



HAL
open science

Construction de la matière scolaire "sciences et technologie" par les enseignants de l'école élémentaire : points de vue infradisciplinaire

Eric Wojcieszak

► **To cite this version:**

Eric Wojcieszak. Construction de la matière scolaire "sciences et technologie" par les enseignants de l'école élémentaire : points de vue infradisciplinaire. Education. Université Charles de Gaulle - Lille III, 2017. Français. NNT : 2017LIL30048 . tel-01891079

HAL Id: tel-01891079

<https://theses.hal.science/tel-01891079>

Submitted on 9 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ CHARLES DE GAULLE (LILLE 3)

ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE L'HOMME ET DE LA SOCIÉTÉ

THESE

Pour obtenir le grade de docteur en Sciences de l'Éducation

**Construction de la matière scolaire « sciences et
technologie » par les enseignants de l'école élémentaire :
point de vue infra-disciplinaire**

(Volume 1)

Soutenue le 30 novembre 2017 par

Éric WOJCIESZAK

devant le jury composé de :

Pascale BRANDT-POMARES

Professeure, ESPE Aix Marseille Université (rapporteur)

Bertrand DAUNAY

Professeur des universités, Université Charles De Gaule, Lille3 (directeur de Thèse)

Valérie MUNIER

Maitre de conférence HDR, Université Montpellier

Christian ORANGE

Professeur des universités émérite, Université Libre de Bruxelles (rapporteur)

Andrée TIBERGHIE

Directrice de recherche émérite, CNRS, ENS de Lyon, Université Lyon 2

Abdelkarim ZAID

Professeur des universités, COMU, ESPE Lille Nord de France (directeur de Thèse)

à Dany

Remerciements

Je remercie Bertrand Daunay de m'avoir fait confiance, pour sa rigueur intellectuelle, ses conseils et ses relectures éclairantes.

Je remercie vivement Abdelkarim Zaid pour ses qualités humaines et intellectuelles. Je le remercie également pour ses efforts inlassables pour me permettre de mener ce travail de thèse à terme.

Mes remerciements vont à Mme Capelain (IEN), à M. Mercier (IEN), à Mme Lejeune (CPC), aux enseignants de l'école plaine de Mons à Valenciennes, à M. Geffrault de l'école Lakanal de Lille-Hellemmes, à M. Fresko (professeur à l'ENSAM), à Élodie Delbart et Hélène Papillaud, sans qui cette thèse n'existerait pas.

Mes remerciements vont aussi à mes collègues de l'ESPE pour leurs aides et leurs soutiens.

Mes remerciements vont enfin à mes parents, ma famille, mes proches ainsi qu'à Lou et Ana pour avoir supporté mon absence.

Sommaire :

Introduction	7
Chapitre 1. Contexte de l'étude et problématique	8
Chapitre 2. Cadre conceptuel	15
1 L'éducation scientifique et technologique en tant que pratique socioculturelle.....	16
2 Les contenus d'enseignement et d'apprentissage.....	21
2.1 La notion de contenu	21
2.2 Quels contenus en éducation scientifique et technologique ?	22
3 La pratique d'enseignement.....	33
3.1 La pratique d'enseignement, Interaction ou Transaction ?.....	34
3.2 La pratique d'enseignement : une médiation.....	39
4 Une pratique d'enseignement construite.....	46
4.1 Représentations ou conceptions ?	46
4.2 Les beliefs and knowledges (les croyances et connaissances).....	48
4.3 Un double feed-back entre pratique et interprétation de la pratique.....	49
4.4 La relation entre contenus et pratique d'enseignement.....	50
5 Synthèse et questions de recherche	54
Chapitre 3. Méthodologie.....	59
1 Positionnement méthodologique	60
2 Deux niveaux d'analyse	62
3 Une approche infra-disciplinaire spatiale et temporelle.....	63
4 Une population expérimentée à profils divers.....	66
5 Décrire la construction des contenus dans le discours	69
5.1 Un outil mixte, entre entretien et questionnaire	69
5.2 Un entretien mixte à usage principal et exploratoire.....	70
5.3 Une analyse du discours	70
6 Décrire la construction des contenus en situation de classe.....	71
6.1 Une instrumentation Vidéo	71
6.2 Les choix des différentes situations observées.....	73
6.3 Le synopsis, la chronique et l'intrigue	74
6.4 Les chroniques synoptiques des situations observées	75
6.5 La description des transactions	77

7	Catégorisations des contenus	83
7.1	La démarche d’investigation (DI).	83
7.2	Les contenus de connaissances et de pratique scientifique	86
8	Transana un outil d'analyse des situations vidéo-observées.....	89
8.1	Une brève présentation de Transana	89
8.2	L’apport de Transana dans l’analyse des médiations.....	91
Chapitre 4. La construction de la matière <i>Sciences et Technologie</i> par les enseignants.....		93
1	Une construction de la matière sciences et technologie différenciée dans le discours	95
1.1	Des contenus de pratique scientifique dans le discours décontextualisé	95
1.2	Des contenus de connaissances dans le discours contextualisé	98
1.3	Une construction pré-active variable du point de vue des contenus construits.....	102
2	La construction de la démarche d'investigation (DI) par les enseignants	105
2.1	La construction pré-active de la DI dans les écrits de préparation.....	105
2.2	La construction de la DI en situation d'enseignement ordinaire	112
3	Synthèse	141
Chapitre 5. Une pratique d’enseignement spécifiée par les contenus		143
1	Pratique d’enseignement et contenus mobilisés.....	147
1.1	Une pratique qui varie selon les contenus.....	147
1.2	Un contenu qui uniformise la pratique.....	163
1.3	Deux pratiques de l' <i>expérience</i> différentes pour un même enseignant	168
2	Deux modes d’engagement des élèves dans l’activité.	183
2.1	L’élève-chercheur.....	183
2.2	L’élève-trouveur.....	187
3	Des performances didactiques des élèves qui agissent sur la pratique d’enseignement	191
3.1	Des performances qui agissent sur la médiation	191
3.2	Des performances qui modifient la médiation de l’enseignant à l’échelle d'une séance	197
4	Synthèse:	201
Chapitre 6. Une pratique construite selon le contexte : le cas de l'ASTEP.....		202
1	Construction des contenus.....	204
1.1	La reconstruction de la démarche d’investigation (DI) dans le cadre de l'ASTEP	204
1.2	Les critères d'authenticité	208
1.3	Une construction des contenus spécifiée par les accompagnateurs	211
2	Un enseignement des contenus partagé.....	215

2.1	La mise en évidence du partage des rôles	215
2.2	Les médiations différentes de l'enseignant et de l'expert	219
3	Deux formes d'accompagnement	235
3.1	La répartition spatiotemporelle des positions et des interventions des accompagnateurs et de l'enseignant en classe	235
3.2	Les deux formes d'accompagnement : collaborative et participative.....	241
3.3	Les médiations dépendantes des formes d'accompagnement	242
4	Des contenus émergents du dispositif	251
4.1	Des contenus en accord avec les programmes	251
4.2	Des contenus émergeant de manière différente.....	254
5	Synthèse	260
Chapitre 7. Discussion et conclusion		261
Discussion		262
5.1	Une variabilité des modes de construction des contenus	262
5.2	Une variabilité des modes de transmission des contenus.....	273
5.3	Une variabilité des formes d'engagement des élèves dans l'activité.....	292
Conclusion.....		298
Références bibliographiques		304
Table des matières		317
Index des auteurs		322
Table des figures		328
Table des tableaux		333

Introduction

L'éducation scientifique et technologique à l'école élémentaire se présente sous différentes désignations institutionnelles (MEN, 2008). Au cycle des apprentissages fondamentaux, la matière, au sens de Chervel (1988), intitulée « découverte du monde » amène les élèves à accéder « *aux savoirs* » et « *aux connaissances sur le monde* » par une attitude engagée. Les élèves « *dépassent leurs représentations initiales en observant et en manipulant* », la découverte est active, les contenus scientifiques sur la connaissance du monde sont associés à des connaissances sur le monde issues d'autres disciplines savantes (Reuter, 2010, 2013) telles que l'Histoire et la Géographie.

Au cycle des approfondissements, la matière « Sciences Expérimentales et Technologie » s'individualise. L'élève doit « *comprendre* » et « *décrire* » le monde naturel et technique et doit être capable d'« *agir sur lui. Les élèves apprennent à être responsables face à l'environnement, au monde vivant, à la santé* » (MEN, 2008). Ces prescriptions à l'action raisonnée sont censées permettre l'acquisition de connaissances et de compétences « *dans le cadre d'une démarche d'investigation* » (MEN, 2008).

Il nous semble que cette évolution institutionnelle marque un mouvement qui pourrait être interprété comme une acculturation disciplinaire des élèves (Reuter, 2007), comme une acculturation scientifique. Les enseignants, en tant qu'organiseurs des apprentissages, participent à cette acculturation et amènent progressivement les élèves à aborder les savoirs scientifiques.

Notre projet de recherche vise à questionner le rapport entre une matière curriculairement variable et les pratiques des enseignants de l'école élémentaire institutionnellement polyvalents.

Chapitre 1. Contexte de l'étude et problématique

Contrairement au secondaire où les enseignants possèdent une culture universitaire disciplinaire conforme à la discipline d'enseignement, les enseignants de l'école élémentaire, sont issus de formations universitaires diverses. A titre d'exemple, les origines universitaires des étudiants préinscrits à l'IUFM en 2012 du site de Villeneuve d'Ascq qui se destinent au professorat des écoles, donne une image, certes partielle, de cette diversité d'origine et de culture (Figure 1).

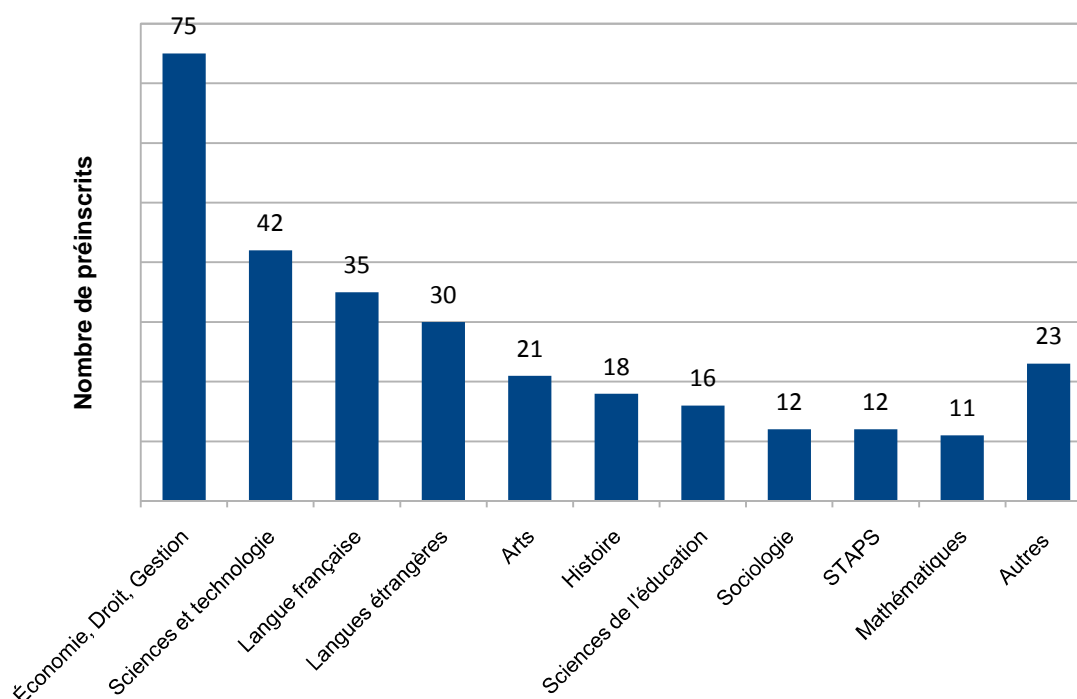


Figure 1. Origines universitaires des étudiants inscrits en IUFM (2012, IUFM Nord pas de Calais)

Ces enseignants ont un attachement personnel aux disciplines universitaires dont ils sont issus, qu'elles soient « scientifiques », « littéraire », « économique », etc., et un rapport particulier à la matière « Sciences et Technologie ». Ces rapports à ces disciplines peuvent influencer leur pratique en « Sciences et Technologie » comme l'avance Manning (1982) qui montre que le rapport aux sciences des enseignants, en particulier aux sciences de la nature,

« leur confiance à enseigner cette matière et le temps qu'ils consacrent à cet enseignement dépendaient de leur formation antérieure en sciences de la vie » (Manning, 1982, p. 338).

Les enseignants de l'école élémentaire au cours de leur carrière sont susceptibles, de manière plus importante que dans le secondaire, d'enseigner sur les trois cycles et par conséquent d'avoir à enseigner deux matières à contenus scientifiques institutionnellement différents. Ces constats, et le fait qu'il n'existe pas « d'enseignants de sciences à l'école primaire », comme l'avance Bisault (2012), mais des enseignants polyvalents intervenant sur les trois cycles posent le problème de la pratique d'enseignement des « Sciences et Technologie » à l'école primaire par des enseignants de cultures universitaires différentes. Ceci nous amène à une première question : Comment les enseignants de cultures universitaires diverses interprètent-ils la matière « Sciences et Technologie » à l'école élémentaire et en quoi cette interprétation influence-t-elle leur pratique d'enseignement ?

Contrairement au secondaire où les disciplines scientifiques à enseigner, sont institutionnellement identifiées (Sciences de la Vie et de la Terre, Sciences Physiques, Technologie), à l'école élémentaire « la découverte du monde » et les « Sciences Expérimentales et Technologie » peuvent être vues comme un assemblage de « *disciplines savantes* » (Reuter, 2010, 2013) telles qu'on peut les rencontrer dans l'enseignement supérieur, citons par exemple la biologie, la géologie, l'écologie, la physique, la technologie, etc. avec des objets de recherche, des questionnements, des méthodes et des épistémologies différents.

Concernant les contenus à enseigner à l'école élémentaire, les prescriptions insistent sur l'acquisition de connaissances et de compétences en lien avec le socle commun. Néanmoins « *la frontière entre les deux est mal définie dans les textes* » (Bisault et al, 2009). En effet, on trouve, dans l'intitulé général des programmes, la distinction entre connaissances et compétences et dans les listes de compétences par domaine, la distinction entre connaissances, capacités et attitudes. Cette variabilité de désignation peut constituer une source de variabilité de l'interprétation des programmes par les enseignants. L'approche thématique des contenus en Sciences et Technologie prescrits dans l'introduction des compléments aux programmes en 2012, (MEN, 2012) indique que les progressions ont été construites selon deux logiques : l'une consiste à « *décliner un même thème en abordant, sur les 3 années du cycle, des sujets d'étude de difficulté ou d'approfondissement croissants* » et l'autre à « *positionner complètement un thème sur une ou deux années du cycle* ». (MEN, 2012). A titre d'exemple le thème « *lumières et ombres* » est réparti sur le CE2, le CM1 et le

CM2, tandis que le thème « *première approche des fonctions de nutrition* » n'apparaît qu'au CM1. Les programmes précisent que « *ce choix répond à des impératifs scientifiques et didactiques* » sans que ces impératifs ne soient explicités et « *laisse aux équipes pédagogiques des possibilités d'adaptation, en fonction du projet pédagogique et de la structure de l'école* » (MEN, 2012). Nous faisons l'hypothèse que ces prescriptions introduisent de la complexité à mi-chemin entre un cadrage des contenus organisés et une liberté d'adaptation possible de la part des enseignants, entre d'une part des impératifs scientifiques et didactiques et d'autre part des choix pédagogiques, éducatifs et organisationnels des équipes enseignantes.

Une analyse des compétences prescrites dans différents domaines des Sciences et de la Technologie montre une grande variabilité entre d'une part le cycle des apprentissages fondamentaux et le cycle des approfondissements, et d'autre part entre le monde du vivant, le monde de la matière et de l'énergie et le monde des objets techniques. Afin de montrer cette diversité nous distinguons diverses catégories de compétences telles qu'elles sont énoncées dans les programmes de 2012 : des compétences cognitives telles que « *connaître, savoir* » ; des compétences amenant les élèves à découvrir un thème telles que « *identifier, prendre conscience* » ; des compétences réflexives amenant les élèves à « *expliquer, interpréter, comprendre* » ; des compétences de réinvestissement de connaissances et des compétences procédurales telles que : « *observer, manipuler, réaliser, classer* ».

Par exemple, au cycle 2, la découverte du monde ne s'opère pas de la même façon selon les deux champs de connaissances (tableau 1).

	Découvrir le monde du vivant	Découvrir le monde de la matière et des objets
Compétences cognitives	5,7 %	11,5 %
Compétences procédurales	11,4 %	34,2 %
Compétences de découverte	25,7 %	11,5 %

Tableau 1. Compétences prescrites dans les programmes de 2012 en Cycle 2¹.

La découverte du monde de la matière et des objets passe par une action (34 % des compétences sont procédurales), la connaissance du monde du vivant passe par une perception à distance des êtres vivants (25,7 % des compétences sont de découverte). Les

¹ . Pourcentages par rapport au nombre total de compétences présentent dans les programmes de 2012.

objets d'études ne semblent pas être découverts de la même manière. Autant il semble concevable, dès le cycle 2, de manipuler la matière et les objets, autant la découverte du monde des êtres vivants s'effectue à distance au travers de l'observation et on peut le penser en lien avec le principe de respect du vivant. Au cycle 3, des compétences nouvelles apparaissent. Il s'agit pour les élèves de s'engager dans une démarche explicative des phénomènes découverts au cycle 2 et nouveaux du cycle 3. Il s'agit également de mobiliser les connaissances acquises précédemment dans le cycle ou dans le cycle précédent, telles des concepts scientifiques afin de résoudre de nouveaux problèmes.

La matière « Sciences et Technologie » à l'école élémentaire se présente comme une éducation scientifique mettant « *en jeu des problèmes éducatifs de différents ordres* » (Bisault et al., 2009). La dimension éducative des programmes de 2008, avec en particulier au cycle 3, s'exprime au travers, de la maîtrise par les élèves des « *changements induits par l'activité humaine* », de « *l'intérêt pour le progrès scientifique et technique* », de la responsabilisation « *face à l'environnement, au monde vivant, à la santé* » et de la compréhension que « *le développement durable correspond aux besoins des générations actuelles et futures* » et que « *en relation avec les enseignements de culture humaniste et d'instruction civique, ils [les élèves] apprennent à agir dans cette perspective* » (MEN, 2008).

Ces données esquissées de manière succincte montrent que la diversité des enseignants de l'école élémentaire qui peuvent intervenir sur les deux cycles, qui sont institutionnellement polyvalents et qui possèdent des cultures universitaires diverses, est doublée d'une variabilité des matières à enseigner tant au niveau de leurs désignations institutionnelles, qu'au niveau des contenus à enseigner, qu'au niveau des finalités dans un mouvement d'acculturation scientifique. Un enseignant du cycle 2 enseigne-t-il la *découverte du monde* comme une matière scientifique au même titre que la matière *Sciences expérimentales et Technologie* au cycle 3 ? Comment les enseignants de l'école de cultures universitaires diverses amènent-ils les élèves à s'acculturer scientifiquement, ou du moins le font-ils de la même façon ?

Cette variabilité curriculaire et cette diversité des enseignants se trouvent confrontées à une forme d'uniformisation de l'enseignement des Sciences et de la Technologie basée sur l'investigation. En effet quel que soit l'espace considéré (Reuter, 2010, 2013), l'enseignement par investigation est préconisé voire prescrit. Les programmes de 2008 pour le cycle 3 précisent que « *les connaissances et les compétences sont acquises dans le cadre d'une démarche d'investigation* » (MEN, 2008). Cette démarche est présentée selon un principe

d'unité quels que soient les domaines étudiés comme le précise l'introduction du document de cadrage de la démarche d'investigation conçu par le groupe technique associé au comité de suivi du plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école en 2001 :

« Cette démarche s'articule sur le questionnement des élèves sur le monde réel : phénomène ou objet, vivant ou non vivant, naturel ou construit par l'Homme. Ce questionnement conduit à l'acquisition de connaissances et de savoir-faire, à la suite d'une investigation menée par les élèves guidés par le maître. » (MEN, 2001)

Cette démarche est formalisée de manière extrêmement cadrée et un canevas est proposé aux enseignants comprenant 5 étapes :

- Le choix d'une situation de départ (paramètres qui ont guidé son choix par le maître en fonction des objectifs des programmes)
- La formulation du questionnement des élèves
- L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation à réaliser pour les valider/invalides
- L'investigation conduite par les élèves (expérimentation directe, réalisation matérielle telle que la construction directe ou la recherche d'une solution technique, observation, directe ou assistée par un instrument, recherche sur documents, enquêtes et visites.).
- L'acquisition et la structuration des connaissances

Cet enseignement par investigation est repris par les corps d'inspection (Inspecteurs, Conseillers pédagogiques...), par la formation des enseignants (IUFM puis ESPE), par les manuels scolaires et par un certain nombre de dispositifs d'accompagnement des enseignants, par exemple *La main à la pâte*, *l'Accompagnement en Sciences et Technologie à l'École Primaire* (ASTEP) et récemment les maisons pour la Science.

Le dispositif ASTEP est à ce propos très intéressant. Dans la continuité de l'opération « La main à la pâte », le comité national de l'ASTEP, constitué en 2004, propose une nouvelle forme de partenariat associant des scientifiques, généralement des étudiants dans des cursus scientifiques et/ou technologiques, à des enseignants à l'école primaire. En 2004, une charte

de l'ASTEP cadre le dispositif. En introduction de la Charte qui fixe le cadrage de ce dispositif il est précisé qu'il s'agit « *de seconder les enseignants dans la mise en œuvre et le déroulement d'une démarche scientifique conforme aux programmes de l'école primaire* » (MEN, 2004, p. 1). Un objectif essentiel est souligné dans la charte : rapprocher l'école et le monde des scientifiques instaurant ainsi une référence directe aux pratiques scientifiques et technologiques savantes. Les autres objectifs de la charte incitent à faciliter le rapport au concret par l'expérimentation, au questionnement, à l'argumentation dans le but de construire de nouvelles connaissances.

Le bilan 2015-2016 de ce dispositif, principalement quantitatif, indique que l'accompagnement des enseignants de l'école primaire est en plein développement comme le montre la progression significative du nombre de classes bénéficiaires (+43%) par rapport à l'année 2009-2010. Ce partenariat peut prendre plusieurs formes : en dehors de la classe et/ou à distance tel que le parrainage d'enseignants, la mise à disposition de ressources, la participation à des journées culturelles et des rencontres pédagogiques avec les enseignants, la participation, à la demande des formateurs, à la formation initiale et continue, etc. (MEN, 2004, p. 2) et par une collaboration au sein de la classe à travers la conception et la mise en œuvre de projets coopératifs et la participation en classe à l'enseignement des sciences et de la technologie, au cours d'une ou de plusieurs séances (MEN, 2004, p. 2).

La charte de l'ASTEP précise que l'enseignant est le garant des aspects pédagogiques, didactiques et organisationnels. « *L'enseignant dont la présence est effective et permanente ne confie pas sa classe à l'accompagnateur. Il n'y a pas de substitution des rôles* » (MEN, 2004, p. 3). Les projets sont initiés par le maître : modules, séquences, séances (MEN, 2004, p. 2). Dans la classe, « *l'enseignant définit le rythme de la séance et la pédagogie. Il assure l'autorité au sein de la classe dont il est responsable.* » (MEN, 2004, p. 3). Quant à l'accompagnateur, il complète le travail de l'enseignant. Son rôle se distingue de celui des équipes chargées de l'encadrement pédagogique. « *L'accompagnement en science et technologie constitue un complément à la formation continue mais ne s'y substitue nullement* ». Il vise d'abord à rendre l'enseignant autonome. L'accompagnateur est présenté comme l'expert en matière de « *savoirs et de savoir-faire scientifiques* », qu'il introduit, explicite, « *éclaire, commente, illustre* » (LAMAP, 2007) et de pratiques et d'attitudes scientifiques en s'attachant à la mise en œuvre de la démarche d'investigation, particulièrement dans son moment expérimental, en permettant l'introduction chez les élèves

de la rigueur du raisonnement scientifique et de la rigueur de l'investigation. Là encore l'accompagnement scientifique passe par une forme uniformisée de la pratique scientifique : l'investigation.

C'est par conséquent la tension qui apparaît entre d'une part la variabilité curriculaire et la diversité des enseignants de l'école et, d'autre part, l'uniformisation de l'enseignement scientifique par investigation que nous questionnons. Comment cette variabilité des profils des enseignants et du curriculum couplée à une tendance à l'uniformisation, par la démarche d'investigation, détermine la pratique des enseignants ? Comment les enseignants divers, de l'école élémentaire construisent-ils leur pratique d'une configuration *Sciences et Technologie* variable, uniformisée par l'investigation ?

Deux hypothèses sont ainsi formulées : la première consiste à penser que de la diversité des enseignants et la variabilité du curriculum ne peut naître qu'une diversité de pratiques de l'enseignement des sciences et de la technologie par investigation. La seconde découle de la première, nous avançons que la pratique actualisée des Sciences et Technologie par investigation est individuelle. Chaque enseignant actualise sa pratique en situation de manière personnelle. Cette actualisation personnelle dépend de divers facteurs tels que la culture universitaire des enseignants, la nature des contenus, la nature des contextes d'enseignement et d'apprentissage et dépend des interactions qui s'instaurent en classe.

