 (en gras nouvelles facettes)

Est-ce que ce jeu a été gagné ou pas ?

Ce jeu se termine avant que l'enjeu soit complètement réalisé. Le professeur a légendé les parties de la lampe et de la pile plate mais pas la pile ronde. Il a demandé aux élèves de le faire après le bilan. Donc à ce stade, le jeu n'est pas complet et de ce fait nous ne pouvons pas juger s'il est gagné ou pas.

Or en regardant les cahiers des élèves (18 cahiers photocopiés), nous remarquons que seulement deux élèves ont légendé les parties de la pile ronde. Un élève a mis le mot 'borne' et l'autre a mis le mot 'pôle'. Trois élèves n'ont pas légendé la pile plate et un élève n'a rien légendé. Donc si ce jeu est gagné pour la plupart de la classe pour la lampe et la pile plate, il n'est sûrement pas gagné pour la pile ronde.

2.1.7 Jeu 1.6 : copier et comprendre le texte du bilan 1.1 projeté et expliqué par le professeur (Durée 0 :09 :53)

Ce jeu se joue en classe entière. Il est initié par le professeur lorsqu'il allume le rétroprojecteur et projette le bilan.

Les règles de ce jeu font partie du contrat établi dans la classe. Le professeur projette le bilan, il le souligne en rouge, il lit et explique certaines parties. Les élèves doivent copier et comprendre et retenir le bilan projeté. Les mots en gras doivent être mis en valeur sur leur cahier.

> (TDP 630-633) (0 :50 :07.0)
> P : je vous rappelle que lorsque vous êtes en train de copier vous vous concentrez vous essayez de bien comprendre et de retenir ce que vous êtes en train d'écrire hein ? Comme l'ont remarqué certain d'entre vous vis et plot sont en gras donc il faut les mettre en valeur et borne il faut mettre bien en valeur aussi hein ? (0 :50 :26.9)

Au cours de ce jeu, le professeur continue à construire les règles pour la partie électricité en comparaison à la chimie :

> (TDP 582-585) (0 :44 :59.3)
> El : Madame le bilan on le fait toujours le cahier à l'envers ?
> P : le bilan vous faites toujours ah oui oui là on est partie électricité donc vous partez exactement comme en chimie et il reste le cahier à l'envers donc je vais souligner j'ai trouvé mon stylo rouge n'est ce pas vous êtes tous très heureux (0 :45 :19.4)

Ce jeu présente une continuité avec les jeux précédents, dans le sens où il y a une institutionnalisation des éléments de savoir qui ont été déjà introduits : lame, vis et plot comme le montre l'extrait de texte du bilan suivant : « Pour faire briller une ampoule à l'aide d'une pile plate, il faut utiliser la vis et le plot de l'ampoule et les deux lames de la pile. On doit relier la vis à une lame et le plot à l'autre lame ». (Partie du bilan 1.1 cf. Figure 5)

Il présente aussi un développement pour le savoir « comment relier une lampe à une pile ». Ce savoir a été introduit initialement sous la forme suivante : « *pour faire briller la lampe il faut relier une partie de la lampe à une partie de la pile marquée plus et l'autre partie de la lampe à l'autre partie de la pile marquée moins* ».

Dans le bilan ce savoir est repris par le professeur sous deux formes plus développées que précédemment. En fait après avoir introduit les noms des différentes parties de la pile et de la lampe le savoir a évolué vers « *pour faire briller la lampe il faut relier la vis de la lampe à une*

lame de la pile et le plot de la lampe à l'autre lame de la pile ». Ensuite après l'introduction par le bilan, des mots bornes et pôles il se développe vers la forme « *pour faire briller la lampe il faut relier ses bornes aux bornes de la pile* ».

Cette notion est un exemple type du développement des notions spécifiques en des notions plus générales à fur et à mesure de l'enseignement et de l'avancement de la séquence. En fait, dans la phase de correction il s'agit d'une description de la procédure de comment relier la lampe à la pile. Cette description concerne plutôt la lampe et la pile que les élèves ont manipulées. Dans le bilan il y a une première catégorisation des différentes parties de la lampe et de la pile avec les mots vis, plot, lame, puis une généralisation avec l'introduction du mot borne. De plus il y a généralisation de la procédure dans le sens où celle-ci est vraie pour toutes les lampes et les piles.

En regardant les facettes introduites au cours de ce jeu (Tableau 9, ci-dessous), on remarque qu'il y a beaucoup de nouvelles facettes (gras) par rapport aux facettes déjà introduites (police « normal »). Ces nouvelles facettes représentent des savoirs qui ne sont pas construits par les élèves au cours des jeux précédents. C'est surtout le cas des éléments de savoirs comme par exemple les différentes nomenclatures en physique (borne, pôle) ou les simples définitions (dipôle).

C'est aussi le cas dans ce jeu pour la notion de courant électrique. En lisant le bilan le professeur introduit cette notion comme une explication du fait que la lampe brille. Il demande aux élèves de mémoriser cette phrase pour le moment telle qu'elle est, même s'ils ne la comprennent pas forcément.

(TDP 651-656)
P : (..) quand la lampe brille c'est on dit qu'il y a un courant qui circule dans la lampe et c'est pour ça qu'elle brille (0 :53 :50.3) donc cette notion de courant qui circule il va vous falloir un tout petit peu de temps pour l'apprivoiser d'accord donc ne vous inquiétez pas essayez simplement de retenir cette phrase (0 :53 :59.0) si la lampe brille c'est parce qu'il y a un courant qui circule dans la lampe

En fait, à stade de l'enseignement, le professeur n'a pas les moyens de développer la notion de courant électrique aux élèves. Mais son introduction est importante à ce moment de l'enseignement car elle sera nécessaire pour présenter par la suite la notion de circuit électrique et le rôle de l'interrupteur. Cette notion va être reprise et développée plus tard au cours de la séquence avec l'introduction d'autres éléments de savoir.

Facettes introduites au cours du jeu 1.6	
Facettes professeur	- pour faire briller la lampe avec une pile plate il faut relier la vis de la lampe à une lame de la pile et le plot de la lampe à l'autre lame de la pile **- les lames sont les bornes de la pile** **- la vis et le plot sont les bornes de la lampe (2)** **- il y a des bornes plus et des bornes moins** - la pile a une borne/lame plus et une borne/lame moins **- en physique les bornes plus et moins sont appelées des pôles (2)** - pour faire briller la lampe il faut relier ses bornes aux bornes de la pile **- un dipôle est un objet électrique qui a deux pôles** **- la lampe brille car il y a un courant électrique qui circule dans la lampe**
Facettes bilan	**- les bornes sont les parties métalliques de l'appareil électrique** **- la forme des bornes dépend de l'appareil** **- en physique on ne s'intéresse pas à la forme de la borne** **- on peut relier deux bornes en les mettant en contact l'une avec l'autre** **- on peut relier deux bornes par l'intermédiaire d'un fil électrique** **- le courant électrique est mis en circulation (ou généré) par un générateur** **- la pile est un générateur** **- sans le générateur, aucun courant ne peut circuler**

Tableau 9: tableau des facettes au cours du jeu 1.6 (en gras les nouvelles facettes)

Etude de la topogenèse

Le professeur est le maître du jeu mais il laisse la responsabilité du savoir au texte du bilan qui présente le savoir aux élèves ; en ce sens le savoir est dépersonnalisé. Les élèves copient le bilan sur leur cahier et alors en deviennent redevables au professeur puisqu'ils doivent le mémoriser ; c'est une sorte de responsabilité même si la phrase à mémoriser sur la notion de courant électrique n'est pas supposée être totalement comprise à ce moment de l'enseignement.

Est-ce que ce jeu a été gagné ou pas ?

Le plus probable est que ce jeu ne soit pas gagné, au moins pas par tous les élèves. De la part du professeur le bilan a été présenté et expliqué mais on peut se demander s'il a été compris par les élèves. Comme les prochaines séances vont le montrer, certaines notions ne sont pas apprises et/ou comprises notamment la notion de dipôle que les élèves identifient au plus et au moins.

2.2 Ensemble des jeux dans les séances analysées

Ce paragraphe présente l'ensemble des jeux d'apprentissage que nous avons reconstruits dans les séances analysées. Les jeux sont présentés sous forme d'un tableau à six colonnes : thèmes, organisation de classe, jeu d'apprentissage, temps de début du jeu, temps de fin du jeu et durée du jeu.

Les noms des jeux sont donnés en se référant à l'action des élèves. Et nous avons numérotés les jeux en référence au numéro de la séance et dans l'ordre d'apparition dans chaque séance. Par exemple le troisième jeu de la séance 5 sera le jeu 5.3.

Rappelons que les activités et les exercices et les bilans sont numérotés en référence au numéro du chapitre et dans l'ordre d'apparition dans chaque chapitre.

Thème	**Org.classe**	**Jeu**	**Début**	**Fin**	**Durée**
		Séance 1			
Gestion du travail de la classe	CE	Jeu 1.1 : prendre connaissance de la nouvelle partie électricité/ copier sur le cahier le titre du premier chapitre projeté par le professeur/ comprendre le nouveau contrat pour la partie physique	07:29	13:28	05:59
Th1.1 : Comment faire briller une ampoule avec une pile	CE	Jeu 1.2 : prendre connaissance et coller le texte de l'activité 1.1 : « *faire briller une ampoule avec une pile* »	13:28	16:27	02:59

plate et une pile ronde	Travail en binôme	Jeu 1.3 : faire briller une ampoule avec une pile (activité 1.1) ➢ Faites deux dessins qui montrent comment faire briller la lampe avec la pile ➢ Faites l'expérience avec le matériel. Le dessin était-il correct ? ➢ Si non réessayer de faire briller la lampe jusqu'à ce que vous y arriviez. Expliquer alors pourquoi le dessin n'était pas correct	16:27	39:26	22:59
Thème 1.2 (42 :22) Description des différentes parties d'une ampoule et d'une pile plate	CE	Jeu 1.4 : comprendre comment il faut relier la lampe à la pile	39:26	42:43	03:17
	CE	Jeu 1.5 : légender les photos en dessous de l'activité (donner les noms des parties de la lampe, la pile plate et la pile ronde)	42:43	44:16	01:33
Thème 1.3 Description des éléments d'un circuit en termes techniques	CE	Jeu 1.6 : copier et comprendre le texte du bilan 1.1 projeté et expliqué par le professeur ➢ Description des éléments d'un circuit en terme techniques (bornes, pôles, dipôles, générateur) ➢ introduire la notion de courant électrique	44:16	54:09	09:53
		Séance 2			
Gestion du travail de la classe (5:59 min) Thème 2.1 : Comment Volta a eu l'idée de la pile (2:34 min) Thème 2.2 : Composition des piles modernes (3:00 min) Thème 2.3 : Phénomène d'électrostatique (1:31 min)					
Thème 2.4 (suite Thème 1.3) : Description des éléments d'un circuit en termes techniques)	CE	Jeu 2.1: terminer de copier le bilan 1	13:04	23:25	10:21
Thème 2.5 : Le support de la lampe	CE	Jeu 2.2: prendre connaissance et copier le texte de l'activité 1.2	23:25	25:04	01:39

	bin ôme	Jeu 2.3: utiliser le support de la lampe pour faire briller la lampe (activité 1.2) ➢ Faites briller la lampe sans la tenir avec le matériel devant vous	25:04	29:44	04:40
	CE	Jeu 2.4: observer et comprendre comment fonctionne le support de la lampe	29:44	35:00	05:16
	CE	Jeu 2.5: se rappeler des notions apprises (vis, plot, borne, dipôle) Jeu imbriqué avec le Jeu 2.4	33:55	35:29	01:34
Thème 2.6 : les dipôles	CE	Jeu 2.6: dire si quand on a un dipôle il y a forcément un + et un – Jeu imbriqué avec le Jeu 2.5	35:00	37:40	02:40
Thème 2.7 : Notion du circuit électrique fermé	CE	Jeu 2.7: copier et comprendre le bilan 2.1 projeté et expliqué par le professeur : - introduire l'idée de boucle fermée et la notion de circuit électrique	37:40	48:13	10:33
	CE	Jeu 2.8: répondre à la question à quoi sert le générateur ? Jeu imbriqué dans le Jeu 2.7	40:47	41:56	01:09
Thème 2.8 : Analogie des camionnettes	CE	Jeu 2.9: prendre connaissance et comprendre l'analogie des camionnettes	48:13	55:53	07:40
		Séance 3			
Thème 3.1 : Analogie des camionnettes	CE	Jeu 3.1: se rappeler du fonctionnement du circuit des camionnettes	01:17	07:54	06:37
Thème 3.2 : L'interrupteur	CE	Jeu 3.2: prendre connaissance et coller le texte de l'activité 1.3 : le rôle de l'interrupteur Jeu imbriqué dans le jeu 3.1	06:18	07:03	00:45

	Travail en binôme	Jeu 3.3: construire / découvrir quel est le rôle de l'interrupteur (activité 1.3) ➢ Allumer et éteindre la lampe avec l'interrupteur et le matériel devant vous ➢ Que se passe t-il dans l'interrupteur quand on l'actionne ? ➢ Quel pourrait être l'équivalent de l'interrupteur dans le circuit des camionnettes ?	07:54	32:03	24:09
	CE	Jeu 3.4: répondre à la question : qu'est ce qui se passe dans l'interrupteur quand on l'actionne ?	32:03	33:45	01:42
	CE	Jeu 3.5: répondre à la question : qu'est ce qui se passe dans le circuit électrique quand on actionne l'interrupteur ?	33:45	34:48	01:03
Thème 3.3 : Equivalent de l'interrupteur dans le circuit des camionnettes	CE	Jeu 3.6: discuter et comprendre quel est l'équivalent de l'interrupteur dans le circuit des camionnettes	34:48	43:00	08:12
Thème 3.4 : Notion de circuit électrique ouvert /fermé	CE	Jeu 3.7: copier et comprendre le bilan 1.3 projeté par le professeur ➢ Le bilan présente la notion de circuit électrique ouvert /fermé / Description du rôle de l'interrupteur dans un circuit électrique.	43:00	53:27	10:27
Organisation du travail de la classe	CE	Jeu 3.8: prendre connaissances des instructions pour le contrôle de la semaine prochaine	54:09	56:55	02:46
Séance 4 Thème 4.1 : Utilisations des mots ouvert/fermé dans la vie courante et dans la physique Thème 4.2 : Comment et que dessiner pour représenter un montage					
Séance 5 Thème 5.1 (suite thème 4.2) : Comment et que dessiner pour représenter un montage Thème 5.2 : Les schémas normalisés Thème 5.3 : Les règles à suivre pour faire les schémas d'un circuit avec les symboles normalisés					

Séance 6

Thème 6.1 : Passage du montage au schéma

Thème 6.2 (suite thème 5.3) : Les règles à suivre pour faire les schémas d'un circuit avec les symboles normalisés.

Thème 6.3 : Passage d'un schéma à un montage et vice-versa

Thème 6.4 : Différence entre le schéma et le montage

Thème 6.5 : Différences sur l'état des objets (lampe/ moteur) avec le changement du sens de branchement de la pile ou de l'objet (lampe / moteur)

Séance 7 (non filmée)

Séance 8

Thème 8.1 : Sens de rotation du moteur et sens du courant

Thème 8.2 : Notion de dipôle polarisé.

Thème 8.3 : Sens de rotation du moteur et sens du courant.

Séance 9

Thème 9.1 : Rôle de l'interrupteur dans le circuit électrique
Thème 9.2 : Ouvrir le circuit électrique dans l'absence de l'interrupteur.
Thème 9.3 : Passage du montage au schéma symbolisé
Thème 9.4 : Type et représentation de la diode.
Thème 9.5 : Fonctionnement de la diode dans un circuit électrique.

		Séance 10			
Gestion du travail de la classe	CE	Jeu 10.1 : s'installer et se préparer pour commencer la séance 10	00:33	08:25	07:52
Thème 10.1 : comparaison entre la façon dont différentes lampes brillent avec différentes piles	CE	Jeu 10.2 : dire quel est le matériel nécessaire pour l'activité 3.1 « *les lampes brillent-elles toutes autant ?* »	08:25	12:55	04:30
	CE	Jeu 10.3 : se rappeler de la notion de borne Jeu imbriqué dans le jeu 10.2	09:46	10:56	01:10
	Travail en binôme	Jeu 10.4 : prévoir et découvrir si toutes les lampes brillent autant (activité 3.1) ➢ Deux lampes différentes reliées successivement à une même pile brillent-elle autant ? ➢ Une lampe reliée successivement à deux piles différentes brille-elle autant à chaque fois ? ➢ Est-ce la lampe comporte des indications qui permettent de prédire son fonctionnement	12:55	27:35	14:40

Thème 10.2 : Comment faire briller une lampe	CE	Jeu 10.5 : se rappeler comment relier une lampe à une pile Jeu imbriqué dans le jeu 10.4	17:49	18:49	01:00
Thème 10.1 : comparaison entre la façon dont différentes lampes brillent avec différentes piles	CE	Jeu 10.6 : répondre à la question si deux lampes différentes liées successivement à une même pile brillent autant	27:35	31:48	04:13
	CE	Jeu 10.7 : répondre à la question entre deux lampes différentes liées successivement à une même pile, laquelle brille le plus	31:48	32:38	00:50
	CE	Jeu 10.8 : répondre à la question si une lampe liée à deux piles différentes brillera-t-elle autant à chaque fois	32:38	33:24	00:46
	CE	Jeu 10.9 : expliquer comment les indications de la lampe permettent de prédire son fonctionnement	33:24	36:34	03:10
Thème 10.3 : Adaptation pile lampe	CE	Jeu10.10 : copier et comprendre le bilan 3.1 projeté, dicté et expliqué par le professeur ➢ Le bilan introduit la notion d'adaptation pile-lampe	36:34	43:17	06:43
Thème 10.4 : Le court-circuit de la pile	CE	Jeu 10.11 : prendre connaissance de l'activité 3.2 : « *que se passe-t-il pour une pile quand on relie ses bornes par un fil de connexion*»	43:17	49:02	05:45
	Travail en binôme	Jeu 10.12 : faire le schéma d'une pile dont les bornes sont reliées par un fil et dire à votre avis, ce qu'il va se passer ? (activité 3.2)	49:02	50:41	01:39
		Séance 11			
Gestion du travail de la classe	CE	Jeu 11.1 : se préparer pour la séance et faire copier sa note au professeur	00:51	12:21	11:30

Thème 11.1 (a) : Le Court-circuit de la pile	CE	Jeu 11.2 : dire ce qu'il faut (comme matériel) pour l'activité 3.2 : « *que se passe-t-il pour une pile quand on relie ses bornes par un fil de connexion ?* »	12:21	14:45	02:24
Thème 11.2 : Définition d'un circuit électrique	CE	Jeu 11.3 : se rappeler de la définition d'un circuit électrique	14:45	18:22	03:37
Thème 11.3 : Description d'un générateur électrique	CE	Jeu 11.4 : prendre connaissance du nouveau matériel : le générateur électrique et le décrire	18:22	22:19	03:57
Thème 11.4 : Adaptation pile lampe	CE	Jeu 11.5 : relire et expliquer le bilan précédent 3.1 : adaptation pile/lampe	22:19	26:20	04:01
	CE	Jeu 11.6 : relever les indications sur la lampe	26:20	31 :45	05:25
	CE	Jeu 11.7 : changer la tension aux bornes du générateur électrique sur plusieurs positions avec la même lampe (reprendre ce qui a été fait dans l'activité 3.1)	31 :45	35:06	03:21
Thème 11.1 (b) : Le court-circuit de la pile	Travail en binôme	Jeu 11.8 : faire le schéma d'une pile dont les bornes sont reliées par un fil et dire selon son avis, ce qu'il va se passer ? (activité 3.2)	35:06	42:46	07:40
	CE	Jeu 11.9 : découvrir ce qui se passe si on relie les bornes d'une pile avec un fil	42:46	46:50	04:04
	CE	Jeu 11.10 : dire comment s'appelle le fait de relier les bornes d'une pile par un fil de connexion	46:50	48:40	01:50
Gestion du travail de la classe	CE	Jeu 11.11 : entendre et comprendre les remarques du professeur sur le contrôle	48:40	53:01	04:21
		Séance 12			

Gestion du travail de la classe	CE	Jeu 12.1 : s'installer et se préparer pour commencer la séance de physique	01:48	07:00	05:12
Thème 12.1 : Matière Isolante ou conductrice	CE	Jeu 12.2 : expliquer si l'affirmation suivante est toujours juste : quand on mélange deux isolants on obtient un nouveau isolant glissement de ce Jeu	07:00	07:56	00:56
	CE	Jeu 12.3 : dire si l'eau est un isolant ou un conducteur	07:56	09:31	01:35
	CE	Jeu 12.4 : dire comment rendre l'eau plus conductrice	09:31	10:34	01:03
Thème 12.2 : Le fusible	CE	Jeu 12.5 : dire quel est l'élément conducteur du fusible et à quoi l'ouverture du circuit est due. (Correction du devoir exercice 19).	11:19	12:39	01:20
	CE	Jeu 12.6 : expliquer le phénomène qui se produit dans le fusible	12:39	15:11	02:32
	CE	Jeu 12.7 : répondre à la question comment repérer/ comment choisir les fusibles pour les acheter	15:11	16:20	01:09
	CE	Jeu 12.8 : expliquer quel est le rôle du fusible	16:20	17:21	01:01
Thème 12.3 : Le court-circuit de la pile et ses effets.	CE	Jeu 12.9 : reprendre l'activité 3.2 (le court-circuit de la pile) pour résumer ce qui a été fait et présenter le bilan correspondant par la suite	17 :21	18 :46	01:25
	CE	Jeu 12.10 : dire ce qui se passe quand on relie les bornes d'une pile par un fil de connexion	18:46	19:36	00:50
	CE	Jeu 12.11 : répondre à la question qu'est ce qui se passe quand on branche une lampe à une pile déjà court-circuitée ?	19:35	22:03	02:28

	CE	Jeu 12.12 : proposer une explication de la situation en utilisant l'analogie des camionnettes glissement implicite au Jeu 12.13			
	CE	Jeu 12.13 : dire à quoi peut correspondre une pile déchargée dans l'analogie des camionnettes	22:03	23:39	01:36
	CE	Jeu 12.14 : dire à quoi peut correspondre une pile non complètement déchargée dans l'analogie des camionnettes	23:39	25:10	01:31
	CE	Jeu 12.15 : répondre à la question quand est ce qu'on peut parler de court-circuit ?	25:10	27:37	02:27
	CE	Jeu 12.16 : discuter les effets du court-circuit de la pile	27:37	30:44	03:07
	CE	Jeu 12.17 : coller et comprendre le bilan 3.2 distribué par le professeur ➢ Définition d'un court-circuit ➢ Description du court-circuit de la pile ➢ conséquences du court-circuit de la pile	30:44	37:24	06:40
Thème 12.4 : Le court-circuit de la lampe	CE	Jeu 12.18 : schématiser le court-circuit d'une lampe	37:24	42:00	04:36
	CE	Jeu 12.19 : dire ce qu'il se passe quand on court-circuite une lampe	42:00	47:35	05:35
Thème 12.5 : Matière isolante ou conductrice	CE	Jeu 12.20 : travailler sur les éléments isolants et conducteurs (exercice 1 chapitre 3)	47:35	54 :40	7 :05
Séance 13 Thème 13.1 : Matière Isolante ou conductrice Thème 13.2 : Effet du court-circuit de la pile avec la paille de fer Thème 13.3 : Paille de fer est un isolant ou conducteur					

Séance 14
Thème 14.1 : Effet du court-circuit de la pile par la paille de fer
Thème 14.2 : Différence entre le court-circuit de la pile par fil électrique et par paille de fer
Thème 14.3 : Conséquence du court-circuit de la pile
Thème 14.5 : Comment brille deux lampes dans un circuit en série
Séance 15
Thème 15.1 : Le circuit série
Thème 15.2 : Comment brille les lampes dans un circuit en série
Thème 15.3 : Le courant dans un circuit en série
Thème 15.4 : Le courant et comment brillent les lampes dans un circuit en série
Thème 15.5 : Qu'est ce qui se passe dans un circuit série quand on dévisse une lampe
Séance 16
Séance de test de physique non filmée
Séance 17
Thème 17.1 : Qu'est ce qui se passe quand on dévisse une lampe dans un circuit série
Thème 17.2 : Sens du courant sur le schéma
Thème 17.3 : Qu'est ce qui se passe quand on dévisse une lampe dans un circuit série
Thème 17.4 : Autre forme de branchement des lampes
Thème 17.5 : Analogie des camionnettes
Thème 17.6 : Inversement des positions des lampes dans un circuit en série
Séance 18
Thème 18.1 : Circuit série, circuit dérivation
Thème 18.2 : Inversement des positions des lampes dans un circuit en série.
Thème 18.3 : Prévoir à partir du schéma si la lampe brille ou le moteur tourne
Thème 18.4 : Schéma de diode et de dell

Tableau 10: tableau de l'ensemble des jeux dans les séances analysées

CHAPITRE V

ETUDE DES PRATIQUES DE CLASSE EN LIEN AVEC LA VIE DU SAVOIR

Notre but dans ce chapitre est d'étudier comment, dans les pratiques de classe, les actions des professeurs et des élèves affectent la vie du savoir dans la classe. Pour faire cette étude nous avons choisi principalement de partir de notre analyse en jeux d'apprentissage croisée dans certains cas avec notre analyse en facettes. En fait, l'analyse en jeux nous montre la dynamique des pratiques accompagnants la construction et le développement des éléments des savoirs, et pour cette raison nous avons jugé qu'elle sera adaptée à cette étude.

Comme nos données sont assez importantes, nous avons choisi quelques jeux significatifs pour présenter cette étude.

1. Choix des jeux d'apprentissage

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté un tableau regroupant l'ensemble des jeux dans les séances analysées (Tableau 10).D'après ce tableau, nous pouvons voir comment les jeux reflètent le déroulement de la séquence et l'évolution du savoir d'un jeu à l'autre. Nous pouvons voir par exemple comment la notion de circuit électrique se développe tout au long de la séquence (dans les jeux 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 2.7, 2.9, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 et 3.7).

Dans les séances plus avancées (10, 11 et 12) nous pouvons remarquer l'évolution des notions introduites où il ne s'agit plus de notions basiques du fonctionnement du circuit électrique mais de notions plus complexes comme la notion d'adaptation pile-lampe (jeu 10.10), la notion de court-circuit et ses effets sur la pile et le circuit électrique (jeu 11.10, 12.10 ,12.11, 12.16 et 12.17) ainsi que la notion d'isolants et conducteurs (jeux 12.3, 12.4 et 12.20). De nouveaux objets électriques sont aussi introduits comme le générateur électrique (jeu 11.5) ainsi que le fusible et son rôle dans le circuit électrique (jeux 12.5, 12.6 et 12.8).