Chapitre 2. Cadre conceptuel

Notre travail de thèse articule principalement deux perspectives : l'une didactique et l'autre socio sémiotique qui envisage « how all kinds of action can make meanings » (Lemke, 1990). Notre approche didactique s'inscrit dans la culture du laboratoire CIREL-Théodile dans la mesure où d'une part nous envisageons les processus d'enseignement-apprentissage dans une perspective socioculturel avec une place centrale des pratiques langagières, c'est-à-dire comme la construction et la transmission d'une pratique socioculturelle, d'autre part en considérant les objets d'enseignement et d'apprentissage comme des contenus (Daunay, 2015), la pratique comme une action sur les performances didactiques des élèves (Daunay, 2008, Reuter, 2011 ; Zaid, 2012) et que la pratique d'enseignement comme une construction (Reuter, 2007, 2010). Notre travail est complété par des apports des didactiques des sciences pour la définition des contenus scientifiques (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint , 1997 ; Kirch, 2007b ; Katz, 1974 ; Schauble, 2003), en sociologie de la connaissance pour la dimension interactionnelle (Lenoir, 1996 ; Sensevy, 2007, 2012 ; Roth, 2005.) et de travaux en linguistique pour les pratiques langagières en sciences (Lemke, 1990, 1998).

Notre cadre s'articule autour de trois concepts principaux : contenu, médiation et construction. Nous concevons l'éducation scientifique à l'école élémentaire en ce qu'elle vise à l'acquisition de contenus spécifiques à une pratique socio-culturelle (celle des scientifiques), la pratique d'enseignement comme une médiation caractérisée par une action sur les performances didactiques des élèves et la pratique d'enseignement comme une construction actualisée à divers niveaux.

1 L'éducation scientifique et technologique en tant que pratique socioculturelle.

Considérer les *Sciences expérimentales et la technologie* et la *Découverte du monde* comme une matière scolaire au sens de Chervel, semble à la fois stratégiquement pertinent en permettant de désigner cette entité particulière du point de vue institutionnel, mais scientifiquement insuffisant, il s'agirait de ne pas se risquer à la caractériser.

Les matières à l'école sont souvent vues dans une forme d'allégeance au découpage disciplinaire du secondaire. C'est en ce sens que Martinand (2007) oppose « disciplines générales ou technologiques du second degré » à « matières de l'école primaire », pendant que Lebeaume (2007) oppose « enseignants des écoles » aux « enseignants des disciplines », Même si il existe une forme de découpage disciplinaire à l'école, la matière « sciences et technologie » semble sur ce point ne pas s'inscrire totalement dans cette forme d'allégeance au secondaire. Au cycle 3 par exemple, la biologie, la physique et la technologie regroupés sous l'intitulé Sciences expérimentales et la Technologie posent le problème de la caractérisation disciplinaire de cette matière à l'école.

De nombreux auteurs s'accordent pour dire la difficulté de cerner la notion de discipline scolaire, citons entre autres, Chervel (1988), Daunay (2014), Fourez (1994), Lahanier-Reuter, Reuter (2007), Reuter (2003, 2004, 2007, 2010). Reuter définit la discipline scolaire comme une « *construction sociale organisant un ensemble de contenus, de dispositifs, de pratiques, d'outils...articulés à des finalités éducatives, en vue de leur enseignement et de leur apprentissage à l'école* ». Nous empruntons à Reuter les trois axes d'analyse de la discipline, qu'il propose, pour tenter de caractériser la matière « Sciences et Technologie » à l'école. Premièrement, l'axe des « *composantes structurelles* » qui comporte i) des contenus, que nous caractérisons dans la section suivante, ii) des organisations de contenus, qui en « Sciences et Technologie » à l'école peuvent être vues à la fois comme des sous domaines disciplinaires tels que la biologie, la géologie, la technologie ou des thèmes tels que les sorties, les élevages et les plantations ou encore des méthodes telles que la démarche d'investigation, etc. iii) des exercices, tels que le dessin d'observation, la schématisation, etc. iv) des formes de mises en œuvre matérielles telles que l'utilisation d'instruments d'observation, la réalisation d'élevages

ou de cultures...mais aussi des supports, des modalités de travail, des espaces particuliers, etc. Deuxièmement, l'axe de l'organisation de la discipline autour « *de finalités, de visées* » propres à la discipline tels que l'écocitoyenneté, la connaissance des risques d'accidents domestiques, les comportements face aux risques naturels. Troisièmement l'axe des « *relations aux espaces extrascolaires* » avec en particulier la relation aux « *pratiques sociales de références* » (Martinand, 1981, 2003) via les contenus et leurs modalités d'enseignement (la démarche d'investigation et le cahier d'expériences et d'observations par exemple).

Il reste néanmoins, comme le dit Reuter, que ces axes d'analyse « *ne résolvent pas - loin s'en faut - les problèmes complexes que soulève la notion de discipline* » (Reuter, 2010, 2013) et en particulier la caractérisation des matières *Sciences expérimentales et technologie* et *Découverte du monde* qui peuvent être vues comme des configurations de différentes disciplines (biologie, géologie, technologie...) et non comme des domaines d'une seule discipline. De même en suivant Reuter qui pose le problème de la délimitation de la discipline, peut-on parler d'une discipline *Sciences* à l'école, ou comme le propose Bisault de « *moments scolaires à visées scientifiques* » (Bisault, 2012) ?

Devant cette difficulté à cerner les *Sciences expérimentales et technologie* et la *Découverte du monde* à l'école élémentaire, nous adoptons un positionnement infra-disciplinaire en faisant le choix de centrer notre étude sur les contenus enseignés dans la mesure où « *le cœur du métier de l'enseignant réside dans la transmission de contenus scolaires* » (Martinand, Reuter et Lebeaume, 2007) et dans la mesure où les enseignants sont les garants de la transmission de ces contenus. Daunay (2014) dans une synthèse des relations entre contenus et disciplines, apporte un positionnement scientifique dans lequel nous nous inscrivons. Considérer les matières *Sciences expérimentales et technologie* et *Découverte du monde* comme « *des cadres organisateurs* » (Daunay, 2014) de contenus nous semble pertinent et opérationnel.

Concernant les contenus scientifiques, Lemke (1998) affirme que le but de l'enseignement des sciences n'est pas seulement que les élèves « *comprennent les concepts de base de la physique, la chimie, la biologie* » mais aussi que les élèves raisonnent de la même manière que les scientifiques, et ce, pour donner du sens au monde dans lequel ils vivent. L'enseignement scientifique est vu comme une « *acquisition d'outils culturels et de pratiques afin de participer à une activité humaine très spécifique et aux formes souvent spécialisées* » (Lemke, 1998), c'est-à-dire permettre aux élèves d'apprendre les manières de parler, d'écrire,

de faire des diagrammes et de calculer, de planifier, d'observer, de représenter et d'analyser des données, de formuler des hypothèses et des conclusions, de relier des théories, des modèles et des données, de rendre compte d'un travail et de résultats à d'autres scientifiques. En d'autres termes, enseigner et apprendre les sciences et la technologie c'est enseigner et apprendre une culture scientifique et technologique. Nous considérons l'éducation scientifique et technologique, en tant que processus par lequel est transmise une pratique culturelle définie par une communauté scientifique et technologique. Dès lors, apprendre en « Sciences et Technologie » à l'école primaire « *means to become socialized into its particular ways of working and knowing* » (Kirch 2007b d'ap Nunes 1999) . En d'autres termes c'est apprendre dans une société, en l'occurrence à la fois scolaire et scientifique, caractérisée par des pratiques et des savoirs particuliers. En opposition avec l'idée défendue que la pensée est purement abstraite, Lemke partage ce point de vue et considère que « *la pensée est un genre d'action matérielle, et qu'elle est conduite, pas simplement dans et par le cerveau humain, mais par le corps entier, utilisant constamment des outils matériels et des objets dans l'environnement, et interprétant ses propres actions et leurs résultats au moyen de systèmes socialement instruits et culturellement spécifiques de signes significatifs, tels que les langages des mots, des diagrammes et des symboles mathématiques.* » (Lemke, 1998).

Lemke considère le travail du scientifique non pas comme une activité rationnelle, dont le but est la quête d'une vérité objective présente dans la nature qu'il faut découvrir mais comme une activité profondément humaine et subjective, « *une comédie humaine merveilleuse et terrible, comme chaque autre partie de la vie.* » (Lemke, 1998).

Cette approche des sciences fait échos avec la tension que l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école peut générer. L'éducation scientifique et technologique à l'école implique d'enseigner des savoirs stabilisés définis par les programmes que l'enseignant vise et que les élèves doivent apprendre. Elle implique aussi d'enseigner une manière de construire ces savoirs comme le font les scientifiques et au travers d'une figure scolaire de la démarche scientifique : la démarche d'investigation. La démarche d'investigation est censée permettre à l'élève de construire son savoir, en ayant une marge de liberté par rapport à ce que l'enseignant vise et attend en réponse aux programmes.

Ce décalage entre la rationalité des contenus attendus par l'enseignant et le cheminement subjectif des élèves est envisagé par Sensevy (2012), dans une discussion de la forme scolaire classique, en référence à Vincent, (1994), Lahire (1993) et Joigneaux (2008). Sensevy décrit,

en effet, trois logiques temporelles de construction des savoirs dans lesquelles s'inscrivent les acteurs scolaires, enseignants et élèves : le temps des tâches, le temps d'objet et le temps des situations qu'il propose comme un autre principe temporel organisateur des contenus. Le temps des tâches, ou temps du « *faire* », correspond à une organisation des processus d'enseignement et d'apprentissages centrés sur la réalisation de tâches successives sans idée de progression, c'est-à-dire « *débarrassé[es] du savoirs et de leur logique.* » (Sensevy, 2012, p. 573) et vues comme une aliénation des élèves aux injonctions de l'enseignant. Le temps d'objet « *instaure une fréquentation raisonnée et graduelle, logiquement pensée, des objets de savoirs, au moyen de la progression de type cartésien.* » (Sensevy, 2012, p 573). Sensevy envisage une autre logique temporelle de construction des savoirs, le temps de situation, en opposition avec le temps d'objet qui « *impose une structure externe, allogène* », celle de l'enseignant, « *à l'expérience* », de l'élève. Le temps de situation est quant à lui endogène « *à l'expérience du savoir par les élèves, à l'expérience des élèves dans le savoir* » (Sensevy, 2012, p. 573). Le temps de situation permet aux élèves de suivre leur propre cheminement et d'apprendre « *comment chaque nouvelle génération de scientifiques re-construit notre vision du monde* » (Lemke, 1998).

En accord avec Lemke, nous considérons enfin que la pensée est spécifique d'un domaine particulier en opposition avec la « *traditional mentalist view of education* » (Lemke, 1998) qui aborde la pensée humaine de manière générale. Nous considérons que les activités d'enseignement-apprentissage sont situées et spécifiques, pour ce qui nous concerne, au domaine des sciences et de la technologie.

C'est dans le cadre de la théorie de l'activité de Vygotski (1934, 1987) que nous envisageons les situations d'enseignement et d'apprentissage en « Sciences et Technologie » au travers des interactions sociales. Vygotski avance que « *Chaque fonction dans le développement culturel de l'enfant apparaît deux fois : d'abord, au niveau social, et plus tard, au niveau individuel ; d'abord, entre les personnes (interpsychological) et puis à l'intérieur de l'enfant (intrapsychological). Ceci s'applique également à l'attention volontaire, à la mémoire logique, et à la formation des concepts. Toutes fonctions plus élevées commencent en tant que rapports réels entre les individus* » (Vygotski, 1978, p57). Pour Vygotski le processus d'apprentissage passe par des rapports entre individus sans que ces individus ne soient nécessairement identifiés.

Nous considérons par conséquent l'éducation scientifique et technologique comme une pratique culturelle permettant l'apprentissage de contenus spécifiques, sociale dans les échanges entre les acteurs, subjective et personnelle puisque pratiquée par des individus engagés dans une situation d'enseignement-apprentissage. Nous abordons ces trois axes dans les sections suivantes.

2 Les contenus d'enseignement et d'apprentissage

Afin de saisir la diversité de ce qui peut être enseigné et appris, c'est-à-dire l'enseignement et l'apprentissage du « quoi » et du « comment », nous reprenons à notre compte la notion de contenu, énoncée par Delcambre (2010), entendue comme « *des choses aussi diverses que les savoirs, les savoirs faire ou les compétences qui sont les objets d'enseignement e/ou d'apprentissage les plus immédiatement identifiables dans un système didactique, mais aussi des valeurs, des pratiques, des « rapport à », voire des comportements ou des attitudes* ». Lorsque l'on entre dans les différentes catégories, les « choses » semblent plus complexes. Par exemple qu'est-ce qu'un savoir en sciences ? Est-ce un concept scientifique, une notion scientifique ? Qu'est-ce qu'un savoir faire en « Sciences et Technologie » ? Est-ce un savoir procédural ? Et dans ce cas est-ce, par exemple, connaître les éléments d'un protocole expérimental (je sais ce qu'il faut faire) ou est-ce concevoir un protocole expérimental ? (je sais ce que je vais faire) et/ou savoir mettre en œuvre un protocole ? (je sais faire) ? Les « choses » sont donc à clarifier pour ce qui concerne les Sciences et la Technologie.

2.1 La notion de contenu

Nous empruntons à Daunay (2015) la définition du contenu envisagé comme « *ce dont un système didactique peut susciter l'apprentissage par les apprenants du fait d'un enseignement* » (Daunay, *ibid*). Cette définition s'inscrit pleinement dans un travail de réflexion mené au sein du laboratoire CIREL-Théodile et qui marque la volonté de plutôt « *construire des questions que d'apporter des réponses figées* » (Daunay, *ibid*). En proposant cette définition Daunay rappelle le caractère général du contenu et introduit deux nuances. D'une part le contenu « *n'est pas nécessairement explicite* » et il « *peut être ou non identifié par les sujets didactiques* » (Daunay, 2015), les enseignants pour ce qui nous concerne mais aussi les accompagnateurs et les élèves. D'autre part l'apprentissage est « *dans l'ordre du possible, pas de l'assurance* » (Daunay, 2015). C'est-à-dire que l'enseignement d'un contenu, qu'il soit identifié ou non par l'enseignant, n'aboutit pas nécessairement à un apprentissage. Le caractère général ainsi présenté permet de penser la notion de contenu « *selon les points de vue didactiques qui les saisissent, selon les disciplines, selon les niveaux, selon les lieux mêmes de leur saisie (des instructions officielles, des classes, des lieux hors de l'école...), selon les acteurs concernés (concepteurs de programmes, chercheurs, élèves, enseignants,*

animateurs...), selon les discours envisagés (dialogue didactique, entretiens, focus-groups, textes officiels...), selon les pratiques en jeu (enseignement, apprentissage, évaluation, recherche...), selon les échelles de temps envisagées » (Daunay 2015) Pour ce qui nous concerne, il nous faut penser les contenus en éducation scientifique et technologique, selon les niveaux (Découvrir le monde au Cycle 2 et Sciences expérimentales et technologie au cycle 3 à l'école élémentaire) et principalement selon les acteurs (enseignants mais aussi accompagnateurs ASTEP et élèves).

2.2 Quels contenus en éducation scientifique et technologique ?

Comme nous l'avons présenté précédemment, les apprentissages en sciences peuvent se décliner en trois catégories. Ils peuvent porter sur « *les concepts de base* » (Lemke, 1998), mais ils peuvent porter également sur les caractéristiques d'une culture scientifique passant par l'apprentissage de procédures et de raisonnements scientifiques en vue de « *participer à une activité humaine très spécifique et aux formes souvent spécialisées* » (Lemke, 1998).

2.2.1 Les contenus de connaissances scientifiques

Concernant les apprentissages en sciences, les termes de contenus, savoirs, connaissances, concepts et notions sont souvent employés de manière interchangeable, comme le note Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint (1997, p.26). Nous choisissons ici de nous positionner quant aux relations entre contenu, concept et notion.

Dans le champ de la linguistique, la notion de concept, définie de manière descriptive, est caractérisée par une étiquette qui désigne le concept exprimant une pensée abstraite (le signifiant), une liste d'exemples et une définition permettant de comprendre le concept (le signifié) identifié par un ensemble d'attributs communs aux exemples. (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint, 1997, en référence à Barth (1988)). Cette définition linguistique ne traduit qu'incomplètement les particularités des concepts scientifiques. Un concept scientifique, dans une approche dynamique, c'est avant tout « *un outil intellectuel, qui se veut objectivé et qui établit entre des phénomènes une relation suffisamment générale et invariante, pour autoriser la prévision de résultats ou d'effets.* » (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint, 1997, p 24). Le concept scientifique est associé à des exemples paradigmatiques le plus souvent peu nombreux et choisis parce que jugés comme étant les plus pertinents pour illustrer le concept. Le signifié est constitué d'un certain nombre d'invariants dépendants des niveaux de formulation et sa dénomination est chargée d'un « *sens*

le plus univoque possible, contrairement aux concepts linguistiques » (Rumelhard, 1986). Le concept possède une fonction opératoire permettant d'objectiver le concept dans des situations problèmes. Le concept scientifique est un outil de réflexion, un outil pour penser les situations problèmes.

Vergnaud envisage le concept dans le cadre scolaire et propose de caractériser les concepts « scolaires » par trois ensembles indissociablement liés, un signifiant constitué par « *l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement* » (Vergnaud, 1990), un ensemble d'invariants opératoires (le signifié) et « *un ensemble de situations qui donnent sens au concept* » (Vergnaud, 1990) et en constitue la référence. Vergnaud, pour qui ce sont les situations que vivent les élèves qui donnent sens au concept, rejoint ainsi Lemke qui, lui, précise que c'est au travers de la maîtrise des langages scientifiques au cours des situations vécues que le concept prend sens chez les élèves. Selon Lemke (1998), construire et maîtriser un concept, dans sa dimension signifiante, c'est construire et maîtriser les langages associés au concept. Lui donner du sens, c'est-à-dire construire sa dimension signifiée, se fait en construisant des liens entre ces formes de langage. Lemke défend l'idée que le langage verbal est pauvre pour décrire et parler de certains aspects d'un concept. Par exemple, il est difficile d'employer les mots pour décrire des variations, des formes, des mouvements continus dans l'espace. Pour cela, le langage mathématique pour les variations, le langage visuel pour les formes ou le langage des gestes pour le mouvement dans l'espace, le font avec plus d'efficacité. La construction d'un concept passe par l'usage, au cours de situations vécues par les élèves, des « langages scientifiques » verbaux et non verbaux tels que les langages visuels, mathématiques et procéduraux. On apprend un concept en parlant du concept, en manipulant des objets visuels et mathématiques à propos du concept et en pratiquant des activités portant sur le concept et en faisant des liens entre ces diverses formes sémiotiques de langages scientifiques. De même raisonner scientifiquement, c'est passer d'un langage à l'autre, dans un sens puis dans l'autre, pour construire le concept, c'est utiliser le raisonnement verbal, le raisonnement visuel, le raisonnement mathématique et le raisonnement par l'action de manière interactive, C'est-à-dire raisonner avec les mots, avec les images, avec les chiffres, avec les symboles mathématiques et en agissant en situation. Chaque raisonnement permet de donner du sens au concept.

Le croisement de ces points de vue nous permet de considérer un contenu conceptuel en « Sciences et Technologie » à l'école, par le fait, d'une part, qu'il « *peut susciter un apprentissage par les apprenants du fait d'un enseignement* » (Daunay, 2015) et, d'autre part, qu'il est de nature conceptuelle, c'est-à-dire qu'il est caractérisé au moins par un signifiant, un signifié, une liste d'exemples et aussi qu'il prend son sens dans un ensemble de situations et enfin et surtout qu'il constitue un outil pour penser les situations problèmes (figure 2).

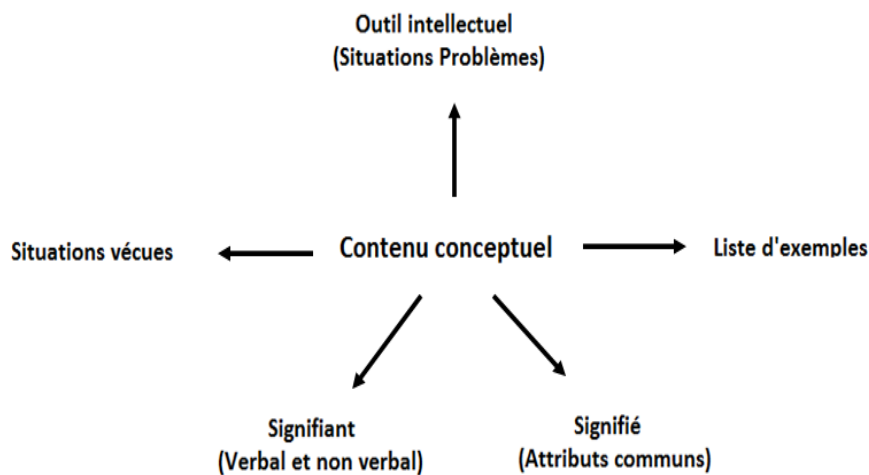


Figure 2. Caractéristiques d'un concept

Nous illustrons notre positionnement à partir de deux exemples : l'idée d'*insecte* en Biologie et l'idée de *stabilité* en Technologie. Ces deux idées peuvent-elles être vues en tant que concepts ? Dans une approche linguistique, ces deux idées possèdent un signifiant (*insecte* et *stabilité*), un signifié avec attributs communs (6 pattes et corps en trois parties pour l'*insecte*, équilibré et pérenne pour la *stabilité*) et une extension du concept à quelques exemples, (*mouche, phasme, papillon et pont, trépieds...*). D'un point de vue scientifique, ces idées permettent-elles de penser des situations problèmes ? Maitriser le concept d'*Insecte* permet de résoudre, en partie, le problème de la classification des Arthropodes en les distinguant des Arachnides, des Crustacés et des Myriapodes. Maitriser le concept de *stabilité* permet aux élèves de résoudre certains problèmes de construction d'un pont en carton (cf chapitre 5). Selon le point de vue des concepts scolaires de Vergnaud (1990), outre que chacun est caractérisé par un signifié opératoire, ces deux concepts prennent sens dans un ensemble de situations de référence (observer un animal en élevage, consulter des ouvrages documentaires, construire et entretenir un terrarium... ; tester des structures de pont différentes, consulter des photos de ponts...). Chaque concept possède un signifiant qui ne se résume pas au seul

signifiant verbal, mais aussi, par exemple, aux représentations visuelles telles que le croquis d'un insecte ou le plan d'un pont.

La distinction entre notion et concept nous semble utile à mentionner ici. En effet, « *La formulation notionnelle constitue le point d'arrivée du travail scolaire, tendu vers son émergence dans la classe. Un concept est plutôt un point de départ pour l'activité intellectuelle, dans la mesure où il confère un pouvoir nouveau à celui qui en maîtrise l'usage* » (Astolfi, 1992). A l'école élémentaire, nous pensons que la question est de savoir si les connaissances scientifiques existent en tant que concepts ou en tant que formulations notionnelles, si le concept est un préalable, c'est-à-dire un outil pour penser les situations vécues par l'élève ou une finalité, c'est-à-dire une construction de l'élève par le fait d'un enseignement en « Sciences et Technologie » à l'école. Pour le dire autrement, les enseignants de l'école mobilisent-ils des concepts, pour penser les situations problèmes si elles existent? Y a-t-il des concepts construits à l'école en tant qu'outils univoques, opératoires, objectivés ? Si oui quels sont-ils ? Ou encore l'enseignement en « Sciences et Technologie » ne construit-il que des formulations notionnelles ? Si oui quelles en sont leurs formes ? Nous émettons l'hypothèse que les réponses à ces questions dépendent de la nature des contenus en jeu et des situations mises en place et vécues par les acteurs.

2.2.2 Les contenus de pratique scientifique

Le préambule des programmes de l'école (MEN, 2008) précise que les « *programmes nationaux de l'école primaire définissent pour chaque domaine d'enseignement les connaissances et compétences à atteindre dans le cadre des cycles* » Ces prescriptions distinguent les connaissances des compétences elles même déclinées en capacités et attitudes que les élèves doivent maîtriser. En envisageant la compétence comme un « *savoir identifié mettant en jeu une ou des capacités dans un champ notionnel ou disciplinaire donné* », Mérieu (1991, p.181) associe savoir et capacité. Dans le domaine des Sciences et de la Technologie, Katz (1974) distingue trois types de compétences, qui renvoient aux capacités prescrites dans le socle commun de connaissances et de compétences. Ces « capacités » sont déclinées en compétences conceptuelles (analyser, comprendre, agir de manière systémique), compétences techniques (méthodes, processus, procédures, techniques) et compétences humaines au travers des relations intra et interpersonnelles. De la même manière, Schauble (2003) envisage la compétence comme une capacité à, et propose une liste non exhaustive de compétences méthodologiques scientifiques (CMS) telles que la capacité à : poser des

questions, identifier les éléments pertinents, employer une combinaison d'observations, faire des inférences, produire des explications basées sur la preuve, contrôler des variables, produire et comprendre une preuve, élaborer des concepts, mesurer, communiquer des idées et clarifier la signification, classifier, prévoir, identifier la causalité, comprendre des idées comme l'incertitude, la probabilité, la nécessité, et la suffisance, produire et évaluer une hypothèse, concevoir des expériences, mettre à l'épreuve des hypothèses. Lemke, (1998), pour sa part avance que l'enseignement doit permettre aux élèves de calculer, de planifier, d'observer, de représenter et d'analyser des données, de formuler des hypothèses et des conclusions, de relier des théories, des modèles et des données de rendre compte d'un travail et de résultats à d'autres scientifiques et introduit une dimension langagière aux compétences en avançant que les élèves doivent aussi apprendre les manières de parler, d'écrire, de faire des diagrammes.

Devant la polysémie de la notion de compétence, distinguée des connaissances, et la diversité des capacités, nous proposons d'envisager ces compétences en tant que contenus de pratique scientifique dans la mesure où elles se réfèrent à un ensemble d'actions pratiquées par les scientifiques afin de construire des connaissances. Pour le dire autrement les connaissances constituent le but du travail du scientifique qui impliquent des actions qui structurent le quotidien de sa pratique. Cinq catégories de contenus de pratique scientifique peuvent être identifiées : contenus techno-conceptuels, méthodologiques, procéduraux, techniques et de communication (tableau 2).