Cette structuration en jeu rend également compte de la structuration de chaque activité. Celle-ci est quasiment la même tout au long de la séquence avec cependant quelques exceptions. Il y a d'abord une petite préparation à la séance (cas des jeux 1.1, 10.1, 11.1 et 12.1) suivie d'une introduction de l'activité (cas des jeux 1.2, 2.2, 3.2, 10.2 et 11.2). Ensuite il y a le travail en groupe (cas des jeux 1.3, 2.3, 3.3 et 10.3) suivi de la correction qui se traduit par plusieurs jeux reprenant les questions de l'activité (cas des jeux 1.4, 2.4, 3.4, 3.6, 10.6, 10.8, 10.9, 11.9 et 11.10). A la fin on retrouve la présentation du bilan (cas des jeux 1.6, 2.7, 3.7, 10.10 et 12.17).

En étudiant ce tableau on remarque qu'il y a plusieurs jeux intéressants dans le sens où ils présentent une particularité par rapport à l'ensemble des jeux du point de vue de la continuité du savoir dans la séquence. Il s'agit notamment des jeux 3.5 et 10.7 qui apparaissent au cours de la correction et dont les enjeux ne correspondent pas aux questions de l'activité. Pour le jeu 3.5 la question porte sur ce qui se passe dans le circuit électrique et non dans l'interrupteur et pour le jeu 10.7 la question : « entre deux lampes différentes liées successivement à une même pile, laquelle brille le plus ? » est rajoutée à la question si deux lampes différentes liées successivement à une même pile brillent autant.

Un autre cas de jeu intéressant correspond aux jeux qui présentent un glissement comme le jeu 12.2 et 12.12. Ces jeux sont initiés dans la classe mais sans être joués.

Enfin nous avons le cas des jeux 11.5 et 11.7 qui reprennent le bilan et l'activité 3.1 (Les lampes brillent-elles toutes autant ?) travaillée la séance précédente alors que le travail sur une autre activité (3.2 : Que se passe-t-il pour une pile quand on relie ses bornes par un fil de connexion ?) a été déjà initié.

Dans les paragraphes suivants nous allons développer et détailler l'analyse de ces jeux. Nous allons étudier comment ils affectent la vie du savoir dans la classe.

2. Jeu 3.5 : répondre à la question : qu'est ce qui se passe dans le circuit électrique quand on actionne l'interrupteur (Durée 1 : 03)

Ce jeu se situe dans la séance 3. Il apparait au cours de la correction de l'activité 1.3 « le rôle de l'interrupteur » du chapitre 1 de la séquence : « comment faire fonctionner une lampe» (Figure 6). L'activité consiste à faire une expérience avec le matériel distribué pour allumer et éteindre la lampe. Le matériel se compose d'une ampoule, d'un support de lampe, d'une pile, d'un interrupteur et de trois fils de connexion. On demande ensuite aux élèves de dire ce qu'il se passe dans l'interrupteur quand on l'actionne, et de trouver un équivalent de l'interrupteur dans le circuit des camionnettes

Activité 1.3 : Le rôle de l'interrupteur

Vous disposez maintenant d'une pile plate, d'un support de lampe, d'un interrupteur, de trois fils, de pinces crocodile et de l'ampoule.

a. Débrouillez-vous pour allumer et éteindre la lampe à l'aide de l'interrupteur et du matériel à votre disposition.
b. A votre avis, que se passe-t-il dans l'interrupteur quand on l'actionne ?
c. Quel pourrait être l'équivalent de l'interrupteur sur le circuit des camionnettes ?

Figure 6 : Activité 1.3 - Chapitre 1 « comment faire fonctionner une lampe »

Le jeu 3.5 (qu'est ce qui se passe dans le circuit électrique quand on actionne l'interrupteur) ne correspond pas à une des questions de l'activité. Il a été initié par le professeur après la correction de la deuxième question (qu'est ce qui se passe dans l'interrupteur quand on l'actionne). En effet, au cours de son passage entre les binômes le professeur a remarqué que certains élèves ont mal compris la question 2. Ces élèves répondent à la question 2 en décrivant ce qui se passe dans le circuit quand on actionne l'interrupteur au lieu de ce qui se passe dans l'interrupteur lui-même. (Les tours de parole TDP sont ceux de transcription complète la séance S3 donnée en annexe 6)

(TDP 142-146)
P : (au binôme 1) alors
B1 : on a mis quand on actionne l'interrupteur elle s'éclaire
P : alors oui mais moi je voudrais savoir ce qui se passe dans l'interrupteur donc je veux que vous regardez l'interrupteur et que vous regardiez à l'intérieur et qu'est ce qui se passe à l'intérieur

Ainsi au cours de la correction le professeur initie le jeu 3.5 comme une extension de la question 2 de l'activité :

(TDP 194-201) (0 :33 :36.7)
P : vous avez donc tous vous pouvez tous voir qu'il y a deux lamelles qui touchent les deux languettes (0 :33 :45.3) est ce que maintenant je pourrais avoir une explication sur ce qui se produit quand la quand la languette alors c'est les languettes hein ? Quand les languettes touchent quand les languettes vont toucher les deux lamelles qu'est ce qui se passe à l'intérieur du circuit les languettes touchent quand les languettes vont toucher les deux lamelles qu'est ce qui se passe à l'intérieur du circuit ?
El : ça s'allume
El : ça provoque un courant (0 :34 :10.8)
P : ça s'allume ça provoque un courant (0 :34 :13.0) est ce que là il y a eu beaucoup deeeee une toute petite confusion est ce que c'est l'interrupteur qui va produire le courant ? (0 :34 :20.9)
Els : non c'est la pile (0 :34 :22.3)
P : alors qu'est-ce qu'il fait l'interrupteur ? (0 :34 :24.0)
El4 : ben il le fait passer (0 :34 :25.9)
P : il le fait passer ou il le laisse passer (0 :34 :28.4)
El6 : ou il il il le laisse pas passer (0 :34 :30.7)
P : le courant peut alors passer (prof écrit la réponse au tableau) (0 :34 :33.2) je vous rappelle que nous sommes en train de

remettre les choses tous ensembles donc vous êtes en train de vous taire hein ? Donc le courant électrique peut passer

Comme l'extrait de transcription ci-dessus le montre, certains élèves faisaient une autre confusion concernant le rôle de l'interrupteur, ils pensaient que l'interrupteur provoque le courant. Le professeur apparemment en était conscient (*là il y a eu beaucoup deeee une petite confusion*). Par sa façon de reposer la question en signalant le fait qu'il s'agit d'une confusion, le professeur redirige les élèves vers la bonne réponse « l'interrupteur fait/laisse passer le courant ».

2.1 Etude de la topogenèse

Durant ce jeu le professeur a la responsabilité du savoir. Il présente une position topogénique haute même s'il fait participer les élèves en leur posant des questions. En effet, il les guide par ses interventions et ses questions pour obtenir la réponse qu'il souhaite.

2.2 Est-ce que ce jeu a été gagné ou pas ?

De la part du professeur, le rôle de l'interrupteur a été clarifié mais on peut se demander s'il a été compris par tous les élèves. Il est difficile de juger à ce stade si ce jeu est gagné ou pas. Le savoir en jeu sur le rôle de l'interrupteur sera développé au cours du bilan dans le jeu 3.7.

L'étude de ce jeu nous montre comment les actions du professeur en réaction aux actions des élèves dans le jeu antérieur (au cours du travail en groupe) ont affecté la vie du savoir dans la classe. D'une part, le professeur recadre ce que les élèves ont proposé dans un premier temps en réponse à la question initiale (quand on actionne l'interrupteur la lampe s'allume) pour la bonne question (qu'est ce qui se passe dans le circuit quand on actionne l'interrupteur). D'autre part il lève la confusion concernant le rôle de l'interrupteur observée chez certains élèves lors de l'expérience : l'interrupteur ne provoque pas le courant, l'interrupteur laisse passer le courant donc la lampe s'allume.

Ainsi, l'initiation du jeu 3.5 par le professeur au cours de la correction fait un lien avec l'activité effective des élèves lors de la phase du travail en petits groupes qui a donné lieu à une confusion chez certains élèves sur les rôles de l'interrupteur et de la pile et prépare la présentation du bilan qui introduit le rôle de l'interrupteur (jeu 3.7). Ce jeu 3.5 assure un lien explicite et une continuité entre les trois phases. Dans la phase de travail de l'activité le savoir en jeu est au niveau des faits observables : quand on actionne l'interrupteur, la lampe s'allume. Dans la phase de correction, ces faits observables sont expliqués et recadrés : quand on actionne l'interrupteur, le courant peut passer donc la lampe s'allume. Et dans la phase du bilan le savoir est institutionnalisé et généralisé : 'un interrupteur permet d'ouvrir ou de fermer le circuit'. Dans cette phrase on définit l'interrupteur par sa fonction dans le circuit, donc on peut considérer qu'il y a une conceptualisation. Le mot 'interrupteur' ici représente une classe d'objets mais pour les élèves il pourrait s'agir seulement de la définition de l'objet qu'ils ont manipulé.

3. Jeu 10.7 : répondre à la question entre deux lampes différentes liées successivement à une même pile, laquelle brille plus (Durée 0 :0 :50)

Ce jeu très court se situe dans la séance 10. Il est initié par le professeur au moment de la correction de l'activité 3.1 « les lampes brillent-elles toutes autant ? » du chapitre 3 : « les effets du courant électrique » (Figure 7). Ce jeu ne fait pas partie des questions de l'activité. Dans l'activité on demande aux élèves de prévoir et de vérifier si toutes les lampes brillent autant ou pas, on ne leur demande pas de préciser ou de prévoir laquelle brille plus (Figure 7).

Activité 3.1: les lampes brillent-elles toutes autant ?

On se propose de comparer le fonctionnement de différentes lampes.
On va brancher successivement ces lampes aux bornes d'une même pile.

1. A ton avis brilleront-elles toutes autant ?
2. Fais l'expérience. Que constates-tu ?

On va brancher successivement une même lampe aux bornes de différents générateurs.

3. A ton avis, brillera-t-elle autant à chaque fois ?
4. Fais l'expérience. Que constates-tu ?
5. La lampe comporte-t-elle des indications te permettant de prédire son fonctionnement ?

Figure 7: Activité 3.1 - Chapitre 3 : les effets du courant électrique

Après la correction des questions 1 et 2 (jeu 10.6), le professeur initie le jeu 10.7. L'enjeu de ce jeu est d'introduire l'idée de proximité entre les indications de la lampe et de la pile. Cette idée est présentée par le professeur comme un moyen pratique pour prévoir le comportement de la lampe (Les tours de parole TDP sont ceux de transcription complète la séance S10 donnée en annexe 6) :

(TDP 310-322) (0 :31 :48.9)
P : alors si je prends euhh vous avez deux ampoules 6 volts et 10 volts c'est laquelle qui va briller plus (0 :31 :57.9)
Els : 6 volts, 10 volts, 12, 6 volts 6 volts c'est la 10 (0 :32 :04.8)
P : (à un élève devant lui) 2.5 ah ouais il y avait une erreur lors deeee (0 :32 :12.7)
P : c'est laquelle qui brille le plus alors ? c'est 6 volts (0 :32 :15.5) d'accord et votre pile fait combien (0 :32 :17.8) qu'est ce qui est marquée sur la pile (0 :32 :18.9) sur la pile qu'est ce qui est marquée comme
Els : 6 volts
P : SUR LA PILE
Els : [inaud.]
P : 4.5 volts alors c'est quoi le plus proche ?
Els : 6
P : 6 volts

Dans cet extrait, en introduisant l'idée de proximité, le professeur enrichie le milieu dans la mesure où cette idée devient opératoire : elle sera utilisée ultérieurement pour choisir des piles et des lampes

Pourquoi l'introduction de l'idée de proximité ?

Dans l'activité telle qu'elle a été présentée aux élèves il n'y a pas l'idée de proximité, mais cette idée est présente dans le document du professeur. Sous un paragraphe intitulé « commentaires sur le savoir à enseigner et informations sur le contenu disciplinaire » correspondant à cette activité, les concepteurs incitent le professeur à faire remarquer aux élèves la notion de proximité :

> « Les notions de tension, intensité et puissance sont hors programme. Par contre on peut faire remarquer aux élèves que les indications chiffrées en volts inscrites sur la pile et sur les lampes doivent être proches pour permettre un bon fonctionnement des lampes et de la pile »

3.1 Etude de la topogenèse

Au cours du jeu 10.7, le professeur détient du savoir. Il fait participer les élèves dont les interventions sont très courtes juste pour assurer l'avancement du savoir. Il les guide fortement pour parvenir aux réponses attendues.

3.2 Est-ce que ce jeu a été gagné ou pas ?

L'idée de proximité a été introduite par le professeur. Et comme le montre les extraits de transcriptions qui ont suivi cette introduction (ci-dessus), les élèves qui réagissent aux exemples du professeur donnent les bonnes réponses (entre trois lampes 2V, 6V et 10V pour une pile de 4,5 V la lampe de 6V est la plus adaptée), ce qui manifeste une compréhension au moins partielle du savoir en jeu relatif à la proximité. Mais dans de tels jeux où seulement quelques élèves interviennent, on peut toujours se demander si tous les élèves de la classe ont compris et appris le savoir en jeu. Pour cela il est difficile de juger si ce jeu est gagné ou pas pour tous les élèves. Cependant nous pouvons supposer qu'il est gagné au moins pour les élèves qui ont réagi à l'exemple du professeur. On peut noter que cette idée de « proximité » des valeurs indiquées sur les lampes et sur la pile se situe au niveau du sens commun avec un raisonnement du type « plus c'est proche, mieux ça marche », dans cette situation une conceptualisation relative au

fonctionnement de circuit électrique pile-ampoules n'est pas nécessaire pour réussir. Cependant si on situe ce jeu dans l'évolution du savoir au cours de la séquence, la conceptualisation de la proximité en termes d'adaptation permet de rendre compte d'un aspect du fonctionnement de l'ensemble du circuit.

Nous allons étudier dans ce qui suit, l'importance de ce jeu et comment son enjeu va servir dans l'avancement et le développement du savoir. Pour cela nous utilisons notre analyse en facettes pour voir si l'idée de proximité est reprise plus tard hors du jeu 10.7 et est reliée à l'idée d'adaptation. Il ressort que l'idée de proximité des indications des tensions de la pile et de la lampe est reprise au moment du bilan (jeu 10.10) et dans la séance suivante (jeu 11.7). Or, le texte du bilan n'introduit pas l'idée de proximité mais utilise celle d'adaptation (Figure 8).

Bilan 3.1
Les générateurs mettent en circulation un courant électrique suivant le dipôle branché à leurs bornes.
Pour certaines lampes, la pile chauffe et donc risque de se détériorer. Si on ne veut pas que la pile chauffe et se détériore rapidement, il est important de choisir une lampe adaptée à la pile utilisée.

Figure 8: Bilan 3.1 - Chapitre 3 : les effets du courant électrique

Pour expliquer la deuxième phrase du bilan le professeur donne aux élèves un exemple impliquant l'idée de proximité :

(TDP 396-403) (0 :40 :54.1)
P : pour certaines pour certaines lampes virgule la pile chauffe et donc risque de se détériorer pour certaines lampes la pile chauffe et donc risque de se détériorer (0 :41 :28.6) dans quel cas par exemple ? (0 :41 :31.2)
El : quand on la laisse trop de temps allumée (0 :41 :35.5)
P : si je vous donne une lampe avec des indications 2 volts si vous la mettez avec aux bornes d'une pile de 405 volts qu'est ce qui va se passer ? (0 :41 :46.8)
Els : explosion - elle va briller - ça va fumer (0 :41 :48.9)
P : eh ben elle va chauffer voilà c'est ce cas-là elle va chauffer

Dans l'exemple donné par le professeur le mot « proche » n'est pas prononcé, mais l'idée de proximité (ou non proximité) est présente par l'exagération de la différence entre les indications de la pile et celles de la lampe (lampe de 2 volts liée à une pile de 405 volts).

Notons que dans cet exemple le professeur est tellement concentré à transmettre cette idée de non proximité, qu'il ne se rend pas compte que cette exagération de différence entre les indications de la pile et de la lampe rend son exemple non pertinent. En fait, la pile dans ce cas

ne va pas chauffer puisque la lampe sera presque instantanément détruite. De plus le professeur ne réagit pas aux remarques des élèves et ne les prend pas en compte alors qu'elles pourraient être pertinentes (explosion, ça va fumer).

Le professeur poursuit ses explications en donnant un autre exemple explicitant le lien entre l'idée de proximité liée au monde pratique des objets et des événements et l'idée plus théorique d'adaptation :

(TDP 409-420) (0 :42 :18.0)
P : si on ne veut pas que le pile chauffe et se détériore rapidement il est important de faire quoi ? voilà le mot clé de votre bilan
EL : choisir une lampe adaptée à la pile (0 :42 :38.2)
P : voilà et vous allez souligner deux fois le mot adaptée une lampe adaptée
EL : il est important (0 :42 :45.2)
P : il est important de choisir une lampe adaptée à la pile utilisée
P : si je vous donne une lampe 2 volts une lampe 6 volts et une lampe 10 volts avec une pile 4.5 volts laquelle il faudra utiliser ? (0 :43 :08.0)
Els : 6 volts (0 :43 :09.1)
P : laquelle qui sera la mieux adaptée plus adaptée ?
Els : 6 volts
P : 6 volts

Dans la séance suivante (séance 11), l'idée de proximité des indications de la pile et celles de la lampe sera reprise car une partie de l'activité sera retravaillée en utilisant un générateur électrique. En changeant la tension aux bornes du générateur électrique, les élèves voient plus facilement le changement dans la luminosité de la lampe. Dans la séance 11, le professeur explicite le lien entre la proximité ou plutôt l'égalité entre les indications de la lampe et de la pile et le fonctionnement normal de la lampe. (Les tours de parole TDP sont ceux de transcription complète la séance S11 donnée en annexe 6)

(TDP 275-283) (0 :28 :36.3)
P : alors il y a 6 volts il y a 3.5 volts est ce qu'il y a d'autres type de de d'ampoules ? Avec des indications différentes ? non ?
El : non (0 :28 :46.5)
P : alors si on veut la brancher qu'est-ce qu'il faut prendre ? Comme générateur (0 :28 :52.0)
El : 6 6 (0 :28 :55.3)
P : alors 6 volts pour les uns et vous ? (0 :28 :57.4)
El : 3.5 (0 :28 :58.5)
P : 3.5 si vous voulez que la lampe fonctionne fonctionne comment ? NORMALEMENT d'accord (0 :29 :07.7)

Ainsi comme le montre les exemples ci-dessus, l'initiation du jeu 10.7 a bien servi la suite de l'enseignement. Son enjeu de savoir (l'idée de proximité) qui a été repris au moment du bilan a créé une continuité entre la phase de correction et la phase du bilan. Il a servi pour établir le lien entre la pratique (indications proches ou égales) et la théorie (adaptation pile/ lampe) qui est présentée dans le bilan (Figure 8).

Les deux jeux que nous venons d'analyser présentent des caractéristiques communes. Le professeur adapte le savoir enseigné aux élèves, enrichi le milieu tout en gardant l'enjeu prévu du savoir. Dans le premier cas le professeur prend en compte le fonctionnement des élèves durant le travail en petit groupe lors de la mise en commun et reprend à partir des propositions des élèves l'idée du fonctionnement du circuit. Dans le deuxième cas, le professeur utilise l'idée de proximité, facilement reprise par les élèves et facilite ainsi leur accès à celle d'adaptation. Ainsi le professeur introduit des liens entre éléments de savoir tout en gardant l'enjeu prévu du savoir.

4. Jeu 12.2 : expliquer si l'affirmation suivante est toujours juste : quand on mélange deux isolants on obtient un nouveau isolant (Durée 0 :0 :56)

Ce jeu n'a pas été joué jusqu'au bout car il y a eu un glissement de ce jeu vers le jeu 12.4 : « *dire comment rendre l'eau plus conductrice* ». Le jeu 12.2 représente la question de l'exercice A (Figure 9) qui était un devoir à faire à la maison et qui a été repris dans la classe pour la correction. L'enjeu de ce jeu est de déduire du tableau fourni un contre-exemple qui rejette l'affirmation proposée. D'après le tableau les élèves peuvent déduire que l'eau seule est un isolant car la lampe est éteinte, de même pour le sel et que l'eau salée est un conducteur car la lampe est allumée. Ces déductions permettent de généraliser qu'en mélangeant deux isolants on n'obtient pas forcément un nouvel isolant. Notons que la notion de matière isolante ou

conductrice n'a pas été introduite dans la classe avant la correction de ce devoir. Donc les élèves ont eu un premier contact avec cette notion au moment du travail de l'exercice à la maison.

Exercice A (devoir du livre de physique)
A l'aide d'un testeur électrique une élève réalise successivement trois expériences sur la substance suivante : eau seule, sel et eau salée. Elle réunit les résultats de ses tests dans un tableau :

Substance testée	Etat de la lampe
eau seule	éteinte
sel	éteinte
eau salée	allumée

Expliquez si l'affirmation suivante est toujours juste : quand on mélange deux isolants on obtient un nouveau isolant ?

Figure 9: consigne de l'Exercice A

4.1 Pourquoi y a-t-il eu un glissement de ce jeu ?

Au début de ce jeu, un élève de la classe demande au professeur si l'eau est un isolant ou pas. Par cette question l'élève initie un nouveau jeu, jeu 12.3 (*dire si l'eau est un isolant ou un conducteur*). Le professeur prend en considération la question de l'élève et le jeu sera joué dans la classe. En fait, savoir que l'eau est un isolant d'après le tableau de l'exercice est une étape pour pouvoir répondre à la question principale de l'exercice. Donc le jeu 12.3 peut être considéré comme un jeu d'appui pour le jeu principal 12.2.

Or il se passe qu'à la fin du jeu 12.3 le professeur introduit un nouvel élément de savoir dans la classe en disant que l'eau est légèrement conductrice. (Les tours de parole TDP sont ceux de transcription complète la séance S12 donnée en annexe 6).

(TDP 59-67)
P : (…) en fait en réalité on vous dit pas tout ici l'eau est légèrement conducteur d'accord ? J'ai dit légèrement d'accord? c'est à dire que euhh si par exemple il vous arrive on regardera ça quand on verra les quels sont les risques engendrés par des défauts des circuits électriques d'une manière générale les dangers électriques on verra que si vous avez un souci un petit problème dans la salle de bain par exemple si vous avez souvent vous avez les mains ou les pieds ou les deux d'ailleurs dans le cas le plus grave si vous avez si vous êtes mouillés

d'une manière générale ben vous serez beaucoup plus conducteur que si vous êtes euh vous avez le corps sec d'accord? Donc il est légèrement conducteur hein ? D'accord

Le nouvel élément de savoir introduit par le professeur est contradictoire avec les données de l'activité, ainsi cette introduction non prévue pour l'activité crée une rupture du milieu nécessaire pour réaliser l'activité. En considérant l'eau comme légèrement conductrice, le jeu 12.2 est invalidé car on ne mélange plus deux isolants mais un isolant (le sel) et un élément légèrement conducteur (l'eau). Cette incompatibilité entre le nouvel élément de savoir (eau légèrement conductrice) et la question principale de l'activité (jeu 12.2) entraine le professeur à abandonner totalement le jeu12.2 et à initier un nouveau jeu 12.4 : « *dire comment rendre l'eau plus conductrice* ». Ceci conduit à un glissement du jeu 12.2 vers le jeu 12.4. Le jeu 12.4 est cohérent avec le savoir introduit par le professeur et il remplace le jeu 12.2.

(TDP 67-81) (0 :09 :31.2)
P : Alors on peut rendre l'eau encore plus conductrice dans quelle condition ? Alors vas-y (0 :09 :31.2)
El : L'eau salée
P : Chuut on laisse votre camarade finir ou
El : quand l'eau salée c'est là où l'état de la lampe elle est allumée
P : Attends (0 :09 :47.9)
P : vas-y poursuis
El : En fait mélanger l'eau et le sel donc l'état de la lampe sera allumé (0 :10 :14.3)
P : Donc l'eau salée est ? (0 :10 :16.2)
El : Ben l'eau salée est l'eau et le sel
P : plus conductrice que ?
El : que l'eau et le sel
P : que l'eau tout simplement d'accord parce que l'état de la lampe on vous dit dans le tableau lorsque l'eau est salée l'état de la lampe est allumée ça veut dire qu'il y a un courant qui circule

4.2 Etude de la topogenèse

Au cours de la phase de correction, le professeur a la responsabilité du savoir. Il présente une position topogénique haute au cours du jeu 12.2 lorsqu'il introduit un nouveau savoir non prévu pour l'activité et lorsqu'il initie le jeu 12.4 et abandonne le jeu 12.2.

Même au cours du jeu 12.4 (extrait de transcription ci-dessus TDP 67-81), le professeur guide les élèves par ses interventions et ses questions pour aboutir au savoir qu'il veut (l'eau salée est plus conductrice que l'eau).

4.3 Etude de savoir en jeu

Le glissement du jeu principal (12.2) vers le jeu proposé par le professeur (12.4) semble diminuer la généricité et modifier la vie du savoir dans la classe. En effet, de nouveaux éléments de savoir qui n'étaient pas prévus apparaissent (l'eau est légèrement conductrice, on peut rendre l'eau plus conductrice en ajoutant du sel), et un élément de savoir prévu n'existe pas (en mélangeant deux isolants on n'obtient pas toujours un nouvel isolant). Le changement de milieu ne se limite pas aux éléments de savoir, mais aussi aux stratégies utilisées par les élèves pour la construction du nouveau savoir. Dans le jeu prévu par l'activité, les élèves doivent faire appel à la notion de circuit et de courant électrique : le courant électrique circule dans un circuit fermé, si la lampe ne brille pas donc le circuit est ouvert et la matière est isolante. Ensuite ils doivent déduire que le cas de l'eau salée est un contre-exemple qui nie l'affirmation proposée et le généraliser en disant qu'en mélangeant deux matières isolantes on n'obtient pas forcément une troisième matière isolante. Or le jeu proposé par le professeur est plus simple, il suffit de comprendre que l'eau salée est conductrice (d'après le tableau) pour déduire que l'eau déjà légèrement conductrice devient plus conductrice en lui ajoutant de sel. Ce nouveau jeu, ne peut pas conduire à une généralisation ou à une règle sur les combinaisons de deux isolants, il s'agit seulement d'une exploitation du cas particulier de l'eau. Donc nous pouvons considérer que le savoir prévu initialement par l'activité est plus général que celui présenté par le jeu du professeur.

On peut supposer que le changement fait par le professeur est lié à une question de sécurité. L'eau du robinet est légèrement conductrice, et donc il peut être dangereux d'affirmer aux élèves que l'eau est isolante car à ce niveau d'enseignement la différence entre l'eau pure (distillée) et l'eau du robinet n'est pas faite. Notre argument de sécurité est renforcé par l'intervention du professeur dans le tour de parole (0 :08 :29.7, TDP 59-67) déjà cité ci-dessus où la sécurité est évoquée.

5. Jeu 12.12 : proposer une explication de la situation en utilisant l'analogie des camionnettes

Ce jeu se situe dans la séance 12 dans le thème « Le court-circuit de la pile et ses effets » (Tableau 10, chapitre IV). Au cours de la séance 12, le professeur reprend l'activité 3.2 (Figure 10). Il a voulu faire un petit rappel du contenu de l'activité avant de présenter le bilan correspondant, considérant que cette activité a été travaillée la séance passée. Or en réalité seulement les questions 1, 2 et 3 ont été travaillées au cours de la séance passée (les questions 4, 5 et 6 n'ont pas été travaillées).

Le jeu 12.12 correspond à la question 6 de l'activité 3.2 (Figure 10). Il a seulement été proposé par le professeur (en reprenant les questions de l'activité) sans être joué dans la classe, il n'a donc pas de durée. Son enjeu est de trouver une explication, en utilisant l'analogie des camionnettes, au fait que la lampe ne brille pas (lampe reliée à une pile qui a été court-circuitée pour un moment). Or il y a eu un glissement « implicite » de ce jeu vers le jeu 12.13 « *dire à quoi peut correspondre une pile déchargée dans l'analogie des camionnettes* ».

5.1 Pourquoi y a-t-il eu un glissement de ce jeu ?

Dans l'activité 3.2 on demande de court-circuiter une pile pendant 10 min, ensuite on relie une lampe à cette pile. La lampe ne brille pas. A la question 6 les élèves doivent expliquer *la situation (la lampe ne brille pas)* par le fait que la pile est usée en utilisant éventuellement l'analogie des camionnettes.

Activité 3.2 : Que se passe-t-il pour une pile quand on relie ses bornes par un fil de connexion ?

Sur la paillasse du professeur, il y a une pile et un fil. Le professeur relie les bornes de la pile avec le fil.

1. Fais le schéma du montage réalisé
2. Selon toi, que va-t-il se passer quand les bornes de la pile seront reliées par le fil ?

Le professeur fait l'expérience.

3. Que constates-tu au niveau de la pile ?

On maintient les bornes de la pile reliée par un fil de connexion pendant une dizaine de minutes. On retire le fil et on branche ensuite une lampe aux bornes de cette pile.

4. Que risque-t-il de se passer ?

On fait l'expérience.

5. Ta prévision était-elle exacte ?
6. Est-ce que tu peux proposer une explication en t'aidant éventuellement de l'analogie du circuit des pains ?

Figure 10: Activité 3.2 - Chapitre 3 intitulé « quelques effets du courant électrique »

Or le déroulement de la correction des questions précédentes de l'activité, fait que cette *situation* a été déjà expliquée avant d'arriver à la question 6 :

En effet, la relation de cause à effet « lorsqu'une pile est court-circuitée, elle se décharge » qui représente l'enjeu de l'activité, a été établie et introduite dans la classe par un élève au moment de la correction de la question 2 et reprise par le professeur au moment de la correction de la question 3 (Les tours de parole TDP sont ceux de transcription complète la séance S12 donnée en annexe 6) :

(TDP 187-193) (0 :18 :46)
P : Deux selon toi la question que va-t-il se passer quand les bornes de la pile sont reliées par le fil (0 :18 :53.4) qu'est-ce que vous avez mis qu'est-ce qu'on a dit ?
El : elle se décharge (0 :18 :58.8)
P : elle se décharge et surtout elle
El : chauffe
P : elle chauffe très bien

(TDP 195-198) (0 :19 :15.1)
P : trois que constates tu au niveau de la pile ?
P : qu'est que vous avez mis là ?
El : les lames chauffent
P : les lames qui chauffent ouais on a dit elle se décharge bon

Notons que l'élément de savoir 'la pile se décharge' proposé par un élève change le milieu prévu de l'activité dans le sens où il introduit la conclusion de l'activité comme une évidence. Ceci conduit à changer la chaine de causalité entre les éléments de savoir : le fait que la lampe

ne brille pas devient une conséquence de la pile déchargée. Cette causalité est introduite dans la classe au moment de la reprise de la question 4 de l'activité :

D'autre part, le fait que la lampe ne brille pas parce que la pile est déchargée a été

(TDP 198-216) (0 :19 :35.8)

P : on maintient les bornes de la pile reliées par un fil de connexion une dizaine de minutes voilà alors nous on l'a fait rapidement c'est pas ça pas d'importance vous avez vu l'effet quand même le résultat on retire les fils et on branche ensuite une lampe aux bornes de cette pile qu'est-ce qu'on a mis ? (0 :19 :52.2)

El : la lampe brille

P : la lampe

El : brille

P : t'es sure ?

El (autre élève) : non elle va griller (0 :20 :00.2)

P : tu m'as dit tout à l'heure qu'est-ce que tu m'as dit tout à l'heure ?

El : la pile chauffe

P : chauffe et tu m'as dit autre chose

El : la pile elle se décharge (0 :20 :07.2)

P : alors même déchargée elle va pouvoir faire briller alimenter une une ampoule ? C'est possible ça ? C'est pas bien cohérent donc la bonne réponse c'est quoi ? (0 :20 :18.0)

El : la lampe ne va pas briller (0 :20 :19.8)

P : ahhh elle ne peut pas briller parce qu'elle est déchargée il y a plus rien d'accord ce qui reste un petit peu cohérent avec ce qu'on a dit avant hein ? D'accord

De plus, dans la question 6, on demande aux élèves d'expliquer avec l'analogie des camionnettes la situation sans la spécifier. Or, vu le déroulement de la correction, les élèves et le professeur ne réfèrent pas le mot 'situation' au fait que la lampe ne brille pas mais comprennent le jeu d'une autre façon. Ils jouent pour expliquer ce qui peut être l'équivalent d'une pile déchargée dans l'analogie des camionnettes. Ce qui conduit à ce qu'on a appelé un glissement implicite du jeu 12.12 au jeu 12.13 « *à quoi correspond une pile déchargée dans l'analogie des camionnettes* ». Le nouveau jeu s'intègre dans le milieu de la classe et il est compatible avec l'élément de savoir (la pile est déchargée) introduit et le déroulement de la correction.

(TDP 237-249) (0 :22 :03.7)

P : est-ce tu peux proposer une explication en t'aidant éventuellement de l'analogie du circuit des pains (0 :22 :22.3) alors qu'est-ce que vous pouvez dire dans l'analogie ?

El : ben la pile c'est la boulangerie elle ne fabrique plus de pains
P : alors toi tu assimiles la pile à la boulangerie ouais ouais alors qu'est ce qui se passe ? (0 :22 :34.1) Allez va jusqu'au bout deeee (0 :22 :36.3)
El : la boulangerie ne peut plus fabriquer le pain donc il y a plus de voitures qui tournent
P : donc toi tu nous proposes un accident quelconque pour raisons diverses donc la la boulangerie elle ne peut pas produire du pain oui pourquoi pas donc à partir de .. Donc il y a plus de collecte de pains il y a plus émission de pains donc la chaine elle est rompue elle est ouverte quelque part le circuit est ouvert oui pourquoi pas si vous avez d'autre analogies (0 :23 :10.9) bon allez on sort même des des cadres des camionnettes est ce que vous avez un exemple à nous donner qui exprime bien ce fait

5.2 Quel changement crée le glissement de ce jeu ?

Le but de cette activité est de présenter aux élèves deux effets du court-circuit de la pile : l'échauffement lors du court-circuit et le déchargement de la pile qui sera déduit par expérience (la lampe ne brille pas).

Notre analyse en facettes (tableau 11 ci-dessous) montre que ces deux éléments de savoir ont été introduits dans la classe au cours de la correction de cette activité.

F(E) : - quand les bornes de la pile sont reliées par un fil elle se décharge (2) - quand les bornes de la pile sont reliées par un fil elle/ les lames chauffe/chauffent (3) **- la lampe ne va pas briller (lampe reliée aux bornes de la pile dont les bornes ont été reliées par un fil pour 10 min)** - quand la pile est chargée il y a un courant qui tourne - (…) F (P) : - quand les bornes de la pile sont reliées par un fil elle se décharge **- la lampe ne peut pas briller car la pile est déchargée** **(…)** F (P+E) : **- on maintient les bornes de la pile reliées par un fil de connexion une dizaine de minutes, on retire les fils et on branche une lampe aux bornes de la pile, la lampe ne brille pas car la pile est déchargée** **(…)**

Tableau 11: extrait du tableau de facettes au cours de la correction de l'activité 2.3 (facettes nouvelles en gras)

Ainsi en ne considérant que notre analyse de facettes il apparaît que le but de l'exercice (en termes d'éléments de savoir à introduire) est accompli.

Or la différence qu'a engendrée ce phénomène de glissement ne porte pas sur les éléments de savoir mais se situe dans la façon dont ils ont été introduits ou construits.

L'élément de savoir, '*une pile court-circuitée se décharge*' est supposé être construit par les élèves par le jeu 12.12 en établissant une relation entre les faits observables et le fonctionnement du circuit électrique. Mais, l'expérience proposée dans l'activité (relier une lampe à une pile déjà court-circuitée) n'a pas été faite dans la classe. Dans cette expérience les élèves auraient dû voir que la lampe ne brille pas. Pour expliquer cette situation (la lampe ne brille pas) avec l'aide de l'analogie des camionnettes, ils auraient dû faire appel à la notion de circuit électrique et déduire que la lampe ne brille pas donc le courant ne circule pas ce qui implique que la pile ne met en circulation aucun courant donc la pile est déchargée. Et, comme cette pile était bien chargée avant de la court-circuiter, les élèves auraient dû déduire que *si on court-circuite une pile, elle se décharge*. Ainsi, selon la séquence cet élément de savoir est supposé être construit par les élèves en passant de l'expérience (observation que la lampe ne brille pas avec une pile déjà court-circuitée dans le monde des objets et des événements) à la théorie.

Or à cause du glissement, le jeu 12.12 n'a pas été joué et les élèves n'ont pas construit le savoir prévu « *si on court-circuite une pile, elle se décharge* ». Comme le montre l'extrait de transcription ci-dessus (TDP 198-216), le fait inobservable 'la pile est déchargée (qui aurait dû être prouvé) a été utilisé comme une donnée pour en déduire logiquement que la lampe ne brille pas. De cette façon, l'élément de savoir prévu par la séquence n'a pas été construit, les élèves savent par logique et par expérience dans la vie de tous les jours que si on utilise une pile déchargée la lampe ne brille pas.

Cette analyse nous montre comment les actions du professeur et des élèves ont ensemble modifié la vie du savoir dans la classe. Les élèves ont joué un rôle important dans cette évolution en introduisant l'idée de déchargement qui a été prise en compte par le professeur. Nous avons résumé dans la figure ci-dessous (Figure 11) la vie du savoir tel qu'elle a été prévue par la séquence et la vie du savoir effective dans la classe :

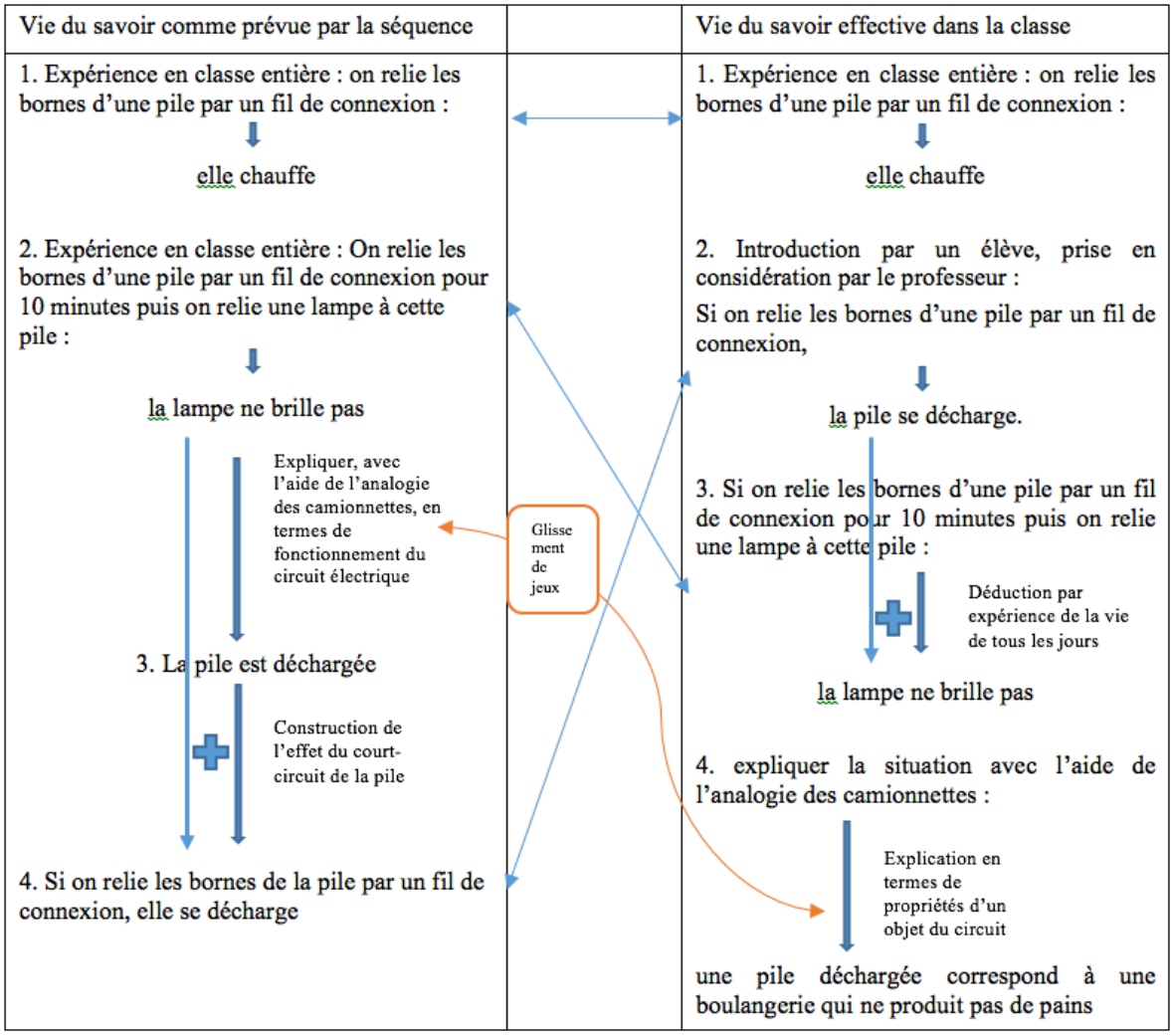

Figure 11: illustration de la vie de savoir prévue et effective pour l'activité 3.2

Le figure ci-dessus nous montre comment les actions du professeur et des élèves ont affecté le déroulement du savoir dans la classe. L'ordre d'introduction des éléments de savoir et le type de liens entre les éléments de savoirs ont changé. Le déchargement de la pile qui est supposé être construit par les élèves à la fin de l'activité se trouve introduit bien avant par une réponse d'un élève. Les liens construits dans la classe entre les éléments de savoirs sont beaucoup plus simples (comme par exemple le lien de déduction simple) que les liens prévus dans l'activité. Le glissement de jeu a conduit à un changement relativement important du point de vue du savoir : au lieu d'expliquer en termes de fonctionnement du circuit, les élèves ont expliqué la situation en termes de propriétés d'un objet du circuit.

Nos analyses montrent que les deux jeux (12.2 et 12.12) présentent des caractéristiques communes. Comme pour les deux premiers jeux, le professeur prend en compte les propositions des élèves (jeu 12.12) ou des consignes des sécurités (savoir commun : l'eau conduit un peu).

Mais cette prise en compte, se fait au détriment de la cohérence du savoir prévu : l'étude du fonctionnement du circuit comme un ensemble. En effet dans le premier cas, le professeur enlève aux élèves l'opportunité de construire l'élément de savoir prévu (la pile se décharge) en considérant le fonctionnement du circuit comme un ensemble. De même dans le deuxième cas, les élèves auraient dû faire appel au fonctionnement du circuit comme un ensemble pour déduire du tableau que l'eau et le sel sont des isolants alors que l'eau salée est conductrice. Dans les deux cas, le professeur introduit une modification du milieu par l'introduction d'un nouvel élément de savoir ou par la modification de la logique prévue de l'enchaînement des éléments de savoir.

6. Jeu 11.5 : « relire et expliquer le bilan précédent 3.1» et Jeu 11.7 : « reprendre ce qui a été fait dans l'activité 3.1 »

Les deux jeux 11.5 et 11.7 ont lieu au cours de la séance S11 (Tableau 10, chapitre IV), leur enjeu est de reprendre un travail fait à la séance précédente concernant l'adaptation pile lampe. Pour comprendre pourquoi le professeur a initié ces jeux et a voulu reprendre ce qui a été déjà enseigné nous allons analyser ce qui s'est passé au moment du travail de l'activité 3.1 (les lampes brillent-elles toutes autant ?) au cours de la séance S10 (voir le texte de l'activité 3.1Figure 7).

En effet, au cours de la résolution de l'activité 3.1 (adaptation pile-lampe) (jeu 10.4), les élèves devaient relier deux ampoules différentes à une même pile, puis essayer de relier une même lampe à deux piles différentes et observer la brillance des lampes. Or en passant entre les rangs le professeur s'aperçoit que les élèves n'arrivent pas à relier l'ampoule à la pile (TDP 105-158, Transcription séance S10, Annexe 6). Nous remarquons d'après les questions des élèves lors du passage du professeur que leur problème était surtout avec la pile de 9V, qui n'est pas facile à manipuler pour la relier avec l'ampoule sans son support. En plus, il n'y avait pas de piles plates pour tous les binômes. De ce fait un grand nombre d'élèves n'arrivent pas (surtout dans

la deuxième expérience qui consiste à relier une lampe à deux piles différentes) à relier les ampoules aux piles et à travailler l'activité pour en construire un savoir et avancer dans la réalisation de leur activité.

Donc deux problèmes au cours du travail de cette activité apparaissent :

- Un problème de décalage entre ce qui est supposé être appris et ce qui est appris en réalité : le savoir 'comment relier une ampoule à une pile', a été enseigné à la première séance de la séquence et est supposé être appris par les élèves or au moment de la résolution de l'activité les élèves ont des difficultés à réutiliser ce savoir indispensable à l'avancement et à la construction de nouveaux savoirs.
- Un problème de décalage entre le matériel nécessaire pour l'activité et le matériel disponible dans la classe, surtout pour pouvoir travailler la deuxième expérience et échanger deux piles avec une même lampe. Nous pensons que si l'ampoule avait été présentée dans son support, ou si tous les élèves avaient eu accès à une pile plate, le problème aurait été simplifié pour les élèves.

Le professeur fait alors un premier acte de recalage en arrêtant le travail de l'activité pour faire un rappel en classe entière de comment relier une lampe à une pile (jeu 10.5 : se rappeler comment relier une lampe à une pile). Il demande même à un élève de montrer à un autre binôme comment il faut faire pour réussir à faire briller l'ampoule. Il demande ensuite aux élèves de poursuive leur travail, puis passe à la correction et présente le bilan de l'activité.

Bien évidemment, le rappel n'était pas suffisant pour résoudre les problèmes des élèves car il reste principalement le problème de matériel.

Alors, à la séance suivante (séance S11) le professeur réalise un deuxième acte de recalage, il introduit un nouveau matériel : le générateur électrique (Jeu 11.4 : prendre connaissance du nouveau matériel le générateur électrique et le décrire). D'ailleurs il dit aux élèves reconnaissant le problème de matériel : « *alors j'ai un petit souci avec les piles donc à partir de maintenant je crois qu'on va abandonner les piles puisque d'abord on les a pas tout le temps deuxième ils sont fragiles hein vous avez pu vous rendre compte que les lames se cassent facilement donc je crois qu'on va à fur et à mesure les abandonner un petit peu* » (TDP 115-118, Transcription séance S11, Annexe 6)

Ensuite le professeur demande aux élèves de relire le bilan de l'activité 3.1 sur l'adaptation pile/ lampe (jeu 11.5). Puis il initie le jeu 11.7 et leur demande de retravailler ce qui a été fait dans l'activité 3.1 en utilisant le générateur électrique. Avec le générateur électrique les élèves

relient une lampe et change la tension aux bornes du générateur et remarquent la différence dans la façon dont la lampe brille. Ils ont pu alors construire l'élément de savoir supposé être construit la séance passée : « une même lampe liée à deux piles différentes ne brille pas autant ». Ici l'action du professeur a permis de recaler avec un changement de matériel ce qui est supposé être travaillé et ce qui est effectivement travaillé par les élèves. Le professeur a réduit cet écart en introduisant un nouveau matériel qui a permis de retravailler les expériences comme prévues. Ceci a permis aux élèves de construire l'élément de savoir prévu pour l'activité et a créé une continuité avec la suite de l'enseignement notamment l'idée d'adaptation.

7. Résumé et conclusion

Ce chapitre a porté sur l'étude des effets des pratiques de classe sur la vie du savoir dans la classe. Cette étude se fonde principalement sur notre analyse en jeux présentée dans le Tableau 10du chapitre précédant. L'étude du tableau nous a permis de repérer des jeux 'particuliers' qui nous ont parus intéressants du point de vue du déroulement de la vie du savoir. Nous avons catégorisé ces jeux en trois cas différents : cas des jeux qui apparaissent au cours de la correction de l'activité et qui ne correspondent pas aux questions de l'activité, cas de glissement de jeux et cas des jeux ré-initiés dans des séances ultérieures.

Notre analyse des jeux 'particuliers' a montré comment en prenant en considération de manière pertinente ou non l'activité effective des élèves en situation, l'action du professeur affecte la vie du savoir et peut conduire à augmenter ou diminuer la cohérence et la continuité du savoir. D'une part, dans le cas du jeu 3.5 où le professeur a pris en considération l'activité effective des élèves lors du travail de l'activité, il a pu recaler un décalage entre ce qui a été réalisé par les élèves et demandé dans l'activité, ce qui a conduit à un élargissement du savoir des élèves. De même, dans le cas du jeu 11.7, le professeur a pris en considération l'activité effective des élèves qui ne parvenaient pas à relier la lampe à la pile. Leur souci provenait surtout d'un manque de matériel et d'une difficulté à manipuler le matériel disponible. L'action du professeur lors de la séance suivante (qui introduit un nouveau matériel disponible pour tous les binômes et leur demande de retravailler l'expérience de l'activité) a permis aux élèves de construire l'élément de savoir prévu et a conduit à un élargissement de leur savoir avec l'introduction d'un nouvel appareil électrique.

D'autre part, dans le cas du jeu 12.2, le professeur a négligé le travail effectif des élèves réalisé quand ils ont fait le devoir à la maison. En plus, son action (l'introduction d'un nouvel élément de savoir) qui modifie le contrat en changeant la donnée de l'exercice, n'a pas permis à l'élément de savoir prévu « la règle de généralisation » d'être construit.
De même, dans le cas du jeu 12.12, l'activité effective des élèves (le fait qu'ils n'ont pas réalisé une partie de l'activité) n'a pas été vérifiée par le professeur. L'action du professeur qui fait une utilisation non pertinente d'un élément du milieu (la réponse de l'élève), a enlevé l'occasion aux élèves d'établir des liens de généralisation et de causalité.

Ainsi l'analyse détaillée de ces jeux nous a permis de voir qu'ils ont conduit à deux types d'écarts avec la séquence du point de vue de la vie du savoir, et que l'action du professeur *in situ* est à l'origine de ces écarts. Dans ces deux types d'écart le professeur prend en compte au moins partiellement l'action des élèves, ce qu'ils font et disent. Cependant ces deux écarts conduisent à des modifications très différentes du savoir dans la classe :
- un écart qui correspond à un élargissement du savoir par rapport la séquence initiale, tout en maintenant le savoir qui était a priori l'enjeu de l'enseignement. Ainsi ce type d'écart renforce la continuité du savoir car le professeur introduit de nouveaux éléments qui sont à la fois cohérents et reliés explicitement avec le savoir visé. Ces éléments permettent aux élèves de s'approprier plus aisément ce savoir.
- un écart qui correspond à un manque par rapport à ce qui est prévu dans la séquence. Dans ce type d'écart, le professeur ne prend pas effectivement en compte l'activité antérieure des élèves et comme dans le cas précédent, il introduit de nouveaux éléments à partir des propositions des élèves et/ou à partir de son propre point de vue. Sauf que dans ce cas, ces nouveaux éléments créent une rupture avec le milieu et peuvent diverger des autres éléments du savoir enseigné.

Cette étude de jeux particuliers nous conduits à faire une proposition plus générale de deux phénomènes d'évolution du savoir dans la classe.
Dans un cas il y a un élargissement du savoir autour d'une notion, les nouveaux éléments de savoirs sont en cohérence et continuité avec les autres éléments déjà introduits, on peut dire qu'il y a densification du savoir dans l'espace de la notion.
Dans l'autre cas, les liens autour de la notion ne sont pas établis. D'autres éléments de savoirs sont introduits sans lien ou par des liens lointains avec l'enjeu de savoir ; on peut dire qu'il y a une dispersion du savoir dans l'espace de la notion.

Dans le chapitre suivant nous nous centrons un peu plus sur la vie du savoir et nous présentons une analyse de la continuité du savoir en étudiant les liens entre les différents moments de son introduction.

CHAPITRE VI

ETUDE DE LA CONTINUITE DU SAVOIR

Dans ce chapitre nous présentons une étude de la continuité du savoir dans la séquence analysée.

Comme nous l'avons présenté dans notre cadre théorique la continuité du savoir est établie grâce à des liens créés entre éléments de savoir, méthode, procédure ou discussions à propos de ces éléments, qui peuvent avoir été en jeu à différents moments de leur enseignement.

D'après les travaux que nous avons cités dans notre cadre théorique ainsi que notre analyse dans le chapitre précédent nous pouvons distinguer plusieurs aspects de la continuité :

- Une continuité entre les éléments du savoir enseigné. Cette continuité peut être établie à plusieurs échelles temporelles :
    - Une continuité entre les éléments de savoir-enseigné au sein d'une même activité.

- Une continuité entre les éléments de savoir-enseigné d'une activité à l'autre, ou d'une séance à l'autre. Ce type de continuité est à une échelle temporelle plus large et crée une continuité dans la séquence comme un ensemble.

➢ Une continuité entre les éléments du savoir familier pour les élèves et les éléments de savoir scientifique.

Pour pouvoir étudier ces différents aspects de la continuité nous avons choisi de l'aborder à l'échelle de l'activité, avec ses différentes phases. Notre choix d'étudier la continuité par activité à partir des phases didactiques est fondé sur plusieurs raisons. D'une part, notre étude nécessite un niveau d'échelle temporelle suffisamment élevé pour suivre les évolutions dans la vie du savoir. La structure en activité nous semble particulièrement adaptée car le savoir enseigné est institutionnalisé à la fin de chaque activité ce qui constitue une étape explicite dans la progression du savoir enseigné. D'autre part, comme nous allons le décrire dans les paragraphes suivants, la nature du savoir en jeu change d'une phase à l'autre en particulier du fait de la différence de milieux tout en visant, si on suppose qu'il y a continuité et cohérence du savoir, le même savoir institutionnalisé lors la dernière phase (bilan). Nous avons jugé bien intéressant de suivre les nouveaux éléments de savoir et d'étudier leur continuité au cours de leur développement à travers ces phases.