Catégorisation de Katz (1974)	Catégorisations des contenus de pratique scientifique d'après Katz, 1974, Schauble (2003) et Lemke (1998)	Compétences de fin de cycle des programmes de 2008. (L'élève est capable de :)
Compétences conceptuelles (analyser, comprendre, agir de manière systémique),	Contenus techno-conceptuels : produire et comprendre une preuve, produire des explications basées sur la preuve, faire des inférences, identifier la causalité, identifier les éléments pertinents, élaborer des concepts, comprendre des idées comme l'incertitude, la probabilité, la nécessité, et la suffisance...	Cycle 3 : - argumenter. - mettre à l'essai plusieurs pistes de solutions.
Compétences techniques (méthodes, processus)	Contenus méthodologiques Poser des questions, produire et évaluer une hypothèse, mettre à l'épreuve des hypothèses...	Cycle 2 : - mener des investigations. Cycle 3 : - pratiquer une démarche d'investigation. - questionner. - formuler une hypothèse et la tester.
Compétences techniques (procédures)	Contenus procéduraux : employer une combinaison d'observation, concevoir des expériences...prévoir, planifier, contrôler des variables,	Cycle 2 : - observer et décrire. Cycle 3 : - manipuler et expérimenter, - savoir observer,
Compétences techniques (techniques)	Contenus techniques : - représenter des données, faire des diagrammes... -classifier, mesurer, calculer...	Cycle 3 : - exercer des habiletés manuelles, réaliser certains gestes techniques.
Compétences humaines	Contenus de communication : - communiquer des idées et clarifier la signification, - parler, écrire, rendre compte d'un travail et de résultats...	Cycle 3 : - exprimer et exploiter les résultats d'une mesure ou d'une recherche en utilisant un vocabulaire scientifique à l'écrit et à l'oral ;

Tableau 2. Contenus de pratique scientifique

Les normes nationales d'éducation en sciences (NSES du NRC 1996) aux USA limitent les compétences méthodologiques scientifiques (CMS), que les jeunes élèves peuvent et doivent maîtriser, à des compétences simples, essentiellement techniques, telles que: mesurer, couper, se relier, raccorder (électricité), ouvrir et fermer un circuit électrique par un interrupteur, verser, attacher, etc (NRC 1996, P. 122). Ces résultats sont principalement issus de recherches basées sur des entretiens avec élèves en dehors du cadre de la classe. Nous considérons, à la suite de Kirch (2007b, d'après Siegal, 1997) que ces résultats « *can be reinterpreted in terms of a clash between the conversational worlds of adults and children* ». Ces résultats

nécessitent d'être discutés dans la mesure où les CMS sont travaillées en classe et que ces études négligent le caractère situé des apprentissages basés sur des interactions entre pairs et avec l'enseignant comme nous l'envisageons dans notre étude.

2.2.3 L'éthos scientifique

Les recherches sur l'analyse du discours envisagent la notion d'éthos comme art oratoire. Par exemple, dans une analyse du discours et de l'argumentation dans le discours, l'éthos discursif est envisagé comme l'image que tout discours construit de son locuteur (Maingueneau, 2004 ; Amossy, 2010). L'analyse des gestes professionnels des enseignants envisage l'éthos professionnel au travers de la création d'une « *atmosphère*² » qui laisse « *aux élèves un espace de parole pour parler, penser, apprendre et se construire, leur apprendre à être à l'écoute de l'autre* » (Bucheton, Soulé, 2009). Cette éthique considère la posture de l'enseignant, vis-à-vis de l'élève, teintée de respect autant que du devoir et du désir de le faire progresser.

Pour notre part nous suivons Kirch (2007b) qui, dans une approche des sciences socio-historico culturelle, montre que des élèves produisent des CMS élaborées dans le cadre d'activités d'investigation. Les élèves, par exemple, conçoivent et réalisent seuls des expériences pour tester leurs idées, ils font preuve d'esprit critique en relevant des anomalies, des contradictions, des incongruités et des incohérences dans les conclusions d'un autre élève, ils sont capables d'identifier des variables à propos des conditions dans lesquelles se déroulaient certaines expériences proposées par des pairs, et de critiquer leur pertinence, etc. Kirch (2007b) propose l'idée que le travail des compétences méthodologiques scientifiques en classe de sciences permet de faire émerger un éthos scientifique caractérisé par des valeurs telles que la largeur d'esprit³, le scepticisme, la curiosité, la logique, l'honnêteté, l'objectivité et la suppression des croyances. C'est en ce sens que nous considérons ces attitudes scientifiques en tant que contenus que nous nommons contenus éthiques dans la mesure où ils contribuent à l'émergence d'un éthos scientifique caractérisé par « *un ensemble de valeurs et de normes empreintes d'affectivité qui est réputé contraindre l'homme de sciences* » (Merton, 1942).

² L'atmosphère est conçue « *comme un espace intersubjectif qui organise la rencontre intellectuelle, relationnelle, affective, sociale entre des individus confrontés à une situation contenant des enjeux à gérer en commun* » (Bucheton, Soulé, 2009).

³ En tant que capacité à recevoir une opinion autre que la sienne et non comme une forme de naïveté ou de crédulité.

2.2.4 Des contenus moléculaires organisateurs de contenus

En éducation scientifique et technologique à l'école élémentaire, les diverses démarches, d'investigation, d'observation, expérimentale ou la démarche de réalisation en technologie peuvent être considérées comme des exercices emblématiques, au sens de Chervel, c'est-à-dire comme de simples mises en activité des élèves. Nous les envisageons pour notre part en tant que contenus.

A propos de la distinction entre exercice et contenu, Denizot (2014) questionne un exercice disciplinairement emblématique en français, philosophie et en SES⁴ : la dissertation. A la suite de Rey (2007), considérer la dissertation selon la métaphore du contenant de contenus est pour Denizot insuffisant qui préfère la voir comme un « *contenu moléculaire* » formé d'« *un assemblage plus ou moins stable de contenus de natures diverses, interagissant entre eux, et qui ne se réduit pas à la somme de ses contenus.* » comme « *un organisateur de contenus disciplinaires, qui agrègent et réorganisent les contenus* » (Denizot, 2014). Daunay pour sa part avance que penser la dissertation comme un contenu moléculaire « *peut convenir à d'autres dispositifs/contenus comme le débat ou d'autres pratiques disciplinaires* » (Daunay, 2015)

Nous empruntons à Denizot (2014) l'idée de « *contenu moléculaire* » pour considérer les démarches en « sciences et technologie » et les divers moments de la démarche d'investigation scientifiques (telles que l'observation, l'expérimentation...) en tant qu'organisateur de contenus qui possède ces propres caractéristiques structurelles. Par exemple, l'expérimentation sur le besoin des plantes vertes en Cycle 3 peut être vue comme un contenu moléculaire qui organise des contenus conceptuels (besoin en eau, en lumière,...), méthodologiques (questionner, formuler un hypothèse), procéduraux (concevoir une expérimentation, planifier...) et techniques (mesurer, arroser, doser...) et qui possède les caractéristiques structurelles suivantes : concevoir un protocole expérimental (choisir le matériel, son agencement, l'ordre d'agencement), mettre en œuvre le protocole, récolter les résultats, mettre en forme les résultats.

A la suite de Bisault (2010, p.54) qui pose la question de savoir si la démarche d'investigation prescrite dans les programmes est « *une démarche scientifiques déclinée à l'école* » ou « *une démarche pédagogique déclinée en sciences ?* », nous envisageons cette démarche de diverses manières : comme une démarche pédagogique permettant d'enseigner uniquement des

⁴ Sciences Économiques et Sociales

contenus de connaissances ; comme un contenu moléculaire organisant des contenus de connaissances et de pratique scientifique ou comme un contenu en tant que méthode à connaître et à mettre en œuvre par les élèves face à une situation problème en « Sciences et Technologie ». En d'autres termes, s'agit-il pour les enseignants de mettre en place des situations basées sur l'investigation scientifique pour enseigner des contenus qui peuvent être de connaissances et de pratique scientifique ou s'agit-il d'enseigner ces contenus pour eux même en tant que pratique appartenant à une culture scientifique en référence aux pratiques des scientifiques ?

2.2.5 Les critères d'authenticité de la démarche d'investigation

Devant comprendre « *les concepts de base...* » (Lemke, 1998), les élèves doivent également apprendre les caractéristiques d'une culture scientifique passant par l'apprentissage de procédures et de raisonnements scientifiques en vue de « *participer à une activité humaine très spécifique et aux formes souvent spécialisées* » (Lemke, idib). Apprendre en sciences c'est par conséquent faire référence aux activités scientifiques spécialisées. Nous envisageons la spécificité des formes de la culture scientifique en caractérisant l'authenticité de la démarche d'investigation et les moments qui la composent. La référence des activités scolaires à des pratiques sociotechniques a d'abord été conceptualisée par Martinand (1986), puis par Lebeaume et Martinand (1998), au travers de la notion d'authenticité. Pour aborder la référence, à la suite de Martinand (1986), (Lebeaume, 2000, 2011) Sensevy, (2011) et Shaffer et Resnick (1999), Zaid propose la notion de signification dans un sens élargi, en considérant quatre indicateurs pour analyser la signification des activités : « *i) des activités réalisées en référence au monde extérieur de la classe recréant ainsi des aspects de celui-ci en termes de rationalité, d'outils et de rôles sociaux pris ; ii) des activités permettant d'élaborer et de mobiliser des contenus réels pour des professionnels dans leurs pratiques ou dans leurs disciplines ; iii) des activités qui ont du sens par rapport aux caractéristiques personnelles et culturelles des apprenants ; iv) des activités évaluées de manière cohérente et significative aussi bien par rapport au processus qu'au produit.* » (Zaid, 2015) . Afin de caractériser la démarche d'investigation mise en place par les enseignants étudiés et sa référence aux pratiques sociales du mode des scientifiques, nous envisageons les deux premiers indicateurs de Zaid et empruntons les critères d'authenticité décrit par Cariou (2010) que nous adaptons aux situations d'enseignement-apprentissage à l'école (tableau 3).

Critères d'authenticité et critères inverses des moments de la démarche		Moment de la démarche d'investigation
C1 - Problème : qualité		Questionnement
Problème représentant, pour les élèves, une énigme, un obstacle, une rupture, une « morsure » (Dewey)	"Problème" non énigmatique, ou trop général pour être suivi d'hypothèses.	
C2 - Problème : raison d'être		
Problème mobilisant les forces intellectuelles des élèves, pour être résolu à partir de leurs propositions	"Problème" ne servant pas de cadre à des activités imposées, sans attendre des propositions d'élèves le concernant.	
C3 - Hypothèse(s)* : Origine		
Hypothèse(s)* venant d'élèves, traduisant leur vision, reflétant leurs conceptions	Pas d'hypothèse ou venant du professeur	
C4 - Hypothèse(s)* proposée(s) : phase d'examen		
Discussion par les élèves de la recevabilité des hypothèses (<i>examen des critères de recevabilité : relation au problème, cohérence avec les acquis...</i>)	Absence d'une telle phase	
C5 - Hypothèse(s)* retenue(s) : Qualité		
Hypothèses retenues portant sur des faits encore inconnus, qui aideraient à résoudre le problème	"Suppositions" retenues trop évidentes ou portant sur des faits déjà connus.	
C6 - Activité(s) : Origine		Investigation
Activité(s)* pré-méditées, conçues, demandée(s) par les élèves (ou substitution d'activités équivalentes (plus simples...) provenant du stock du professeur – avec acceptation par les élèves de l'équivalence – sans nuire à l'authenticité de l'investigation.) qui suggèrent ou réclament des observations, des expériences, des documents montrant si..., afin d'éprouver leurs propres idées	Activité(s) parachutée(s), imposées, réduisant les élèves à ne faire que de simples constats ou/et à n'être que de simples exécutants	
C7 - Activité(s) proposée(s) : phase d'examen		
Phase de discussion par les élèves de la pertinence des activités proposées : s'agit-il de conséquences testables déduites des hypothèses ?	Absence de cette discussion	
C8 - Activité(s) retenue(s) : Qualité		
Activités dont les résultats attendus apporteront des éléments nouveaux utiles à la résolution du problème	Résultats déjà connus ou évidents, ou activités visant un objectif annexe sans lien direct avec le problème	
C9 - Interprétations : Discussion		Bilan et synthèse
Phase de discussion entre élèves de leurs interprétations des résultats obtenus.	Absence de cette discussion	
C10 - Conclusions : Origine		
Conclusions établies par les élèves, admises et généralisées sous le contrôle du professeur	Conclusions dictées	

Tableau 3. Critères d'authenticité de la démarche d'investigation

En résumé, considérer le contenu comme le propose Daunay (2015) nous permet d'envisager l'enseignement et l'apprentissage, en éducation scientifique à l'école élémentaire, de contenus spécifiques à la culture scientifique. Apprendre en éducation scientifique c'est apprendre des contenus divers tels que des contenus de connaissances, des contenus de pratique scientifique

et des contenus éthiques pour eux même ou organisés en contenus moléculaires. L'enseignant étant le garant de la transmission de ces contenus, nous envisageons dans la section suivante la manière dont les enseignants transmettent ces contenus afin de permettre l'acquisition des caractéristiques d'une culture scientifique.

3 La pratique d'enseignement

Notre travail de thèse vise à explorer la diversité des pratiques d'enseignement des sciences et de la technologie par investigations à l'école élémentaire. La question de la pratique de l'enseignant, au travers de typologies de « méthodes pédagogiques » en oppositions telles que : les méthodes directives vs non directives, expositives vs interactives, traditionnelles vs innovantes, a d'abord été considérée dans une visée prescriptive c'est-à-dire comme ce qu'elle devrait être. Citons par exemple les idées de la « pédagogie nouvelle » (par ex: Freinet) centrée sur l'apprentissage des élèves qui prescrivent ce que doit être l'enseignement à partir des modalités d'apprentissage des élèves. Citons également les travaux scientifiques de Piaget qui envisagent la pratique enseignante, à partir de normes basées sur le développement de l'enfant, comme une action à mettre en œuvre pour un élève générique. Le paradigme béhavioriste « *processus-produit* », qui réduit l'étude de l'enseignement aux seuls comportements observables de l'enseignant ayant des effets directs sur les élèves et analysée à partir des qualités personnelles intrinsèques de l'enseignant quels que soient les élèves et le contexte. Le paradigme cognitiviste considère la connaissance de l'enseignant comme moteur de la pratique. L'enseignant est un décideur qui planifie ses actions, et les met en œuvre. En d'autres termes une pratique bien pensée est nécessairement bien menée.

Pour notre part, nous pensons que même si une pratique pensée est un préalable nécessaire à toute intervention en classe celle-ci ne se réduit pas à une application de ce qui a été pensé.. Dans la mesure où c'est lors des activités de classe que l'élève apprend, il nous semble nécessaire d'étudier la pratique de l'enseignant en situation. Nous nous situons ici dans la suite des travaux du réseau OPEN⁵ (observation des pratiques enseignantes) privilégiant l'étude des pratiques pour ce qu'elles sont. Cette équipe sépare la pratique enseignante en deux espaces de travail distincts. D'une part, la pratique est « *ce que font les enseignants dans la classe lorsqu'ils sont en présence d'élèves* » (Altet, Bru, Blanchard-Laville, 2012, p. 13), et d'autre part, c'est ce qu'ils font en dehors de la classe. tel que « *la pratique de travail collectif avec les collègues, la pratique d'échange avec les parents, les pratiques de partenariat* » (Altet, 2001, p.11). Nous retrouvons ici, en partie, la distinction entre pratique enseignante et pratique d'enseignement (Lenoir, 2007). Laissant de côté les dimensions de partenariat, de travail avec

⁵ Qui réunit trois équipes de recherche pluridisciplinaires, le CREN (M. Altet), le CREF (C. Blanchard-Laville) et le CREFI (M. Bru).

les collègues et de rencontre avec les parents de la pratique enseignante, Lenoir (2007) circonscrit la pratique d'enseignement autour de ce qui englobe l'activité de l'enseignant en situation de classe et distingue trois phases : une phase pré-active caractérisée par la planification de l'activité, une phase interactive en classe où s'effectue l'action de l'enseignement, où l'intention planifiée s'actualise. Enfin une phase post-active d'interprétation de ce qui a été fait en situation. La pratique enseignante possède également une dimension personnelle comme l'envisagent Altet, Bru, Blanchard-Laville (2012) en tant que « *manière de faire singulière d'une personne, sa façon réelle, propre, d'exécuter une activité professionnelle dans une institution d'enseignement* ». Considérer la pratique enseignante comme une pratique professionnelle c'est considérer deux aspects de cette pratique : d'une part c'est une manière de faire singulière d'un individu, « *son style personnel, relationnel et didactique* » (Altet, Bru, Blanchard-Laville, 2012, p. 13) dans une situation professionnelle, d'autre part, c'est « *une activité telle qu'elle est définie par un groupe professionnel particulier en fonction de finalités, de buts, d'objectifs et de choix autonomes* » (Altet, Bru, Blanchard-Laville, 2012, p. 13).

En reprenant les distinctions de l'équipe OPEN et de Lenoir mentionnées précédemment, nous envisageons, d'une part, la dimension proactive de la pratique d'enseignement (Lenoir, 2007) et d'autre part, sa dimension interactive en ce qu'elle permet l'apprentissage de contenus en situation et en tant qu' « *activité déployée par l'enseignant en situation de classe, dans le but affiché que les élèves s'engagent dans ou poursuivent leur activité en vue d'apprentissage* » (Talbot, 2005, p. 35). Nous envisageons, également, la pratique d'enseignement ordinaire, comme une manière de faire singulière de l'enseignant, actualisée en situation de classe ayant des finalités, des buts, des objectifs et faisant l'objet de choix selon la situation vécue.

3.1 La pratique d'enseignement, Interaction ou Transaction ?

Considérer l'éducation scientifique et technologique selon un point de vue socioculturel c'est nécessairement envisager la pratique d'enseignement et les apprentissages comme une action sociale entre l'enseignant et les élèves. Les contenus à enseigner se situent dans un espace de négociation au sein de la relation enseignant élèves.

La relation didactique exclusive entre enseignant et élèves est développée par Sensevy dans sa théorie de l'action conjointe (Sensevy et Mercier, 2007). Sensevy envisage de décrire les situations didactiques comme une action nécessairement conjointe entre enseignant et

apprenants. L'action didactique s'exprime au sein d'un processus de communication coopérative entre les deux acteurs. En référence à Vernant (1997, 2004), Sensevy envisage la transaction didactique comme un dialogue. Ce dialogue possède deux dimensions l'une interactionnelle dans laquelle au moins deux acteurs, un enseignant et un élève, échangent mais sans que cette interaction n'ait de but, il s'agit de parler pour parler. L'autre dimension, transactionnelle, permet, d'une part, aux acteurs de se reconnaître en tant que co-locuteurs, c'est la dimension intersubjective de la transaction (Vernant, 2004) et d'autre part, leur permet également de se confronter au « *problème qu'ils rencontrent dans une situation qu'ils partagent* » (Vernant, 2004). C'est la dimension intramondaine de la transaction. Sensevy avance que ce sont les contenus de savoirs qui donnent leur forme aux transactions et nous pensons que selon la nature des contenus les transactions varient dans leurs dimensions intersubjectives et intramondaines. Même si l'enseignant reconnaît l'élève comme co-locuteur dans une transaction intersubjective, le contenu enseigné peut influencer la manière de considérer l'élève comme co-locuteur et ce de manière explicite ou implicite, consciente ou inconsciente. Par exemple lorsque l'enseignant dicte aux élèves ou écrit au tableau la formulation notionnelle d'un concept scientifique lors d'une synthèse, l'élève est envisagé comme un co-locuteur passif. En revanche lorsqu'il questionne les élèves sur ce qu'ils envisagent de faire, ont fait ou ont obtenu lors des investigations, l'élève est envisagé comme un co-locuteur participatif qui discute à propos du problème rencontré, dans ces deux cas la transaction dans ces dimensions intersubjective et intramondaine est différente. Roth (2005) distingue également la transaction de l'interaction mais avec un regard extérieur porté sur la relation didactique. La transaction se rapporte « *aux actions que nous observons [qui] impliquent des personnes et des positions qui se constituent les unes par rapport aux autres* » et l'interaction se rapporte « *aux événements dans lesquels des personnes et des positions peuvent être décrites indépendamment les unes des autres* » (Roth 2005, p. 263). Les interactions permettent de décrire indépendamment les productions verbales et gestuelles observables comme des événements porteurs de contenu émis par les acteurs. Pour le dire autrement c'est décrire ce que dit ou fait l'un ou l'autre des acteurs, et les contenus en jeu, sans considérer l'effet que ces propos et actions ont sur l'un ou l'autre. La transaction permet de décrire les manières dont ces événements produits agissent sur l'un ou l'autre des acteurs, comment ils sont interprétés, et en quoi ils modifient les productions verbales et gestuelles des transactants. Par conséquent c'est, d'une part, la reconnaissance des acteurs dans une situation problème partagée et spécifiée par un contenu et, d'autre part, la double action des acteurs qui nous semblent essentielles dans la transaction.

Concernant la nature de l'action et s'inspirant de la notion de contrat didactique (Brousseau, 1980), Sensevy (2007) modélise l'action didactique comme un jeu à deux dimensions, l'une « *affective* » qui correspond à l'envie de jouer et l'autre « *effective* » dans laquelle le jeu didactique est caractérisé par une règle du jeu, un but et les moyens d'y parvenir. Dans cette perspective la relation didactique entre enseignant et élèves est vue, d'une part comme une action coopérative où l'enseignant ne gagne le jeu que si l'élève le gagne aussi lorsqu'il « *produit les stratégies gagnantes (raisonnablement) Proprio motu.* » (Sensevy, 2007, p.20), c'est-à-dire de « *son propre mouvement* » ce qui renvoie à la nécessité de dévolution de Brousseau. Cette production de « *stratégies gagnantes (raisonnablement) Proprio motu* » est différente selon nous de la production par l'élève de son propre cheminement dans la mesure où le propre mouvement est guidé par la stratégie gagnante à produire. Inversement dans le jeu didactique l'élève gagne en trouvant les stratégies gagnantes avec l'aide, l'accompagnement de l'enseignant. La transaction pour Sensevy, vue comme « *une action conjointe (ce qui ne veut pas dire symétrique)* » (Sensevy, 2013), comme un « *jeu dissymétrique* » (Sensevy, 2011) qui fonctionne dans un sens principalement unidirectionnel, de l'enseignant qui pose les règles du « jeu » vers l'élève qui tente de décrypter la stratégie gagnante.

Dans la mesure où « *La forme des transactions s'est dessinée en grande partie dans le hors classe précédent les leçons ou les cours* » (Sensevy, 2007), p35), ce qui nous intéresse est de savoir si les contenus sont toujours pensés ou mis en œuvre en terme de stratégie, si l'enseignant qui construit la situation didactique et ses enjeux de contenus, envisage plusieurs stratégies gagnantes ou une seule, celle qu'il a construite de manière la plus satisfaisante face au problème qu'il a à traiter ou encore la plus maîtrisée par lui ou encore celles que les élèves peuvent mettre en œuvre, de leur propre cheminement, qu'elles soient gagnantes, perdantes ou approchantes. Nous envisageons la relation didactique entre enseignant et élèves comme une transaction spécifiée par les contenus à deux dimensions : l'une dissymétrique dans laquelle l'action est à l'initiative de l'enseignant et l'autre symétrique dans laquelle les deux acteurs, l'enseignant et l'élève, ont tour à tour l'initiative de l'action. Enfin nous considérons que le déroulement de la transaction est caractérisé par l'ordre des actions et leur nature, dissymétrique ou symétrique.

Dans le cadre de la problématisation (Fabre, 1993, 1999, Orange, 1997), Orange D. et Guerlais (2005b) décrivent les interactions au sein de la classe de sciences comme des « *mises en histoire* », comme des récits, en référence à Bruner (1991). Selon Bruner un récit est

caractérisé par une succession d'évènements dont la séquence détermine le sens. « *Le gouvernement démissionne, la bourse s'effondre* » a un sens différent de « *la bourse s'effondre, le gouvernement démissionne.* » (Bruner, 2008, p. 152). Pour Orange D. certaines mises en histoire sont « *a-scientifique* », ce que Orange D. appelle l'histoire « *randonnée* », par le fait qu'elles décrivent le parcours qu'emprunte le personnage principal du récit, sous la forme d'une notion scientifique, et qu'il est « *difficile de saisir le sens d'une telle énumération de lieux, en d'autres termes de saisir une intrigue* » (Orange D., Guerlais, 2005b, p.9). D'autres mises en histoire ont un caractère scientifique par le fait que ce type de récit amène « *à des possibles explicatifs (à des solutions) des problèmes que rencontre le personnage principal* » ou amène à « *des impossibles explicatifs* » (Orange D., Guerlais, 2005b) mais qui dans les deux cas poussent les élèves à dépasser la simple description de faits pour entrer dans la nécessité de construire une explication en mobilisant des compétences méthodologiques scientifiques (Schauble, 2003).

Nous envisageons les transactions comme des récits ayant un sens permettant de saisir une intrigue par la "*description dense*" d'une transaction pour tenter d'accéder « *au sens de l'action pour l'agent* » (Sensevy, 2012). Cette manière de décrire l'échange comme une transaction permet à la fois de montrer le cheminement d'un ou de plusieurs contenus au cours du récit non pas comme une simple énumération ascientifique mais pour décrire son devenir, s'il s'impose, s'il est mis en lumière ou est mis sous silence, s'il se déforme ou se transforme, si plusieurs contenus interagissent et de voir quelle position chaque transactant adopte par rapport à ce ou ces contenus.

Trois composantes des transactions en classe, qui envisagent la position des acteurs dans la transaction, peuvent être identifiées. La première composante, que Kirch nomme « *atunement* », est d'être « *in a dynamic and flexible state as participants interact and further change the learning circumstances.* » (Roth, 2005 cité par Kirch, 2007b). C'est-à-dire que la transaction implique un état à la fois dynamique et flexible qui aboutit à une modification de la situation d'apprentissage. En d'autres termes, au cours des transactions les acteurs, enseignants et élèves, font évoluer la situation vécue en harmonisant ce que chacun dit ou fait à propos d'un contenu d'enseignement et d'apprentissage. Chaque acteur se positionne par rapport à l'autre.

Dans la deuxième composante, nommée « *inference making and normatizing encounters* » (Kirch, 2007b), chaque transactant interprète, tire des conclusions, évalue en quelque sorte ce que l'autre fait, dit, montre et ceci dans un cadre normé. En référence à Sachs (1995, p. 117)

qui avance « *qu'une fonction de la socialisation est de produire des stéréotypes d'individus dont les actions sont propres à des catégories spécifiques* » Kirch considère que faire des inférences au sujet d'un transactant implique « *nécessairement d'attribuer des rôles, des caractéristiques ou des qualités spécifiques à cet individu* » (Kirch, 2007b), c'est-à-dire à normer la transaction. Turner (2002) avance que l'activité d'inférence est en relation avec la façon dont nous normons une rencontre en mobilisant des hypothèses culturelles au sujet de la façon d'agir et d'interagir avec les autres. Chacun s'assigne ou endosse un rôle, envisage les caractéristiques et les qualités de chaque intervention. En transposant ce cadre à la classe, nous considérons les transactions enseignant-élèves et élèves-enseignant comme des inférences que chacun fait à propos de l'autre en référence avec la manière que chacun construit la situation d'enseignement-apprentissage et en particulier en « Sciences et Technologie ». Pour l'enseignant, il s'agit de faire des inférences au sujet de ce que l'élève doit faire pour apprendre. Pour l'élève il s'agit de faire des inférences quant à ce qu'attend de lui l'enseignant. L'élève endosse un rôle de trouveur en s'engageant dans l'activité c'est-à-dire qu'il s'agit pour lui de trouver ce qui est attendu par l'enseignant.

La transaction est vue enfin comme une activité de médiation au travers de la troisième composante identifiée par Kirch (2007b) et désignée par « *mediation activity* ». L'activité de médiation présentée par Kirch passe principalement par la mise en place des « *dialogues vrais* » (Lemke, 1990) entre enseignant et élèves. Lemke décrit le « *dialogue vrai* » comme un modèle d'activité où enseignant et élèves échangent comme dans une conversation « *normale* », c'est-à-dire une conversation où l'un des participants, le plus souvent l'enseignant, n'essaie pas d'imposer ses idées, ses solutions prédéterminées. Dans un « *dialogue vrai* » l'échange d'idées se fait de manière équilibrée, de manière bidirectionnelle, au travers de questions que chacun se pose avec la volonté pour l'enseignant de clarifier ce que l'élève, pense, envisage de faire, fait ou a fait. Au travers du « *dialogue vrai* » le rôle de l'élève change. Chaque acteur participe à la transaction de manière équilibrée, néanmoins même si enseignant et élèves ont le même but, c'est-à-dire apprendre, les rôles de chacun sont distincts, l'élève endosse un rôle de chercheur dégagé des attendus de l'enseignant, l'enseignant endosse un rôle de médiateur.

3.2 La pratique d'enseignement : une médiation

3.2.1 Le rapport d'objectivation et la double médiation

Nous considérons qu'apprendre nécessite une mise en relation étroite entre l'élève et le contenu en tant qu'objet d'apprentissage. Freitag (1986) envisage le rapport de l'Homme, en tant que sujet, au monde, en tant qu'objet de connaissance, dans un rapport d'objectivation. Lenoir considère qu'il s'agit « *d'une capacité humaine, qui est de l'ordre de la pratique, de pouvoir poser en extériorité, la totalité du monde réel ou de l'un de ses segments de façon à pouvoir le constituer en tant qu'objet* », que cet objet « *acquière une signification subjective attribuée par le sujet* », et que sur cet objet « *pourront être appliquées diverses opérations de manipulations mentales et concrètes* » (Lenoir, 1996, 2007). Lenoir (1996) montre que le rapport entre le sujet et l'objet ne consiste pas en un enregistrement passif de l'objet par le sujet et n'est donc jamais immédiat. Il considère que tout processus d'objectivation se réalise dans l'interaction entre trois composantes de base : le sujet humain, producteur de la connaissance du réel et transformé en retour par cette production cognitive, l'objet de connaissance qui est un construit et « *le rapport cognitif [...] entre le sujet et l'objet par l'entremise d'un système objectif de régulation (la médiation)* » (Lenoir 2007). Le rapport entre le sujet et l'objet est le résultat d'une médiation, c'est-à-dire une production humaine par intervention active. Selon Lenoir ce rapport se réalise à travers une double médiation (Lenoir, *ibid.*), d'une part une médiation cognitive, intrinsèque au sujet et d'autre part une médiation didactique extrinsèque (Lenoir, 1996, 2007).

Par une médiation cognitive interne au processus d'objectivation élève-objet d'apprentissage, l'objet de connaissance construit par le sujet prend sens pour lui et permet des manipulations sur celui-ci, apprendre c'est en quelque sorte agir sur l'objet de connaissance, le manipuler, se l'approprier, lui donner corps. Nous considérons que le rapport qu'entretient l'élève, en tant que sujet à l'objet de connaissance, est un rapport d'objectivation médié par l'action didactique de l'enseignant (Lenoir, Maubant, Zaid, 2012). Enseigner c'est permettre au sujet de donner sens à l'objet, de permettre des manipulations sur l'objet, l'extraire d'un enchevêtrement de constituants du monde, de le délimiter et le rendre accessible. Nous considérons la médiation didactique de l'enseignant comme une action sur la médiation cognitive de l'élève au sein des transactions.

3.2.2 Une médiation comme action sur les Performances didactiques

Zaid (2012) qui dans une étude des interactions entre enseignant et élèves en classe de sciences envisage la médiation didactique de l'enseignant comme action sur le « faire » des élèves en tant que manifestation du rapport d'objectivation élève-contenu. Nous considérons, à la suite de Zaid, le « faire » des élèves comme une performance didactique et l'action de l'enseignant comme « *action sur des performances didactiques des élèves* » (Zaid, 2012). Dans une analyse du « faire » des élèves, du point de vue didactique comme tout ce que font les élèves d'un point de vue matériel (gestes, procédures, positions, etc.), cognitif et au travers de la signification qu'ils donnent à ce qu'il font, Reuter considère que le « faire » des élèves « *peut être considéré comme la médiation indispensable à la construction de contenus disciplinaires* » (Reuter, 2005). Nous envisageons le « faire » des élèves comme « *la manifestation du rapport d'objectivation qui s'établit entre l'élève et le contenu.* » (Lenoir 2009 ; Zaid, 2012), comme la manifestation externe de l'engagement de l'élève dans l'apprentissage d'un contenu.

Pour Daunay, envisager les apprentissages est indissociable d'un regard porté sur les performances des élèves qu'il définit comme tous « *contenus enseignables et/ou apprenables dont on cherche à analyser la maîtrise chez les élèves* » (Daunay, 2008) et ajoute que « *performances et apprentissages est une expression liée, discutable et révisable, à entendre comme ce que les élèves savent, savent faire, etc. et qu'on suppose possible d'observer* » (Daunay, 2008). Il s'agit de l'analyse de ce que les élèves donnent à voir de ce qu'ils savent, savent faire, etc. c'est-à-dire le « faire » des élèves.

Le faire des élèves a été étudié, en mobilisant la notion de performance didactique, selon différents points de vue didactiques (Jovenet, 2008, Lahanier-Reuter, 2008 ; Hassan, 2011 ; Thépaut, 2008 ; Thépaut, Léziart, 2013, Tutiaux-Guillon, 2008 ; Zaid, Cohen-Azria, 2011 ; Zaid, 2009)⁶. Lahanier-Reuter, à partir d'une analyse en didactique des mathématiques, propose de la définir comme « *une suite d'actions (et/ou de productions), reconstruites par le chercheur, qui est interprétée comme un mouvement de l'élève au sein du système didactique.*» (Lahanier-Reuter, 2008, p.53) en précisant qu'il doit y avoir une spécificité disciplinaire de la notion. Thépaut décrit cette spécificité disciplinaire à propos de l'EPS. La notion de performance en EPS est formulée de deux manières, d'une part il s'agit d'une

⁶ La notion de performance didactique a largement été discutée dans le cadre du séminaire de l'équipe CIREL-Théodile (2007-2009) et a fait l'objet de deux numéros de la revue Les Cahiers Théodile (actuellement Recherches en didactiques – Cahiers Théodile) numéros 8 et 9.

« *prestation qui surpasse toutes les précédentes et s'affirme alors comme la meilleure d'entre elles* » (Thépaut, 2008). La performance est normée, critériée, comparée au sein d'un groupe social défini. D'autre part, « *la performance n'est que dans l'activité d'un sujet qui la réalise* » (Thépaut, ibid), toute prestation est une performance sans la dimension d'exploit, de record ni de progrès. Thépaut propose une position intermédiaire où la performance est « *une habileté motrice, une réalisation d'un niveau de complexité plus importante que les usages moteurs quotidiens, ordinaires, et significative d'une activité finalisée plus élaborée* » (Thépaut, ibid).

De ces deux approches disciplinaires de la notion de performance didactique, nous retenons trois points. Premièrement une performance didactique est un construit qui donne à voir le faire des élèves au travers d'actions, de productions, de prestations, etc. ; deuxièmement une performance est didactique parce qu'elle s'inscrit dans un apprentissage d'un contenu donné, elle constitue un élément qui permet de voir l'engagement de l'élève dans un apprentissage et troisièmement une performance didactique est soumise à évaluation.

Reuter (2011) dans une tentative de définition de la notion de performance didactique souligne la difficulté de la cerner d'un point de vue didactique au moins du fait de la diversité des contenus entre et au sein des différentes disciplines et de la difficulté à savoir de quoi l'on parle lorsque l'on désigne une performance d'élève. Reuter propose la définition suivante : « *le faire de sujet(s) didactique(s) en tant qu'il a été (re)construit par les acteurs déterminés en fonction de leurs questions dans une perspective évaluative* » (Reuter, 2011, p. 134)

Le faire est tout ce que font les sujets didactiques. Nous envisageons les performances didactiques en « Sciences et Technologie » comme l'expression du faire des élèves, le faire au travers des divers langages scientifiques (Lemke, 1998). Les recherches sur les performances didactiques se sont principalement intéressées au faire des élèves. Nous considérons comme Lahanier-Reuter que nous pouvons « *étendre cette proposition à l'enseignant, en nous interrogeant [...] sur les rapports entre performances didactiques des enseignants et apprentissages des élèves* » (Lahanier-Reuter, 2008, p. 53). Le faire des sujets peut s'entendre à différents niveaux. Une performance peut être « *la production elle-même en tant qu'activité* » (Reuter, 2011) de l'élève, observable en classe, par exemple écrire, parler, manipuler..., peut être « *le produit de l'activité* » (Reuter, 2011), par exemple le texte, le croquis réalisé, le montage expérimental et peut être « *la construction descriptive de ce qui dans ce produit* », et aussi dans cette production, « *est retenu pour l'analyse* » (Reuter, 2011). Pour Reuter le « *faire est appréhendé dans une perspective évaluative* » (Reuter, 2011) ce que

propose également Lemke lorsqu'il envisage la relation enseignant / élève dans une situation d'enseignement-apprentissage comme « *a three-part Question-Answer-Evaluation pattern* » qu'il nomme « *Triadic Dialogue* » et non comme « *a simple two-part Question-Answer structure* » (Lemke, 1990). Lemke propose une modélisation théorique du dialogue enseignant / élève comme suit : « *Teacher Preparation, Teacher Question, Teacher Call for Bids (Silent), Student Bid to Answer (Hand), Teacher Nomination, Student Answer, Teacher Evaluation, Teacher Elaboration* » (Lemke, ibid). La question posée par l'enseignant induit la réponse de l'élève qui est évaluée par l'enseignant pour poursuivre son action. Nous envisageons principalement la pratique d'enseignement comme une action évaluée de l'enseignant sur les performances didactiques des élèves, pour le dire autrement comme l'évaluation par l'enseignant de l'engagement de l'élève dans un processus d'apprentissage par rapport au contenu visé. Nous envisageons également en retour que la pratique d'enseignement est soumise à évaluation par l'élève de l'intention de l'enseignant quant à la nature et l'objet d'apprentissage.

En considérant qu'une performance didactique offre « *une image des apprentissages de l'élève qui sont à l'origine de l'évolution et des transformations du système didactique.* » (Zaid, 2012, p 127), étudier les performances didactiques des élèves et des enseignants au sein des transactions, nous permet donc de voir comment se négocient et se construisent les contenus au sein de la transaction didactique entre enseignant et élèves. Par conséquent, et à la suite de Zaid, nous considérons que « *l'action de l'enseignant consiste ainsi à sélectionner parmi les performances didactiques des élèves celles qui lui permettent [...] de progresser dans le déploiement de son dispositif didactique et pédagogique* » (Zaid, 2012).

Dans une perspective descriptive des situations de classe en tant de « *mises en histoire* » (Orange D., 2003 ; Orange D., Guerlais, 2005b) basées sur des « *dialogues vrais* » (Lemke, 1990) nous considérons la transaction enseignant-élèves comme un récit, constitué d'éléments de récit que nous reconstruisons comme des couplages d'actions de médiation de l'enseignant et de performances didactiques des élèves. Selon l'ordre des éléments de récit, de l'action de médiation didactique vers la performance didactique des élèves ou, en retour, de la performance didactique des élèves vers la médiation didactique de l'enseignant, le sens du récit change. La nature, la fréquence de ces éléments de récit, leur mode de couplage, la position de chaque transactant par rapport au contenu en jeu, au sein du récit global, spécifie la relation enseignant-élèves à propos d'un contenu.

3.2.3 Le discours comme outil de médiation

Chez Vygotski (2004), c'est l'aspect symbolique du rapport entre l'individu et le savoir qui est mis en avant en soulignant en particulier la fonction médiatrice du langage quant à l'organisation de l'activité mentale et des comportements individuels et collectifs (Wojcieszak, Zaid, 2016). Vygotski considère que l'activité médiée par le langage, permet aux humains "*to control their behavior from the outside* » (Vygotski, 1978). Kirch (2007b) distingue, en sciences, deux catégories d'outils de médiation, les outils physiques (loupes, microscopes, récipients...) et les outils sémiotiques (textes, cartes, diagrammes...) et en référence à Wells (1999) reprenant Vygotski (1978) ajoute le dialogue comme un outil essentiel de médiation. Nous envisageons le dialogue comme un ensemble de discours échangés. Selon Bakhtine (1984), cité dans Zaid (2015), un discours est un ensemble d'énoncés dans une communication verbale. Pour Bakhtine un énoncé est une unité de communication verbale concrète (orale et écrite) et chargée des singularités de la situation dans laquelle le discours s'exprime. (Zaid, 2015) La notion de genre est empruntée à Bakhtine (2003 [1979], 1984 [1963], p. 265) qui définit les « *genres de discours* » comme un énoncé de formes diverses (orales et écrites) caractéristiques d'un domaine particulier. Chaque énoncé reflète le domaine et est structuré par un « *contenu* » spécifique, « *un style de langue* » spécifique utilisant les moyens de la langue (lexicaux, phraséologiques et grammaticaux) et par une « *construction compositionnelle* » une organisation spécifique. Selon Bakhtine « *chaque sphère d'utilisation de la langue élabore ses types relativement stables d'énoncés* » ce qu'il appelle le « genre de discours » et précise que chaque énoncé dans le genre possède une part individuelle, et par conséquent il existe une multitude de formes à l'intérieur du genre et à une forme stable des énoncés. Bakhtine limite la notion de discours aux seuls énoncés verbaux, oraux et écrits que Zaid discute en considérant que Bakhtine met ainsi entre parenthèses « *un large éventail d'actes non conversationnels et d'objets matériels et symboliques par lesquels ces actes sont réalisés.* » (Zaid, 2015, p.135). En référence à Gee (2008) et Russel (1997), Zaid considère le discours, comme un « *réseau d'activités sociales et situées caractérisées par des manières d'être, de dire, de penser, de faire, d'écrire et de lire* » (Zaid, 2015). Zaid élargit le discours à d'autres formes d'énoncés telles que des attitudes et des actions passant par des instruments de médiation tels que les machines, les gestes, les espaces. Le discours scientifique et technologique s'enrichit de formes d'énoncés mobilisées plus divers. Nous considérons qu'une dimension essentielle de la relation dialogique est que

enseignant et élèves établissent un sens commun à propos des énoncés du discours échangés quelque que soit leur nature.

3.2.4 Une médiation au travers des langages scientifiques

Dans la théorie de la « sémiotique sociale » définit comme une « *theory of how all kinds of action can make meanings* » (Lemke, 1990, p. 197), Lemke considère que toute action d'un individu est socialement significative dans une communauté donnée telle que : « *talking, writing, drawing pictures and diagrams, gesturing, dancing, dressing, sculpting, building* » (Lemke, 1990). Selon ce point de vue ce qui se joue entre l'enseignant et les élèves, en tant que communauté didactique, se situe au niveau du sens qu'enseignant et élèves donnent à une situation donnée et aux actions qu'elles contiennent. Faire sens passe par « *le développement dynamique d'une trajectoire d'actions significatives, socialement partagée et conjointement construites par le professeur et les élèves* » (Lemke, 1998). Ces actions significatives sont spécifiques de la situation et pour ce qui concerne les sciences et la technologie il s'agit de construire un sens commun selon le contexte à propos par exemple des mots employés, des représentations visuelles (diagrammes, schémas...), des équations et graphiques utilisés, des actions réalisées, etc. en d'autre terme de construire un sens commun à propos « *des langages scientifiques* » (Lemke, 1998)

Nous pensons qu'un concept scientifique n'est pas une abstraction qui « *existe indépendamment du monde matériel* » (Lemke, 1998). Construire et maîtriser un concept, nous dirions un contenu d'enseignement et d'apprentissage, c'est construire et maîtriser les langages associés au contenu, lui donner du sens et construire des liens entre ses formes de langage. Le langage verbal, qu'il soit écrit ou oral, est la première ressource sémiotique mobilisée pour construire des concepts. Par exemple en classe lors d'une séance en « Sciences et Technologie », l'expression des conceptions amenant les débats, la formulation des questions, des hypothèses, les bilans et les synthèses sont, parmi d'autres, des formes d'expression du langage verbal. Lemke défend l'idée que le langage verbal est pauvre pour décrire et parler de certains aspects d'un concept scientifique. Par exemple il est difficile d'employer les mots pour décrire des variations, des formes, des mouvements continus dans l'espace, pour cela le langage mathématique pour les variations, le langage visuel pour les formes ou le langage des gestes (Welch, 1997a, 1997b) pour le mouvement dans l'espace, le font avec plus d'efficacité. Lemke, sans minimiser l'importance du langage verbal ajoute d'autres langages porteurs de sens tels que « *les langages de la représentation visuelle, les*

langages du symbolisme mathématique, et les langages des opérations expérimentales » (Lemke, 1998).

La construction d'un contenu passe par l'usage des « langages scientifiques », verbal, visuel, mathématique et procédural. On apprend un contenu en parlant du contenu, en manipulant des objets visuels et mathématiques à propos du contenu et en pratiquant des activités portant sur le contenu et en faisant des liens entre ces diverses formes sémiotiques de langage scientifique. De même raisonner scientifiquement, c'est passer d'un langage à l'autre, dans un sens puis dans l'autre, pour construire le contenu, c'est utiliser le raisonnement verbal, le raisonnement visuel, le raisonnement mathématique et le raisonnement par l'action de manière interactive, c'est-à-dire raisonner avec les mots, avec les images, avec les chiffres, avec les symboles mathématiques et en agissant en situation. Chaque raisonnement permet de donner du sens au contenu.

En classe, l'enseignant construit des situations en employant diverses formes de langage, telles que l'oral, l'écrit, le langage gestuel, le recours aux images, l'action et que chacun de ces langages est porteur de sens et exprime un même contenu auquel l'élève doit accéder. La mobilisation de ces « langages scientifiques », au cours des transactions entre enseignant et élèves, constitue autant d'outils de médiation à cette formation du sens.

Néanmoins Lemke précise qu'il est « *misleading to say, as people often do, that something has meaning, as if the meaning was somehow built-in* » (Lemke, 1990) et qu'un mot, un diagramme ou un geste n'a de signification que pour un individu, selon un ensemble de conventions partagées pour comprendre ces mots, ces diagrammes ou ces gestes, selon la temporalité, un sens fait à un moment peut être différent du sens fait à un autre moment, selon les circonstances et l'expérience antérieure de l'individu et que les différences les plus importantes dans la construction du sens sont des « *differences in the conventions for how to make a meaning in a particular context* » (Lemke, 1990). Par conséquent, Lemke nous éclaire sur les dimensions sociales, subjectives et contextuelles de la construction du sens lors des actions de médiation au sein des transactions. Nous questionnons la dimension contextuelle en étudiant des contextes scolaires différents : une situation d'enseignement apprentissage ordinaire et une situation d'Accompagnement en Sciences et Technologie (ASTEP). Nous envisageons, dans la section suivante, la dimension subjective au travers de la construction de la pratique d'enseignement.

4 Une pratique d'enseignement construite

En parlant de « *représentation de la discipline enseignée* », Astolfi (1992) avance que « *ce n'est pas la science qu'il [l'enseignant] enseigne mais l'interprétation qu'il a de la connaissance scientifique. Le maître transmet le savoir à travers son savoir et de ce qu'il croit savoir* » (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint, 1996, p. 150). Étudier la pratique d'enseignement, en tant que manière d'agir singulière de l'enseignant, nous amène à aborder la manière dont les enseignants « interprètent » la matière enseignée. Nous faisons un état des lieux concernant les idées d'« interprétation » et de croyance dans cette section.

4.1 Représentations ou conceptions ?

Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint (1997) identifient les origines possibles de la notion de représentation. Citons sans les développer, la notion de représentation en psychologie génétique chez Piaget, la notion de représentation sociale de Moscovici (1961) et le lien entre obstacles épistémologiques et représentations chez Bachelard qui avance que les élèves arrivent en classe avec « *des connaissances empiriques déjà constitués* » et « *une culture expérimentale* » qu'il s'agit de changer en renversant « *les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne* » (Bachelard, 1938, p.18). D'un point de vue didactique c'est Jean Migne qui introduit le terme et place la notion au niveau conceptuel en proposant qu'une « *représentation peut être considéré comme un modèle personnel d'organisation des connaissances par rapport à un problème particulier* » (Migne, 1970). Une représentation n'est pas un degré différent d'un concept mais tous deux « *constituent deux modes de connaissance distinct* » (Migne, 1970)

Un état des recherches relatés dans des articles parus dans la revue ASTER depuis le début des années 80 montre une évolution quant à l'utilisation des notions de représentation et de conception.

Les premières recherches, de 1985 à 1995, sont centrés sur les élèves et abordent la relation entre représentation, conception des élèves et l'apprentissage de concepts scientifiques. Citons Rumelhard (1985) à propos des représentations de la photosynthèse, De Vecchi (1987) à propos des représentations enfantines en biologie, Guichard (1988) à propos des représentations des fourmis, Mein (1988) à propos des représentations du cerveau, Vuala (1991) et Paccaud (1991) à propos des conceptions sur la respiration, Sauvageot-Skibine

(1995) et Allain (1995_a, 1995_b) à propos des représentations en sciences de la terre et un numéro de la revue ASTER (1995, n°20) entièrement dédié aux relations entre représentations des élèves et obstacles en géologie.

Au cours des années 90, les travaux élargissent la notion aux représentations, conceptions des enseignants en « Sciences et Technologie » en lien avec l'enseignement. Citons Orlandi (1991) à propos des conceptions de la démarche expérimentale, Lakin ; Wellington (1994) sur les conceptions des enseignants sur la science, Glomeron et Lebeaume (1996) sur les représentations à propos de la technologie et de son enseignement, Robardet (1998) à propos des représentations de l'enseignement scientifique, Koliopoulos et Ravanis (1998) à propos de l'enseignement de l'énergie vu par les enseignants, Coquidé (1998) ou Flageul et Coquidé (1999) sur les conceptions des enseignants ou des étudiants professeurs des écoles à propos des pratiques expérimentales, Boillot-Grenon (1999) à propos des représentations des partenaires de l'éducation relatives à l'environnement et un numéro de la revue ASTER (1998, n° 26), consacré entièrement à l'enseignement scientifique en lien avec les conceptions des enseignants expérimentés ou débutants.

Deux constats : premièrement la notion employée d'abord pour les élèves, est généralisée aux enseignants et le second est qu'au cours de ces deux décennies les notions de représentation et de conception sont largement employées sans que leur distinction ne soit toujours discutée.

Face à la polysémie du terme de représentation Giordan et De Vecchi préfèrent, pour des raisons de clarté didactique, l'emploi du terme de conception ou de construct à celui de représentation. La conception renvoie à « *une structure sous-jacente, à un modèle explicatif organisé, le plus souvent simple et logique, personnel ou d'origine sociale qui est en rapport avec une structure de pensée et un niveau d'évolution. Ce modèle se trouve actualisé par une activité ou une famille de questions et peut évoluer au fur et à mesure que se construisent les concepts* » (De Vecchi, 1987) et le construct « *met en valeur l'idée d'élément moteur entrant dans la construction d'un savoir, et permettant des transformations nécessaires* » (Giordan, De Vecchi, 1987, p. 79).