Pour effectuer cette étude, nous nous appuyons sur nos analyses précédentes en termes de jeu ainsi que sur l'analyse microscopique en facettes qui permet de distinguer les nouveaux éléments de savoir introduits à chaque moment, des éléments de savoirs réutilisés.

Notre but est d'analyser le développement du savoir au cours de la séquence. Nous avons donc tenté de caractériser les liens qui sont établis dans la classe entre les éléments de savoir en jeu dans chaque phase et entre les phases ainsi que les facettes du point de vue du fonctionnement du savoir. Pour cela nous situons les liens et les facettes dans la modélisation : sont-ils relatifs au niveau des théories et à des modèles, à celui des objets et événements ou à leurs relations ? (Tiberghien et al., 2009).

En ce qui concerne les facettes, nous les situons du point de vue de l'activité épistémique qu'elles mettent en œuvre. Pour cela nous nous inspirons des tâches épistémiques (El Sowayssi, 2005 ; Malkoun, 2007) que nous avons adaptées à notre étude comme nous le précisons ci-dessous. Le Tableau 12 présente les tâches épistémiques choisies (colonne types de facettes). Nous avons précisé les tâches afin de rendre compte de leur fonction dans le développement du savoir. Ainsi la tâche « définition » qui joue un rôle important dans cette séquence a été le plus

souvent précisée. Par exemple, il peut s'agir de la définition d'un nouveau mot comme borne, pôle, etc. ou d'un concept, ou encore d'une définition fonctionnelle comme « le générateur permet de mettre en circulation un courant électrique ». Ici le générateur est défini par sa fonction de mise en circulation. Il y a également des définitions procédurales comme « un court-circuit est quand on relie les deux bornes d'une pile directement par un fil de connexion ». Nous avons également précisé le type de description car son utilisation est diverse. La comparaison et la généralisation sont spécifiées selon les niveaux de modélisation. La « relation causale » correspond le plus souvent à une explication, nous avons spécifié sa fonction pour chaque occurrence.

Type de facette	**Précision du type de facette**
Définition	d'un nouveau mot d'un concept fonctionnelle procédurale
Description	d'un objet / événement d'un montage d'une procédure fonctionnelle – des conditions de fonctionnement en termes de concepts opératoire d'un concept effet d'une action
Interprétation	se situe dans le monde des objets / évènements se situe dans le monde des théories/ modèles utilise une relation entre les deux mondes
Prédiction	se situe dans le monde des objets / évènements se situe dans le monde des théories/ modèles établit une relation entre les deux mondes
Comparaison	se situe entre objets / évènements se situe entre des éléments du monde des théories/ modèles établit une comparaison entre des éléments de chacun des mondes
Catégorisation	se situe dans le monde des objets / évènements se situe dans le monde des théories/ modèles
Relation causale (fonction explicative)	se situe dans le monde des objets / évènements se situe dans le monde des théories/ modèles établit une relation entre les deux mondes
Passage entre unités de mesure	

Tableau 12: Les différents types de facettes

Concernant les liens entre éléments de savoir, nous avons cherché à caractériser des tâches qui sont particulièrement en jeu dans « l'élargissement du savoir », comme la généralisation, l'extension du champ d'application, l'extension d'un modèle (Tableau 13).

Nous présentons et expliquons dans le tableau suivant les principaux types de liens que nous utilisons dans notre analyse :

Types de lien	Nature du lien
Généralisation par catégorisation	Il s'agit d'une généralisation qui se fait par le passage d'un objet à sa classe d'objets
Généralisation	Généralisation par passage d'une situation matérielle spécifique à une définition d'un concept (qui permet d'interpréter ou de caractériser la situation).
Conceptualisation	Passage d'objets/événements ou d'une catégorie d'objets/événements à un concept ou relation entre concepts
Elargissement du champ d'application	
Extension d'un modèle	
Autres Passages …	- d'un langage quotidien à un langage scientifique - d'une description d'une situation matérielle à une relation causale entre objets et événements - d'une relation causale à une définition en termes de concepts - d'une comparaison de caractéristique d'objet à un concept ou une relation entre concepts
Explication	- explication de faits observables - explication scientifique en termes de concepts
Validation	
Reprise/Rappel de facettes déjà introduites	

Tableau 13 : Nature des liens entre les facettes

Dans ce chapitre nous rappelons tout d'abord les phases et leur rôle dans l'évolution du savoir. Ensuite nous présentons une étude de la continuité du savoir pour chacune des activités que nous avions sélectionnées.

1. Différentes phases de la vie du savoir dans la classe

Comme nous l'avons présenté dans les chapitres précédents, la séquence étudiée a été pensée de façon à commencer l'enseignement par une activité qui sera réalisée en petits groupes, ensuite cette activité sera corrigée en classe entière avant de présenter un bilan qui institutionnalise le savoir.

Pour la vie du savoir dans la classe, cette forme d'enseignement a imposé un processus particulier structuré en phases didactiques. D'après nos analyses et notre compréhension du contrat établi dans la classe nous avons abouti à une description de ce processus.

Le tableau ci-dessous (Tableau 14) résume les différentes phases didactiques que chacun des professeurs a suivies au cours des séances analysées.

Professeur P1		**Professeur P2 (Professeur remplaçant)**	
Séance / Phases didactiques		**Séance / Phases didactiques**	
S1	Gestion du travail de la classe	S10	Gestion du travail de la classe
	Introduction de l'activité 1.1 :« *faire briller une ampoule avec une pile* »		Introduction de l'activité 3.1 :« *les lampes brillent-elles toutes autant ?* »
	Travail de l'activité en binômes		Travail de l'activité en binôme
	Mise en commun et correction de l'activité		Rappel
	Bilan 1		Suite travail de l'activité 3.1
S2	Gestion du travail de la classe		Mise en commun et correction de l'activité 3.1
	Mise en commun et correction du devoir		Bilan 4
	Suite du bilan 1		Introduction de l'activité 3.2 :« *que se passe-t-il pour une pile quand on relie ses bornes par un fil de connexion*»
	Introduction de l'activité 1.2 :*« le support de la lampe »*		Travail de l'activité 3.2
	Travail en groupe de l'activité 1.2	S11	Gestion du travail de la classe
	Mise en commun et correction de l'activité 1.2		Travail de l'activité 3.2
	Rappel		Rappel
	Bilan 2		Introduction d'un nouveau matériel
	Exposé (présentation de l'analogie)		Reprise du bilan 4
S3	Rappel analogie		Introduction d'une activité par le professeur

	Introduction de l'activité 1.3 : « *le rôle de l'interrupteur »*		Travail de l'activité proposée par le professeur
	Suite rappel		Travail de l'activité 3.2
	Travail de l'activité 1.3		Mise en commun et correction de l'activité 3.2
	Mise en commun et correction de l'activité 1.3		Gestion du travail des élèves
	Bilan 3	S12	Gestion du travail de la classe
	Gestion du travail de la classe		Mise en commun et correction du devoir exercices A- B
			Reprise/ correction activité 3.2
			Bilan 5
			Travail d'une activité proposée par le professeur en classe entière
			Travail de l'exercice 3.1 distribué aux élèves

Tableau 14: Suite des phases didactiques dans les séances analysées

1.1 Phase de travail de l'activité en binômes

Au cours de cette phase, qui suit la présentation de l'activité en classe entière, les élèves travaillent en binômes ; le matériel correspondant est distribué au début de cette phase ; les élèves suivent les questions des activités et font les expériences demandées pour construire de nouvelles idées. Ainsi, le milieu matériel ainsi que l'organisation de la classe par groupes sont essentiels dans l'activité.

Comme nous l'avons montré dans les analyses des jeux dans les chapitres précédents, dans la très grande majorité des cas, les analyses des vidéos montrent que le professeur est en position de réticence, il passe entre les rangs pour vérifier le travail des élèves et leur avancement et les aider en cas de difficultés. Nous considérons que ses interventions avec les binômes sont d'ordre privé en comparaison avec celles en classe entière. L'idée est que chaque élève (binôme) parvienne à construire de nouvelles idées en réalisant l'activité avec si nécessaire l'aide du professeur (qui, à priori, ne doit pas être directe sur le savoir en jeu). Mais parfois le professeur fait des interventions en classe entière au cours du travail des binômes. En général ces interventions ne sont pas liées au savoir en jeu dans l'activité mais portent sur la gestion du travail des élèves. Elles sont sous forme de remarques pour respecter les consignes (dessins au crayon papier) ou pour s'assurer du déroulement de l'activité comme prévu (avant d'essayer vous me montrer les dessins) ou encore pour gérer le temps de l'activité et l'avancée des élèves

(« je veux voir des crayons à l'œuvre »). Ainsi, dans cette classe, le contrat établi est que, dans un binôme, les élèves discutent pour se mettre d'accord sur une même réponse
La phase prend fin quand le professeur annonce le passage à la phase suivante. Il juge la durée *in situ* suivant l'avancement des élèves dans l'activité.
Donc au cours de cette phase, la situation de classe, avec le texte de l'activité, le matériel, les consignes, l'organisation, doit conduire les élèves à construire des éléments de savoir, des raisonnements, etc. correspondant au savoir visé. En particulier l'analyse et la discussion des résultats de l'expérience entre les binômes aident et dirigent les élèves dans la construction de leurs nouvelles idées. Notons qu'à priori ces idées seront liées à la situation particulière présentée par l'activité. En général il n'y a pas de discussion (autour du savoir) en classe entière entre les élèves et le professeur durant cette phase.

1.2 Phase de mise en commun et correction de l'activité

Comme nous l'avons déjà présenté, il s'agit de la phase de mise en commun et de la validation des idées ou des éléments de savoir que les élèves ont pu construire au cours de la phase de travail de l'activité. Les idées construites par les élèves sont discutées publiquement en classe entière. Le professeur valide les bonnes idées et les explique aux élèves. En général il appuie ses explications sur les résultats de l'expérience et les savoirs déjà enseignés et dirige la classe vers le savoir qui est l'enjeu de l'activité.
Au début de cette phase, parfois le professeur demande à certains élèves de noter leurs réponses sur le tableau. Ces réponses peuvent être vraies ou fausses par rapport au savoir visé, ils seront évalués par le professeur.

1.3 Phase du bilan

Rappelons que cette phase est principalement celle de l'institutionnalisation. Le texte du bilan institutionnalise le savoir le plus important à retenir du travail des activités. Il représente le savoir de la physique. Cependant notre analyse a montré que le bilan a aussi été utilisé pour

introduire de nouveaux éléments de savoir surtout au début de la séquence. C'est le cas d'éléments de savoir qui ne sont pas traités au cours des activités.
De manière générale, au cours de la phase de bilan, le savoir est généralisé, il est considéré comme enseigné, et doit à priori être appris par les élèves.

1.4 Phase de Rappel

Notons que les trois phases (réalisation de l'activité, mise en commun et correction de l'activité et bilan) de la vie du savoir que nous venons de présenter ne sont pas exclusives. Le savoir passe aussi par des phases de rappel. Mais les phases de rappel sont aléatoires contrairement aux trois autres phases du processus que nous avons décrit ci-dessus. Parfois les rappels sont initiés au début de la séance et sont alors un moment de test de la compréhension des élèves. Parfois au milieu du travail de l'activité ou, avant le début d'une activité le professeur fait un rappel d'une notion qu'il juge importante et nécessaire pour le développement du savoir en jeu. Au cours de ces phases, le savoir déjà enseigné est en général repris ou réexpliqué. Mais nous avons rencontré des moments où un savoir déjà enseigné a été développé au cours de cette phase.

Le tableau présenté ci-dessus (Tableau 14) montre comment chez le professeur P1 les 3 phases décrites sont bien suivies régulièrement : au cours de chaque séance nous retrouvons une activité, qui est présentée aux élèves, travaillée en binôme et corrigée en classe entière ; à la fin le bilan correspondant est introduit. Donc il semble que ce professeur suive la séquence comme prévue à priori par les concepteurs.
Chez le professeur P2 (professeur remplaçant), nous retrouvons cette suite de trois phases mais avec une moins grande régularité. Par exemple l'activité 3.2 introduite à la séance 4, travaillée et corrigée à la séance S5 est reprise pour être institutionnalisée lors de la présentation du bilan 5 (bilan de l'activité 3.2) au cours de la séance S6. Donc la suite des phases a été bien respectée mais étendue sur plusieurs séances. Nous remarquons aussi que le professeur P2 n'hésite pas à proposer des activités qu'il travaille en classe entière avec les élèves ce qui n'est pas le cas pour le professeur P1 (au moins pour les séances qui ont été analysées).

2. Quelle continuité entre les différentes phases didactiques ?

Nous présentons dans ce paragraphe nos analyses de la continuité du savoir par activité suivant les phases didactiques.

Comme nous l'avons déjà précisé, nous effectuons cette étude dans deux intervalles : entre la phase de mise en commun / correction et la phase de travail en groupe qui précède et entre la phase du bilan et les deux phases précédentes. Dans les deux cas nous étudions la continuité entre les facettes des phases mais aussi par rapport aux éléments de savoirs déjà introduits (dans les activités et/ ou séances précédentes).

Pour chaque phase nous présentons un tableau récapitulant les facettes en jeu, leur type et pour la phase du bilan la nature des liens entre les facettes de l'activité.

Notons que dans les tableaux présentés dans ces études, l'intitulé des facettes correspond à des citations prises du discours de la classe et non pas à l'intitulé 'formel' que nous avons mis dans le catalogue des facettes. Dans certains cas les facettes extraites du discours ont à la même formulation que celles nous avons utilisées, nous mettons alors le numéro de la facette en gras. Nous avons fait ce choix pour refléter au mieux le développement du savoir et être le plus proche possible de la situation effective dans la classe. Si nous prenons par exemple la facette f1.3 : au cours de la phase de mise en commun cette facette a été énoncée de la façon suivante « pour faire briller la lampe il faut relier une partie de la lampe au côté de la pile marqué plus et l'autre partie de la lampe sur l'autre côté marqué moins » ; dans la phase du bilan la même facette sera présentée de la façon suivante : « pour que l'ampoule brille, ses deux bornes doivent être reliées aux deux bornes de la pile ». Même si ces deux énoncée correspondent à la même facette, nous pouvons voir comment cet élément de savoir s'est développé au cours de la séance. Dans ce cas, il s'agit toujours d'une facette description mais parfois même le type de la facette change selon la façon dont elle a été énoncée.

2.1 Activité 1.1 : « Faire briller une ampoule avec une pile »

Rappelons que dans l'activité 1.1 : '*faire briller une ampoule avec une pile'*, les élèves doivent faire deux dessins montrant comment il faut relier une lampe à une pile plate et à une pile ronde pour que la lampe brille (voir texte de l'activité Chapitre IV, §2.1.1, figure 4). Ensuite ils peuvent essayer avec le matériel à leur disposition et voir si leurs dessins sont vrais ou pas et pourquoi. Le matériel distribué comprend une ampoule, une pile plate, une pile ronde et trois fils de connexion.

Nos enregistrements vidéo montrent qu'au cours de la phase de travail en groupes, la majorité des élèves sont parvenus à faire briller la lampe surtout avec la pile plate. Le professeur a fait passer les piles plates qui fonctionnent entre tous les binômes (il n'y avait pas un nombre suffisant de piles plates qui fonctionnent). Suite à des questions de la part des élèves, le professeur fait deux interventions en classe entière précisant aux élèves qu'ils ne choisissent pas la couleur des fils et qu'ils peuvent ne pas se servir de fils de connexion.

2.1.1 Phase de mise en commun / Correction de l'activité 1.1

Le tableau ci-dessous montre qu'il y a cinq nouvelles facettes et une facette réutilisée au cours de la phase de mise en commun/correction de l'activité 1.1 (Tableau 15) :

Phase de mise en commun / correction de l'activité 1.1	Type de facette
Nouvelles facettes	
f 1. 3 : pour faire brille la lampe il faut lier une partie de la lampe au côté de la pile marqué plus et l'autre partie de la lampe sur l'autre côté parqué moins	Description du montage Obj-ev
f 5.1 : la lampe a deux parties différentes	Description Obj-Ev
f 5.2 : la vis est la partie (borne) dorée autour de l'ampoule	Définition d'un mot Obj-Ev
f 5.3 : le plot est la partie métallique inférieure de la lampe	Définition d'un mot Obj-Ev
f 10.1 : les deux parties de la pile plate s'appellent les lames	Définition d'un mot Obj-Ev
Facette réutilisées	
f1.2 : on peut relier la lampe à la pile sans utiliser les câbles	Description Obj-Ev

Tableau 15: Facettes produites au cours de la correction de l'activité 1.1

Toutes les facettes introduites sont des descriptions et des définitions de mots, toutes dans le « monde objet/événement » (Tableau 15). L'activité 1.1 est la première activité dans la séquence, et il n'y a pas une présentation mettant en jeu du savoir avant l'activité. Ceci peut expliquer pourquoi il n'y a qu'une facette réutilisée (f1.2) qui correspond à l'intervention que le professeur a faite en classe entière au cours de la phase de travail en petits groupes. Elle a été reprise au cours de la phase de mise en commun /correction de l'activité par un élève qui décrit comment il a relié la lampe à la pile sans fils de connexion.

Parmi les nouvelles facettes de savoir introduites, il y a une facette (f1.3) liée à la description de comment il faut relier la lampe à la pile pour faire briller la lampe. Or, comme nous l'avons déjà précisé, un grand nombre d'élèves sont parvenus à relier la lampe à la pile au cours de la réalisation de l'activité. Donc nous pouvons considérer qu'à priori cet élément de savoir a déjà été construit par une majorité d'élèves au cours de la phase de travail de l'activité, mais c'est au cours de la phase de mise en commun/correction qu'il est verbalisé dans le discours de la classe. A ce stade cet élément de savoir est vraisemblablement « en acte » les élèves savent réaliser le montage mais ne le verbalise pas dans les termes de la physique, comme nous le verrons dans le bilan.

En fait à la fin de la phase de travail - début de la phase de mise en commun le professeur demande à un élève (binôme B.) de dessiner au tableau la réponse qu'il a trouvée avec son binôme. Nous pouvons supposer que le dessin fait par l'élève au tableau représente des éléments de savoir qu'il a construits avec son binôme au cours de la phase de travail de l'activité. En décrivant le dessin de l'élève qui fait arriver une partie de la lampe à une partie de la pile et l'autre partie de la lampe à l'autre partie de la pile, le professeur explique aux élèves comment il fallait faire pour relier la lampe à la pile. Par son discours le professeur valide la réponse du binôme B.

> (TDP 532-536)
> P : (…) (0 : 41 :25.4) donc Barbara nous fait arriver une des parties sur un côté de la pile celui où il y a marqué le moins et l'autre côté leeeeeeeee dessous de la lampe sur l'autre côté de la pile où il y a marqué le plus est-ce c'est bon pour ça ? (0 : 41 :41.6) c'est comme ça que ça fonctionne donc si vous n'avez pas fait ça c'est normal que ça n'ait pas fonctionné

Le dessin de l'élève est un élément du milieu privé (du binôme ayant produit ce dessin) de la phase précédente qui est transmis dans le milieu de la classe dans la phase de mise en commun/correction. Par sa demande de mettre le dessin au tableau pour le partager avec la classe, le professeur assure une continuité entre les milieux des deux phases (au moins pour le binôme et tout autre élève qui a fait un dessin semblable).

Les trois autres nouvelles facettes dans le tableau 2 (f5.2, f5.3, f10.1), introduisent les noms en physique des différentes parties de la lampe et de la pile (vis, plot et lame). Les élèves qui ont réussi à faire briller la lampe, ont vraisemblablement construit au cours du travail de l'activité l'idée qu'il y a différentes parties de la lampe et de la pile mais ne savent pas les noms de ces

parties. En fait, l'élève qui a décrit à la classe comment il a relié avec son binôme la lampe à la pile sans utiliser les fils de connexions a désigné les parties de la lampe par ce qui est en dessous et ce qui est autour, et les lames de la pile par plus et moins.

(TDP 544-552) (transcription séance S1, Annexe 6)
El : aussi on pouvait faire sans câble sans câble on mettait sur le sur le moins on mettait le truc sur le moins après on mettait leeeee sur le plus (0 :42 :22.3)
P : alors oui (0 :42 :23.6)
E : ce qui est autour (0 :42 :24.6)
P : alors ce qui est autour on va l'appeler ce qui est autour de l'ampoule la partie un peu dorée on va l'appeler la vis la vis toute la partie dorée de l'ampoule (0 :42 :35.7)
E : alors ce qui était en dessous on y mettait sur le moins la vis on y mettait on y penchait sur le sur le plus et après bon ça marchait (0 :42 :43.8)
P : et après ça fonctionnait

Dans cet échange nous remarquons la façon dont le professeur utilise la description de l'élève pour introduire les nouveaux éléments de savoir (nom en physique des parties de la lampe et de la pile, lame, vis et plot). Par cette pratique le professeur assure une continuité entre les milieux des deux phases et un développement des éléments de savoirs construits par les élèves (la lampe et la pile ont deux parties différentes) vers un savoir but de l'activité (vis, plot, lame). La continuité ici est construite par un lien de passage d'un langage familier à un langage plus scientifique.

Nous pouvons considérer d'après cette étude entre la phase de travail de l'activité et la phase de mise en commun/correction, qu'il y a une continuité entre les éléments de savoir. En effet, cette continuité est assurée par une référence à un même ensemble d'objets dont on change le nom des parties, en passant d'un langage familier à un langage plus scientifique.

La continuité est renforcée par le partage des expériences des élèves, faites lors de la phase de travail en binôme, avec l'ensemble de la classe lors de la mise en commun en particulier grâce au dessin et son explicitation.

2.1.2 Phase du bilan de l'activité 1.1

Après la correction de l'activité 1.1, le professeur projette le bilan. Les facettes introduites au cours de la phase de bilan sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 16).

Facettes qui permettent des liens entre les phases d'une même activité			
Phases 'travail en binôme' et 'mise en commun' activité 1.1	**Lien**	**Phase bilan activité 1.1**	**Type de facette**
- f5.1 : la lampe a deux parties différentes - f5.2 : la vis est la partie dorée de l'ampoule - f5.3 : le plot est la partie métallique inférieure de la lampe -f10.1 : les deux parties de la pile s'appellent les lames	Généralisation par catégorisation : définition (Rel Obj/Ev et Th/Mod)	- f7.1 : La vis et le plot de l'ampoule, les deux lames de la pile plate sont des parties métalliques qu'on appelle des bornes.	Définition (de borne) par l'exemple (Obj/Ev)
		- f7.4 : La forme des bornes dépend de l'appareil.	Description (Obj/Ev)
		- f7.3 : en électricité on nomme une borne pôle	Définition d'un nouveau mot (Th/Mod)
- f5.1	Généralisation par catégorisation (Obj/Ev)	- f8.1+ f5.1 : les appareils que l'on utilise comme la lampe sont appelés dipôles	Définition d'un nouveau mot par l'exemple (Obj/Ev)
- f5.2 - f5.3 - f10.1 - f1.3	Passage à un langage plus scientifique (Obj/Ev)	- f1.3 = f5.2+f5.3+f10.1+f1.3 : pour faire briller une ampoule à l'aide d'une pile plate, il faut utiliser la vis et le plot de la lampe et les deux lames de la pile. On doit relier la vis à une lame et le plot à l'autre lame.	Description d'une procédure (Obj/ Ev)
- f1.3 : pour faire briller la lampe il faut relier une partie de la lampe au côté de la pile marqué plus et l'autre partie de la lampe au côté de la pile marqué moins - f1.2 : on peut relier la lampe à la pile sans utiliser les câbles	Généralisation par catégorisation (Obj/Ev)	- f1.3 : pour que l'ampoule brille, ses deux bornes doivent être reliées aux deux bornes de la pile - f7.5 : on peut relier deux bornes en les mettant en contact l'une avec l'autre - f7.6 : ou par l'intermédiaire d'un fil	Description d'une procédure (Obj/ev)
	Passage « imposé » d'une relation de cause à effet en Obj-Ev à une relation entre concepts (générateur-courant électrique) (Rel Obj/Ev-Th/mod)	- f4.1 : pour interpréter le fait que la lampe brille, les physiciens disent qu'elle est traversée par un courant électrique mis en circulation (généré) par un générateur	Interprétation (Rel Obj/Ev-Th/mod)
	Généralisation par catégorisation (Obj/Ev)	- f9.2 : dans ce montage la pile joue le rôle de générateur	Rel Obj/Ev

Tableau 16: Facettes introduites dans le bilan 1.1 et facettes correspondantes déjà introduites au cours de la séance
En gras correspond à l'intitulé utilisé dans le catalogue des facettes
En normal correspond à des extraits de citations du discours de la classe

Comme le montre le tableau ci-dessus (Tableau 16), au cours de la phase de bilan, il y a eu introduction de la notion de borne (f7.1). Cette introduction présente une continuité avec les éléments de savoir introduits au cours de la phase précédente (lame, vis et plot), établie par un lien de « généralisation par catégorisation ». En effet rappelons que dans notre analyse en termes de jeu (Chapitre IV) nous avons pointé que les mots vis, plot, lame sont des catégories

des différentes parties de la lampe et de la pile qui permettent une première généralisation, celle-ci est suivie d'une autre généralisation avec l'introduction du mot borne.
L'introduction de la notion de borne permet un développement de la facette f1.3. Il s'agit toujours d'une facette description dans le monde des objets et des évènements, mais la forme de la facette présentée dans la phase précédente est valable seulement pour la pile plate (utilisation du mot lame), alors que dans le bilan la nouvelle forme de la facette est valable pour tout type de pile (on parle de borne). Donc nous pouvons dire que cet élément de savoir présente une continuité construite par l'utilisation d'un langage plus scientifique (borne) et par un lien de généralisation par catégorisation.
Par contre l'introduction du concept de courant électrique (facette 4.1) n'est pas en lien direct avec les éléments de savoir déjà construits aux cours des deux phases précédentes. Ce concept a été imposé pour interpréter le fait que la lampe brille. Le lien présente un saut dans le passage d'une relation de cause à effet entre objet et événement à une relation entre concepts (courant et générateur). Il y a aussi un écart entre cette interprétation et le travail effectif des élèves lors de la manipulation des objets électriques et la réalisation du montage. Ni l'activité ni la phase de correction n'ont favorisé la construction de cette interprétation en termes de concepts. Elle est prise en charge seulement par le bilan.

Nous avons résumé le fonctionnement du savoir au cours de cette activité dans la figure ci-dessous :

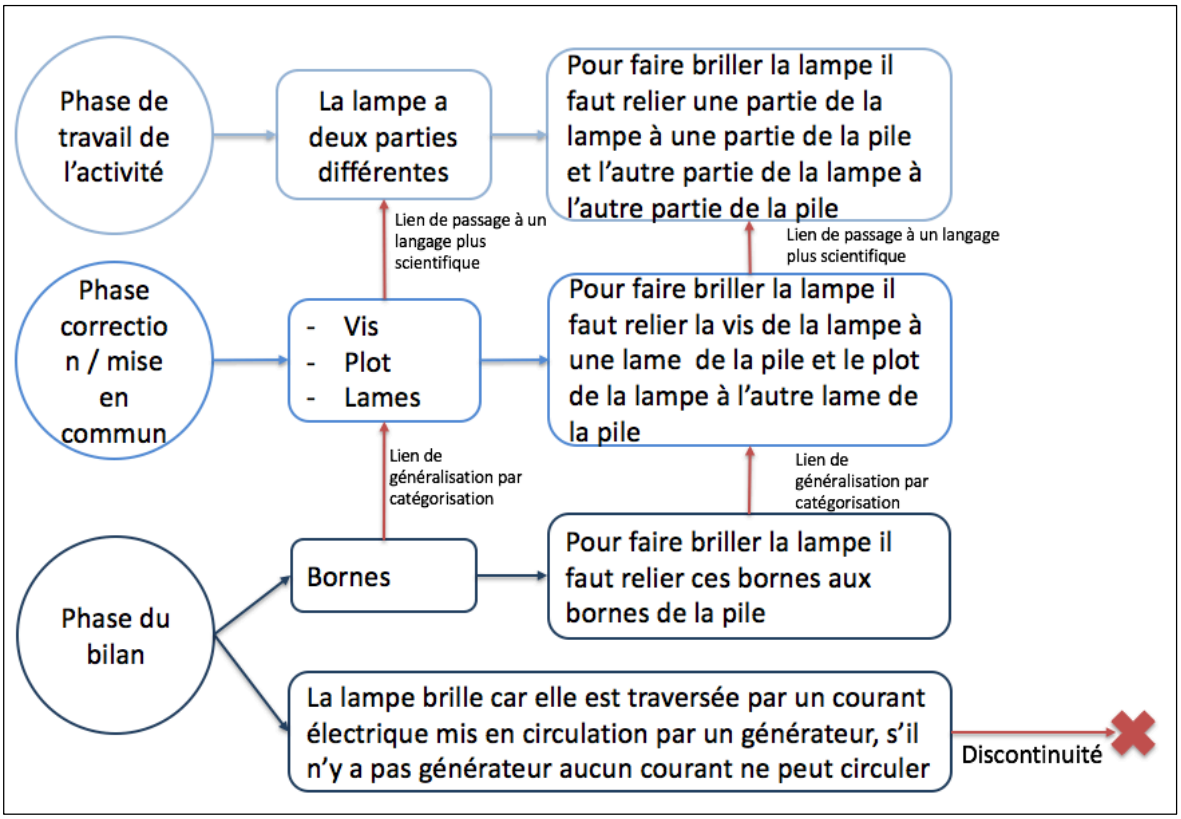

Figure 12: Fonctionnement du savoir activité 1.1

2.2 Activité 1.2 : « Le support de la lampe »

L'activité 1.2 (Figure 13) demande seulement à l'élève de faire briller la lampe sans la tenir avec le matériel distribué. Le matériel consiste en un support de lampe, une pile, une ampoule et 2 fils de connexion.

En revanche, d'après le document du professeur cette activité a un objectif plus large, celui de justifier l'utilisation d'un support pour la lampe, d'examiner sa conception et d'introduire le concept de circuit électrique. Ce document demande au professeur de prendre soin de ne pas considérer le support comme une boîte noire mais de faire noter aux élèves que chacune de ses bornes est bien connectée par des fils aux bornes de la lampe. L'utilisation du support nécessite de recourir à deux fils. Cela permet de visualiser une boucle et ainsi d'introduire le concept de circuit de façon plus convaincante qu'avec les montages de l'activité 1.1 (montage d'une lampe reliée directement à la pile sans fil de connexion). Ainsi, après avoir introduit le concept de

circuit à la fin de l'activité, le professeur doit revenir sur les montages de l'activité 1.1qui sont eux aussi des circuits.

Donc au cours de la phase de travail en binôme les élèves doivent seulement réussir à faire le montage pour faire briller la lampe sans compréhension du fonctionnement du support de la lampe. En revanche, l'expérience permet de visualiser une boucle qui sera comme point d'appui pour introduire le concept de circuit électrique sans que nécessairement ce concept soit construit par les élèves.

Activité 1.2 :

Faites briller l'ampoule sans la tenir avec le matériel devant vous.

Figure 13: Consigne de l'activité 1.2

2.2.1 Phase de mise en commun /correction de l'activité 1.2

Phase de mise en commun/correction de l'activité 1.2	Type de facette
Nouvelles facettes	
f5.4 : les bornes de la lampe permettent de la relier à la pile et à d'autres dipôles	Description fonctionnelle (Obj/Ev)
f6.1 : le support en bois dans le matériel s'appelle un support de la lampe	Définition d'un mot (Obj/Ev)
f6.2 : il y a un fil qui part de chaque côté du support de la lampe	Description (Obj/Ev)
f6.3 : la lampe est formée par l'ampoule et le support de la lampe/ l'ampoule et le support sont les deux parties de la lampe	Description (Obj/Ev)
f6.4 : quand l'ampoule est dans son support ses bornes (vis/plot) sont reliées aux bornes de la lampe	Description (Obj/Ev)
f6.5 : le support a deux parties métalliques	Description (Obj/Ev)
f6.6 : avoir l'ampoule dans son support (la lampe) revient au même qu'avoir l'ampoule toute seule	Comparaison (Obj/Ev)
Facettes réutilisées	
f5.3 : le plot est la borne inférieure de la lampe	Définition d'un mot (Obj/Ev)
f7.1 : les parties métalliques du support sont ses bornes	Définition (de borne) par l'exemple (Obj/Ev)
f7.4 : la forme de la partie métallique n'a pas d'importance ça s'appelle quand même une borne	Description Obj/Ev

Tableau 17: Facettes produites au cours de la correction de l'activité 2.1
En gras correspond à l'intitulé utilisé dans le catalogue des facettes
En normal correspond à des extraits de citations du discours de la classe

Dans cette phase il ne s'agit pas vraiment d'une correction de l'activité mais de la présentation de nouvelles notions (support de la lampe) et de la préparation de la suite du cours (concept de circuit électrique). D'ailleurs le professeur le dit au moment du passage à cette phase :

(TDP 188-189) (0 :29 :44) (transcription séance S2, Annexe 6)

P : vous pouvez donc ranger votre matériel et nous allons faire un petit bilan de ça c'est une toute petite expérience qui nous permet juste de poser quelques notions

Comme le montre le tableau ci-dessus, la plupart des nouvelles facettes introduites au cours de cette phase correspondent aux buts exigés dans le document du professeur :

Les facettes 6.1, 6.3 et 6.5 contribuent à décrire et à expliquer la conception du support de la lampe.

Les facettes 6.2, 6.4 et 6.6 contribuent à décrire comment les bornes de la lampe sont reliées aux bornes du support.

Ces facettes présentent une continuité avec l'activité des élèves lors du travail en binômes par des liens de description de la conception du support de la lampe que les élèves ont manipulé ; il y a passage de l'objet (utilisé et manipulé dans la phase précédente) à sa description dans cette phase. En fait, le professeur reprend le support de la lampe et demande aux élèves de l'examiner et de regarder les fils qui se trouvent à l'intérieur et comment ces fils sont reliés à chaque borne du support.

(TDP 199-207) (transcription séance S2, Annexe 6)

P : ça c'est ce que vous aviez le support en bois et ça s'appelle un support de lampe vous aviez je vous demande de la prendre éventuellement pour si vous ne l'avez pas remarqué mais là il y a une vis au fond en fait vous n'avez absolument pas besoin de parler pour faire ça vous avez une vis au fond et ça vous ne voyez pas forcément mais il y a un fil qui part d'ici et un fil qui part d'ici vous les voyez ces fils ?

Els : oui

P : très bien donc ça ça vous permet quand vous mettez s'il vous plaît quand vous mettez l'ampoule donc ça s'appelle vous recopiez hein ce ce ce petit dessin ça ça s'appelle un support de lampe

Nous trouvons aussi une continuité entre les nouveaux savoirs et les savoirs déjà introduits traduite par la réutilisation des facettes f7.1, f7.4 et f5.3. En fait le professeur assure cette continuité en essayant, lors de son explication et son introduction du nouveau savoir, d'intégrer les éléments de savoir déjà introduits la séance passée. Il fait participer les élèves en les questionnant sur ces éléments.

(TDP 220-231) (0 :33 :55) (transcription séance S2, Annexe 6)

P : (…) pourquoi est-ce qu'on l'appelle borne ce qu'il y a sur le support en bois ? Oui Loïc ?
L : parce que c'est une partie métallique ?
P : exact parce que c'est une partie métallique (0 :34 :05) il y a deux parties métalliques et on s'en fiche hein de la forme de la partie métallique ah ça s'appelle quand même une borne d'accord ? (0 :34 :11) donc la borne de la pile la borne de l'ampoule excusez-moi la borne de l'ampoule qui est ici vous vous souvenez comment ça s'appelle la borne qui est en bas je viens de le dire (0 :34 :20)
El : la vis
P : non justement oui Laura ?
L : le plot
P : le plot.

Donc d'après cette étude nous pouvons dire qu'il y a une continuité à double échelle dans cette phase :

- une continuité au niveau de la séance entre les deux phases de l'activité : au moment de la mise en commun il y a exploitation de la conception du support qui a ses bornes liées à ceux de la lampe, ce qui est en continuité avec le travail de réalisation par les petits groupes qui se fait directement sur le matériel pour monter un circuit. Donc cette continuité est établie par des liens de description du matériel utilisé et du montage réalisé.
- et une continuité à échelle plus large avec la séance précédente avec la reprise des savoirs déjà introduits.

2.2.2 Phase du bilan de l'activité 1.2

Nous présentons dans le tableau suivant les facettent introduites au cours de la phase de bilan en précisant leur type, ainsi que les facettes déjà introduites au cours de la séance qui permettent des liens avec ces facettes.

Facettes qui permettent des liens entre les phases d'une même activité			
Phases 'travail en binôme' et 'mise en commun' activité 1.2	**Lien**	**Phase bilan activité 1.2**	**Type de facette**
-f6.2 : il y a un fil qui part de chaque côté du support de la lampe - f6.4 : quand l'ampoule est dans son support ses bornes sont reliées aux bornes de la lampe - f5.4 : les bornes de la lampe permettent de la relier à la pile et à d'autres dipôles.	Passage d'une description de l'organisation des objets à une description des conditions de fonctionnement avec relation causale (Obj-Ev)	- **f1.4** : pour que la lampe brille il faut que la pile, la lampe et les fils forment une boucle fermée	Description des conditions de fonctionnement avec relation causale (Obj/Ev)
		- f1.4 : si la boucle est ouverte la lampe ne brille pas	Description des conditions de fonctionnement avec relation causale (Obj/Ev)
	Liens f1.4 avec f2.1 (entre facettes bilan) Passage d'une relation causale Obj-Ev à une définition en termes de concepts (Rel Obj/Ev et Th/Mod)	- **f2.1** : un circuit électrique est un ensemble de dipôles reliés les uns aux autres (boucle fermée) et comportant au moins un générateur - f2.1 : le circuit électrique n'est pas des objets précis c'est le fait qu'il y a une boucle fermée	Définition (Th/mod)
		- f2.1 : les montages de l'activité 1 sont aussi des exemples de circuits électriques	Interprétation (Rel Obj/Ev - Th/Mod)
	Passage d'une description et d'une relation causale Obj-Ev à une description conceptuelle	**f2.2** : dans un circuit électrique fermé un courant circule dans la pile, les fils et la lampe	- Description en termes de concepts (Rel Obj/Ev - Th/Mod) propriétés du circuit électrique)
	Reprise de facettes déjà introduites	f 9.1 : le générateur permet de mettre en circulation un courant électrique	Définition fonctionnelle (Th/Mod)
		f9.2 : la pile est un générateur	Catégorisation (Obj/Ev)
		f 4.2 : la pile permet de mettre en circulation un courant électrique	Description fonctionnelle avec une relation causale (Rel Obj/Ev - Th/Mod) (pile-cause déplacement courant)
		f 4.1 : le courant fait briller la lampe	Relation causale (Rel Obj/Ev - Th/Mod) (courant-lampe qui brille)

Tableau 18 : Facettes introduites dans le bilan 1.2 et facettes correspondantes déjà introduites au cours de la séance
En gras correspond à l'intitulé utilisé dans le catalogue des facettes
En normal correspond à des extraits de citations du discours de la classe

Comme le montre le Tableau 18, les éléments de savoirs introduits lors de la mise en commun/correction et ceux présentés au cours de la phase de bilan sont différents.

Les facettes de la mise en commun/correction décrivent les objets de circuits, bornes, ampoule, pile et les fils qui les relient ; en revanche celles du bilan introduisent l'idée de fermeture : « boucle fermée », « circuit électrique fermée », « ensemble de dipôles ».

Pour la facette 1.4, on ne parle plus du support de la lampe, on introduit l'idée de boucle fermée et des conditions de fonctionnement de la lampe. Le lien avec les éléments de savoir de la phase précédente n'est pas fort, il y a un passage d'une description de l'organisation des objets (ampoule dans son support) à une description des conditions de fonctionnement de la lampe : état de la boucle (fermée/ouverte) et l'état de la lampe (brille/ ne brille pas).

La facette f2.1 introduit le concept de circuit électrique. Cet élément de savoir est l'enjeu réel derrière la proposition de cette activité, mais ne présente pas une continuité avec les éléments de savoir déjà introduits aux cours des phases précédentes. Le travail de conceptualisation en termes de circuit électrique fermé semble introduit comme une évidence et pourtant il y a un écart entre la description des objets matériels effectifs du montage utilisés par les élèves et leur conceptualisation, les objets effectifs deviennent alors seulement des représentants d'une classe d'objets. Ce passage là est pris en charge seulement par le professeur.

La facette f2.2 reprend le concept de courant électrique déjà introduit (f4.1) mais cette fois elle n'est pas sous la forme d'interprétation de pourquoi la lampe brille, mais sous forme d'une description des propriétés du circuit électrique. Il y a alors relation entre concepts : circuit et courant.

Cette étude nous permet de dire qu'il n'y a pas une continuité totale entre la phase du bilan et les deux phases précédentes.

Par contre il y a une certaine continuité avec des éléments de savoirs déjà introduits la séance passée établie par la reprise des facettes f4.1, f4.2, f9.1 et f9.2 et le développement du concept de courant (f2.2), mais ce développement n'est pas « nourri » par les éléments de savoir en jeu dans la réalisation de l'activité.

Nous avons résumé le fonctionnement du savoir au cours de cette activité dans la figure ci-dessous :

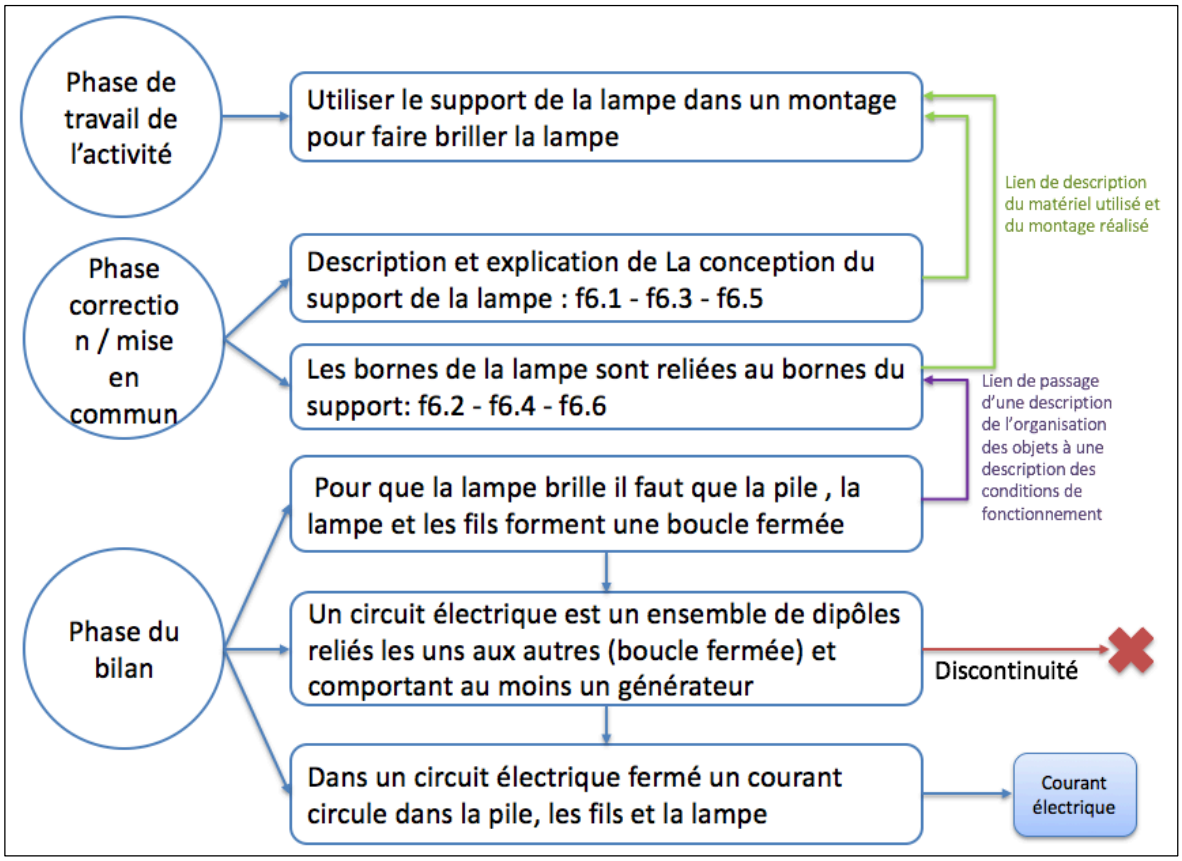

Figure 14: Fonctionnement du savoir activité 1.2

2.3 Activité 1.3 : « Le rôle de l'interrupteur »

L'activité 1.3 (voir texte de l'activité chapitre V, §2, figure 6) demande d'allumer et d'éteindre la lampe avec le matériel à disposition (notamment un interrupteur). Les élèves doivent proposer ce qui se passe dans l'interrupteur quand on l'actionne. Ensuite ils doivent proposer un équivalent de l'interrupteur dans le circuit des camionnettes.

D'après le document du professeur, cette activité a pour but de faire comprendre le rôle et le fonctionnement de l'interrupteur et de préparer l'introduction des concepts de circuit ouvert ou fermé.

2.3.1 Phase de correction de l'activité 1.3

Nous présentons dans le tableau suivant les facettes introduites au cours de cette phase en précisant leur type et en distinguant nouvelles facettes et facettes réutilisées :

Phase de mise en commun /correction de l'activité 1.3	Type de facette
Nouvelles facettes	
f12.2 : quand on actionne l'interrupteur il y a deux lamelles qui rejoignent deux languettes sur le côté	Description des effets d'une action sur un objet (Obj/Ev)
f12.3 : quand les languettes touchent les deux lamelles le courant électrique peut passer dans le circuit - la lampe s'allume - L'interrupteur laisse passer le courant	Description des effets d'un événement sur un objet dans le circuit électrique (Rel Obj/Ev - Th/Mod)
f21.11 : les camionnettes n'ont pas de moteur/ n'ont pas besoin de l'essence (gasoil) pour avancer	Description du fonctionnement du circuit des camionnettes (Th/Mod)
f21.12 : quand le feu est rouge les camionnettes s'arrêtent	Idem
f21.13 : quand le pont levis est ouvert les camionnettes ne peuvent pas passer	Idem
f21.14 : si on enlève le pain les camionnettes vont s'arrêter car elles n'ont rien à livrer	Idem
f22.14 : l'équivalent de l'interrupteur n'est pas le moteur des camionnettes	Comparaison (Rel Obj/Ev - Th/Mod)
f22.15 : l'équivalent de l'interrupteur (ouvert/ fermé) est un feu (rouge/vert)	Idem
f22.16 : l'interrupteur est comparé à un pont levis	Idem
f24.3 : les ponts levis sont des ponts qui se lèvent pour laisser passer les bateaux	Description fonctionnelle (Obj/Ev)
f24.4 : quand le pont levis se ferme ses deux parties se rejoignent	Description fonctionnelle (Obj/Ev)
f24.5 : l'énergie consommée par les moteurs est l'essence/ gasoil	Description (Rel Obj/Ev - Th/Mod)
f24.6 : quand le pont levis est baissé les bateaux ne peuvent pas passer	Description (Obj/Ev)
Facettes réutilisées	
f4.2 : la pile produit le courant	Description fonctionnelle (Rel Obj/Ev - Th/Mod)
f12.1 : le bouton poussoir est un type d'interrupteur	Catégorisation (Obj/Ev)
f21.1 : le pain est dans les camionnettes	Description du fonctionnement du circuit des camionnettes (Th/Mod)
f21.6 : les camionnettes sont mises en circulation	Description fonctionnement du circuit des camionnettes (Th/Mod)

Tableau 19: Facettes produites au cours de la phase de correction de l'activité 1.3
En gras correspond à l'intitulé utilisé dans le catalogue des facettes
En normal correspond à des extraits de citations du discours de la classe

Le tableau (Tableau 19) montre qu'au cours de la correction de l'activité 1.3, il y a une introduction d'un grand nombre de nouvelles facettes (16 facettes) par rapport aux facettes réutilisées (4 facettes). Une grande partie de ces facettes correspond à l'analogie des camionnettes. Pour avoir un point de vue complémentaire de ce moment précis de l'enseignement (phase de mise ne commun) nous avons repris nos analyses en jeux d'apprentissage.

Notre analyse en jeux d'apprentissage (voir tableau des jeux dans le chapitre IV) montre que trois jeux différents ont eu lieu au cours de la phase de mise en commun/correction :

❖ Jeu 3.4 : « *dire qu'est ce qui se passe dans l'interrupteur quand on l'actionne* ».

Au cours de ce jeu une seule nouvelle facette a été produite, la facette f12.2. Le professeur se réfère à l'interrupteur dans le matériel disponible pour montrer aux élèves que les languettes touchent les deux lamelles quand on appuie sur le bouton poussoir.

(TDP 193-195) (transcription séance S3, Annexe 6)
P : Donc comme ça vous observez le bouton poussoir et vous voyez ça c'est le même système sauf que c'est dans une boîte donc on ne le voit pas (0 :33 :36.7) vous avez donc tous vous pouvez tous voir qu'il y a deux lamelles qui touchent les deux languettes

Ce jeu correspond à une question de l'activité à laquelle les élèves ont dû répondre au moment du travail en binôme. On peut se demander alors, s'ils n'ont pas déjà construit cet élément de savoir. Or d'après les cahiers photographiés des élèves, nous trouvons que 8 élèves (des 18 cahiers photographiés) ont écrit que les lames touchent les languettes en actionnant l'interrupteur ou des réponses dans le même sens :

Exemples des réponses des cahiers des élèves :
- Les deux languettes touchent les deux lamelles
- Il doit y avoir des fils qui se relient entre eux
- Fil métallique qui relie les deux câbles de l'interrupteur
- …

Donc la facette f12.2 « *quand on actionne l'interrupteur il y a deux lamelles qui rejoignent deux languettes sur le côté* » qui a été énoncée pour la première fois dans le discours de la classe au moment de la correction, ne correspond pas à un élément de savoir nouveau pour toute la classe. Il y a un ensemble d'élèves qui ont déjà construit cet élément de savoir au cours du travail de l'activité. Par contre, il se peut que ce soit une nouvelle facette pour les autres élèves qui n'ont pas rédigé cette réponse sur leur cahier.

En même temps cette facette présente une continuité avec le travail des élèves au cours de la phase précédente puisqu'il s'agit d'une description du fonctionnement de l'interrupteur que les élèves ont manipulé.

❖ Jeu 3.5 : « *dire ce qu'il se passe dans le circuit électrique quand on actionne l'interrupteur* »

Au cours de ce jeu une seule nouvelle facette a été produite. La facette f12.3 : « *quand les languettes touchent les deux lamelles le courant électrique peut passer dans le circuit/ la lampe s'allume/ L'interrupteur laisse passer le courant* ».

Comme nous l'avons déjà expliqué dans le chapitre précédent, ce jeu a été initié par le professeur au moment de la correction pour gérer une mauvaise compréhension de la part des élèves de la question 2 de l'activité qui correspond au jeu 3.4 (A ton avis, que se passe-t-il dans l'interrupteur quand on l'actionne ?). Des élèves ont répondu à la question 2 que la lampe s'allume en actionnant l'interrupteur. Ils n'ont pas compris qu'on leur demandait de dire ce qui se passe dans l'interrupteur et non pas dans le circuit. (Voir la discussion détaillée et une analyse de ce jeu dans le chapitre précédent (chapitre V, §2). En analysant les cahiers des élèves nous trouvons que 10 élèves (sur les 18 cahiers photocopiés) ont écrit que lorsqu'on actionne l'interrupteur, le courant passe ou la lampe brille.

Exemples des réponses des cahiers des élèves :

- Les deux languettes touchent les deux lamelles ce qui fait briller la lampe
- Le courant électrique s'ouvre
- La lampe s'allume
- Un courant électrique passe dans les fils ce qui permet à l'ampoule de s'allumer
- …

Donc de même que pour la facette f12.2, la facette f12.3 représente un élément de savoir déjà construit pour la plupart des élèves, dans cette phase cet élément de savoir est dirigé pour la bonne question. De plus elle présente un lien de continuité avec le travail des élèves au cours de la phase précédente (sur le montage construit avec l'objet interrupteur) établie par un lien de description causale entre une action (actionner l'interrupteur) et le fonctionnement du montage construit par les élèves (courant qui circule / lampe qui brille).

❖ Jeu 3.6 : « *dire quel est l'équivalent de l'interrupteur dans le circuit des camionnettes* »

Ce jeu correspond à la question 3 de l'activité. Il impose aux élèves de créer un lien entre l'analogie et le nouveau savoir qui est l'interrupteur.

Les élèves proposent deux équivalents de l'interrupteur dans l'analogie des camionnettes. D'après les cahiers (18 cahiers) deux élèves ont proposé de comparer l'interrupteur au moteur des camionnettes et 7 élèves ont proposé le feu de circulation. La première réponse est fausse care elle est non cohérente avec l'analogie (les camionnettes dans l'analogie ne peuvent pas

avoir de moteur) et elle a été rejetée par le professeur après discussion en classe entière. La deuxième réponse a été acceptée par le professeur car elle est cohérente avec les éléments et le fonctionnement de l'analogie. Pour ces élèves les facettes représentant les savoirs proposés ne sont pas nouvelles, ils ont déjà construit ces éléments de savoir au cours de la phase de travail de l'activité.