De cette notion nous retenons que d'une part une conception est à la fois personnelle et sociale et d'autre part qu'elle s'actualise, se transforme. La conception d'un acteur n'est pas figée mais se construit chez l'acteur de manière personnelle ou parce qu'il fait partie d'un groupe social qui modèle sa conception. Nous retrouvons ici les dimensions décrites par Lemke pour donner du sens aux actions des acteurs appartenant à une communauté. Nous considérons la classe comme une communauté au sein de laquelle les interactions entre enseignant et élèves modèlent les conceptions de chacun.

Néanmoins les notions de conception et de construct envisagent l'interprétation que font les acteurs à propos des concepts scientifiques. Envisager l'interprétation au travers des conceptions des enseignants limite l'étude aux seuls concepts scientifiques, en d'autres termes aux seuls contenus de connaissances à enseigner et met sous silence l'interprétation de l'éducation scientifique et technologique dont le contenu recouvre des pratiques socioculturelle véhiculant des concepts mais aussi des démarches, des attitudes, des manières de faire, de dire, de penser, etc. De plus la notion de conception ne permet pas d'envisager l'interprétation que font les enseignants de leur pratique d'enseignement des contenus envisageant l'éducation scientifique et technologique en tant que pratique culturelle en référence aux pratiques des scientifiques.

4.2 Les beliefs and knowledges (les croyances et connaissances)

Devant l'approche par les conceptions qui nous semble incomplète pour envisager la construction des contenus et la pratique d'enseignement en éducation scientifique et technologique en tant que pratique socioculturelle, la distinction connaissance et croyance, nous apporte un éclairage intéressant en abordant la relation entre les croyances et connaissances des enseignants et leur pratique. En effet, dans un article de synthèse sur les croyances et connaissances des enseignants, Crahay, Wanlin, Issaieva, Laduron (2010) avancent que le terme de « Belief » (croyances) remplace dans la littérature anglo-saxonne le terme de représentation et se distingue de « Knowledges » (connaissances). En reprenant les dimensions personnelles et sociales ces notions élargissent la nature des objets de croyance en relation avec la pratique.

Les dimensions personnelles et sociales sont bien montrées par Crahay, Wanlin, Issaieva, Laduron (2010) pour qui la distinction entre croyances et connaissances est d'ordre épistémique. Les connaissances supposent « *un accord entre les esprits – un accord intersubjectif – fondé sur un ensemble de preuves et/ou d'arguments qui permettent de justifier la validité de la (ou des) proposition(s) retenue(s)* ». La connaissance est nécessairement validée par un groupe social. Les croyances « *ne présupposent pas d'accord intersubjectif reposant sur un système de validation rigoureux* ». La validité de la croyance est d'ordre personnel même si certaines croyances sont partagées par un groupe social. Par conséquent ces auteurs, qui rapprochent les représentations des croyances, considèrent que « *les croyances ou encore les représentations des enseignants ont une double nature, indissociablement individuelle et sociale* » (Crahay, Wanlin, Issaieva, Laduron, 2010).

La relation entre les objets de croyances et de connaissances et la pratique des enseignants se trouve chez Borko et Putnam (1996). Reprenant la typologie de Shulman (1987), ces auteurs proposent une typologie en trois catégories mêlant croyances et connaissances. i) les croyances et connaissances pédagogiques générales (« *general pedagogical knowledge and beliefs* ») indépendantes des disciplines (gestion de classe, stratégies d'enseignement, connaissances des élèves, des programmes...), ii) les croyances et connaissances disciplinaires (« *subject matter knowledge and beliefs* ») de nature conceptuelle (maîtrise des concepts et de la terminologie d'une discipline) et les croyances et connaissances pédagogiques du contenu (« *pedagogical content knowledge and beliefs* ») de nature didactique et concerne « *les savoirs et les conceptions sur les manières de présenter et de formuler la matière disciplinaire pour la rendre compréhensible à des tiers, ainsi qu'une compréhension de ce qui rend complexe ou simple l'apprentissage de certains de ses éléments* » (Crahay, Wanlin, Issaieva, Laduron, 2010). Deux de ces catégories se rapportent à la pratique, d'ordre pédagogique pour la première et d'ordre didactique pour la dernière catégorie.

4.3 Un double feed-back entre pratique et interprétation de la pratique.

Pajares (1992) pointe l'articulation entre croyance et pratique en retenant deux définitions complémentaires de croyance dans l'ensemble des productions des chercheurs anglo-saxons regroupées sous le label « *teacher's beliefs* ». La première définition renvoie à « *toute proposition simple, consciente ou inconsciente, inférée à partir de ce qu'une personne dit ou fait* » (Rokeach, 1976, cité par Pajares, 1992, p. 314). La seconde voit la croyance comme « *une représentation que se fait un individu de la réalité ; celle-ci possède assez de validité, de vérité, ou de crédibilité pour guider la pensée et le comportement* » (Harvey, 1986, cité par Pajares, 1992, p. 313). Nous trouvons dans ces deux définitions un lien entre croyance et pratique des enseignants. Dans la première définition, la croyance se construit à partir de la pratique alors que la seconde renvoie à l'idée d'un « déjà là » mobilisé par les enseignants pour leur pratique. Nous voyons dans cet aller et retour entre croyance et pratique une double influence qui guide la pratique d'enseignement. D'une part la manière dont l'enseignant pense sa pratique, à partir de ses croyances, qu'elles soient pédagogiques, disciplinaires ou didactiques, influence la mise en œuvre de celle-ci et d'autre part la situation de classe que vit l'enseignant influence la manière dont l'enseignant « interprète » sa pratique. Néanmoins même si les notions présentées permettent d'aborder l'« interprétation » des contenus,

principalement conceptuels (conceptions et « *subject matter knowledge and beliefs* ») ou l'« interprétation » de la pratique (« *general pedagogical knowledge and beliefs* », « *pedagogical content knowledge and beliefs* »), la relation entre contenus et pratique est peu mise en évidence. En d'autres termes, ces cadres sont insuffisants pour envisager la relation dans laquelle la pratique est spécifiée par les contenus et dans laquelle le modelage des contenus est spécifié par la pratique.

4.4 La relation entre contenus et pratique d'enseignement

Cette double relation est envisagée par Sensevy dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en considérant, parmi les déterminations de la construction et de la mise en place du jeu didactique, le lien entre épistémologie personnelle de l'enseignant (son « interprétation ») et son action (sa pratique) caractérisée par d'une part « *une théorie plus ou moins implicite de la connaissance (des savoirs enseignés), de son sens, de son usage, des relations que telle connaissance entretient avec telle autre* » (Sensevy, 2007, P. 37) et d'autre part c'est une épistémologie « *des transactions didactiques* ». Cette épistémologie des transactions comprend la conception de l'enseignant de ce qu'est l'apprentissage, les difficultés d'apprentissage et des différences entre élèves. Pour Sensevy cette épistémologie est « pratique » dans le sens qu'elle entretient une double relation avec la pratique de l'enseignant. L'épistémologie pratique du professeur se construit à partir de la pratique et est produite pour la pratique. Sensevy fait la relation entre l'« interprétation » des contenus, rapportés aux savoirs enseignés, et la pratique vue comme une action de l'enseignant au sein des transactions. La formulation « théorie de la connaissance » laisse à penser qu'il s'agit d'une théorie de la connaissance en lien avec les « savoirs à enseigner » c'est-à-dire à une théorie des savoirs institutionnels déclinés en connaissances, capacités et attitudes. La pratique de l'enseignant se construit à partir de l'interprétation des savoirs à enseigner et la pratique d'enseignement de ces savoirs modifierait leur interprétation. Il réside ici l'idée d'une double relation entre ce que pense l'enseignant de « la connaissance », pour reprendre Sensevy, et la pratique. C'est le double effet de feed-back liant pratique et interprétation de la pratique que nous reprenons pour envisager la pratique d'enseignement en éducation scientifique et technologique.

En rupture avec les concepts de « représentation » et de « rapport à », Reuter (2007) envisage le lien entre pratique et « interprétation » de la discipline au travers du concept de conscience disciplinaire qu'il définit comme « *la manière dont les acteurs sociaux, et en premier lieu les*

sujets didactiques, élèves mais aussi enseignants, reconstruisent telle ou telle discipline. » (Reuter, 2010). Étudier la conscience disciplinaire peut « *constituer un moyen, indirect, de reconstituer les pratiques* », par la description « *des formes dominantes d'actualisation de la discipline* » (Reuter, 2007), évoqués par les acteurs, enseignants et élèves. Envisager l'interprétation en tant que construction nous permet un regard dynamique de l'interprétation, comme un processus à dimensions temporelles. Néanmoins les études sur la conscience disciplinaire portent davantage sur les caractéristiques d'un état de la construction plutôt que sur le "processus" dynamique de construction. En effet une recherche menée par le laboratoire CIREL-Théodile sur le concept présente, pour trois matières de l'école, comment les élèves de l'école caractérisent les mathématiques (Lahanier-Reuter, 2013), le français (Hassan, 2013) et les sciences (Cohen-Azria, 2013). Dans une analyse critique de l'ouvrage faisant la synthèse de ces travaux, Lebeaume (2013) relève que le français est considéré comme une matière importante et centrée autour de trois catégories que sont la conjugaison, la grammaire, et l'orthographe. Les mathématiques, pour leur part, considérés comme ennuyeuses, sont caractérisée par d'une part les objets mathématiques (chiffres, nombres et opérations) et d'autre part les problèmes et les exercices. Les sciences enfin sont caractérisées, de manière plus variable, par les thèmes, les sujets d'études (tels que la biologie humaine, l'écologie, etc.). L'expérimentation est envisagé de manière variable avec une priorité accordée au « faire » (des expériences) ou au connaître « connaître » (par les expériences) selon les milieux socioéconomiques.

Par conséquent, nous distinguons deux dimensions de la construction : une dimension synchronique qui traduit un état « stable » de la construction à un moment donné et une dimension diachronique qui traduit une variation de la construction dans le temps. Nous considérons que du point de vue synchronique l'enseignant construit la discipline dans des espaces différents tels que l'espace des recommandations (formation initiale, formation continue au sein des circonscriptions, manuels scolaires, etc.) ou l'espace des prescriptions (programmes, inspections, etc.). Du point de vue diachronique, la construction s'actualise dans un processus dynamique. Nous considérons que l'enseignant construit la discipline tout au long de sa carrière mais particulièrement au sein de la classe par la relation avec les autres acteurs (élèves, intervenants, autres enseignants, etc.). Nous reprenons la distinction de Lenoir (2007) à propos de la pratique d'enseignement qui distingue trois phases de la pratique, une phase pré-active avant la situation de classe, une phase interactive en situation de classe et un phase post-active après la situation de classe, pour décrire trois états de construction. Deux

des états sont de nature transitoirement stable dans la mesure où ils constituent pour l'enseignant une interprétation de la pratique en éducation scientifique et technologique à un moment donné permettant l'action et un état intermédiaire instable où la construction s'actualise. Les deux états de construction stable se situent en amont de la situation de classe que nous nommons construction pré-active et en aval de la situation que nous nommons construction post-active. L'état instable se situe en classe où la construction s'actualise, se transforme, évolue au sein des transactions que nous nommons construction interactive (figure 3). Nous suivons dans ce cas Daunay pour qui la construction « *peut être conçue comme individuelle ou collective, toujours médiée en tout cas par les autres sujets didactiques en présence* » (Daunay, 2015).

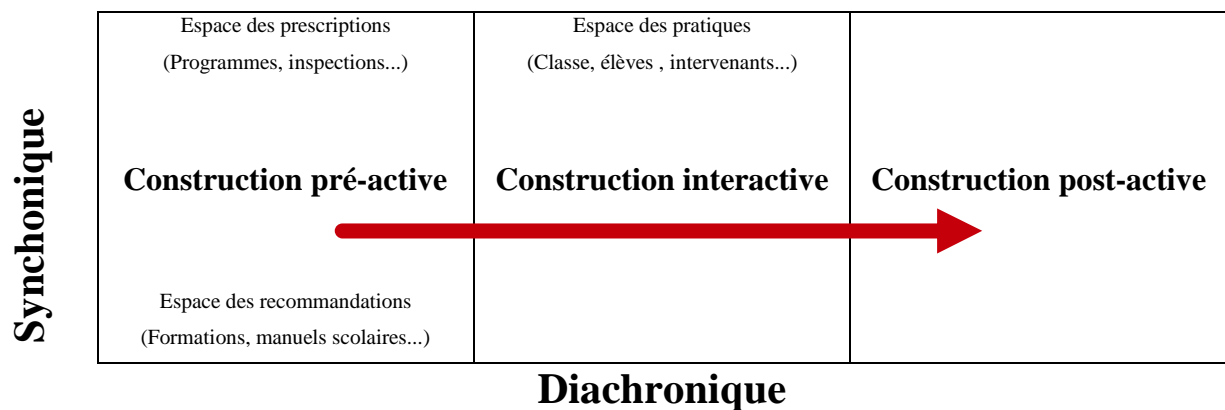


Figure 3. Trois états de construction de la pratique

Dans le cadre de la théorie de l'apprentissage allostérique, en référence à la propriété de certaines protéines de modifier leur forme dans certaines conditions, basée sur la prise en compte des conceptions d'élèves et leur remodelage allostérique, De Vecchi et Giordan (2002), abordent la construction comme un processus cognitif interne à l'élève qui passe par trois stades, i) la découverte de faits ponctuels, ii) dont il faut éviter la simple juxtaposition mais la mise en relation à partir des points communs iii) permettant la généralisation. La construction d'un nouveau concept passe par la mise en relation des points communs entre les conceptions des élèves et les nouvelles connaissances apportées par l'enseignement pour « *un remodelage, une restructuration générale* » (De Vecchi, Giordan, 2002).

Nous nous inspirons de cette vision dynamique de la construction pour considérer la construction de la pratique d'enseignement comme un processus de remodelage, de restructuration, à la fois cognitif et social, de la pratique, comme une construction allostérique. L'enseignant, à partir de la construction qu'il a de sa pratique d'enseignement,

découvre de nouveaux faits ponctuels issus de la situation de classe, et s'inscrivant principalement dans les transactions, qu'il met en relation pour remodeler, restructurer, reconstruire sa pratique. Cette reconstruction constitue alors un nouvel état de construction (construction post-active) qui de nouveau est soumis à l'expérience de la classe. En d'autres termes, à partir d'un état de construction pré-active de la pratique et des contenus par l'enseignant, la pratique en situation subit un remodelage allostérique dans un processus en constante évolution dynamique.

Enfin le cœur de notre étude reposant sur la question de la construction de la pratique en éducation scientifique et technologique nous amène à considérer la construction dans différentes situations d'enseignement et d'apprentissage (situation ordinaire ou situation d'accompagnement (ASTEP)), à différentes échelles, allant de la séquence jusqu'à la transaction enseignant-élèves et à différents niveaux de classe (figure 4).

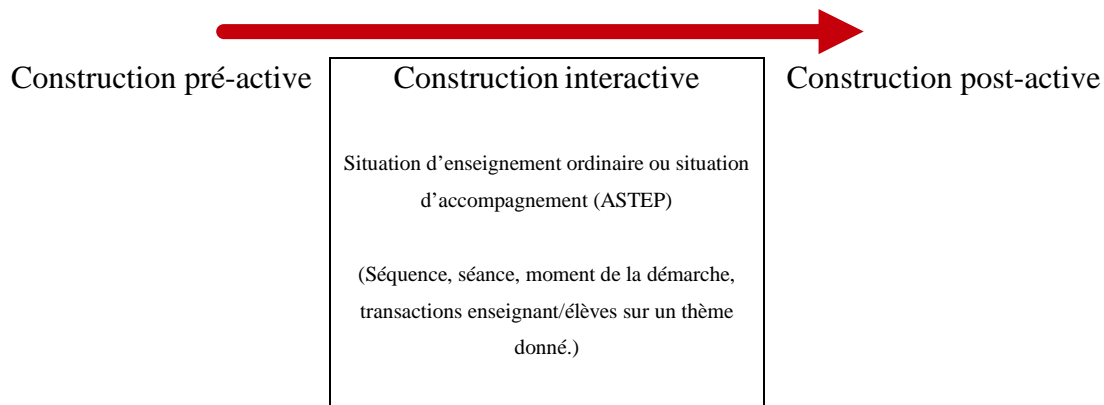


Figure 4. Différents niveaux de construction interactive de la pratique

5 Synthèse et questions de recherche

Nous considérons que l'éducation scientifique et technologique vise à l'acquisition d'une pratique culturelle (Russel 1997 ; Lemke, 2000 ; Kirch, 2007a, 2007b ; Gee, 2008 ; Zaid, 2015) permettant l'apprentissage de contenus spécifiques. La pratique d'enseignement, de nature sociale au travers des transactions, est située, subjective et personnelle puisque pratiquée par des individus engagés dans une situation d'enseignement-apprentissage.

Considérer les contenus comme le propose Daunay (2015) nous permet d'envisager l'éducation scientifique à l'école élémentaire comme une acculturation aux pratiques scientifiques au travers d'activités significatives (Zaid, 2012) ou authentiques (Cariou, 2010) permettant l'enseignement et l'apprentissage de contenus spécifiques. Apprendre en éducation scientifique c'est apprendre des contenus divers tels que des contenus de connaissances déclinés en concepts et en notions (Astolfi, 1992, Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint, 1997), des contenus de pratique scientifique déclinés en contenus techno-conceptuels, méthodologiques, procéduraux, techniques et de communication (Katz, 1974 ; Schauble, 2003 ; Lemke, 1998) et des contenus éthiques (Kirch, 2007b) pour eux même ou organisés en contenus moléculaires (Denizot, 2014).

Dans la mesure où les enseignants sont les garants de la transmission des contenus, nous envisageons la pratique d'enseignement pour ce qu'elle est, comme une manière de faire singulière de l'enseignant, actualisée en situation de classe ayant des finalités, des buts, des objectifs et faisant l'objet de choix selon la situation vécue (Altet, Bru, Blanchard-Laville, 2012). Nous envisageons, la pratique d'enseignement dans sa dimension proactive et dans sa dimension interactive (Lenoir, 2007) en ce qu'elle permet l'apprentissage de contenus en situation.

Selon un point de vue didactique à inspiration socioculturelle, nous envisageons la relation didactique entre enseignant et élèves comme une transaction (Roth, 2005 ; Sensevy, 2007) dans ses dimensions intersubjective et intramondaine (Vernant, 2004, Sensevy, 2007), spécifiée par la nature des contenus. Nous envisageons la transaction selon deux dimensions : l'une dissymétrique dans laquelle l'action est à l'initiative de l'enseignant et l'autre

symétrique dans laquelle les deux acteurs, l'enseignant et l'élève, ont tour à tour l'initiative de l'action.

Nous considérons que le rapport qu'entretient l'élève, en tant que sujet à l'objet de connaissance, est un rapport d'objectivation (Freitag, 1986). Nous considérons la médiation didactique de l'enseignant comme une action sur la médiation cognitive de l'élève (Lenoir, 1996, 2007) au sein des transactions et en particulier comme une action évaluée de l'enseignant sur les performances didactiques des élèves (Daunay, 2008 ; Reuter, 2011 ; Zaid, 2012) Nous considérons la performance didactique comme l'expression d'un mode d'engagement de l'élève dans un processus d'apprentissage par rapport aux contenus visés. Nous considérons également que la pratique d'enseignement est soumise à une évaluation par l'élève qui agit en retour.

Nous envisageons le déroulement des transactions en tant que « *mise en histoire* » (Orange D., Guerlais, 2005b) basées sur des « *dialogues vrais* » (Lemke, 1990). Nous considérons la transaction enseignant-élève comme un récit, constituée d'éléments de récit que nous reconstruisons comme des couplages d'actions de l'enseignant et de performances didactiques des élèves. La nature, la fréquence de ces éléments de récit, leur mode de couplage, la position de chaque transactant par rapport au contenu en jeu, au sein du récit global, spécifie la relation enseignant-élèves à propos d'un contenu.

A la suite de Russel (1997); Gee (2008) et Zaid (2015) nous considérons que la médiation de l'enseignant s'exprime au travers d'un discours vu comme un « *réseau d'activités sociales et situées caractérisées par des manières d'être, de dire, de penser, de faire, d'écrire et de lire* » et mobilisant « *des langages scientifiques* » (Lemke, 1998), tels que des mots employés, des représentations visuelles (diagrammes, schémas...), des équations et graphiques utilisés, des actions réalisées.

Nous envisageons enfin que la pratique d'enseignement et les contenus en éducation scientifique et technologique sont soumis à interprétation des acteurs. L'interprétation de la pratique à la fois personnelle et sociale s'actualise, se transforme en situation selon un double effet de feed-back liant pratique et interprétation de la pratique. Nous envisageons cette transformation en tant que construction, au travers d'une vision dynamique de la conscience disciplinaire (Reuter, 2007). Nous distinguons deux dimensions de la construction : une dimension synchronique qui traduit un état « stable » de la construction à un moment donnée et une dimension diachronique qui traduit une variation de la construction dans le temps.

L'état instable où la construction s'actualise, se transforme, évolue, que nous nommons construction interactive en référence à Lenoir (2007), se situe en classe au sein des transactions. Nous envisageons la construction de la pratique d'enseignement comme un processus de remodelage, de restructuration de la pratique, comme une construction allostérique (Giordan, De Vecchi, 1987 ; De Vecchi, Giordan, 2002) dans un processus en constante évolution dynamique.

Nous synthétisons l'ensemble de notre cadre d'analyse théorique sur la figure 5.

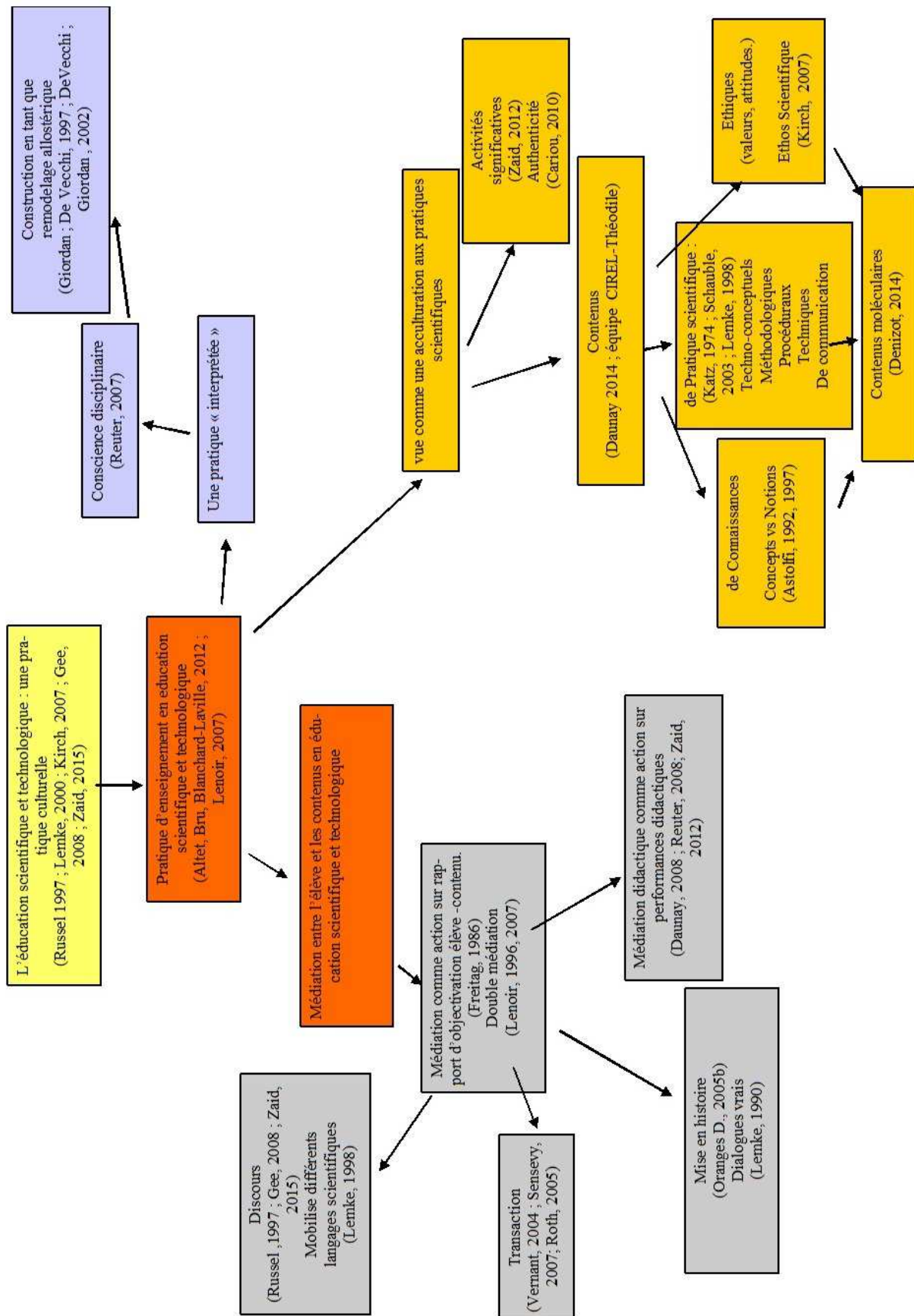


Figure 5. Synthèse du cadre théorique

Ce cadre nous permet de questionner la tension entre, d'une part la variabilité curriculaire et la diversité des enseignants de l'école et, d'autre part, la tendance d'uniformisation de l'enseignement scientifique par la prescription d'une démarche unifiée dite d'investigation. Nous étudions cette tension à deux niveaux : au niveau de la construction des contenus et au niveau de la transmission des contenus. Nous étudions la pratique d'enseignement comme un mode de transmission en considérant deux situations d'enseignement et d'apprentissage différents : une situation ordinaire et une situation d'Accompagnement en Sciences et Technologie à l'école primaire (ASTEP).

Nous formulons trois questions :

Q1 : Quels contenus d'éducation scientifique et technologique à l'école élémentaire les enseignants construisent-ils ?