Le professeur propose une troisième réponse, la comparaison de l'interrupteur au pont levis. Cet élément de savoir est nouveau pour tous les élèves mais d'une part, il est cohérent avec le travail des élèves dans la phase précédente car il s'agit d'une autre réponse à une question qu'ils ont discuté en binômes. D'autre part, il est en continuité avec l'analogie des camionnettes par un lien d'extension de cette dernière. D'ailleurs d'après le tableau des facettes produites au cours de cette phase (Tableau 19) il y a 10 facettes (sur 20 facettes au total) qui correspondent à l'analogie des camionnettes. Toutes ces facettes, même si elles sont nouvelles (8 facettes), représentent une continuité avec l'analogie des camionnettes par un lien d'extension de cette dernière due à l'introduction d'un nouvel objet (l'interrupteur) dans le circuit électrique. Elles représentent des éléments de savoirs qui contribuent au développement de l'analogie. Ce développement se traduit par l'ajout de nouveaux éléments à l'analogie comme le feu de circulation ou le pont levis, et par l'explication du fonctionnement de ces éléments et de la correspondance qu'ils ont avec les éléments du circuit électrique.

- f 22.15 : l'équivalent de l'interrupteur (ouvert/ fermé) est un feu (rouge/vert)
- f 21.12 : quand le feu est rouge les camionnettes s'arrêtent
- f 22.16 : l'interrupteur est comparé à un pont levis
- f 21.13 : quand le pont levis est ouvert les camionnettes ne peuvent pas passer

Notre analyse montre qu'il y a une continuité entre les deux phases. Le grand nombre de nouvelles facettes est en continuité avec le travail des élèves au cours de la phase précédente. D'une part il y a une partie des élèves qui a déjà construit les éléments de savoirs introduits et pour ces élèves au cours de cette phase il y a reprise, discussion et/ou validation de ces éléments de savoir.

D'autre part les éléments de savoir sont en lien avec le travail de l'élève puis qu'il s'agit de décrire et d'exploiter la conception de l'objet interrupteur que les élèves ont manipulé lors de la phase précédente ainsi que de décrire le fonctionnement du montage qu'ils ont fait.

Nous retrouvons aussi qu'il y a une continuité entre les éléments de savoir produits au cours de la phase de correction et les éléments de savoir déjà enseignés notamment l'analogie des camionnettes (présentée à la séance précédente), cette continuité est construite par un lien d'extension du modèle de l'analogie des camionnettes par ajout de nouveaux éléments au modèle.

2.3.2 Phase du bilan de l'activité 1.3

Facettes qui permettent des liens entre les phases d'une même activité			
Phases 'travail en binôme' et 'mise en commun' activité 1.3	**Lien**	**Phase bilan activité 1.3**	**Type de facette**
-f12.2 : quand on actionne l'interrupteur il y a deux lamelles qui touchent deux languettes sur les côtés - f12.3 : quand les languettes touchent les deux lamelles le courant électrique peut passer dans le circuit - f12.3 : l'interrupteur laisse passer le courant	- passage d'une relation causale (action ->Ev-> concept) à une définition fonctionnelle en termes de concepts (Rel Obj/Ev et Th/Mod)	- f12.4 : un interrupteur permet de fermer ou d'ouvrir le circuit	- Définition fonctionnelle (Rel Obj/Ev et Th/Mod)
	- élargissement du champ d'application (f12.2-f12.3) d'une facette déjà introduite (Rel Obj/Ev et Th/Mod)	-f2.2 : le courant circule lorsque le circuit est fermé - f2.2 : le courant ne circule pas lorsque le circuit est ouvert	- Description des conditions de fonctionnement en termes de concept (Th/Mod)

Tableau 20: Facettes introduites dans le bilan 3 et facettes correspondantes déjà introduites au cours de la séance
En gras correspond à l'intitulé utilisé dans le catalogue des facettes
En normal correspond à des extraits de citations du discours de la classe

Dans la phase du bilan il y a une nouvelle facette introduite (f12.4) et une facette reprise (f2.2). La facette f12.4 est en lien avec les éléments de savoir et le travail des élèves au cours des deux phases précédentes. Cette continuité est établie avec un lien de passage d'une relation causale en une définition fonctionnelle. En effet, au cours des phases précédentes de cette activité une partie des éléments de savoir concernaient l'objet interrupteur, savoir l'utiliser dans un circuit (matériel) et sa conception (les deux lames qui touchent les deux languettes quand on l'actionne), l'autre partie concernait l'équivalent de l'interrupteur dans l'analogie des camionnettes. Au cours de ces deux phases le travail sur l'analogie des camionnettes il a été demandé aux élèves de généraliser la notion et la fonction de l'interrupteur, ce qui a été fait au

moins partiellement. Ce travail a été poursuivi dans la phase bilan où on ne décrit plus l'objet interrupteur et comment l'action sur l'interrupteur permet au courant de passer, mais on parle de sa fonction dans le circuit électrique.

La facette 2.2 est une facette déjà introduite qui est reprise au cours du bilan avec un élargissement du champ d'application dans le sens où la circulation du courant est maintenant conditionnée par l'ouverture ou la fermeture du circuit électrique qui peut être faite à l'aide de l'interrupteur.

Donc dans la phase du bilan nous trouvons qu'il y a une continuité du savoir avec ce qui a été construit et développé dans les deux phases précédentes.

Il y a aussi une continuité avec les éléments de savoirs introduits au cours des séances précédentes notamment les concepts de courant électrique et de circuit électrique.

Nous avons résumé le fonctionnement du savoir au cours de cette activité dans la figure ci-dessous :

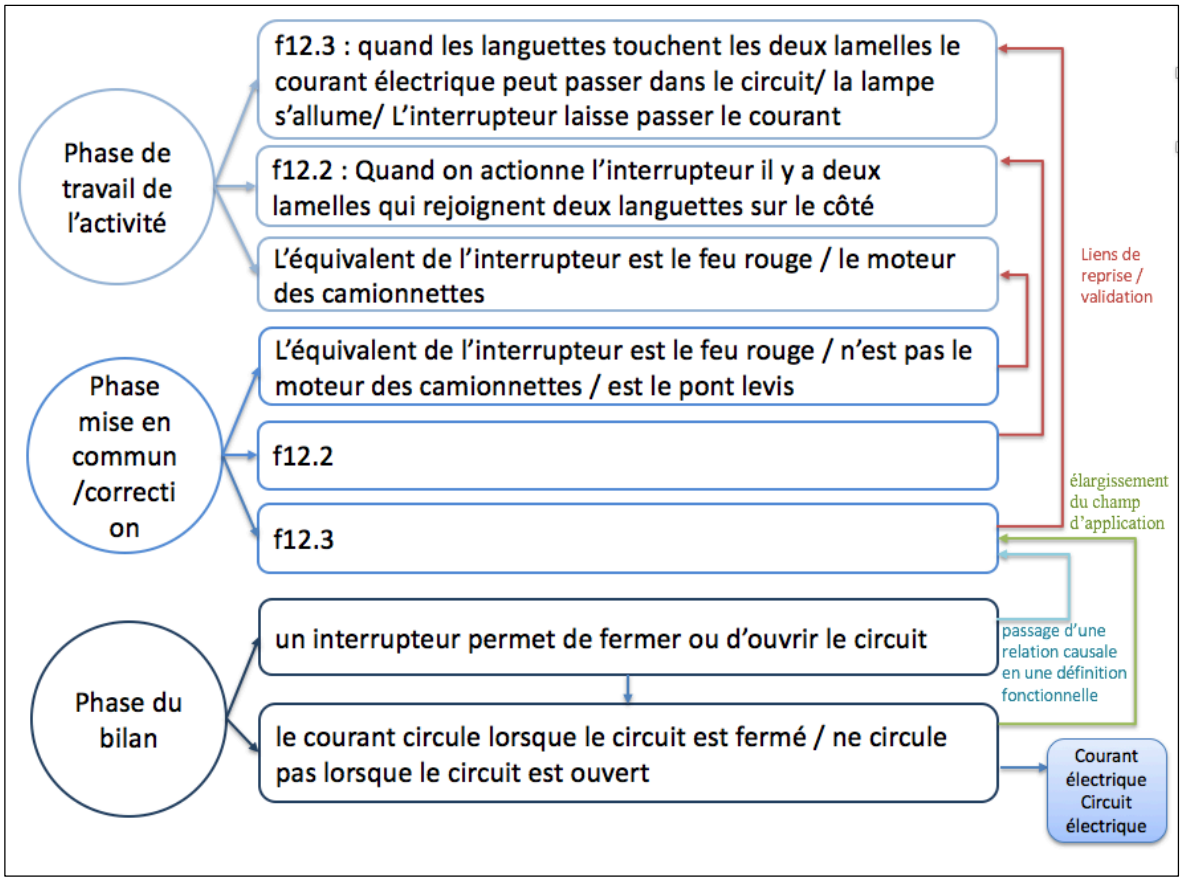

Figure 15: Fonctionnement du savoir activité 1.3

2.4 Activité 3.1 : « les lampes brillent-elles toutes autant »

Rappelons que cette activité et la suivante ont été mises en œuvre par le professeur remplaçant. L'activité 1.3 analysée précédemment se situe à la séance S3 et cette activité (3.1) à la séance S10.

Cette activité (voir texte de l'activité chapitre 5, §3, figure7) a pour but d'introduire la notion d'adaptation pile-lampe. Les élèves doivent faire deux expériences différentes. La première expérience consiste à faire briller deux lampes différentes (différentes indications sur les lampes) avec une même pile ; la deuxième expérience consiste à faire briller une même lampe avec deux piles différentes (une pile plate de 4,5V et une pile de 9V). A chaque fois les élèves doivent prédire si les lampes vont briller autant puis ils vérifient avec l'expérience. A la dernière question ils doivent dire si les indications de la lampe permettent de prédire son fonctionnement.

2.4.1 Phase de mise en commun/correction de l'activité 3.1

Après avoir travaillé l'activité en binôme, le professeur passe à la correction. Il reprend les questions de l'activité à l'oral et questionne les élèves sur les réponses qu'ils ont trouvées et valident leur réponse. Nous présentons dans le tableau suivant les facettes énoncées au cours de cette phase en précisant leur type :

Phase de mise en commun/correction de l'activité 3.1	**Type de facette**
Nouvelles facettes	
f16.1 : deux lampes différentes liées successivement à une même pile ne brillent pas autant	Description (Obj/Ev)
f16.2 : une même lampe liée successivement à deux piles différentes ne brille pas autant à chaque fois	Description (Obj/Ev)
f16.3 : entre deux lampes différentes la lampe qui a les indications les plus proches de la pile brille plus	Interprétation (Obj/Ev)
f25.5 : prédire c'est prévoir/ deviner.	Définition d'un nouveau mot

Tableau 21: Facettes produites au cours de la phase de correction de l'activité 3.1
En gras correspond à l'intitulé utilisé dans le catalogue des facettes
En normal correspond à des extraits de citations du discours de la classe

Les deux facettes f16.1 et f16.2 représentent les éléments de savoir que les élèves sont supposés construire à partir des questions de l'activité. Pour avoir une idée de ce que les élèves ont fait

au moment du travail en groupe, nous avons regardé les cahiers photographiés. Il y a 10 cahiers d'élève (sur les 18 photographiés) qui ont répondu à la question 1 que les deux lampes ne brillent pas autant. On peut alors supposer que ces élèves ont pu, d'après les expériences, construire l'élément de savoir représenté par la facette f16.1 : « *deux lampes différentes reliées successivement à une même pile ne brillent pas autant* ».

De même pour la deuxième expérience nous retrouvons d'après les cahiers photographiés qu'il y a 7 élèves qui ont écrit que la lampe ne brille pas autant à chaque fois. Pour ces élèves, nous pouvons supposer qu'ils ont pu aboutir et construire l'élément de savoir représenté par la facette f16.2 : « *une même lampe liée successivement à deux piles différentes ne brille pas autant à chaque fois* ».

Donc même si les facettes f16.1 et f16.2 sont énoncées pour la première fois en classe entière au cours de la phase de correction et sont alors codées comme nouvelles facettes, ces éléments de savoir ont été construits par un bon nombre d'élèves au cours de la phase de travail de l'activité. La reprise de ces facettes au moment de la correction crée une continuité du savoir entre les deux phases.

La facette f25.5 est une facette de savoir relatif à la langue, qui correspond à un processus en jeu dans les activités d'investigation

La facette f16.3 a été introduite par le professeur dans la classe après la correction de la question 2 de l'activité. Elle introduit l'idée de proximité.

(TDP 310-321) (transcription séance S10, Annexe 6)
P : alors si je prends euhh vous avez deux ampoules 6 volts et 10 volts c'est laquelle qui va briller plus (0 :31 :57.9)
Els : 6 volts, 10 volts, 12, 6 volts, 6 volts c'est la 10 (0 :32 :04.8)
P : 2.5 ah ouais il y avait une erreur lors deeee (0 :32 :12.7)
P : c'est laquelle qui brille le plus alors ? c'est 6 volts d'accord et votre pile fait combien (0 :32 :17.8) qu'est ce qui est marquée sur la pile (0 :32 :18.9) sur la pile qu'est ce qui est marquée comme
Els : 6 volts
P : SUR LA PILE
Els : [inaud.]
P : 4.5 volts alors c'est quoi le plus proche ?
Els : 6

Rappelons comme nous l'avons déjà discuté dans le chapitre précédent que les élèves ont rencontré des difficultés au moment du travail de l'activité dues principalement au matériel, ce qui fait qu'ils n'ont pas pu faire les expériences et travaillé l'activité comme prévu. L'idée de

proximité des valeurs en volt écrites sur les piles et les ampoules n'a pas été traitée et les élèves n'ont pas construit cet élément de savoir au cours de la phase de travail en petit groupe de l'activité. La dernière question de l'activité peut être répondue avec l'idée de proximité (aucun élève n'a produit cette réponse) ou seulement en se référant aux indications de la pile et de la lampe comme il est proposé dans le corrigé de cette activité dans le document du professeur : « Sur le culot ou sur le verre des lampes, on peut lire des indications (chiffres et lettres). L'indication en volts permet de choisir une lampe adaptée au type de générateur dont on dispose ». Notons que d'après les cahiers des élèves 5 élèves (de 18) ont donné des réponses similaires sans parler de proximité comme par exemple 'oui, le nombre de volt de la lampe et de la pile'. De toute façon, dans le document du professeur on incite le professeur à introduire cette idée et le professeur le fait au moment de la correction en classe entière sous forme de l'exemple qu'il a donné. Cette idée est reprise au moment de la correction de la dernière question de l'activité dans une discussion entre le professeur et l'élève interrogé. Le professeur dirige la discussion pour aboutir à cette réponse.

Or l'idée de proximité des valeurs en volt, même si elle est nouvelle permet une interprétation du fait que les lampes ne brillent pas toutes autant, ce qui crée une continuité avec les éléments de savoir que les élèves ont construits au cours de la phase précédente. Les deux premières facettes sont en termes d'objets et d'événements directement observés pendant la manipulation, la troisième porte sur l'interprétation de l'état de la lampe à partir des valeurs indiquées sur les objets, c'est-à-dire d'une de leurs caractéristiques. En ce sens cette troisième facette est une explication des précédentes car elle ajoute l'idée de la nécessaire proximité des valeurs en volts entre pile et ampoule.

Ainsi cette étude montre qu'il y a une grande continuité entre les deux premières phases de l'activité. La continuité est établie, d'une part par la reprise et la validation des éléments de savoir que certains élèves ont déjà construits au moment de travail de l'activité ; dans cette phase il y a une évolution du statut de ces éléments dans le sens où ils deviennent plus formels car ils sont énoncés et confirmés par le professeur. D'autre part il y a un lien d'explication des éléments de savoir construits par les élèves au cours de la phase précédente (cas de l'idée de proximité), mais l'aspect formel de cette explication est introduit seulement dans cette phase. La continuité est renforcée par le fait qu'il s'agit toujours des mêmes questions de l'activité qui sont reprises au moment de la correction et qu'il y a partage avec la classe des résultats du travail des élèves questionnés.

Notons qu'il y a aussi une continuité à une échelle plus large avec les éléments de savoirs introduits dans les séances précédentes notamment la réalisation du montage pile-lampe qui se fait dans cette activité avec plusieurs types de pile.

2.4.2 Bilan de l'activité 3.1

Facettes qui permettent des liens entre les phases d'une même activité			
Phases 'travail en binôme' et 'mise en commun' activité 3.1	**Lien**	**Phase bilan activité 3.1**	**Type de facette**
	Reprise d'une facette déjà introduite (Th/Mod)	- f9.1 : Les générateurs mettent en circulation du courant électrique	Définition fonctionnelle (Th/Mod)
- **f16.1** : Deux lampes différentes liées à une même pile ne brillent pas autant - **f16.2** : une même lampe liée successivement à deux piles différentes ne brille pas autant à chaque fois	Interprétation (imposée : relation courant – dipôle) et utilisant f9.1 en termes de concepts de faits observables dans obj/Ev. (Rel Th/mod-Obj/Ev)	- **f16.4** : Les générateurs mettent en circulation un courant électrique suivant le dipôle branché à leurs bornes.	Définition fonctionnelle (Th/Mod)
		- f16.5 : pour certaines lampes la pile chauffe et risque de se détériorer - f16.5 : si on ne veut pas que la pile chauffe et se détériore il est important de choisir une lampe adaptée à la pile.	Description des conditions de fonctionnement (Obj/Ev)
		-**f16.8** : la pile chauffe si la différence entre les indications de la pile et de la lampe est grande	Description (Obj/Ev)
- f16. 3 : Entre deux lampes différentes la lampe qui a les indications les plus proches de celle de la pile, brille plus	Passage d'une comparaison de caractéristique d'objet (indication plus proche) à un concept (adaptation) (Obj/Ev)	-**f16.6** : la lampe la plus adaptée à la pile est la lampe qui a les indications les plus proches	Définition opératoire d'un concept (adaptation) (Obj/Ev)

Tableau 22: Facettes introduites dans le bilan 4 et facettes correspondantes déjà introduites au cours de la séance
En gras correspond à l'intitulé utilisé dans le catalogue des facettes
En normal correspond à des extraits de citations du discours de la classe

D'après le tableau ci-dessus (Tableau 22) nous remarquons qu'il y a introduction de quatre nouvelles facettes qui ne sont pas toutes en lien avec les facettes des deux phases précédentes.

La facette 16.4 présente une interprétation imposée des faits observables (les lampes ne brillent pas de la même manière) que les élèves ont construits dans la phase de travail de l'activité et qui ont été validés par le professeur dans la phase de mise en commun /correction. On peut noter que cette interprétation imposée est construite à partir de la facette 9.1, elle s'appuie sur une propriété du générateur, mettre en circulation du courant suivant les dipôles, qui doit être acceptée par les élèves. De plus cet élément de savoir présente une généralisation dans le passage du cas de deux lampes avec une même pile au cas général de 'générateurs- dipôles'.

La facette 16.6 représente un élément de savoir introduit par le professeur au moment de la présentation du bilan sous forme d'un exemple (voir transcription séance S10, TDP 414-420, Annexe 6). Cet élément de savoir reprend l'idée de proximité des valeurs indiquées sur les piles et les lampes (déjà introduite par le professeur dans la phase précédente) à un niveau scientifique plus conceptuel avec l'introduction de la notion d'adaptation.

Les facettes 16.5 et 16.8 présentent les conséquences d'avoir une lampe et une pile non adaptée et alors l'importance de les choisir adaptées ; elles se situent au niveau des objets et événements, plus précisément des classes d'objets « pile » et « lampe », il y a généralisation dans ce sens. Mais leur introduction est prise en charge seulement au cours de cette phase, le travail de l'activité et la mise en commun n'ont pas favorisé leur construction.

Ainsi notre analyse montre que la continuité entre la phase du bilan et les deux phases précédentes n'est pas forte. La facette f16.6 présente une continuité établie par un lien de conceptualisation ; les autres éléments de savoir ont un lien faible ou des liens imposés avec le travail des élèves et les éléments de savoirs déjà introduits.

Nous avons résumé le fonctionnement du savoir au cours de cette activité dans la figure ci-dessous :

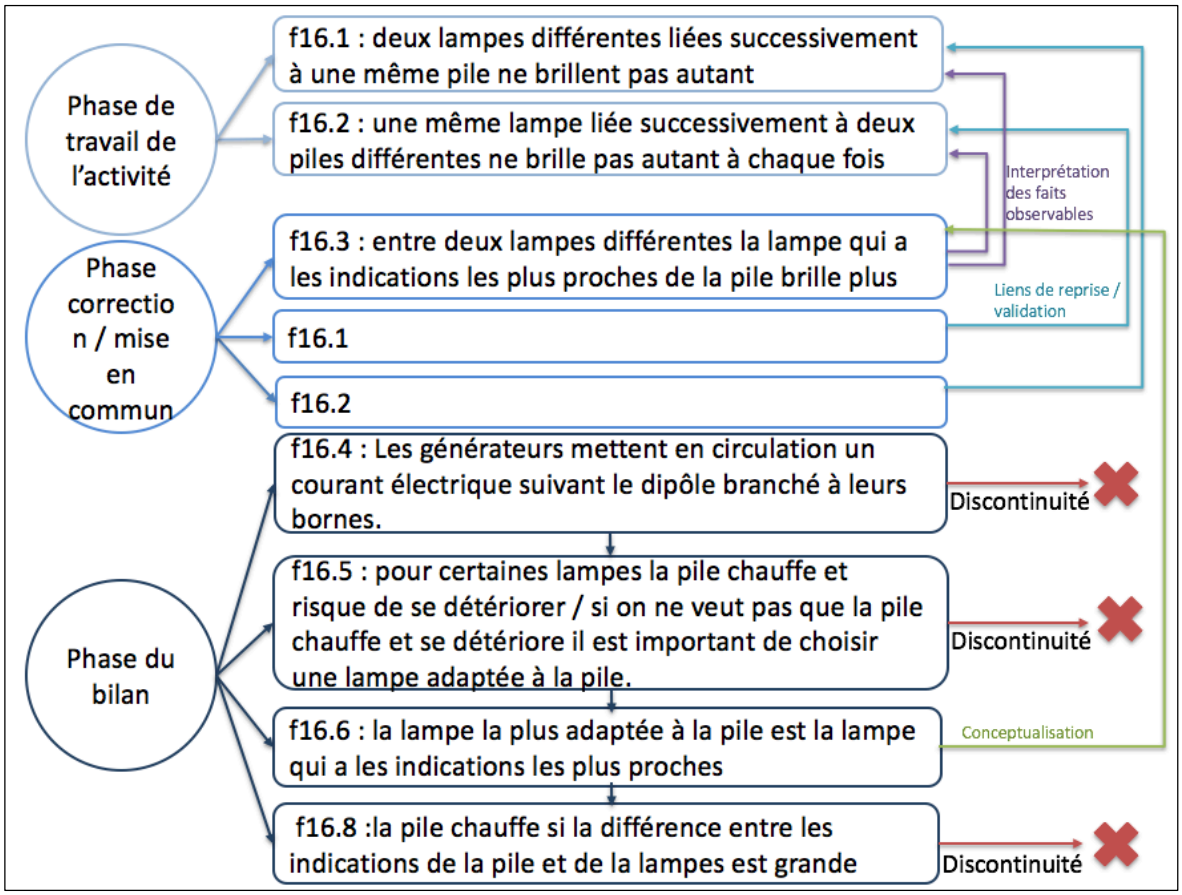

Figure 16: Fonctionnement du savoir activité 3.1

2.5 Cas de l'activité 3.2 (S11 et S12)

Rappelons que l'activité 3.2 (voir texte de l'activité chapitre V, §5.1, figure 10) consiste à court-circuiter une pile et à observer ses effets. Cette activité a été travaillée sur deux séances. Dans la séance S11 les élèves travaillent l'activité en binômes pour 7 minutes, ils font les questions 1 et 2. Ensuite, en classe entière, le professeur fait l'expérience devant les élèves et passent entre les rangs pour que les élèves touchent les lames de la pile et sentent qu'elle chauffe. A la séance suivante (séance S12), le professeur reprend l'activité pour faire une sorte de rappel et une correction de la suite de l'activité, qu'il fait oralement en discussion en classe entière. Le professeur pense que les élèves ont travaillé la totalité de l'activité à la séance S11, alors que seulement les questions 1, 2 et 3 ont été travaillées.

2.5.1 Phase de mise en commun/correction de l'activité 3.2 (S11 et S12)

Le tableau de facettes (tableau 10) montre que, dans la séance S11, il y a 4 nouvelles facettes introduites et aucune facette réutilisée. Toutes les facettes introduites sont autour du court-circuit :

Phase de mise en commun/correction de l'activité 3.2 (S11)	**Type de facette**
Nouvelles facettes	
f17.1 : en reliant les deux bornes de la pile par un fil de connexion, elle se décharge	Description effet d'une action (Obj/Ev)
f17.2 : en reliant les deux bornes de la pile par un fil de connexion, elle chauffe	Description effet d'une action (Obj/Ev)
f17.3 : un court-circuit est quand on relie les deux bornes d'une pile directement par un fil de connexion	Définition procédurale (Th/mod-obj/Ev)
f17.4 : court-circuiter un générateur électrique est dangereux parce que le générateur chauffe et se détériore	Description des effets d'une action obj/Ev)

Tableau 23: Facettes produites au cours de la phase de mise en commun/correction de l'activité 3.2-séance S11
En gras correspond à l'intitulé utilisé dans le catalogue des facettes
En normal correspond à des extraits de citations du discours de la classe

Les facettes 17.1 et 17.2 correspondent aux réponses des élèves à la question 2 de l'activité. En effet, le professeur initie cette phase en demandant aux élèves ce qu'ils ont mis comme réponse pour la question 2 où il s'agit de prévoir ce qui peut se passer si on relie les deux bornes de la pile par un fil. Les élèves répondent qu'ils ont mis que la pile chauffe (f17.1) ou qu'elle se décharge (f17.2). Ensuite le professeur fait l'expérience.

Donc dans cette phase il y a mise en commun des avis des élèves ainsi qu'une suite du travail de l'activité qui se poursuit en classe entière (comme prévue dans l'activité). L'expérience va permettre aux élèves de vérifier si leurs prévisions sont vraies et de construire que la pile chauffe en reliant ses deux bornes par un fil de connexion.

D'après les cahiers des élèves il y a 10 élèves qui ont noté qu'ils prévoient que la pile va chauffer dont trois ont noté que la pile chauffe et se décharge. Pour ces élèves les facettes f17.1 et f17.2 ne présentent pas de nouveauté puisqu'ils ont pu les prédire tous seuls.

La facette 17.3 a été introduite à travers un jeu initié par le professeur qui demande aux élèves s'ils connaissent comment on appelle le fait de relier les bornes de la pile par des fils de connexion.

(TDP 479-489) (transcription séance S11, Annexe 6)

P : alors ça s'appelle comment quel nom on peut donner à ce qu'on vient de faire ?

El : EXPERIENCE

P : quand on relie les deux bornes d'un dipôle avec un fil directement par un fil comment est-ce qu'on peut appeler ça ? à une borne je relie à l'autre borne ça fait qui ? On appelle ça comment ? C'est ? (0 :47 :15.3)

El : un circuit électrique (0 :47 :17.6)

P : quand on relie directement avec un fil ça s'appelle un ?

El : un courant

El : un courant électrique (0 :47 :26.0)

P : un court-circuit

Cette facette représente un nouveau savoir pour tous les élèves mais elle est en continuité avec le début de cette activité puisqu'il s'agit de nommer la catégorie du montage particulier réalisé par le professeur et qu'ils ont observé (les deux bornes d'une pile reliée par un fil et la pile qui est chaude).

La facette f17.4 est introduite par le professeur à la fin de cette phase :

(TDP 493-497) (transcription séance S11, Annexe 6)

P : est-ce que je peux faire la même chose pour un générateur électrique ? Est-ce que je peux le court-circuiter ?

El : oui

P : attention très très dangereux parce qu'il va chauffer et il va se détériorer

En effet, au début de la séance le professeur a introduit le générateur électrique dans la classe pour remplacer les piles, les élèves l'ont manipulé pour faire des expériences sur la notion d'adaptation pile-lampe. Ainsi la facette f17.4 présente une continuité avec l'élément de savoir f11.1 déjà introduit au début de la séance : « un générateur électrique est un générateur qui fonctionne en le branchant au secteur ». Cette continuité est établie par un lien d'élargissement de champ d'application des facettes f17.1 et f17.3 car il s'agit d'appliquer le court-circuit à un objet électrique autre que la pile et de présenter les conséquences du court-circuit sur cet objet.

Ainsi, notre étude montre qu'il y a une continuité entre cette phase et le petit moment de travail en groupe. Cette continuité est établie, par la reprise des réponses des élèves et surtout par le lien de mise en évidence du montage particulier 'pile dont les lames sont reliées par fils de

connexions'. Il y a un passage des prévisions des élèves à l'expérience, qui reste au niveau objets-évènements. De plus la continuité se situe aussi dans le fait qu'il s'agit de nommer le montage particulier qu'ils ont vu le professeur manipuler.

Pour la phase de correction de l'activité dans la séance 12, nous retrouvons 9 nouvelles facettes et 4 facettes réutilisées. Nous avons regroupé ces facettes dans le tableau ci-dessous (Tableau 24) :

Phase de mise en commun/correction de l'activité 3.2 (S12)	**Type de facette**
Nouvelles facettes	
f10.5 : si une pile rechargeable est usée il faut la recharger	Description d'une procédure de la vie quotidienne (Obj/Ev)
f10.6 : si une pile est usée il vaut mieux la mettre dans les collectes de piles	Consigne de « bonne conduite » de la vie quotidienne (Ob/Ev)
f10.7 : dans les piles il peut y avoir des produits chimiques toxiques	Description (Obj/Ev)
f18.1 : la lampe ne va pas briller (lampe reliée aux bornes de la pile dont les bornes ont été reliées par un fil pour 10 min)/ la lampe ne peut pas briller car la pile est déchargée	Prédiction / Interprétation (Obj/Ev)
f18.2 : dans le cas particulier où la pile peut encore fournir un courant mais qui est faible, la lampe brille faiblement	Interprétation (Rel Obj/Ev-Th/Mod)
f21.15 : la boulangerie ne peut plus fabriquer de pain donc il n'y a plus de voitures qui tournent	Interprétation (Th/Mod)
f21.16 : dans l'analogie des camionnettes, les camionnettes vont aller moins vite car il y a moins de pains	Relation causale (Th/Mod)
f22.17 : une pile déchargée est une boulangerie qui ne fabrique plus de pains	Comparaison (Rel Obj/Ev-Th/Mod)
f22.18 : dans l'analogie des camionnettes dans le cas d'une pile qui n'est pas complètement déchargée, les camionnettes vont aller moins vite	Interprétation (Rel Obj/Ev-Th/Mod)
Facettes réutilisées	
- f4.2 : quand la pile est chargée il y a un courant qui tourne	Interprétation (Rel Obj/Ev- Th/Mod)
- f17.1 : quand les bornes de la pile sont reliées par un fil elle se décharge	Description des effets d'une situation (Obj/Ev)
- f17.2 : quand les bornes de la pile sont reliées par un fil elle/ les lames chauffe/chauffent	Description des effets d'une situation (Obj/ev)
- f22.1 : dans l'analogie la pile est la boulangerie	Comparaison (Rel Obj/Ev-Th/Mod)

Tableau 24: Facettes introduites au cours de la phase de mise en commun /correction de l'activité 3.2 - séance 12
En gras correspond à l'intitulé utilisé dans le catalogue des facettes
En normal correspond à des extraits de citations du discours de la classe

Au cours de cette séance le professeur reprend l'activité, or comme nous l'avons déjà précisé les élèves n'ont pas eu la chance de travailler toutes les questions ni de faire la deuxième expérience (court-circuiter une pile pour un long moment puis la relier à une lampe). En regardant les cahiers des élèves nous trouvons que quasiment aucun élève n'a donné de réponses pour les questions 4, 5 et 6 (voir texte de l'activité chapitre V, §5.1, figure 10). Donc à cause du déroulement de cette activité qui fait qu'elle n'a pas été travaillée par les élèves

comme prévue, les éléments de savoir introduits au cours de cette séance ne seront pas en lien avec une phase de travail des élèves en binômes. Par contre, les éléments de savoirs introduits peuvent avoir une continuité avec des éléments de savoirs déjà enseignés au cours des séances passées.

D'après le Tableau 24nous remarquons que les nouvelles facettes introduites appartiennent à trois notions :

- Les facettes introduites f10.5, f10.6 et f10.7 correspondent à des descriptions générales de l'utilisation de la pile dans la vie de tous les jours (comme par exemple f10.6 : jeter une pile usée dans la collecte des piles). Ces éléments de savoir présentent une continuité avec la notion de la pile, par un lien d'élargissement du champ d'utilisation.

- Les facettes f21 et f22 correspondent à l'analogie des camionnettes. Les facettes f21.15, f21.16, f22.17 et f22.18, même si elles sont nouvelles, présentent une continuité avec l'analogie des camionnettes présentées au début de la séquence (séance 2) dans la mesure où elles développent l'analogie. En fait, elles donnent l'équivalent dans l'analogie d'une pile déchargée (après un long court-circuit) et d'une pile non complètement déchargée ainsi que le fonctionnement du circuit des camionnettes dans chacun de ces deux cas particuliers. Nous pouvons dire que ces facettes sont en continuité avec l'analogie des camionnettes par un lien d'extension de ce modèle.

- Les facettes f18.1 et f18.2 introduisent les conséquences du court-circuit de la pile. Ces facettes (notamment f18.1) correspondent à un nouveau savoir qui est supposé être construit par les élèves au moment du travail de l'activité. La facette f18.2 traduit un cas particulier d'un circuit électrique formé par une pile qui ne fournit qu'un faible courant qui fait briller une lampe faiblement. Ces facettes présentent alors une continuité avec la notion de court-circuit de la pile par des liens de mise en évidence de l'état d'un objet (ici pile court-circuitée). Rappelons que cette notion a été introduite par la partie de l'activité travaillée à la séance S11. Ces liens sont supposés être construits par le passage à l'expérience en reliant la pile à une lampe mais restent au niveau objets-évènements. Or, comme nous l'avons déjà discuté dans le chapitre précédent (chapitre V, §5.2), dans le cas de cette activité ces liens n'ont pas été construits par l'expérience, ils ont été introduits par la discussion en classe entière.

Ainsi notre étude montre que les facettes introduites au cours de cette phase présentent une continuité à l'échelle de la séquence et sont en lien avec différents éléments de savoirs déjà introduits dans des séances passées. Par contre à l'échelle de l'activité, il y a une discontinuité entre les éléments de savoir introduits et le travail effectif des élèves (qui n'ont travaillé qu'une partie de cette activité) en phase de travail en binôme.

2.5.2 Bilan de l'activité 3.2

Facettes qui permettent des liens entre les phases d'une même activité			
Phases réalisation et mise en commun activité 3.2	**Lien**	**Phase bilan activité 3.2**	**Type de facette**
	Rappel d'une facette déjà introduite	f17.3 : la pile est court-circuitée quand ses deux bornes sont reliées par un fil de connexion	Définition procédurale (Obj-Ev)
	Idem	f17.2 : si on relie les deux bornes d'une pile par un fil de connexion elle chauffe	Description des conditions de fonctionnement avec relation causale entre action et événement (Obj-Ev)
	idem	-f17.1 : elle se décharge -f18.1 : conséquence on ne peut plus l'utiliser pour faire briller une lampe	Idem
f17.3 : la pile est court-circuitée quand ses deux bornes sont reliées par un fil de connexion	Passage par l'intermédiaire d'un concept (court-circuit) d'une situation à une variété d'autres situations associées à la relation du concept avec d'autres (court-circuit- courant, tension) (Rel Obj/Ev-Th/Mod)	-f17.7 : si on court-circuite une batterie de voiture de 12V, le fil va fondre -f17.5 : parce qu'il va y avoir un courant très important	Idem
		f17.4 : Court-circuiter une batterie est très dangereux il peut y avoir des arcs électriques	Idem
		f17.6 : - Dans le cas du court-circuit d'une pile ce n'est pas parce que le voltage en V de la pile est faible que le courant (du court-circuit) est faible - Pour une pile de 4,5 V le courant de court-circuit n'est pas très important - Il peut y avoir des générateurs électriques de 4,5 V et avoir un courant très important - Dans le cas d'une batterie le courant de court-circuit peut être de quelques dizaines d'ampères - il y a quelques générateurs même avec un un faible voltage	Idem

		peuvent fournir des courants qui sont très importants	
	Idem (Rel Obj/Ev-Th/Mod)	-f17.5 : (si on court-circuite une batterie de voiture le fil va fondre) parce qu'il va y avoir un courant très important	Relation causale (Rel Obj/Ev-Th/Mod)
		f25.3 : Il y a un rapport de mille entre Ampère et milliampère	Passage entre unités
f17.3 : la pile est court-circuitée quand ses deux bornes sont reliées par un fil de connexion	Généralisation	-**f17.3** : un court-circuit est la modélisation d'une situation matérielle (bornes reliées par un fil de connexion ou un objet métallique)	Définition (Th/Mod)
	Interprétation imposée (courant intense) (Rel Obj/Ev-Th/Mod)	- **f17.5** : lorsque la pile est en court-circuit le courant est très intense	Description entre concepts d'une situation spécifique (Rel Obj/Ev-Th/Mod)
		- **f2.7** : lorsque le circuit est ouvert la pile ne met en circulation aucun courant	Relation causale (Rel Obj/Ev-Th/Mod)
		- **f2.8** : entre ces deux limites toute situation est possible.	

Tableau 25: Facettes introduites dans le bilan 3.2 et facettes correspondantes déjà introduites au cours de la séance
En gras correspond à l'intitulé utilisé dans le catalogue des facettes
En normal correspond à des extraits de citations du discours de la classe

Comme le montre le tableau ci-dessus, il y a un grand nombre de nouvelles facettes introduites au cours de cette phase. Pour avoir une idée plus claire du déroulement de cette phase nous avons repris nos analyses en termes de jeux d'apprentissages (voir tableau des jeux dans le chapitre 4). Il y a trois jeux d'apprentissages :

- Jeu 12.15 : « répondre à la question : quand est ce qu'on peut parler de court-circuit » : Lorsque le professeur annonce le passage à la phase du bilan, il demande aux élèves de proposer quelque chose sur le bilan : quand est-ce qu'on peut parler de court-circuit. Au cours de ce jeu la facette f17.3 est introduite, elle reprend la définition du court-circuit de la pile introduite au début de l'activité au cours de la séance S3.

Au cours du jeu un élève répond à la question du professeur en disant que le court-circuit c'est quand il y a un courant intense. Le professeur reprend la réponse de l'élève en la présentant comme une conséquence du court-circuit.

De ce fait, à la fin du jeu 12.15 après avoir rappelé la définition du court-circuit le professeur reprend l'idée de l'élève et parle des conséquences du court-circuit de la pile en en faisant une interprétation en termes d'intensité du courant.

(TDP 320-327) (extrait de transcription séance S12, Annexe 6)

P : hmm très bien (0 :27 :37.0) très bien et on peut dire comme a dit votre camarade elle l'a bien dit d'ailleurs et ben en conséquence on risque d'avoir un courant très important d'accord ? Alors sur une pile plate celle que je vous ai montrée si vous reliez les deux bornes par un un fil bon c'est pas très grave vous avez vu votre pile va se décharger d'une part hein ? D'autre part elle va chauffer conséquence on ne plus l'utiliser pour ? faire briller une lampe donc c'est pas très méchant mais vous prenez par exemple un accumulateur une batterie de voiture ça c'est quelque chose qui ne faut pas faire (0 :28 :12.5)

Cette intervention du professeur marque le début d'un autre jeu :

- Jeu 12.16 : « Discuter des effets du court-circuit de la pile » :

En effet, le professeur essaye de prévenir les élèves des dangers du court-circuit en disant que court-circuiter une batterie de voiture de 12V, est très dangereux (courant intense et arcs électriques). Un élève commente que « 12 volts c'est rien (TDP 336) le trou (ici l'élève veut désigner prise électrique) c'est 250 (TDP 338) », pour dire que ça ne peut pas être dangereux de court-circuiter une batterie de 12 V puisque c'est beaucoup plus faible que 250 V qu'on trouve dans les installations des maisons. Ceci pousse le professeur à insister sur le fait que le nombre de volts du générateur court-circuité n'est pas relié à l'intensité du courant produit. Ainsi au cours de ce jeu les facettes f17.1, f17.2 et f18.1 sont reprises (ces facettes ont été introduites au cours de cette même activité) et les facettes f17.4, f17.5, f17.6 et f17.7 sont introduites. Ces facettes sont en lien avec le cas de court-circuit de la pile puisqu'il s'agit de présenter les effets de ce court-circuit en mettant en jeu les concepts de tension de la pile et d'intensité du courant. En même temps elles sont en lien avec l'expérience des élèves dans la vie de tous les jours. Mais elles ne sont pas en continuité avec le travail des élèves au cours des deux phases précédentes.

- Jeu 12.16 : « coller et comprendre le bilan 3.2 distribué par le professeur » :

Ensuite le professeur distribue et lit le texte du bilan prévu par les concepteurs. C'est le début du jeu 12.6. Le texte du bilan introduit plusieurs nouvelles facettes :

> la facette f17.3 qui présente une continuité par généralisation de la description d'une situation particulière (court-circuit d'un pile) à une définition du court-circuit fondée sur le fonctionnement de la physique, la modélisation qui permet une généralisation du court-circuit applicable à tous les dipôles.

> les facettes f17.5, f2.7 et f2.8 qui introduisent les conséquences du court-circuit de la pile du point de vue de l'intensité du courant et présentent une généralisation du fonctionnement de la pile à tout état allant du court-circuit au circuit ouvert. Même si ces facettes sont en lien avec le cas du court-circuit de la pile (dans le sens où ils présentent les effets de ce court-circuit), elles sont en discontinuité avec l'activité (phase de travail en binôme et phase de mise en commun/correction) où les élèves ont seulement construit l'échauffement de la pile et ont discuté son déchargement.

Ainsi notre étude pour cette activité montre qu'il n'y a pas une continuité entre le travail des élèves et les phases de correction ou de bilan. Ceci est dû au fait que les élèves n'ont pas travaillé la totalité de l'activité. En revanche les éléments de savoir introduits sont liés à la notion de court-circuit de la pile, ils introduisent les effets de ce court-circuit sur la pile (échauffement, déchargement), dans le circuit (courant intense) et dans la vie de tous les jours (dangers d'arcs électriques ou de projections dans les yeux).

Nous avons résumé le fonctionnement du savoir au cours de cette activité dans la figure suivante :

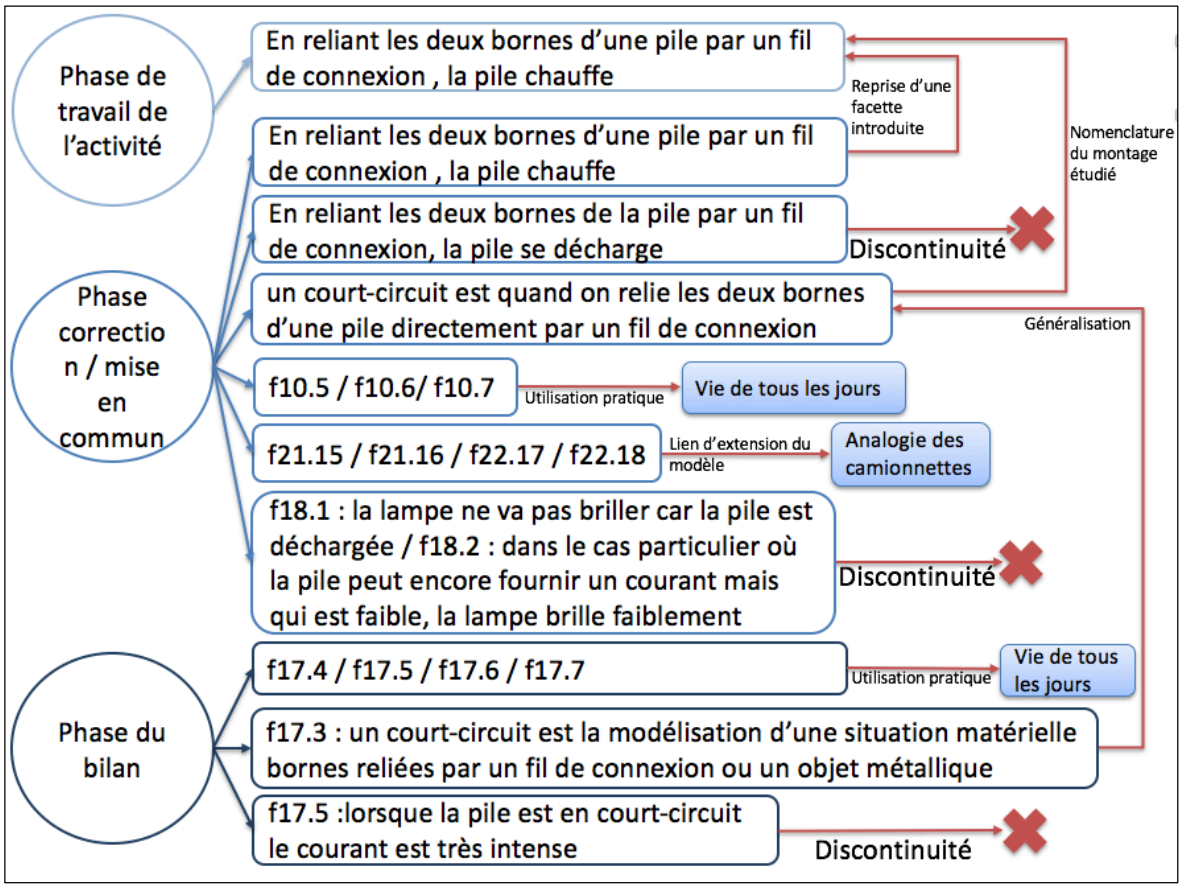

Figure 17: Fonctionnement du savoir activité 3.2

2.6 Résumé et conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre notre étude de la vie du savoir et de sa continuité. Ici la continuité correspond aux liens construits et explicités entre les différents éléments de savoir aux différents moments de l'enseignement. Ceci n'implique pas que la nouveauté d'un élément de savoir soit le reflet d'une 'non-continuité', nos analyses ont montré une variété de liens entre anciens et nouveaux éléments de savoir. Pour étudier cette continuité nous avons eu besoin d'échelles temporelles qui permettent une vue d'ensemble de la séquence et des différents moments de l'enseignement et aussi de distinguer les nouvelles facettes introduites à chaque moment. La nature de la séquence construite nous a conduit à choisir l'activité comme unité de base pour cette étude puisqu'elle se termine systématiquement par une institutionnalisation. Une structuration en phases didactiques décrite en facette nous a paru bien adaptée. Nous avons décrit dans un premier temps les principales phases didactiques qui accompagnent l'introduction d'un nouvel élément de savoir dans la classe. Dans un deuxième temps, nous avons étudié la continuité du savoir à travers ces phases en étudiant la nature des liens qui s'établissent entre les éléments de savoir aux différents moments de l'enseignement. Pour cette étude nous nous sommes basées principalement sur nos analyses en facettes, dans certains cas nous avons eu recours à nos analyses en jeux d'apprentissage. Ainsi notre analyse consiste à l'étude des nouvelles facettes introduites au cours de chaque phase et l'analyse des liens qu'elles ont avec ce qui a été déjà enseigné.

Il ressort de cette analyse que les concepts nouveaux sont introduits le plus souvent en passant d'une description qui peut mettre en jeu une relation causale entre objets et événements à une relation entre concepts. C'est le cas par exemple de l'introduction de la facette 4.1 (introduction du courant électrique mis en circulation par un générateur), de la facette 2.1 (le circuit électrique est une boucle fermée avec au moins un générateur), de la facette 2.4 (interrupteur permet de fermer ou d'ouvrir le circuit). C'est encore le cas de, la facette 16.4 (Les générateurs mettent en circulation un courant électrique suivant le dipôle branché à leurs bornes) qui est introduite à partir de la combinaison d'une description en termes d'objets et d'événement (montages avec des lampes différentes sur une même pile et d'une même lampe sur des piles différentes) et d'un concept (le générateur a la fonction mettre en circulation le courant f9.1).

Cette forme de passage de définitions ou descriptions en termes d'objets et d'événements à une conceptualisation ou des relations entre concepts explique peut-être les discontinuités que nous avons repérées. Il y a très peu de prédictions à partir d'hypothèses, ce processus aurait peut-être pu renforcer la continuité.

De plus l'analyse en types de facette montre l'importance des définitions et des descriptions et le faible nombre d'interprétations. Cependant on peut noter que la mise en œuvre de l'analogie semble augmenter la mise en œuvre d'interprétations. Cette succession de descriptions et/ou définitions est une composante importante des tâches épistémiques en jeu. Le développement du savoir semble être principalement initié par celui du champ expérimental ; les nouvelles situations matérielles étudiées qui conduisent à de nouvelles descriptions et définitions seraient alors le « moteur » principal de ce développement. Le passage au niveau conceptuel se fait de manière plus ou moins imposée, en tout cas dans les séances analysées. Cependant le rôle de l'analogie qui a été assez peu étudié du fait du choix des activités occulte peut-être la mise en œuvre d'une plus grande variété de tâches, en particulier l'interprétation.

Notre analyse a également permis de suivre le processus de développement du savoir à un niveau assez fin tout en gardant un lien avec la situation ; ceci nous a conduit à distinguer deux points de vue par rapport à la temporalité de la continuité du savoir.

En effet la continuité d'un élément de savoir peut être exprimée par des liens soit avec les autres éléments de savoir en cours dans le discours de la classe (notion principale introduite) ; soit avec le travail effectif des élèves en petits groupes. Notre étude montre que ces deux perspectives de la continuité ne sont pas toujours parallèles. En fait, un même élément de savoir introduit peut être en lien avec les autres éléments de savoir introduits dans la classe sans que forcément il soit en continuité avec le travail des élèves en petits groupes.

Nous avons pu distinguer deux cas liés à ce phénomène :

- le premier cas est lié à l'introduction des concepts qui se trouvent imposés par le bilan sans que le travail de l'activité ou la discussion dans la classe ne les favorisent. Comme par exemple le concept de courant, de circuit électrique. C'est le cas dans l'activité 1.2 ; 3.1 et 3.2. Les éléments de savoirs introduits dans ces cas correspondent généralement à des facettes liées au monde Théorie/modèles ou à des relations entre les deux mondes (facettes f2.1, f2.2, f16.4 et f17.5)
- le deuxième cas est lié au déroulement du travail de l'activité qui ne se passe pas comme prévue. C'est le cas par exemple lors des difficultés causées par un manque de matériel (cas de l'activité 3.1) ou le cas où le travail de l'activité n'a pas été complet (cas de l'activité 3.2).

Dans ces deux cas nous retrouvons des éléments de savoir introduits dans la classe, en lien avec les autres éléments de savoir sans être en continuité avec le travail des élèves en petit groupe, ce qui est plus proche de l'aspect d'un cours classique que de celui d'une séquence d'investigation.

CHAPITRE VII
CONCLUSION

Nous présentons tout d'abord dans ce chapitre un résumé de ce travail de recherche avec les principaux résultats. Dans un deuxième temps nous présentons les limites de nos analyses et des perspectives pour de futures études.

1. Résumé et principaux résultats

Notre travail de recherche au cours de cette thèse a porté sur l'étude des pratiques de classes en lien avec l'évolution du savoir dans le cas d'une séquence d'enseignement sur les circuits électriques en 5ème.

Notre travail se situe dans le courant des recherches didactiques sur les pratiques de classes avec une approche par étude de cas. Nous avons étudié le cas d'une séquence mise en place par un groupe d'enseignants et de chercheurs (groupe Sésames-collège) intégrant la démarche d'investigation.

Notre cadre théorique se fonde sur la théorie de l'action conjointe en didactique. Cette théorie permet la description de la pratique en fournissant des outils notamment la notion de jeu qui est un outil modélisant l'action conjointe entre le professeur et les élèves.

Nous avons donc considéré que les interactions enseignants-élèves-savoirs sont à la base du processus enseignement-apprentissage et nous avons adopté le point de vue de la classe dans nos analyses des discours et des actions qui ont lieu au cours des séances de physique pour étudier comment les élèves et le professeur jouent un rôle dans la construction du savoir, son évolution et sa continuité.

La notion de continuité a joué un rôle central dans notre étude. Nous avons présenté comment différents chercheurs abordent cette notion tout en soulignant son importance pour l'apprentissage des élèves. Certains chercheurs (Roth et al, 2011) parlent de la cohérence d'un contenu d'enseignement quand des liens sont établis entre les différents éléments de savoir correspondant au but principal ; d'autres (Wickman, 2014) soulignent l'importance de la continuité entre les acquis des élèves et le savoir scientifique enseigné.

Nous avons considéré dans notre étude qu'assurer une continuité du savoir c'est expliciter son évolution grâce à la construction de liens entre des éléments de savoir en jeu dans des situations de classe spécifiques à différents moments de l'enseignement.

Ceci nous a amenés à poser les questions de recherches suivantes :

- Quelles sont les effets des pratiques de classe sur la vie du savoir dans la classe, sur son développement et son évolution ?
- Quelle est la vie du savoir dans la classe ? Et plus précisément, comment caractériser sa continuité ? Quels liens de continuité sont-ils établis entre les différents éléments de savoir ?