Q2 : Comment ces contenus construits spécifient-ils les pratiques d'enseignement et d'apprentissage en éducation scientifique et technologique à l'école élémentaire ?

Q3 : Comment contenus et dispositifs d'éducation scientifique et technologique interagissent à l'école élémentaire ?

Nous formulons deux hypothèses. La première est que de la diversité des enseignants et la variabilité du curriculum ne peut naître qu'une diversité de pratiques de l'enseignement des sciences et de la technologie par investigation. La seconde est que la pratique actualisée en éducation scientifique par investigation dépend de divers facteurs tels que la nature des contenus, la nature des situations d'enseignement et d'apprentissage, la temporalité des enseignements et dépend des transactions qui s'instaurent en classe.

Chapitre 3. Méthodologie

1 Positionnement méthodologique

Notre travail de thèse vise à étudier la construction de la matière « Sciences et Technologie » et la construction des contenus d'enseignement et d'apprentissages spécifiques par les enseignants de l'école élémentaire. Notre démarche à visée exploratoire et qualitative se donne pour objectif de caractériser/comprendre? cette construction et des ses implications en situation de classe quant à la pratique d'enseignement. Qualitative puisqu'elle étudie les processus et le fonctionnement des situations d'enseignement et d'apprentissage et exploratoire en permettant de mettre en évidence de nouvelles hypothèses qui pourront être testées ultérieurement par une approche quantitative. Nous procédons enfin par étude de cas, plus particulièrement en articulant étude de cas multiples et étude de cas unique. (Miles, Huberman, (2003), Yin (2009, 2010).

Une démarche de triangulation des données idéale « *would not only seek confirmation from three sources but would try to find three different kinds of sources* » (Yin, 2010). Même si « *the need to triangulate will be less important when you capture and record the actual data directly* » (Yin, ibid), nous procédons par la multiplicité des données pour une même situation ou la multiplicité des situations pour un seul type de données, pour renforcer la validité de nos résultats. Nous entendons par situation toute situation d'enseignement et d'apprentissage qui varie selon l'enseignant, le thème traité, l'organisation de la classe, les investigations menées, etc. et nous entendons par donnée toute information, prélevée en cohérence avec le cadre d'analyse présenté précédemment, qu'elle soit issue d'entretien pré, post et d'explicitation, de fiches de préparation, d'observation vidéo-enregistrées, de traces écrites en classe (tableau, production d'élèves, etc.), de documents didactiques distribués aux élèves, etc. Nous multiplions les approches afin d'aborder la problématique posée sous différents aspects méthodologiques. Deux populations d'enseignants avec diverses approches sont présentées. Une première population de 7 enseignants du cycle 3 au travers de deux discours sur la pratique permet une multiplicité de situations et de données : un discours déclaré lors d'entretiens et un discours écrit sous forme de fiche de préparation que nous croisons. Une seconde population de 5 enseignants permet, d'une part, une multiplicité de situations vidéo-observées (quatre enseignants) et d'autre part une multiplicité de données (entretiens pré et

post, observation vidéos et soutenance de fin de projet) pour une étude de cas unique (un enseignant).

2 Deux niveaux d'analyse

Nous analysons la construction des contenus à partir de deux discours de 7 enseignants du cycle 3. Un discours énoncé au cours d'entretiens menés indépendamment de situations de classes observées et les fiches de préparation des 7 enseignants en tant que discours sur la pratique effective. L'analyse des entretiens se situe à des niveaux de temporalité variables, de l'ordre de l'année, permettant de relier des phénomènes didactiques très éloignés dans le temps, dans la mesure où le discours s'appuie sur l'expérience passée de l'enseignant lorsqu'il s'agit de l'évocation d'une situation ancrée dans l'histoire professionnelle de l'enseignant (situations vécues au cours des années précédentes, situations récurrentes, situations de formation évoquées, etc.) et de l'ordre de la semaine dans la mesure où l'expérience évoquée peut être récente comme l'évocation d'une situation d'apprentissage vécue dans les semaines précédant l'entretien.

La construction de la matière s'inscrit dans la pratique d'enseignement et la modèle. Nous étudions la reconstruction de cette matière en situation de classe par l'observation dans deux contextes différents. Le premier contexte est celui de la pratique d'enseignement ordinaire avec une étude portant sur cinq enseignants expérimentés qui se définissent comme ayant des besoins en terme de formation pour enseigner cette matière. Ces enseignants sont inscrits dans un projet de réflexion sur leur pratique en « Sciences et Technologie » au sein de leur école. Le second contexte est celui de la pratique d'enseignement dans le cadre d'un dispositif (Zaid, 2015). Le dispositif étudié est celui de l'ASTEP (Accompagnement en Sciences et Technologie à l'Ecole Primaire), autour d'un projet de technologie sur six séances, mettent en jeu une classe de CM2, un enseignant et deux experts scientifiques accompagnateurs (élèves ingénieurs de l'ENSAM de Lille).

3 Une approche infra-disciplinaire spatiale et temporelle.

Dans une perspective infra-disciplinaire qui étudie la construction des contenus au niveau du fonctionnement de la classe, nous distinguons deux dimensions de la construction en situation des contenus qui se mêlent dans notre étude : une dimension spatiale et une dimension temporelle.

En ce qui concerne la dimension spatiale, nous considérons la situation de classe selon une approche éco-sociale, où les ensembles humains sont vus en tant que : « *specialized kind of ecosystem* » (Lemke, 2000, p 274) et selon une approche de nature ethnographique, l'action in situ comme « *l'action habituelle des personnes* » (Sensevy, 2013, p.4), étudiée dans son écologie propre, c'est-à-dire en situation. Envisager une situation d'enseignement et d'apprentissage comme un écosystème spécialisé c'est décrire par conséquent deux composantes : une biocénose composée d'un ensemble d'êtres vivants (l'enseignant, l'élève, le groupe classe, les groupes d'élèves, les accompagnateurs ASTEP) et les caractéristiques physiques de la classe, le biotope (la classe, son aménagement, le tableau, le matériel didactique, etc.). C'est aussi envisager l'ensemble des interactions qui existent au sein de l'écosystème, entre les deux composantes (interaction enseignant/tableau, élève/matériel, etc.) et entre les différents éléments de chaque composante (interaction enseignant/élève, groupe classe/groupe d'élèves, etc.). Dans un cadre didactique cette approche spatiale de l'écosystème classe envisage chaque composante et les interactions du point de vue des contenus en jeu. En d'autres termes, de quelle manière l'enseignant, les élèves parlent et agissent à propos des contenus ? Quels contenus le matériel manipulé par les élèves permet-il d'aborder ? Quels contenus apparaissent sur le tableau de la classe ? Quels contenus sont en jeu au sein des interactions enseignants/élèves ? Etc.

Étudier une situation didactique c'est également étudier la situation et les contenus en jeu selon différentes temporalités. Les contenus vivent à différentes échelles de temps et les contenus évoluent au cours du temps.

Quant à la dimension temporelle, nous distinguons deux niveaux de temporalité : une temporalité mésoscopique de l'ordre de la dizaine de minutes et une temporalité microscopique de l'ordre de la seconde (Tiberghien, Malkoun, 2007) ; Tiberghien et al.,

2007). Nous empruntons le découpage temporel des situations didactiques de Lemke (2000) qui propose une analyse temporelle des activités humaines, et en particulier des activités de classe, avec un découpage temporel plus important, qui va de la seconde à 10^8 secondes. Au niveau microscopique Lemke distingue les énonciations (Utterances) comprenant des mots, des holophrases et de courts monologues d'une durée de l'ordre de 1 à 10 secondes et les dialogues interpersonnels (exchange) de l'ordre de la minute (10^2 sec). Au niveau mésoscopique, au sens de Tiberghien et Al. (2007), Lemke parle quant à lui d'épisodes (Episode) pouvant être constitués d'unités thématiques, d'unités fonctionnelles, de genre de discours de l'ordre de la quinzaine de minutes (10^3 sec). Lemke ajoute trois autres grains intercalés entre les niveaux mésoscopique et macroscopique. La leçon (lesson) de l'ordre de l'heure (10^3 à 10^4 sec), la séquence (lesson sequence) de l'ordre de trois jours (10^4 sec) que l'on peut rapporter à une séquence d'apprentissage centrée autour d'un questionnement scientifique particulier et l'unité thématique d'apprentissage (Unit) de l'ordre de la dizaines de jours (10^6 sec) ce qui peut se rapporter par exemple à une progression sur un thème scientifique donné (L'électricité ou la respiration) Au niveau macroscopique Lemke distingue divers grains qui vont des programmations semestrielles et annuelles (Semester/year curriculum) (10^7 sec) à un grain très large de l'ordre de plusieurs dizaines d'années (Lifespan educational development) (10^9 sec) qui peut être par exemple celui de la carrière d'un enseignant au cours de laquelle son identité professionnelle change (tableau 4).

Tiberghien, Malkoun (2007) Sensevy (2013)	Lemke (2000)		Dimension temporelle de l'analyse
Microscopique (sec)	Utterance	1 - 10 sec	Microscopique niveau 1 (niveau des performances didactiques)
	Exchange	Seconds to minutes	Microscopique niveau 2 (niveau des transactions : couplages de performances didactiques)
Mésoscopique (10 min)	Episode	(15 min)	Mésoscopique étroit (niveau des sous moments de la démarche d'investigation)
	Lesson	Hour	Mésoscopique moyen (niveau des moments de la démarche d'investigation)
	Lesson sequence	(2.75 hr)	Mésoscopique large (niveau de la démarche d'investigation)
	School day		
Macroscopique (année)	Unit	11.5 days	Macroscopique (Niveau de la construction de la matière : Conscience disciplinaire)
	Unit sequence		
	Semester/year curriculum	4 Months	
	Multi-year curriculum	o(3.2 years)	

Tableau 4. Découpage temporel de l'analyse

Lemke s'oppose à une analyse laminaire des activités humaines selon laquelle les situations sont envisagées selon un seul grain d'analyse mais revendique que pour comprendre, ce qui se joue dans la situation, il est nécessaire de mettre en lien divers niveaux d'analyse et avance que *« a student's answer to a teacher's question is also meaningful for the participants as part of an exchange, not just as an utterance in its own right, and is judged as appropriate or not to the ongoing exchange and to the episode, the lesson, the unit, the curriculum ... and many higher-level contexts. »* (Lemke, 2000, p. 276).

4 Une population expérimentée à profils divers

4.1.1 La première population

La première population étudiée est constituée de 7 enseignants de l'école élémentaire réparties sur deux circonscriptions. Les niveaux de classe en Cycle III sont répartis comme suit :

Niveaux	Nombre d'enseignants
CE2 / CM1	1
CE2 / CM1 / CM2	1
CM1	2
CM1 / CM2	1
CM2	1
Animatrice RRS-sciences	1

Tableau 5. Répartition du nombre d'enseignants par niveau de classe

Un enseignant occupe, un poste particulier, celui d'animateur RRS (Réseau réussite scolaire) avec une spécialité en sciences. Cet enseignant présente une expérience antérieure en Cycle III de 5 ans et c'est par conséquent en tant qu'enseignant de cycle III à profil scientifique que nous l'intégrons à l'étude.

Un questionnaire informatif (Annexe 1) nous permet de cerner les caractéristiques de la population. Nous concevons ce questionnaire à partir des données sur les enseignants contenues dans l'assistant de carrière du ministère de l'éducation nationale (I-Prof : <http://www.education.gouv.fr/cid2674/i-prof-1-assistant-carriere.html>). Les questions posées portent sur l'ancienneté dans la profession, dans le cycle et les caractéristiques de la formation universitaire (Annexe N°1). Les données professionnelles révèlent que la population étudiée présente une expérience significative en cycle III. Six enseignants sur 7 ont plus de la moitié de leur expérience professionnelle en cycle III (tableau 6).

Codage enseignants	Age	Ancienneté dans la profession	Ancienneté en CIII	% de CIII
PE1	<40	7	5	71
PE2	<40	7	5	71
PE3	>40	7	6,5	93
PE4	<40	11	4	36
PE5	<40	11	7	64
PE6	>40	19	10	53
PE7	>40	21	15	71

Tableau 6. Ancienneté professionnelle des enseignants de la première population

Nous séparons la population des enseignants interrogés en deux groupes selon leur niveau d'expertise en sciences. Nous distinguons ces deux groupes à partir des données concernant la formation universitaire des enseignants interrogés. Le groupe S est constitué de trois enseignants (PE1, PE2, PE4) ayant suivi une formation universitaire scientifique depuis le Baccalauréat (série S) et le groupe H est constitué de quatre enseignants (PE3, PE5, PE6, PE7) ayant suivi une formation en sciences humaines (tableau 7).

Codage Enseignant		Formation universitaire	
		Série du baccalauréat	Etudes universitaires
Groupe sciences (S)	PE1S	S (SVT)	Biochimie moléculaire
	PE2S	S (SVT)	Géosciences appliquées
	PE4S	S (Math)	Biologie
Groupe sciences humaines (H)	PE3H	E	Sciences de l'éducation
	PE5H	A1	Psychologie, Sciences de l'éducation
	PE6H	B	Sociologie
	PE7H	B	Langues

Tableau 7. Formation universitaire des enseignants de la première population

Cette distinction entre ces deux groupes nous permet de questionner la relation entre le niveau d'expertise en sciences et la construction de la matière par les enseignants.

4.1.2 La seconde population

La seconde population étudiée est constituée de 6 enseignants de l'école élémentaire répartis sur deux circonscriptions : 5 enseignants (BOI, BED, HER, MOR et DES) appartiennent à la même école de centre ville et un enseignant (GER) enseigne dans une école à faible mixité sociale classée REP+ au moment de notre étude. Les enseignants de cette population comme la première population présentent une expérience significative dans la profession et leur niveau de classe (tableau 8).

Codage enseignants	Age	Ancienneté dans la profession	Ancienneté dans leur niveau de classe	
			Nombre d'années	pourcentage
BOI	>40	30	10	33
BED	<40	15	10	67
HER	>40	20	10	50
MOR	>40	38	15	39
DES	>40	35	14	40
GER (ASTEP)	<40	15	12	80

Tableau 8. Caractéristiques professionnelles des enseignants de la seconde population

5 Décrire la construction des contenus dans le discours

5.1 Un outil mixte, entre entretien et questionnaire

En questionnant la construction de la matière, nous souhaitons amener les enseignants à exprimer librement leurs idées et leur expérience, le questionnaire, comme outil central, nous semble d'une certaine façon limiter l'expression de la pensée. En effet le caractère directif des questions limite l'expression comme l'avance Blanchet et Gotman (2007) qui considèrent que le questionnaire est plus directif puisque l'opinion du sujet est donnée dans le cadre de la question posée.

Nous utilisons par conséquent l'entretien qui laisse au sujet la possibilité d'exprimer ses idées en prolongement du thème abordé. Néanmoins notre plan d'entretien (Blanchet A, Gotman, 2007) emprunte la structure du questionnaire. Basé sur la connaissance au préalable de facteurs discriminants, nous construisons notre plan d'entretien à partir d'un questionnaire qui en constitue l'épine dorsale et ainsi permet d'optimiser le travail de traitement des données.

La réalisation de l'entretien est guidée par les principaux thèmes du cadre conceptuel. Notre plan d'entretien (Annexe 3) est ainsi construit à partir d'une question initiale et de plusieurs thèmes (TH) permettant de questionner la construction de la matière (en particulier ici la construction des contenus). Ces thèmes constituent des axes qui orientent les propos des enseignants. Chaque thème est décliné en sous thème (STH) auxquels sont associées des questions de relance (QR) (tableau 9).

Question initiale : Voudriez-vous me dire en quoi, pour vous, les sciences expérimentales constituent une discipline scolaire particulière ?

Thème	Sous-thèmes et questions de relance
TH1 : Point de vue des contenus disciplinaires:	<p>STH1 : Signification de <i>Sciences Expérimentales</i></p> <p>QR: Est-ce que pour vous la signification est liée à des similitudes, à des complémentarités au niveau des connaissances ?</p> <p>QR: Est-ce que pour vous la signification est liée à des similitudes, à des complémentarités au niveau des attitudes ?</p> <p>QR: Est-ce que pour vous la signification est liée à des similitudes, à des complémentarités au niveau des capacités ?</p>

Tableau 9. Extrait du plan d’entretien (Annexe 15)

L’entretien individuel construit de cette manière permet de faire émerger les propos d’enseignants avec une certaine liberté et laisse la possibilité de clarifier le discours en reformulant ou relançant l’enseignant.

5.2 Un entretien mixte à usage principal et exploratoire

L’entretien que nous envisageons est à usage principal (Blanchet, Gotman, 2007), il constitue le mode principal de collecte d’informations, informations qui sont confrontées ensuite à l’analyse effectuée à partir des fiches de préparation des enseignants.

Néanmoins cet entretien s’inspire également de l’entretien à usage exploratoire (Blanchet, Gotman, *ibid*) dans la mesure où le questionnement construit laisse une liberté de parole au sujet et par conséquent laisse la possibilité d’apporter des informations non identifiées au préalable.

5.3 Une analyse du discours

Nous construisons notre entretien en explorant d’une part la manière dont les enseignants interprètent la matière et d’autre en les amenant à décrire leur pratique. La multitude des questions posées dans notre entretien (Annexe 2) se divise en deux types. Les questions du type : « *Pouvez-vous me décrire une expérimentation que vous faites en classe ?* » amènent des réponses personnelles descriptives et narratives des pratiques, « *dont le but est de rendre compte d’événements passés* » (Blanchet, Gotman, 2007, p.82). Les questions du type: « *Quels sont les contenus importants à enseigner en sciences expérimentales ?* » amène des réponses impersonnelles informatives, « *dont le but est de faire part d’une croyance ou d’un désir (une opinion, une suggestion, etc.)* » (Blanchet, Gotman, 2007, p82) et argumentatives « *dont le but est d’organiser le discours dans une logique donnée* » (Blanchet, Gotman, 2007, p82), exprimant les conceptions de l’interviewé, ses raisonnements et logiques subjectives. Les analyses de ces deux formes du discours seront croisées.

6 Décrire la construction des contenus en situation de classe

6.1 Une instrumentation Vidéo

Contrairement à l'utilisation des entretiens ou des questionnaires où les comportements des acteurs sont sollicités par le chercheur ou construit par lui pour inférer le comportement étudié, l'utilisation de l'instrument vidéo permet d'étudier « *l'action habituelle des personnes* » (Sensevy, 2013, p.4), c'est-à-dire l'action en situation. Même si le film vidéo enregistre l'action habituelle des personnes, « *le film de l'action n'est pas l'action* » (ibid), le réel filmé n'est pas le réel. Le film est « *un analogon de l'action.* » (ibid), une action autre qu'elle-même, ni identique, ni différente, une analogie d'elle-même.

Pour envisager le film en tant qu'analogon, Sensevy fait la distinction entre représentation analogique et représentation digitale du réel. Une représentation digitale est un moyen de décrire le monde qui est en soi analogique. En référence à Goodman (1976) le digital est constitué de toutes formes linguistiques permettant de représenter quelques choses du réel, tels que les prédicats, les paragraphes, les noms et permet la description du réel, alors que l'analogique est la représentation imagée du réel, sous forme de photo, de dessin, de schéma et de film vidéo, que Goodman appelle dépicition. Par conséquent la description « *s'appuie sur des systèmes digitaux* » pour envisager le réel alors que la dépicition « *renvoie aux pictures (de Goodman), au sein de systèmes denses ou analogiques.* » La densité, selon Sensevy, devant être comprise au sens mathématique c'est-à-dire qu'il « *est toujours possible, dans un système de représentation analogique (une image, un film) de découper dans le réel représenté une partie entre deux autres, ou, pour le dire autrement, il est toujours possible de fournir une description supplémentaire d'un phénomène particulier.* » (Sensevy, 2013). La dépicition d'une situation permet plus de richesses d'informations que la description. L'exemple de Locatelli (2008) repris par Sensevy illustre ce postulat. La phrase suivante « *La tasse est remplie de café* » apporte moins d'information que l'image de cette même tasse de café, ou on peut savoir si elle comporte une soucoupe ou pas, une anse à droite ou à gauche, quelle est sa couleur, si elle est éclairée et comment sont orientées les ombres, etc. Sensevy ajoute qu'il faut « *une infinité de descriptions pour que le digital embrasse tout l'analogique.* » (Sensevy,

2013) La description d'un film vidéo est par conséquent nécessairement lacunaire par rapport au film lui-même.

Nous suivons Sensevy qui dégage quatre caractéristiques des images filmiques : i) les images filmiques sont denses, c'est-à-dire qu'elles peuvent donner une infinité de descriptions, ii) les images filmiques regorgent de détails concrets porteurs de sens, iii) Les images filmiques sont des isomorphes structuraux de la réalité, iiiii) L'isomorphisme est spatiotemporel. Sans être la réalité les images filmiques obéissent aux mêmes règles de fonctionnement spatiotemporelles que la réalité.

Nous envisageons l'utilisation de la vidéo dans la mesure où elle peut produire une description dense de la situation étudiée. Même si l'acte premier de l'analyse d'une situation filmée est la transcription écrite des échanges verbaux, base d'analyse de certains logiciels d'aide à l'analyse tel que Transana que nous utilisons, la description ne peut se limiter à cet unique type de description. Dans une approche multimodale (Jewitt, Kress, 2003 ; Jewitt, 2009 ; Kress, 2013) nous envisageons une multiplicité de descriptions afin d'aborder la richesse de la représentation analogique. Néanmoins, il ne s'agit pas d'enrichir la description pour la rendre la plus dense possible, au risque de se perdre dans la multitude, mais de l'enrichir afin de capter l'essence de ce qui se joue. Selon ce point de vue, nous décrivons le geste qui accompagne le discours. Là encore deux options sont possibles, soit nous transcrivons le geste par du verbal ce qui revient à limiter l'analyse à une autre approche digitale du geste analogique, soit nous transcrivons les événements gestuels par des pictogrammes, ce qui a pour conséquence de forcer le lecteur à adopter sa propre lecture de l'évènement en mobilisant son propre cadre de lecture. Il nous semble que la combinaison de la description verbale des gestes doublée des pictogrammes densifie la description et apporte de la compréhension à la transcription écrite des échanges verbaux tel un système hybride (Sensevy, 2013, p3) triplement hybride texte des échanges verbaux-texte sur l'image-image.

Néanmoins il ne s'agit pas d'envisager le film vidéo comme une succession d'images, une succession de pictogrammes, décrits verbalement et associés à une transcription des échanges verbaux nécessairement découpés eux même. Procéder de la sorte présente deux risques, celui de présenter une sorte de paraphrase de la situation étudiée nécessaire mais insuffisante. Une situation d'échange verbal entre professeur et élève ne peut pas se voir que comme un séquenceur cinématographique, comme une sorte de photo roman, une sorte de « *chronique* » (Sensevy, 2013) de la situation qui laisse au lecteur la charge d'imaginer le déroulement de la situation entre chaque plan, la dimension temporelle de la situation et sa continuité sont à penser pour permettre une description pour en approcher le sens au mieux et le risque de

perdre l'essence même du film qui réside dans la continuité temporelle de la situation. Etudier une situation didactique c'est étudier comment les contenus évoluent au cours du temps, c'est étudier leur temporalité.

Nous alternons alors le visionnage du film pour appréhender la continuité de la situation avec la transcription hybride présentée plus haut. Nous ne retranscrivons que les pictogrammes qui révèlent d'une part la présence d'un contenu significatif et d'autre part qui, soit complète la transcription orale, soit la précise, soit la remplace. Nous ne retranscrivons à l'aide de pictogrammes que lorsque c'est nécessaire à la compréhension, par exemple lors des travaux de groupe dans lesquels le verbal est limité ou inaudible au visionnage. Nous envisageons le discours scientifique comme une combinaison de différents langages scientifiques (Lemke, 1998) et nous focalisons sur l'emploi du langage verbal, oral et écrit, et du langage gestuel à condition qu'il soit porteur d'un contenu significatif et qu'il renseigne sur ce qui se joue dans la situation et en permette la compréhension.

Nous sommes en accord avec Sensevy qui avance que la spécificité des films vidéos est de permettre à la fois d'appréhender les phénomènes étudiés au travers d'une certaine spatialisation du temps en s'appuyant sur des échelles de temps physiques, et permettent d'envisager leur durée. Le film vidéo permet également par des visionnages multiples d'appréhender la continuité des événements, la « *matérialité dynamique de leur flux* » (Sensevy, 2013, p. 48), Pour Sensevy, l'évolution du phénomène étudié peut être appréhendé en agissant par exemple sur le déroulement du temps (ralentis, accélérations, retours en arrière) grâce aux procédés techniques de l'instrument vidéo pour éclairer ce qui échappe à la perception habituelle de la pratique.

6.2 Les choix des différentes situations observées

Nous avons laissé aux enseignants participants la possibilité de nous proposer des situations de leur choix à condition qu'elles correspondent à des situations déjà construites et programmées⁷. Les enseignants avaient le choix du thème et du nombre de séances. Les thèmes proposés concernent des contenus en physique (l'électricité, la matière), en biologie (la digestion, la respiration, la classification du vivant) ou en technologie (la construction d'un pont). Nous gardons à l'esprit que ce choix ne donne pas à voir la pratique d'enseignement naturelle et quotidienne des enseignants sollicités mais à la fois une pratique d'enseignement

⁷ Pour respecter le droit à l'image, nous avons proposé aux enseignants un formulaire de demande d'autorisation d'enregistrement vidéo (Annexe 25). Les demandes signées par les parents sont restées en possession des enseignants.

« dont le but est de faire part d'une croyance ou d'un désir (une opinion, une suggestion, etc.) » (Blanchet, Gotman, 2007, p.82) exprimant les conceptions de l'enseignant et une pratique d'enseignement qui permet de décrire et de « rendre compte d'évènements » (Blanchet, Gotman, 2007, p.82), situés dans le présent de l'action qui deviendra un évènement de sa pratique à laquelle l'enseignant pourra faire référence. Nous avons laissé ce choix afin qu'il reflète ce qui pour chaque enseignant constitue sa construction d'une pratique d'enseignement sur un thème donné et ses contenus associés en « Sciences et Technologie » tout en constituant un moyen de comprendre comment cette construction vit à l'épreuve de sa mise en situation.

Les situations qui nous ont été proposées sont de deux types, soit il s'agit d'une séquence sur un thème (allant de 3 à 6 séances), soit il s'agit d'une séance unique inscrite dans une séquence à laquelle nous n'avons pas eu accès.

6.3 Le synopsis, la chronique et l'intrigue

Afin de décrire chaque situation nous réalisons des synopsis. Celui-ci a deux fonctions : la première, pratique, consiste à « rendre possible l'appréhension d'un ensemble là où la perception est dépassée par la masse de données » (Sensevy, 2013, p.39) et la seconde, épistémologique, consiste à « provoquer un changement dans notre perception des formes (gestalt switch) de la pratique, par rapprochement d'éléments d'habitude disjoints, qui permette d'en identifier une grammaire possible en tant que forme d'organisation contraignante » (ibid). Ce rapprochement s'effectue de deux manières, une connexion verticale (diachronique) par le rapprochement de deux éléments séparés dans la même séance ou la même séquence et une connexion horizontale (synchronique) par comparaison de deux pratiques chez deux enseignants différents (Sensevy 2013, p 42).

Les situations qui nous ont été proposées nous permettent d'une part, et de manière diachronique, d'étudier, pour un enseignant donné, les variations de sa pratique en jeu au cours d'une séance pour un même contenu (DES, respiration), sur les variations de sa pratique au fil de la séquence (HER, digestion ; MOR, classification), sa pratique s'inscrivant dans le cadre de la démarche d'investigation ou chaque séance aborde une ou plusieurs étapes de la démarche différente (Situation d'entrée, questionnement, investigation ou acquisition et structuration des connaissances) et enfin au sein de chaque séance des variations de sa pratique selon les interactions avec les élèves. D'autre part les situations nous permettent d'étudier, de manière synchronique, des rapprochements selon les contextes (Situation

ordinaire vs situation d'accompagnement (GER ASTEP), des comparaisons entre deux enseignants à propos d'un même contenu (BOI et BED, électricité), ou pour deux enseignants de deux cycles différents (Cycle 2,BOI vs Cycle 3, BED).

Les synopsis nous permettent une première analyse de la séance et nous « *sert ensuite de repère lors des analyses plus approfondies.* » (Tiberghien *et al.*, 2007, p.105). Pour une analyse approfondie des événements décrits, le grain d'analyse doit être plus fin. Dans ce sens, nous distinguons la chronique didactique de l'intrigue didactique (Sensevy, 2013). Une chronique didactique consiste en « *un rassemblement d'évènements temporellement ordonnés* » (Sensevy, 2013, p.49) de la situation avec un degré faible de connexion entre les événements. Par exemple la succession des moments de la démarche d'investigation peut être décrite comme une chronique didactique ordonnée en référence avec la démarche d'investigation prescrite. En revanche, dans l'intrigue didactique « *les évènements sont reliés entre eux par une forme nécessaire* » (Sensevy, *ibid.*). Un événement antécédent est vu comme possible source d'un événement postérieur. Les transactions entre l'enseignant et les élèves peuvent être vues comme des intrigues dans la mesure où la transaction se traduit par une suite d'actions de l'enseignant et de réactions des élèves et inversement. Ces successions d'actions sont nécessairement reliées par le contenu en jeu. Les événements ou épisodes sont « *identifiables seulement par l'analyse du contenu des interactions* » (Sensevy, 2013, p.42) et dépendent dans ce cas du point de vue théorique sous tendu par l'analyse.

6.4 Les chroniques synoptiques des situations observées

Les situations d'enseignement apprentissages que nous étudions sont décrites à deux niveaux. Dans un premier temps par une vision synoptique à fonction pratique des situations observées et dans un second temps par une vision épistémologique des mêmes situations et des intrigues qui s'y jouent que nous développons dans la partie suivante. Selon la fonction pratique nos chroniques synoptiques, par analogie avec l'organisation d'une pièce de théâtre, sont découpées en actes et en scènes. Nous empruntons à Sensevy (2013) ce découpage objectif de la situation de classe par le fait qu'il peut se faire au travers de la simple observation de ce qui se déroule et qui dépend peu du cadre théorique mobilisé par le chercheur. Un acte est une « *grande division de la pratique, objectivable de manière uniquement visuelle* » et les scènes sont « *emboîtées dans les actes, homogènes à eux pour leur détermination, c'est-à-dire objectivable de manière visuelle* » (Sensevy, 2013, p.42). Notre découpage s'effectue à partir d'observations d'épisodes pédagogiques tels qu'un rappel en début de séance ou la réalisation

d'une trace écrite et de moments de la démarche d'investigation prescrite tels que le questionnement ou l'investigation. La figure suivante présente un exemple de chronique synoptique d'une séance menée par BED en CM2 sur le thème de l'électricité. Le contenu principal est le concept de circuit électrique (tableau 10).

Repères temporels (Début de phase)	Actes	Scènes
00'00"	Rappel	Rappel du thème et de la question de la première séance. Q1 : Comment allumer une ampoule avec une pile plate?
		Réalisation du montage par un élève devant la classe
		Descriptif du montage et rappel du vocabulaire technique (Culot, lame, plot...)
03'20"	Investigation	Formulation du questionnement. Q2 : Comment allumer une ampoule sans toucher la pile ?
		Réflexion collective sur les moyens de répondre à la question. (Avec un ou deux fils)
		Travail de groupe. Les élèves construisent un circuit électrique avec le matériel distribué. La moitié de la classe avec un fil, l'autre moitié avec deux fils.
10'10"	Mise en commun montage avec deux fils	L'enseignant écrit au tableau une liste du vocabulaire à utiliser pour rendre compte du travail effectué. (fil électrique, culot, plot, pile, ampoule, brancher, allumer, placer, mettre en contact,)
12'00"	Trace écrite individuelle	Dans le cahier chaque élève inscrit un des deux questions (Q2 : comment allumer une ampoule avec une pile et un fil et Q3 : comment allumer une ampoule avec une pile et deux fils?), et réalise le croquis du branchement et un texte explicatif.
24'30"	Mise en commun branchement un fil	Présentation orale d'un élève au tableau. Description du montage Question 2 (Q2)
		Réalisation du branchement par les élèves.
		Réalisation du croquis au tableau par l'élève.
	Mise en commun branchement deux fils	Réalisation du croquis au tableau du montage et description par un élève. Question 3 (Q3)
		Lecture des textes réalisés en lien avec le montage. (quelques élèves)
31'50"	Trace écrite collective	Trace écrite sous forme d'un exercice. Il s'agit de déterminer parmi les dessins proposés, quels sont ceux qui permettent d'allumer une ampoule.
39'40"	Investigation 2	Mise en recherche. Consigne : Allumer une ampoule avec une pile ronde sans les fils.
		Essais des élèves.
		Explication de l'enseignant de l'impossibilité d'allumer l'ampoule sans fil.
		Consigne différente pour chaque moitié de classe. Allumer une ampoule avec une pile ronde et un ou deux fils. (Questionnement implicite.)
		Essais des élèves.
43'30"	Trace écrite individuelle	Dans le cahier chaque élève inscrit un des deux questions (Q4 : comment allumer une ampoule avec une pile ronde et un fil et Q5 : comment allumer une ampoule avec une pile ronde et deux fils ? Et réalise le croquis du branchement et un texte explicatif.

48'50"	Mise en commun branchement un fil.	Réalisation du croquis au tableau de deux montages possibles avec un fil par deux élèves (inversion des bornes, avec plot en contact direct avec l'une des bornes de la pile, le fil sur le culot) et explication orale du montage.
50'30"	Mise en commun branchement deux fils	Réalisation du croquis au tableau du montage avec deux fils par un élève.
54'00"	Mise en commun branchement un fil.	Proposition par l'enseignant d'un autre montage à un fil possible culot sur la borne plus de la pile.
55'18"	Mise en commun branchement deux fils	Explication par l'élève du branchement à deux fils.
		Deuxième branchement possible.
58'30"	Investigation 3	Mise en recherche : Essayer d'allumer une ampoule avec deux piles.
		Essai des élèves.
1h02'00"	Mise en commun	Une élève vient expliquer son branchement au tableau.
		Présentation du branchement à l'ensemble de la classe afin d'observer la brillance de l'ampoule avec une ou deux piles.
		Explication de la variation de la brillance de l'ampoule.
1h06'00"	Investigation 4	L'enseignant propose un branchement. Mise en contact des deux bornes plus de la pile.
		Essai des élèves.
1h06'30"	Mise en commun	Explication de l'enseignant. Contextualisation avec situation de la vie courante : la lampe torche.
1h07'37"	Synthèse	Distribution d'une fiche synthèse et description des branchements qui y figurent.
1h08'50"	Investigation 6	Introduction de la douille
		Mise en activité : réaliser un branchement qui figure sur la feuille de synthèse.
		Essai des élèves.
1h13'52"	Suspension de la synthèse	Report de la synthèse à plus tard et ramassage du matériel.
1h14'40"	Fin de séance	

Tableau 10. Exemple de chronique synoptique d'une séance sur l'électricité en CM2 (BED)⁸

6.5 La description des transactions

Nous décrivons les transactions afin d'affiner la compréhension des intrigues qui s'y jouent. C'est au sein des transactions que s'exerce la médiation didactique de l'enseignant que nous concevons comme action sur les performances didactiques des élèves. Nous caractérisons par conséquent la médiation par ses fonctions, par les modalités d'évaluation des performances didactiques et par les modalités des langages scientifiques et technologiques mobilisés. Nous caractérisons également le mode d'engagement des élèves dans l'activité induit par la

⁸ Toutes les chroniques synaptiques sont présentées en annexe (annexes 6 à 10)

médiation. Nos indicateurs sont construits, d'une part, à partir de notre cadre d'analyse et, d'autre part, selon une approche inductive (Zaid et al., 2011 ; Zaid, 2012).

6.5.1 La caractérisation des performances didactiques

La notion de performance didactique des élèves est envisagée comme « *le faire de sujet(s) didactique(s) en tant qu'il a été (re)construit par les acteurs déterminés en fonction de leurs questions dans une perspective évaluative* » (Reuter, 2011, p. 134). Au cours de la transaction l'enseignant agit sur les performances didactiques des élèves et évalue l'effet de ses actions. Nous reprenons la catégorisation de Zaid (2012) qui distingue 4 types de performances didactiques (tableau 11).

Performances didactiques	Exemples d'indicateurs
Les performances didactiques cognitives (mobilisation de concepts et de notions)	<ul style="list-style-type: none"> - formuler, reformuler des énoncés de la consigne - discuter en groupe des notions spécifiques au contenu en jeu - manifester une connaissance antérieure déjà construite - commenter ou poser des questions par rapport à la consigne de la tâche à réaliser, etc.
Les performances didactiques techniques (mobilisation de compétences liées à la pratique scientifique)	<ul style="list-style-type: none"> - manipuler un matériel ou un support (maquette, montage expérimental, etc.). - rendre compte, argumenter, justifier un protocole imaginé - réaliser des gestes techniques (verser, peser, assembler, etc).
Les performances didactiques sociales (interactions avec les pairs ou avec l'enseignant)	<ul style="list-style-type: none"> - discuter avec l'enseignant ou avec les autres élèves de la consigne, de la tâche à faire - demander la parole pour poser ou répondre à une question liée à la tâche à réaliser, par parole ou par geste (lever le doigt). - exprimer un accord/désaccord avec l'enseignant, avec un élève - compléter, commenter une réponse de l'enseignant.
Les performances didactiques de silence (situation d'écoute, d'attente.)	<ul style="list-style-type: none"> - manifester un silence vis-à-vis d'une explication, d'une question ou d'un rappel à l'ordre de l'enseignant - manifester un silence exprimant un engagement dans la situation didactique. - manifester un silence vis-à-vis de l'explication ou d'une question d'un autre élève.

Tableau 11. Catégorisation des performances didactiques et indicateurs

Nous catégorisons les formes d'évaluation des performances didactiques comme suit (tableau 12) :

Evaluation	Exemple d'indicateurs
Négative explicite	- propos négatifs (non, pas d'accord, impossible, etc.) - gestuelle négative (non du doigt, hochement de tête de droite à gauche, etc.)
Négative implicite	- propos dubitatifs (mouais, peut-être, possible, etc) - moue dubitative.
Neutre (signifie : j'entends.)	- répétition du propos de l'élève avec ton neutre - posture d'écoute sans expression manifeste
Positive explicite	oui, bien, d'accord, etc - gestuelle positive (hochement de tête de haut en bas, etc.).
Positive implicite	- répétition de ce que dit l'élève avec intonation positive - posture attentive
Sous silence	- aucune manifestation d'écoute ou d'attention - ne regarde pas l'élève - ne reprend pas le propos de l'élève

Tableau 12. Catégorisation des évaluations des performances didactiques

6.5.2 Les fonctions de la médiation

Nous caractérisons les actions de l'enseignant par leurs fonctions qui révèlent les intentions didactiques de l'enseignant. Nous catégorisons les fonctions comme suit (tableau 13) :

Fonctions	Indicateurs
Descriptive	Décrire, les étapes d'un phénomène, un processus, les caractéristiques d'un objet, etc.
Enonciatrice	Designier par un terme scientifique un phénomène, un objet, un processus, etc.
Evaluative	Evaluer le travail des élèves, explicitement ou implicitement, dans le but d'adapter la situation.
Explicative	Clarifier la cause d'un fait par un discours monologique. Peut être : interprétatif ou argumentatif.
Informative	Rendre compte d'une activité (observation, expérience, lecture...), de ce qui a été fait ou du résultat.
Injonctive	Inviter à ou imposer de : faire, dire, produire, écrire, dessiner, etc.
Justificative	Justifier l'activité en cours ou à venir, révéler le sens ou le but de manière explicite.
Mémorielle	Rappeler des faits éloignés antérieurs à la séance
Pédagogique	Vérifier le travail demandé, rappel à l'ordre, veiller à l'organisation spatiale ou matérielle, etc.
Récapitulative	Reprendre et structurer des faits évoqués précédemment au cours de la séance,
Réflexive	Poser une question qui amène une réponse de nature explicative, argumentative ou descriptive pour amener à comprendre un phénomène, une action, un propos, etc ou résoudre un problème.

Tableau 13. Catégorisation des fonctions de la médiation

6.5.3 Les langages scientifiques et technologiques mobilisés

L'enseignant mobilise divers langages scientifiques et technologiques pour exercer sa médiation didactique. En référence à Lemke (1998) nous distinguons 4 langages auxquels nous ajoutons le langage gestuel que nous distinguons du langage procédural de Lemke. Ces catégories et des exemples d'indicateurs sont présentés dans la figure suivante (tableau 14).

Langages	Exemples d'indicateurs
Gestuel	Gestes exprimant une réaction à une performance didactique d'élève à valeur évaluative : Moue dubitative, regard prononcé, gestes de la main, des doigts, hochement de tête, mouvement de bras, position du corps, etc., accompagnant l'intervention.
Procédural	Montrer un dispositif, faire un montage, ajuster un montage, manipuler un objet associé ou non au langage verbal (manipulation, geste technique, utilisation d'instruments, etc.).
Verbal écrit	Utilisation d'un mot, d'une phrase, d'un texte, d'annotations, de légendes, etc. inscrits au tableau, sur une affiche, etc. ou issus d'un document existant distribué aux élèves (fiche manipulation, documentation...), etc.
Verbal oral	Toute forme orale d'intervention (Mots, phrases, onomatopées...)
Visuel	Utilisation d'une représentation visuelle (Dessin, schéma, photos, croquis, photo, carte, vidéo...) pour étayer son propos, qu'elle soit produite par l'enseignant, issue d'un support sélectionné par lui ou produite par les élèves.
Mathématique	Utilisation d'instruments mathématiques (Nombres, formules, opérations, tableaux,...), d'outils mathématiques (règles, équerres, compas, quadrillages...), ou réalisation de gestes mathématiques (mesurer, agrandir, etc.) pour étayer son propos.

Tableau 14. Langages scientifiques et technologiques mobilisés lors de la médiation

6.5.4 Les modes d'engagement des élèves

Une performance didactique traduit une forme d'engagement de l'élève dans la situation qui exprime son rapport au contenu. Nous considérons que l'enseignant effectue un ensemble de choix lui permettant de « *progresser dans le déploiement de son dispositif didactique et pédagogique.* » (Zaid, 2012) et son action consiste à sélectionner « *parmi les performances didactiques des élèves celles qui lui permettent le mieux d'effectuer les cadrages nécessaires* » (Astolfi (1992) cité par Zaid, 2012). Par conséquent l'action de l'enseignant sur les performances didactiques des élèves et les sélections, au travers de l'évaluation qu'il effectue, induisent différents modes d'engagement des élèves. Nous distinguons trois modes d'engagement que nous qualifions : d'élève-récepteur, d'élève-trouveur et d'élève-chercheur (tableau 15).

Modes d'engagement	Indicateurs
Elève-récepteur,	manifeste une performance didactique de silence (écoute, immobile, regard fixe sur l'enseignant, regard bas, etc.).
Elève-trouveur,	produit une performance didactique en réponse aux attentes de l'enseignant
Elève-chercheur	produit une performance didactique originale, non attendue par l'enseignant.

Tableau 15. Modes d'engagement des élèves dans l'activité

L'analyse des transactions, s'effectuant à une échelle de temporalité courte, demande d'élargir l'empan temporel pour dégager ce qui est de l'attendu de l'enseignant et ce qui est de l'initiative de l'élève. La distinction entre l'élève-trouveur et l'élève-chercheur demande la prise en compte d'une série d'indices.

Par exemple, à la suite d'une question de l'enseignant et la performance didactique de l'élève produite, c'est l'évaluation faite par l'enseignant (positive, négative ou mise sous silence) qui traduit ses attendus. De même lorsque l'attendu apparaît de manière explicite lors des bilans et les synthèses récapitulatives. Les réactions des élèves constituent également d'autres indices. Par exemple lorsque les élèves s'engagent dans l'activité, en manifestant des signes de recherche d'un attendu (« *je ne sais pas le faire, je trouve pas le mot* », etc.), ou lorsqu'ils estiment devoir trouver l'attendu dans une limite temporelle imposée par l'enseignant (« *encore un peu ; j'ai pas fini* ») explicitement formulée par lui (« *encore 5 minutes, dépêchez-vous* »). Enfin certains propos explicites de l'enseignant traduisent ses attendus (« *je n'ai pas fait ça par gentillesse, HER S1 ; j'avais prévu autre chose, HER S3* »). C'est la prise en compte de ces indices qui nous permet de reconstruire les attendus de l'enseignant et de distinguer les deux modes d'engagement : élève-trouveur et élève-chercheur.

6.5.5 La transaction vue comme un double jeu

L'enseignant, (l'accompagnateur dans le cas de l'ASTEP) et les élèves sont dans une transaction didactique qui consiste en un double jeu d'action de médiation de l'enseignant et d'action en retour des élèves sur la médiation, en fonction de leurs positions et leurs questions propres, comme l'illustre la figure 6.

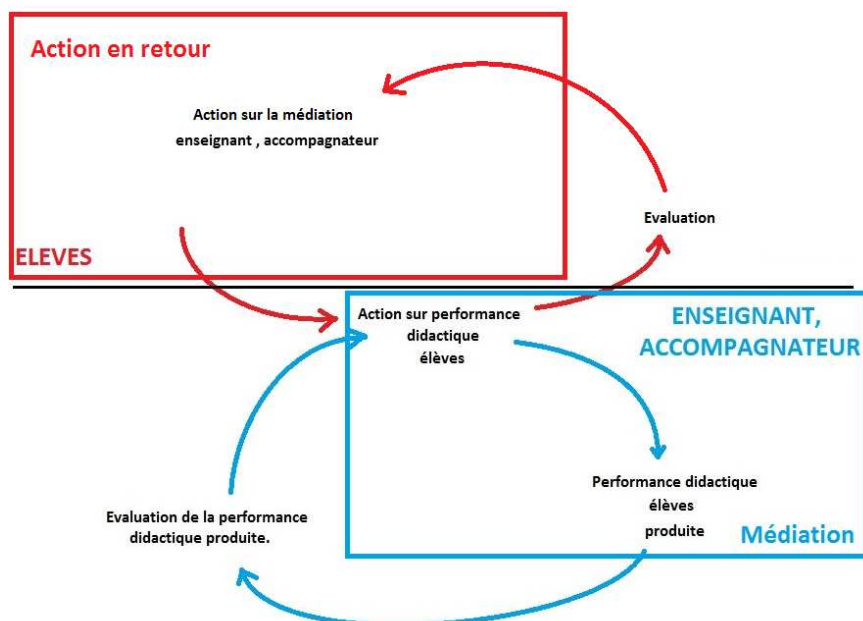


Figure 6. Modélisation de la transaction didactique.

En effet dans certaines transactions, les élèves rétroagissent sur la médiation de l'enseignant, même si dans la plupart c'est l'enseignant, garant des apprentissages, qui exerce sa médiation

en agissant sur les performances didactiques des élèves. Nous présentons ce double jeu d'action et de rétroaction au travers de profil dans lesquels les actions et rétroactions sont marqués par des flèches. Les flèches indiquent à la fois le sens de déroulement de la transaction avec la distribution de la parole et également, par un codage les actions et rétroactions exercées comme le montre la figure 7 (flèches pleines pour les actions et flèches en pointillés pour les rétroactions).

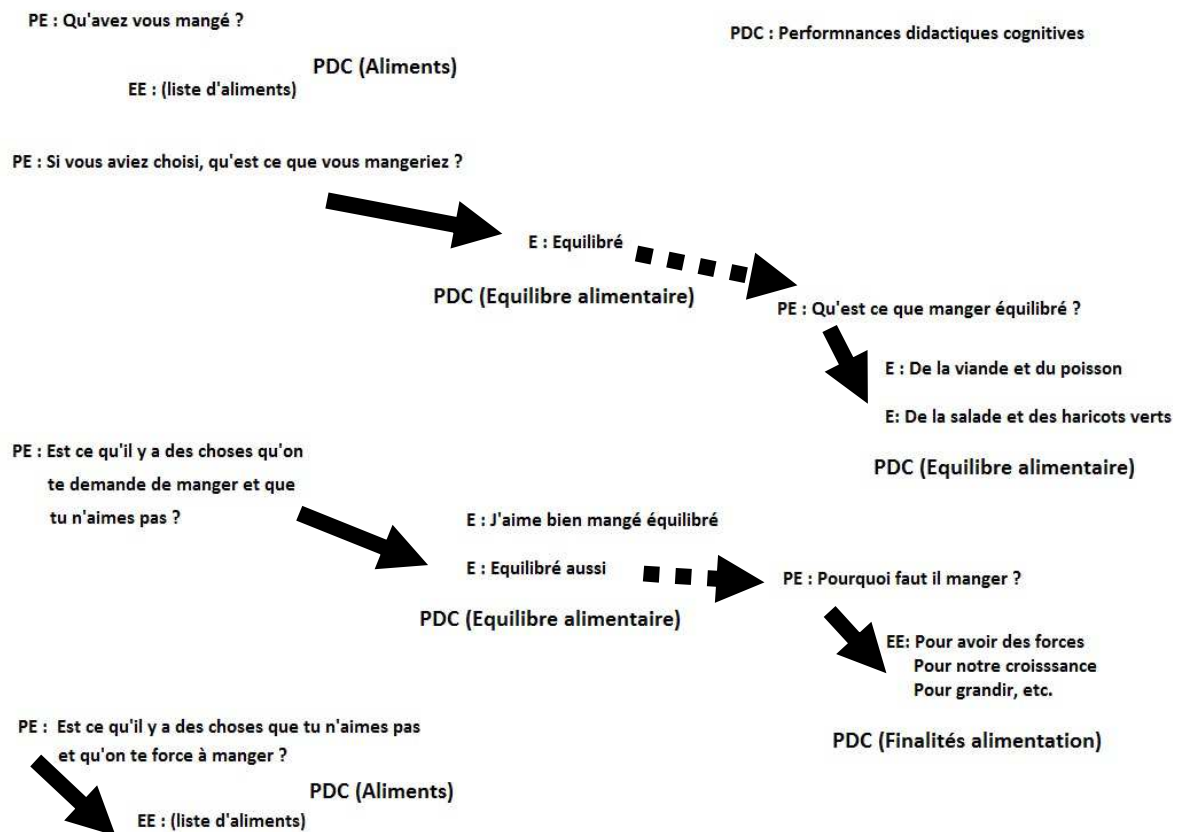


Figure 7. Actions et rétroactions dans une transaction (HER, séance 1)

7 Catégorisations des contenus

Nous envisageons le contenu comme « *ce dont un système didactique peut susciter l'apprentissage par les apprenants du fait d'un enseignement* » (Daunay, 2015). Par conséquent toute situation d'enseignement conçue et organisée par l'enseignant présente une diversité d'apprentissages possibles s'inscrivant dans une temporalité que nous reprenons de Lemke (cf figure 2-1). De plus, dans la mesure où le contenu « *n'est pas nécessairement explicite* » et qu'il « *peut être ou non identifié par les sujets didactiques* » (Daunay, 2015) nous considérons la démarche d'investigation, les moments de la démarche (questionnement, investigation, etc.) comme des contenus au même titre que les contenus de connaissances scientifiques et les contenus de pratique scientifique davantage explicites et identifiés par les enseignants comme nous le montrons dans le chapitre 3 suivant.