Dans un premier temps, nous avons analysé l'ensemble de la séquence à un niveau mésoscopique avec un découpage thématique du discours de la classe, associé à un découpage en phase didactique et en organisation de classe. Cet enseignement s'est déroulé sur 18 séances dont le professeur de physique du collège a assuré les 6 premières, les 12 suivantes ont été assurées par un professeur remplaçant. Cette première analyse fait ressortir l'importance des situations matérielles manipulées par les élèves, dans la mesure où la moitié des thèmes sont relatifs à ces situations.

Dans un deuxième temps nous avons sélectionné 6 séances (3 par professeur) que nous avons structurées en termes de jeux d'apprentissage et nous avons approfondi l'analyse pour certains

jeux en nous appuyant sur une analyse à l'échelle microscopique en termes de facettes. L'utilisation de la méthode des facettes nous a servi à rendre compte des éléments de savoir en jeu dans le discours de la classe quand le travail se fait en classe entière. Cette approche nous a permis de comprendre comment certains aspects du savoir vivent dans la classe. Ainsi, nous avons repéré des jeux particuliers du point de vue du développement du savoir.
Nous avons repéré trois cas différents de ces jeux particuliers où l'action du professeur peut amener à renforcer ou affaiblir la continuité du savoir :

1. L'activité de la classe dans la phase de mise en commun n'est pas en accord avec les questions de l'activité qui sont traitées pendant le travail en groupe. Ce décalage est repéré par le titre des jeux correspondant à la phase de mise en commun.
2. Les glissements de jeu : les jeux initiés par le professeur ne sont pas joués.
3. Des jeux joués deux fois dans des séances différentes avec d'autres jeux intercalés.

L'étude détaillée de ces jeux 'particuliers' nous a amenés à caractériser deux types d'écarts avec le savoir visé, l'action du professeur in situ étant à l'origine de ces écarts :
- D'une part, l'action du professeur peut conduire à enrichir la vie du savoir sans discontinuité. Dans ce cas lors de la mise en commun et des autres phases qui suivent, le professeur prend en considération l'activité effective des élèves lors du travail en groupes et agit en conséquence. Il adapte la suite de l'enseignement en gardant une continuité d'une part avec les savoirs mis en jeu par les élèves et d'autre part avec le savoir visé par l'enseignement. Pour cela il y a introduction de nouveaux éléments de savoir non prévus mais qui sont toujours en lien avec le savoir visé, ce qui renforce la continuité du savoir et aide les élèves à s'approprier plus facilement le savoir.
- D'autre part, le professeur ne prend pas en considération l'activité effective des élèves, mais introduit soit de nouveaux éléments de savoir non prévus soit des éléments de savoir prévus mais sans continuité avec les savoirs qui viennent d'être mis en jeu dans la classe. Ces introductions correspondent à une rupture avec le milieu, et la continuité avec les autres éléments de savoir enseigné est affaiblie. On peut dire qu'il y a des liens qui manquent.

Ces résultats représentent une réponse à notre première question de recherche puisqu'ils montrent que les pratiques de classes ont un grand effet sur la vie du savoir dans la classe.

Suivant l'action du professeur qui prend en considération ou non l'activité effective des élèves in situ, l'évolution et le développement du savoir sont affectés. L'effet peut être soit dans le sens de fortifier la continuité et aboutir à une densification du savoir autour d'une notion, soit dans un autre sens où la continuité du savoir est plus faible et il y a dispersion du savoir autour d'une notion.

Pour étudier de façon systématique la continuité du savoir nous avons construit une méthodologie adaptée à notre définition et à nos données. La nature de la séquence a dirigé notre choix pour considérer que l'échelle de l'activité est pertinente pour cette étude dans la mesure où une institutionnalisation a été faite à la fin de chaque activité. Ainsi pour aborder le savoir de la classe du point de vue de la continuité nous nous sommes appuyés sur notre analyse microscopique en facettes. Nous avons comparé les savoirs en jeu lors du travail en petit groupe avec ceux lors de la mise en commun en classe entière. De plus, à partir des facettes nous avons comparé les facettes en jeu lors de la mise en commun et lors de l'institutionnalisation (bilan). Pour comprendre la continuité il fallait étudier les mises en lien et en particulier quels processus du fonctionnement du savoir scientifique étaient en jeu. Pour cela nous avons fait appel aux niveaux de modélisation simples consistant à distinguer les éléments relevant des théories et modèles, objets et événements et de leurs relations. Nous avons également utilisé les tâches épistémiques pour préciser les processus de pensée mis en jeu dans la compréhension du monde matériel. Nous avons complété ces tâches avec des processus de développement du savoir comme la catégorisation, la généralisation, l'extension du champ d'application, l'extension d'un modèle. Ces analyses des liens et des facettes ont été nourries par notre analyse enjeu présentée dans les chapitres précédents et au cours de notre analyse des effets de pratiques de classe. Elle a permis de rendre compte du milieu dans lequel ces facettes ont été mises en jeu. Nous avons ainsi caractérisé les facettes et les liens pour préciser la nature du savoir en jeu et son niveau conceptuel. Nous avons mis en évidence la façon dont le savoir évolue dans la classe, comme par exemple si l'introduction d'un nouvel élément se fait au niveau des objets et des évènements ou si un niveau conceptuel est en jeu ; si un élément de savoir est introduit en lien avec d'autres par catégorisation, par généralisation, etc. ou si son introduction est imposée par l'enseignement.

Cette étude nous a permis de répondre à notre deuxième question de recherche et d'élucider des caractéristiques de la vie du savoir dans la séquence analysée.

Il apparaît que le développement du savoir est principalement initié par celui du champ expérimental ; les nouvelles situations matérielles étudiées conduisent à de nouvelles descriptions et définitions, et sont le « moteur » principal de ce développement.
Les nouveaux concepts sont introduits lors du passage d'une description entre objets et événements à une conceptualisation ou relation entre concepts. Dans les séances analysées, cette introduction est assez souvent imposée. Cette forme d'introduction peut expliquer des discontinuités repérées dans la séquence. Cependant l'utilisation de l'analogie des camionnettes semble avoir favorisée la mise en œuvre des relations d'interprétation, la construction des liens entre le monde des objets et des évènements et le monde des théories et des modèles et donc une continuité du savoir.
Cette étude nous a conduit aussi à distinguer plusieurs aspects de la continuité du savoir dans la classe. Nous avons pu souligner que la continuité peut être étudiée de deux perspectives différentes :
- soit du point de vue de l'élève, ici il s'agit d'une continuité entre d'une part, les expériences que les élèves font et les éléments de savoirs qu'ils ont pu probablement construire et d'autre part, les discussions et les savoirs introduits ultérieurement en classe entière.
- soit du point de vue de la classe, ici il s'agit d'une continuité entre les différents éléments de savoirs introduits dans la classe entière autour du but visé.
Nos analyses montrent que ces deux points de vue ne sont pas toujours parallèles, on peut avoir une continuité du point de vue de la classe sans forcément avoir une continuité du point de vue des élèves. Dans les six séances analysées, ceci s'est manifesté dans deux cas : soit il y a eu un dysfonctionnement du travail des élèves au cours des moments de travail en groupe (moments principaux de construction de nouvelles idées dans la séquence) ; soit il y a eu une introduction de concepts par des liens imposés sans que le travail des élèves ou les discussions dans la classe ne favorisent leurs constructions. Dans ces deux cas il y eu une discontinuité avec le travail des élèves en groupe tout en ayant une continuité autour de la notion en jeu dans la classe.

Ainsi notre étude nous permet de faire les hypothèses suivantes sur la vie du savoir, son évolution et sa continuité : le savoir se développe et évolue dans la classe à travers les liens construits entre les différents éléments de savoirs, la nature des liens établis affecte la continuité du savoir dans la classe. Des liens où les concepts interviennent comme dans les interprétations des expériences effectuées, les prédictions, etc. peuvent refléter une forte continuité avec le travail des élèves et avec le contenu de la séance. Si les liens conduisant à introduire de

nouveaux concepts sont faibles ou imposés, si les liens d'interprétation et d'explication n'ont pas été favorisés, le plus probable est d'avoir une discontinuité du savoir entre les différents moments d'enseignement de la séance. Dans le premier cas l'apprentissage serait favorisé contrairement au deuxième cas.

Ceci peut contribuer à nourrir la formation des maitres ainsi que les travaux de recherche sur la conception de séquences. La formation des maitres peut mettre l'accent sur l'importance de l'action des professeurs dans l'évolution du savoir et en particulier sur les différents moyens d'introduire de nouveaux éléments de savoir. Elle peut préciser comment ces moyens peuvent conduire à différents types de liens avec les autres éléments de savoir et alors affecter la vie du savoir et son évolution en renforçant ou non la continuité.
Nous pensons qu'être conscients de ces différentes possibilités peut permettre aux professeurs de privilégier certaines formes d'introduction et de construire certains types de liens. Cela peut les aider à mieux gérer les situations imprévues dans la classe et à agir en visant la continuité par rapport au but visé et par rapport au travail des élèves.

Ainsi, notre analyse de la séquence montre qu'il y a des moments de discontinuité du savoir entre le travail des élèves et les bilans où le niveau conceptuel est imposé sans faire en sorte qu'il soit au moins partiellement construit par les élèves dans l'activité. Il s'agit là probablement d'un phénomène courant. La prise de conscience de ce type de discontinuité pourrait guider les concepteurs à expliciter les liens possibles entre les éléments de savoir en jeu dans le travail effectif des élèves et ceux introduits dans l'institutionnalisation.

2. Limites et perspectives

Ce travail de recherche est une étude de cas qui se limite à une seule classe et nous n'avons analysé finement que 6 séances sur les 18 de la séquence. L'enseignement de cette séquence a de plus une caractéristique particulière car le professeur principal a été remplacé à partir de la septième séance.
Nos résultats ne peuvent pas être généralisés d'emblée.

Les types de facettes et les types de liens que nous avons construits dans cette séquence sont liés à la séquence étudiée, il sera intéressant de voir si d'autres types de liens ou de types de facettes existent dans d'autres classes et quelle continuité ils permettent d'établir.

Il sera aussi intéressant de comparer deux classes différentes pour la même séquence et voir si des différences sur les types de liens ou de facettes peuvent être mises en relation avec les actions des professeurs et aussi avec la compréhension des élèves.

Nos analyses sont à un niveau très fin et elles ont permis une étude de certains aspects de la vie du savoir dans la classe. On peut alors se demander si ces analyses peuvent être interprétées à un niveau plus large dans des études concernant la vie du savoir dans la classe.
Nous ouvrons une perspective en nous référent au travail de Roth et al. dans le cadre de TIMSS vidéo. Ils ont proposé trois indicateurs de la cohérence à partir d'une étude à un niveau plus large que la notre, au sens où ils ne mènent pas une analyse fine du savoir au niveau de la facette ou de l'énoncé, mais ils analysent les actions du professeur et le développement général du savoir au niveau de l'activité ou de la séance. De plus l'étude est quantitative sur un très grand nombre de séances dans différents pays. Il faut noter que le terme de cohérence chez Roth et al. est quasi équivalent à ce que nous avons appelé continuité. Nous reprenons ici les trois indicateurs proposés pour caractériser un enseignement selon des types de cohérence en les confrontant à nos résultats d'analyse. Ces trois indicateurs sont (Roth et al., 2006, p. 64) :

1. le modèle (pattern en anglais) de développement du contenu de l'enseignement est axé sur 'faire des liens entre les expériences, les idées, les modèles, et les explications' ou est axé sur 'l'acquisition de faits, de définitions et d'algorithmes'.
2- il y a des liens conceptuels forts ou non entre les idées scientifiques de la leçon.
3- des buts et des synthèses ont été utilisés pour clarifier l'organisation du contenu de la leçon ou non.

Comme nous l'avons déjà précisé, la nature de la séquence étudiée met en avant l'expérience et la construction du savoir à travers l'expérience et grâce aussi à certains savoirs « imposés ». Ainsi, nous pouvons situer cette séquence essentiellement dans le premier cas sous la caractéristique 'faire des liens entre les expériences, les idées, les modèles, et les explications'. Dans les activités analysées, la cohérence est reflétée par les liens de généralisation par catégorisation, les liens de description du matériel utilisé et du montage réalisé, par le passage d'une description de l'organisation des objets à une description des conditions de

fonctionnement avec relation causale ou encore par les liens de description causale entre une action et le fonctionnement du montage construit par les élèves. On trouve aussi des liens d'extension du modèle de l'analogie des camionnettes par ajout de nouveaux éléments au modèle. Notre méthodologie permet d'isoler les moments précis de cohérence au sein d'une séance ou même d'une phase.

Les séances analysées ne correspondent pas au deuxième cas pour lequel il faut des liens conceptuels forts entre les idées scientifiques. Les liens conceptuels n'apparaissent pas dans la phase de travail de l'activité, ils sont mis en œuvre à partir de la phase de mise en commun mais surtout imposée dans la phase de bilan. Ceci est reflétée dans notre analyse par le type des liens et des facettes où nous avons précisé les termes concept ou conceptuel.

Le troisième cas ne correspond pas non plus aux séances analysées, car il ne reflète pas la succession des phases, du travail des élèves en petits groupes à l'institutionnalisation.

Ainsi il apparaît que les types de liens peuvent être des indicateurs de certaines caractéristiques de la continuité. Il semble aussi que notre méthodologie permet de détailler les moments précis de cohérence dans la séance.

Ces résultats ouvrent des perspectives d'analyse de séquences, mais ils nécessitent d'être largement confortés et développés par d'autres études.

REFERENCES

Alonzo, A. C., Kobarg, M., & Seidel, T. (2012). Pedagogical content knowledge as reflected in teacher–student interactions: Analysis of two video cases. *Journal of research in science teaching*, *49*(10), 1211-1239.

Altet, M. (2009). De la psychopédagogie à l'analyse plurielle des pratiques. In A. Vergnioux (éd.), *40 ans des sciences de l'éducation. L'âge de la maturité ? Questions vives* (p. 31-47). Caen : Presses Universitaires de Caen. Consulté à l'adresse https://www.unicaen.fr/puc/images/0340ans_education.pdf

Anderson, L. W. (1992). *Accroître l'efficacité des enseignants*. Paris : UNESCO, Institut international de planification de l'éducation.

Badreddine, Z. (2009). *Étude des décisions chronogénétiques des enseignants dans l'enseignement de la physique au collège ; une étude de cas au Liban* (thèse en Sciences de l'éducation). Université Lumière - Lyon II ; Université Libanaise. Consulté à l'adresse https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00421770/document

Barnes, D. (1992). The role of talk in learning. *Thinking voices: The work of the national oracy project*, 123-128.

Bécu-Robinault, K. (2015). *Une cadre épistémo-sémiotique pour concevoir des séances et analyser des pratiques d'étude et d'enseignement de la physique*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches. Université Toulouse Jean Jaurès. Consulté à l'adresse https://hal-ens-lyon.archives-ouvertes.fr/tel-01237838v1

Bécu-Robinault, K., & Buty, C. (2007). Utilisation d'une analogie pour enseigner l'électrocinétique en cinquième au collège. In *5èmes rencontres de l'ARDIST* (p. 31-40). La Grande Motte, 17-19 Octobre 2007. Consulté à l'adresse http://ardist.org/wp-content/Actes_2007.pdf

Brousseau, G. (1997). *Theory of Didactical Situations in Mathematics*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.

Bru, M. (2002). Pratiques enseignantes : des recherches à conforter et à développer. *Revue française de pédagogie*, *138*(1), 63-73. http://doi.org/10.3406/rfp.2002.2864

Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique* (2ème éd.). Grenoble : La Pensée Sauvage.

Chevallard, Y. (2007). Passé et présent de la théorie anthropologique du didactique. In L. Ruiz-Higueras, A. Estepa, & F. J. García (éd.), *Sociedad, Escuela y Mathemáticas. Aportaciones de la Teoría Antropológica de la Didáctico* (p. 705-746). Universidad de Jaén, Spain.

Clark, C. M., & Peterson, P. L. (1986). Teachers' thought processes. Handbook of research on teaching, ed. M. Wittrock, 255 95.

Dewey, J. (1938). *Experience and Education. The Kappa Delta Pi lecture Series*. New-York : Touchstone Simon & Shuster.

Doyle, W. (1983). Academic work. *Review of educational research*, *53*(2), 159-199.

Doyle, W. (1986). Paradigmes de recherche sur l'efficacité des enseignants. *L'art et la science de l'enseignement*, 435-481.

EL Sowayssi, N. (2005). *Liens entre pratiques d'enseignement et acquisition des élèves. Analyse du point de vue du fonctionnement du savoir* (mémoire de master 2). Université Lyon 2, Lyon.

Filliettaz, L. (2001). Les types de discours. *Círculo de lingüística aplicada a la comunicación (clac) (http://www.ucm.es/info/circulo/index.htm)*, *8*(1), http://www.ucm.es/info/circulo/no8/filliettaz.htm).

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 (éd.), *Proceedings of the fifth international ESERA conference on contributions of research to enhancing students' interest in learning science* (p. 830-834). Barcelona, Spain.

Fischer, H. E., Borowski, A., & Tepner, O. (2012). Professional Knowledge of Science Teachers. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (éd.), *Second International Handbook of Science Education* (p. 435-448). Dordrecht : Springer Netherlands. Consulté à l'adresse http://link.springer.com/10.1007/978-1-4020-9041-7_30

Gage, N. L. (1963). Handbook of research on teaching.

Galili, I., & Hazan, A. (2000). The influence of an historically oriented course on students' content knowledge in optics evaluated by means of facets-schemes analysis. *American Journal of Physics*, *68 (Supplement)* (7), S3-S15.

Herrenkohl, L. R., Tasker, T., & White, B. (2011). Pedagogical Practices to Support Classroom Cultures of Scientific Inquiry. *Cognition and Instruction*, *29*(1), 1-44. http://doi.org/10.1080/07370008.2011.534309

Hiebert, J., Gallimore, J. H. R., Garnier, H., Bogard, K., Hollingsworth, G. H., Jacobs, J., … Stigler, J. (2003). *Teaching Mathematics in Seven Countries. Results from the TIMSS 1999 Video Study, (NCES 2003–013 Revised)*. Washington DC: National Center for Education Statistics (NCES) U.S. Department of Education.

Hmelo-Silver, C. E., Liu, L., Gray, S., & Jordan, R. (2015). Using representational tools to learn about complex systems: A tale of two classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, *52*(1), 6-35. http://doi.org/10.1002/tea.21187

Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses universitaires de France.

LE Hennaf, C. (2013). *L'anglais à l'école élémentaire : analyse didactique de l'articulation entre la langue et la culture* (doctorat en Sciences de l'Éducation). Rennes 2, Rennes.

Lemke, J. L. (2001). The long and the short of it: comments on multiple timescale studies of human activities. *The Journal of the Learning Sciences*, *10* (1&2), 17-26.

Ligozat, F., Wickman, P.-O., & Hamza, K. (2011). Using Practical Epistemology Analysis to Study the Teacher and Students' Joint Actions in the Mathematics Classroom. In M. Pytlak, E. Swoboda, & T. Rowland (éd.), *Proceedings of the 7th Congress of the European society for Research in Mathematics Education (CERME 7)* (p. 2472-2481). Rzeszow (Poland): University of Rzeszow. Consulté à l'adresse https://archive-ouverte.unige.ch/unige:23060

Malkoun, L. (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.

Marlot, C. (2008). *Caractérisation des transactions didactiques : Deux études de cas en découverte du monde vivant au cycle II de l'école élémentaire* (Doctorat en sciences de l'éducation). Université Rennes 2, Rennes.

Marlot, C. (2009). Glissement de jeux d'apprentissage et épistémologie pratique du professeur : analyse de l'action conjointe dans une classe de cycle 2, en Découverte du Monde Vivant. In *Journées scientifiques 2009 de l'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Techniques (ARDIST)* (pp. http-ardist).

Mercer, N. (1995). *The guided construction of knowledge: Talk amongst teachers and learners*. Multilingual matters.

Mercier, A., Schauber-Leoni, M. L., & Sensevy, G. (2002). Vers une didactique comparée. *Revue Française de Pédagogie*, *141*, 5-16.

Ministère de l'éducation nationale. (2005). Programmes des enseignements de mathématiques, de sciences de la vie et de la Terre, de physique-chimie pour les classes du cycle central du collège (classes de cinquième et de quatrième). *Bulletin officiel*, *Tome 2*(numéro hors série n° 5 du 25 août 2005). Consulté à l'adresse http://www.education.gouv.fr/bo/2005/hs5/default.htm

Minstrell, J. (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (éd.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (p. 110-128). Kiel : IPN.

Numa-Bocage, L., Marcel, J.-F., & Chaussecourte, P. (Éd.). (2014). De l'observation des pratiques enseignantes. *Recherches en éducation*, *19*.

Ohle, A., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2015). Investigating the impact of teachers' physics CK on students' outcomes. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *13*(6), 1211-1233. http://doi.org/10.1007/s10763-014-9547-8

Roth, K. J., Druker, S. L., Garnier, H. E., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T., Gallimore, R. (2006). *Teaching Science in Five Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study Statistical Analysis Report (NCES 2006-011)*. Washington: U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

Roth, K. J., Garnier, H. E., Chen, C., Lemmens, M., Schwille, K., & Wickler, N. I. Z. (2011). Videobased lesson analysis: Effective science PD for teacher and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, *48*(2), 117–148.

Safty, A. (1993). *L'enseignement efficace*. PUQ.

Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (éd.), *Agir ensemble : Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves* (p. 13-49). Rennes : Presses Universitaires de Rennes (PUR).

Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles: de Boeck.

Sensevy, G. (2012a). About the Joint Action Theory in Didactics. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *15*(3), 503-516. http://doi.org/10.1007/s11618-012-0305-9

Sensevy, G. (2012b). Le jeu comme modèle de l'activité humaine et comme modèle en théorie de l'action conjointe en didactique. Quelques remarques. *Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales*, *7*(2), 105-132.

Sensevy, G., & Mercier, A. (2007a). *Agir ensemble : Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes (PUR).

Sensevy, G., & Mercier, A. (2007b). Agir ensemble : l'action didactique conjointe. Notes pour une synthèse. In G. Sensevy & A. Mercier (éd.), *Agir ensemble : Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves* (p. 146-166). Rennes : Presses Universitaires de Rennes (PUR).

Sensevy, G., Mercier, A., & Schubauer-Leoni, M. L. (2000). Vers un modèle de l'action didactique du professeur. A propos de la course à 20. *Recherches en didactique des mathématiques*, *20*(3), 263-304.

Sensevy, G., Mercier, A., Schubauer-Leoni, M.-L., Ligozat, F., & Perrot, G. (2005). An attempt to model the teacher's action in mathematics. *Educational Studies in mathematics,59* (1), 153-181.

Sensevy, G., & Quilio, S. (2002). Les discours du professeur. Vers une pragmatique didactique. *Revue Française de Pédagogie*, *141*, 47-56.

SESAMES (2004), groupe de recherche-développement financé par l'INRP et intégré à l'UMR ICAR. Productions disponibles à www2.ac-lyon.fr/enseigne/physique/sesames/ ou à http://pegase.inrp.fr

Shavelson, R. J., & Stern, P. (1981). Research on teachers' pedagogical thoughts, judgments, decisions, and behavior. *Review of educational research*,*51* (4), 455-498.

Tiberghien, A. (2012). Analyse d'une séance de physique en seconde : quelle continuité dans les pratiques ? *Education et Didactique*, *6*(3), 97-123.

Tiberghien, A., & Buty, C. (2007). Studying science teaching practices in relation to learning. Times scales of teaching phenomena. In R. Pintó & D. Couso (éd.), *Contributions from science education research* (p. 59-75). Berlin: Springer.

Tiberghien, A., & Malkoun, L. (2009). The construction of physics knowledge in a classroom community from different perspectives. In B. Schwarz, T. Dreyfus, & R. Hershkovitz (éd.), *Transformation of knowledge through classroom interaction* (p. 42-55). New York: Routledge.

Tiberghien, A., Malkoun, L., Buty, C., Sowayssi, N., & Mortimer, E. (2007). Analyse des savoirs en jeu en classe de physique à différentes échelles de temps. In G. Sensevy & A. Mercier (éd.), *Agir ensemble : Eléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves* (p. 93-122). Rennes: PUR.

Tiberghien, A., Vince, J., & Gaidioz, P. (2009). Design-based Research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, *31*(17), 2275 - 2314. http://doi.org/10.1080/09500690902874894

Tochon, F. V. (1993). *L'enseignante experte, l'enseignant expert*. Nathan pédagogie.

Venturini, P., Calmettes, B., Amade-Escot, C., & Terrisse, A. (2007). Analyse didactique des pratiques d'enseignement de la physique d'une professeure expérimentée. *Aster*, (45), 211-234.

Venturini, P., & Tiberghien, A. (2015). Analysis at different timescales of the didactic contract in a physics classroom. In *11th biannual Conference of the European Science Education Research Association (ESERA)*. Helsinki.

Viiri, J., & Saari, H. (2006). Teacher Talk Patterns in Science Lessons: Use in Teacher Education. *Journal of Science Teacher Education*, *17*(4), 347-365. http://doi.org/10.1007/s10972-006-9028-1

Wickman, P.-O. (2004). The Practical Epistemologies of the Classroom: A Study of Laboratory Work. *Science Education*, *88*(3), 325-344.

Wickman, P.-O. (2006). *Aesthetic Experience in Science Education*. New York: Routledge. Consulté à l'adresse https://books.google.ch/books/about/Aesthetic_Experience_in_Science_Educatio.html?hl=fr&id=FR2RAgAAQBAJ

Wickman, P.-O. (2012). A Comparison between Practical Epistemology Analysis and Some Schools in French Didactics. *Education & Didactique*, *vol. 6*(2), 145-159.

Wickman, P.-O. (2014). Teaching learning progressions: An international perspective. In N. G. Lederman & S. K. Abell (éd.), *Handbook of Research on Science Education* (Vol. 2, p. 145-163). New York: Routledge.

Wickman, P.-O., & Ligozat, F. (2011). Scientific literacy as action: consequences for content progression. In C. Linder, L. Ostman, D. A. Roberts, P.-O. Wickman, G. Erickson, & A. MacKinnon (éd.), *Exploring the landscape of scientific literacy* (p. 145-159). New York: Routledge.

Wickman, P.-O., & Ôstman, L. (2002). Learning as Discourse Change: A Sociocultural Mechanism. *Science Education*, *86*, 601-623.

Wickman, P.-O., & Ostman, L. (2002b). Induction as an empirical problem: How students generalize during practical work. *International Journal of Science Education*, *24*(5), 465-486. http://doi.org/10.1080/09500690110074756

Wittgenstein, L., Dastur, F., & Rigal, E. (2004a). *Recherches philosophiques*. Paris : Gallimard.

Wittgenstein, L., Dastur, F., & Rigal, E. (2004b). *Recherches philosophiques*. Paris : Gallimard (1ère publication anglais 1953).

Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (éd.). (2003). *Educational psychology: a century of contributions*. Mahwah, N.J: L. Erlbaum Associates.