7.1 La démarche d'investigation (DI).

7.1.1 La structure de la DI

Nous analysons la DI en décrivant la structure chronologique des différents moments qui la composent soit à partir des écrits de réparation soit à partir des chroniques synoptiques des séquences ou des séances, selon les cas, vidéo-observées. Deux chronologies s'entremêlent avec des rythmicités différentes : celle du déroulement de la séquence découpée en séances, puis en étapes de travail au sein de la séance et celle de la démarche d'investigation prescrite, dans un canevas indicatif (Ministère de l'Éducation nationale, Direction générale de l'Enseignement scolaire, 2009), comprenant 7 moments. Nous faisons correspondre à chaque étape de la séquence un moment de la démarche d'investigation. L'enchaînement des moments de la démarche, de la situation de départ jusqu'à la synthèse, est vu comme l'avancée de la construction des contenus allant des savoirs initiaux des élèves jusqu'aux savoirs nouveaux évalués. La situation de départ constitue le moment où s'exprime le savoir initial des élèves (SD, codé 0 UTE). Puis lors du questionnement (Q, 1 UTE) et de la formulation d'hypothèses (Hyp, 2 UTE), les élèves s'engagent dans la construction des nouveaux savoirs et en expriment diverses formes possibles. C'est ensuite, lors de l'investigation (I, 3 UTE), que les élèves construisent les savoirs nouveaux par la recherche. Enfin, le bilan (B, 4 UTE) constitue une première étape

de structuration des savoirs travaillés lors des investigations et la synthèse (S, 5 UTE) est le moment au cours duquel les savoirs institutionnalisés sont exprimés en vue d'être appris puis évalués (Ev, 6 UTE).

Concernant les écrits de préparation, le déroulement de la séquence est présenté comme une suite d'étapes chronologiquement codées en unités de temps arbitraire dans la mesure où la fiche de préparation ne contient pas de données sur le déroulement du temps. Nous codons cette avancée théorique que nous nommons unité de temps d'enseignement (UTE) (tableau 16).

Déroulement prescrit de la démarche d'investigation (DGES 2009 MEN)	Moments de la démarche		Codage
	Situation de départ (SD)		UTE 0
	Formulation du Questionnement (Q)		UTE 1
	L'élaboration des hypothèses (Hy)		UTE 2
	L'investigation (I)	Conception de l'investigation par les élèves (Icon)	UTE 3
		Réalisation de l'investigation par les élèves (Iréa)	
	L'acquisition et la structuration des connaissances	Comparaison et mise en relation des résultats (B)	UTE 4
		Synthèse (S)	UTE 5
Evaluation (Ev)		UTE 6	

Tableau 16. Codage des moments de la démarche d'investigation pour l'écrit de préparation

Les résultats sont présentés sous forme de graphes qui constituent des profils visant à caractériser la manière dont est structurée la démarche dans les écrits de préparation. Ces profils traduisent des logiques de construction du savoir inscrites dans l'écrit. Nous effectuons une analyse croisée du déroulement de la démarche d'investigation (en ordonnée) et du déroulement de la séquence (en abscisse) (figure 8).

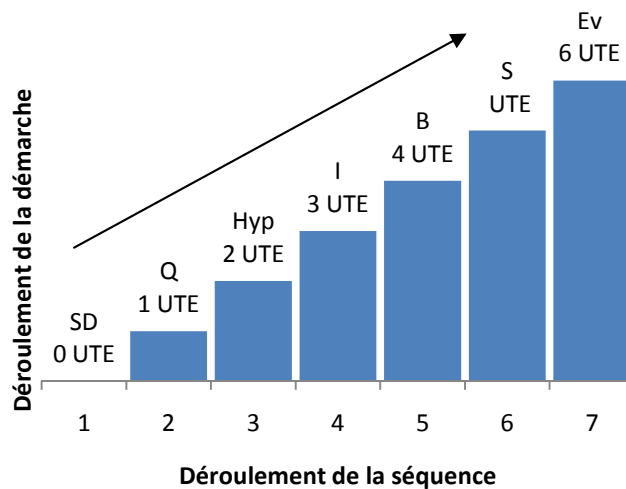


Figure 8. Graphe théorique de la DI

Concernant la DI en situation effective nous reprenons le codage des différents moments de la démarche mais en indiquant les durées, en unité temps physique (minutes), de chaque moment dans la mesure où les données vidéo nous le permettent (figure 9).

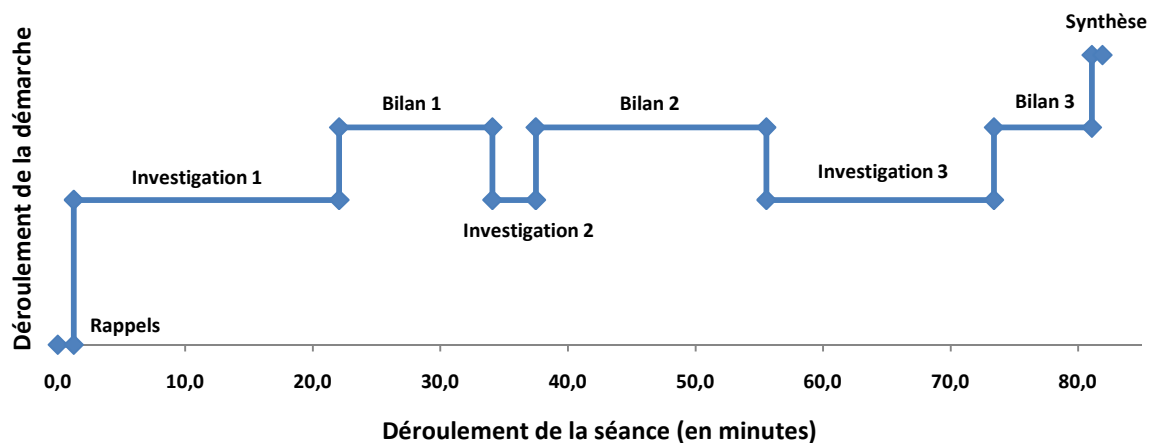


Figure 9. Exemple de profil de séance vidéo-observée (PE5, CM2)

7.1.2 Les critères d'authenticité des moments de la démarche

Nous envisageons la spécificité des formes de la culture scientifique en caractérisant l'authenticité de la démarche d'investigation et les moments qui la composent. Nous empruntons les critères d'authenticité décrit par Cariou (2010) que nous adaptons aux situations d'enseignement-apprentissage à l'école (tableau 17).

Critères d'authenticité et caractère inverse des moments de la démarche		Moment de la démarche d'investigation
C1 - Problème : qualité		Questionnement
Problème représentant, pour les élèves, une énigme, un obstacle, une rupture, une « morsure » (Dewey)	"Problème" non énigmatique, ou trop général pour être suivi d'hypothèses.	
C2 - Problème : raison d'être		
Problème mobilisant les forces intellectuelles des élèves, pour être résolu à partir de leurs propositions	"Problème" ne servant pas de cadre à des activités imposées, sans attendre des propositions d'élèves le concernant.	
C3 - Hypothèse(s)* : Origine		
Hypothèse(s)* venant d'élèves, traduisant leur vision, reflétant leurs conceptions	Pas d'hypothèse ou venant du professeur	
C4 - Hypothèse(s)* proposée(s) : phase d'examen		
Discussion par les élèves de la recevabilité des hypothèses (<i>examen des critères de recevabilité : relation au problème, cohérence avec les acquis...</i>)	Absence d'une telle phase	
C5 - Hypothèse(s)* retenue(s) : Qualité		
Hypothèses retenues portant sur des faits encore inconnus, qui aideraient à résoudre le problème	"Suppositions" retenues trop évidentes ou portant sur des faits déjà connus.	
C6 - Activité(s) : Origine		Investigation
Activité(s)* pré-méditées, conçues, demandée(s) par les élèves (ou substitution d'activités équivalentes (plus simples...) provenant du stock du professeur – avec acceptation par les élèves de l'équivalence – sans nuire à l'authenticité de l'investigation.) qui suggèrent ou réclament des observations, des expériences, des documents montrant si..., afin d'éprouver leurs propres idées	Activité(s) parachutée(s), imposée(s), réduisant les élèves à ne faire que de simples constats ou/et à n'être que de simples exécutants	
C7 - Activité(s) proposée(s) : phase d'examen		
Phase de discussion par les élèves de la pertinence des activités proposées : s'agit-il de conséquences testables déduites des hypothèses ?	Absence de cette discussion	
C8 - Activité(s) retenue(s) : Qualité		
Activités dont les résultats attendus apporteront des éléments nouveaux utiles à la résolution du problème	Résultats déjà connus ou évidents, ou activités visant un objectif annexe sans lien direct avec le problème	
C9 - Interprétations : Discussion		Bilan et synthèse
Phase de discussion entre élèves de leurs interprétations des résultats obtenus.	Absence de cette discussion	
C10 - Conclusions : Origine		
Conclusions établies par les élèves, admises et généralisées sous le contrôle du professeur	Conclusions dictées	

Tableau 17. Critères d'authenticité (Cariou, 2010) de la démarche d'investigation

7.2 Les contenus de connaissances et de pratique scientifique

En reprenant l'idée de « *contenu moléculaire* » comme « *un organisateur de contenus disciplinaires, qui agrègent et réorganisent les contenus* » (Denizot, 2014), nous considérons les démarches en sciences et technologie et en particulier la DI et les différents moments de la

DI, en tant qu'organisateur de contenus. Nous distinguons deux catégories de contenus organisés : les contenus de connaissances scientifiques et les contenus de pratique scientifique en référence à Lemke (1998) cité plus haut.

7.2.1 Les contenus de connaissances

Nous distinguons les contenus conceptuels des contenus notionnels en référence à Astolfi qui les différencie en affirmant que « *la formulation notionnelle constitue le point d'arrivée du travail scolaire, tendu vers son émergence dans la classe. Un concept est plutôt un point de départ pour l'activité intellectuelle, dans la mesure où il confère un pouvoir nouveau à celui qui en maîtrise l'usage* » (Astolfi, 1992). Nous considérons par conséquent le contenu conceptuel comme une connaissance mobilisée par l'apprenant pour résoudre un problème ou répondre à une question scientifique et le contenu notionnel comme une connaissance construite par l'apprenant en réponse à une question ou un problème et concernant les caractéristiques du monde vivant, de la matière et des objets techniques (tableau 18).

Contenus de connaissances	Exemples
Conceptuel	stabilité, résistance, respiration, écosystème, éruption volcanique, séisme, fusion, évaporation, etc.
Notionnel	ex: estomac, patte, glace, pile, ampoule, carton, piler et tablier de pont, etc.

Tableau 18. Contenus de connaissances scientifiques

7.2.2 Les contenus de pratique scientifique

Nous proposons une catégorisation des contenus de pratique scientifique en s'inspirant de Katz (1974) qui distingue trois catégories de compétences scientifiques : les compétences conceptuelles (analyser, comprendre, agir de manière systémique), les compétences techniques (méthodes, processus, procédures, techniques) et compétences humaines au travers des relations intra et interpersonnelles, enrichies de la liste non exhaustive de compétences méthodologiques scientifiques (CMS) de Schauble (2003) et de celle de Lemke (1998). Nous proposons également le contenu de pratique scientifique éthique en référence à Kirch (2007b) qui avance l'idée que le travail des compétences méthodologiques scientifiques en classe de sciences permet de faire émerger un *éthos scientifique* caractérisé par des valeurs telles que l'ouverture d'esprit, le scepticisme, la curiosité, la logique, l'honnêteté, l'objectivité et la suppression des croyances. Nous proposons 6 catégories de contenus de pratiques scientifiques présentées dans la figure suivant (tableau 19).

Contenus de pratiques scientifiques	Exemples
Communication	<ul style="list-style-type: none"> - Produire : écrire , réaliser un dessin... - Utiliser : savoir lire un texte, un graphique, un dessin...
Ethiques	<ul style="list-style-type: none"> - Sens de la preuve - Ouverture d'esprit - Posture critique...
Méthodologiques	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en œuvre une démarche de recherche (démarche d'investigation) QHIBS: Linéaire ou non linéaire
Procéduraux	<ul style="list-style-type: none"> -Participer à un débat pour poser une question ou formuler un problème. -Formuler une hypothèse en relation avec la question ou le problème. -Observer (lister des critères à observer, identifier les critères pertinents, choisir un instrument d'observation, choisir un moyen d'expression de l'observation (oral, écrit, dessin...)) -Expérimenter (concevoir un protocole, comprendre un protocole, manipuler pour mettre en oeuvre un protocole, extraire des résultats...) -Réaliser (concevoir et fabriquer une maquette, un objet technique...) -Se documenter (chercher la source pertinente, trouver l'information, comprendre divers formes de langages...)
Techniques	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser un geste technique (assembler, coller, découper, transvaser...) - Utiliser une loupe, une boîte loupe,... - Faire une mesure, un calcul,...
Techno-conceptuels	<ul style="list-style-type: none"> - Analyser (extraire des éléments pertinents) - Décrire (lister les éléments d'une information) - Comparer (mettre en relation des éléments comparables) - Déduire (de la cause aux effets, du général vers le particulier) - Induire (généraliser à partir des faits) - Interpréter (expliquer à partir de données externes à soi) - Argumenter (expliquer avec comme point de départ son propre point de vue.) - Expliquer (clarifier la cause d'un fait)

Tableau 19. Contenus de pratique scientifique

8 Transana un outil d'analyse des situations vidéo-observées

Nous décrivons les événements vidéo-observés selon des grains d'analyse différents. L'observation directe à l'aide d'un journal de bord, les enregistrements audio et un premier visionnage de la situation d'enseignement-apprentissage filmée nous permet de construire les chroniques didactiques (Sensevy, 2013). Pour une analyse approfondie de la situation, nous utilisons une méthodologie instrumentée pour décrire l'intrigue didactique (Sensevy, *ibid*). L'analyse de la médiation didactique (Lenoir, 1998) et des contenus (Daunay, 2015) en jeu au sein des transactions (Sensevy, 2007), leur déploiement à différentes échelles chronologiques (Lemke, 2000 ; Tiberghien, Malkoun, 2007 ; Sensevy, 2013), nous amène à l'utilisation du logiciel Transana,

8.1 Une brève présentation de Transana

Transana est un outil d'analyse qualitative des données audio et ou vidéo, développé par David Woods. Le logiciel permet d'indexer des enregistrements audio ou vidéo à une transcription réalisée par le chercheur mais permet également d'autres combinaisons, telles qu'associer une vidéo ou plusieurs transcriptions ou une transcription à une combinaison de deux vidéos. Par exemple il est possible de combiner un angle de vue centré sur l'enseignant combiné à un angle de vue centré sur un groupe d'élèves et d'y associer une transcription. La fonction première de Transana est d'être une aide à la transcription. Les fonctions avancées permettent un découpage des enregistrements en épisodes et d'y associer des mots clés faisant sens dans le cadre de la recherche effectuée. L'ergonomie de cet outil permet un travail à partir de catégories déjà constituées issues du cadre d'analyse ou élaborées au cours de l'analyse. La transaction ne se limite pas à sa dimension verbale mais s'enrichit d'une diversité de ressources multimodales comme les gestes, les différents langages scientifiques (Lemke, 1998) que Transana permet d'indexer.

L'interface principale de Transana est divisée en quatre parties (figure 10). Une fenêtre vidéo qui permet le visionnage de la totalité de l'enregistrement ou d'épisodes sélectionnés à partir du découpage de la transcription. A l'aide de repères temporels (timecodes), placés lors du

découpage, Transana associe un épisode de la transcription avec un extrait de vidéo. une deuxième fenêtre est réservée à la transcription qui peut être soit réalisée à partir de Transana soit importée si la transcription est réalisée séparément. Le logiciel permet d'insérer des captures d'écran dans la transcription ou des vignettes d'une partie de l'image. Dans ce cas il est nécessaire d'importer une transcription, au format .rtf, dans laquelle sont insérées les vignettes obtenues à partir des captures d'écran de la vidéo (figure 10). Une troisième fenêtre présente la visualisation du son ou la répartition chronologique des mots clés et une dernière fenêtre est dédiée à l'organisation des données et à leur analyse.

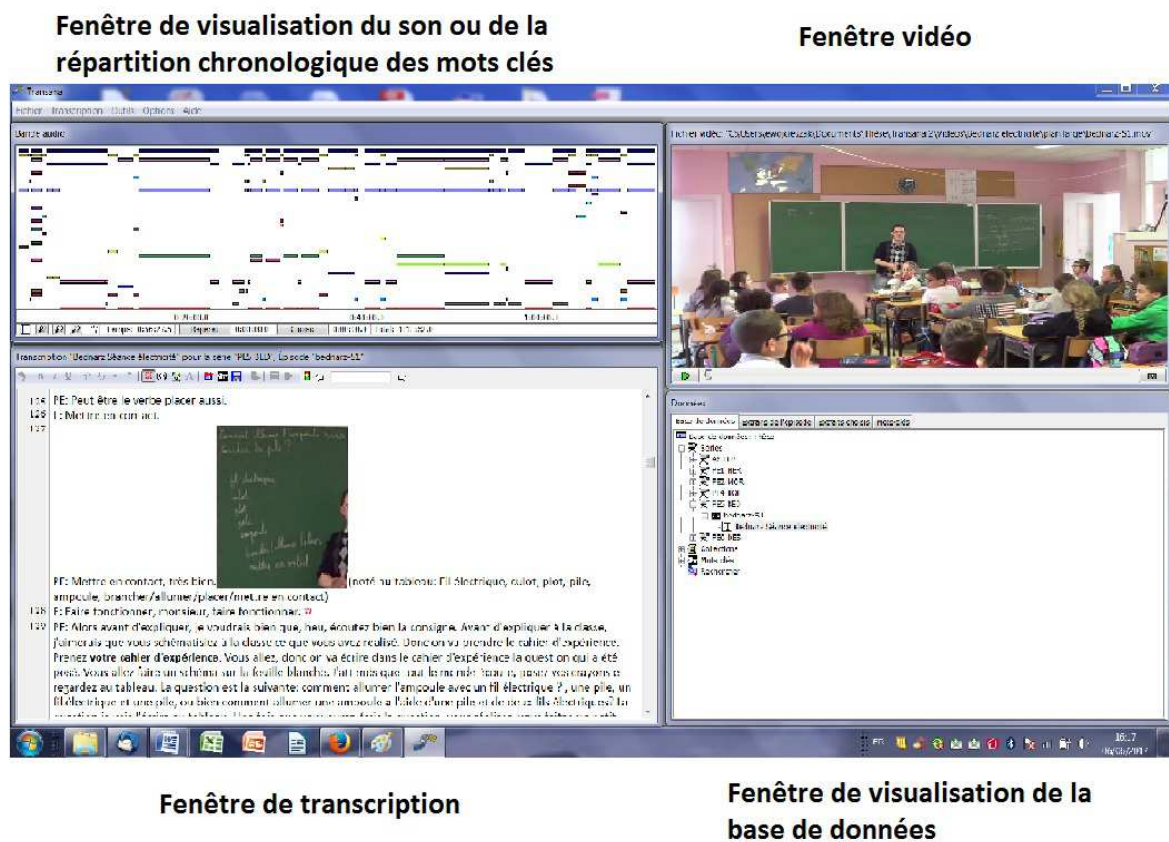


Figure 10. Interface principale de Transana

La fenêtre de visualisation de la base de données permet de créer une base de données. Celle-ci est composée de séries (une série par enseignant), de collections, (une ou plusieurs séances filmées pour chaque enseignant), auxquelles sont associées une ou plusieurs transcriptions (figure 11).

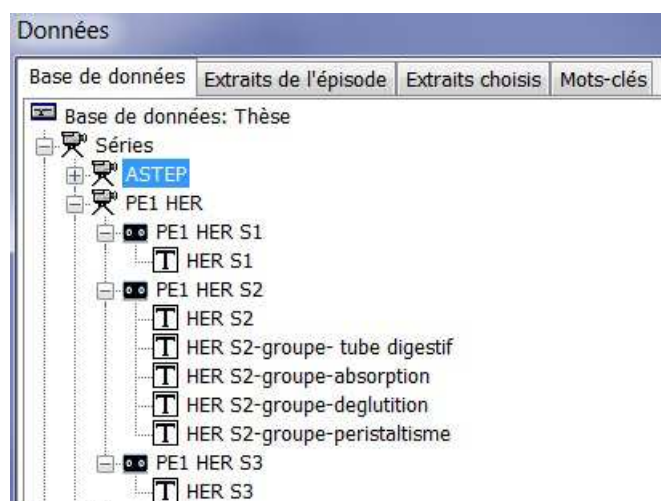


Figure 11. Base de données de Transana

Malgré les découpages possibles et le morcèlement de la situation d'enseignement-apprentissage filmée, « *l'organisation en séries chronologiques permet de garder la structure temporelle originale des enregistrements* » (Veillard, 2013). Transana permet ensuite, à partir du visionnage, d'extraire des clips vidéo et de les regrouper en collections. Chaque clip peut être indexé avec des mots clefs correspondant aux catégories définies en amont ou au cours de l'analyse. Cette indexation permet des recherches par mot(s) clef(s) et il est possible d'indexer plusieurs mots clés à un clip.

8.2 L'apport de Transana dans l'analyse des médiations

Après l'organisation des données, Transana permet la production de diverses formes de présentation des résultats. Nous utilisons les rapports effectués par Transana sur les collections et les graphes de répartition des mots clés pour une collection ou un extrait de collection selon les besoins.

Les rapports sur les collections nous permettent d'extraire des données quantitatives à propos du nombre d'épisodes de la collection, ou leur durée, par catégories (figure 12).

Fonctions médiation :: Enonciatrice	→	···1···0:00:20.8¶
Fonctions médiation :: Evaluative	→	···1···0:06:49.7¶
Fonctions médiation :: Explicative	→	···1···0:00:11.5¶
Fonctions médiation :: Injonctive	→	···4···0:17:55.6¶
Fonctions médiation :: Justificative	→	···2···0:00:57.8¶
Fonctions médiation :: Mémoirelle	→	···4···0:05:45.9¶
Fonctions médiation :: Pédagogique	→	···3···0:11:22.3¶
Fonctions médiation :: Récapitulative	→	···2···0:00:48.4¶
Fonctions médiation :: Réflexive	→	···25···0:26:06.4¶
Langages mobilisés :: Gestuel	→	···1···0:06:49.7¶
Langages mobilisés :: Verbal oral	→	···40···0:57:26.5¶
Langages mobilisés :: Verbal écrit	→	···8···0:08:29.7¶
Langages mobilisés :: Visuel	→	···14···0:09:55.4¶
Mode d'engagement des élèves :: Acteur chercheur	→	···17···0:23:39.7¶
Mode d'engagement des élèves :: Acteur trouveur	→	···12···0:17:01.1¶
Mode d'engagement des élèves :: Récepteur	→	···9···0:16:01.3¶
Épisodes :: ······40	→	·durée totale ·: 0:57:26.5¶

Figure 12. Extrait d'un rapport sur les épisodes (HER, séance 1)

Nous produisons à partir de ces données quantitatives des tableaux et des graphes permettant une analyse croisée pour une même catégorie dans différentes collections ou diverses catégories pour une même collection.

Nous effectuons la lecture des graphes de répartition des mots clés de manière horizontale et verticale. Par une lecture horizontale nous suivons la succession chronologique des catégories, par exemple la succession des médiations pour un groupe de travail lors d'une investigation (figure 13). Une lecture verticale nous permet une mise en concordance d'une fonction de la médiation avec un contenu (figure 13), avec une modalité de langage scientifique ou avec un mode d'engagement des élèves.

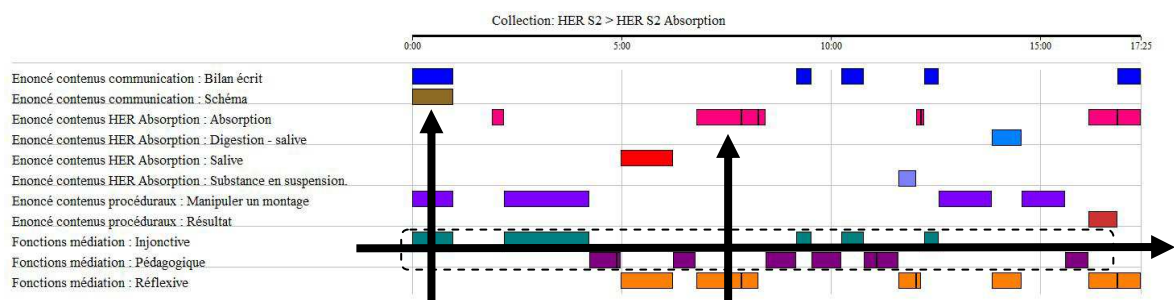


Figure 13. Sens de lecture des graphes de répartition des mots clés

Chapitre 4. La construction de la matière *Sciences et Technologie* par les enseignants

Notre travail se situe à l'opposé d'une vision de l'apprentissage des sciences comme une transformation conceptuelle (Anderson, 2010), nous considérons celui-ci comme une acculturation aux pratiques scientifiques, c'est-à-dire aux manières de faire, d'être, de dire, de parler, etc (Gee, 2008 ; Zaid, 2012, 2015), permettant l'apprentissage de contenus spécifiques.

C'est dans cette perspective que nous analysons dans cette partie la construction par les enseignants de la matière «Sciences et Technologie». Dans un premier temps, nous présentons la construction pré-active des contenus à enseigner à l'école au travers de leur discours lors d'entretiens. Ces entretiens révèlent deux modalités du discours selon le type de questions sollicitées et les réponses obtenues. Nous posons d'une part des questions générales décontextualisées telles que : « *Il ya donc des contenus difficiles à enseigner pour vous ?* » ou « *vous m'avez parlé de savoirs, de notions, qu'est-ce qu'on apprend en sciences expérimentales et technologie? Et qu'est-ce que vous enseignez ?* » qui amènent une modalité de discours, sur le mode argumentatif et impersonnel, qui exprime ce que les enseignants considèrent devoir enseigner telle que : « *PE : Oui, bin dans tout ce qui est la démarche scientifique, donc pour moi ce qui est la démarche scientifique pure avec l'expérimentation, c'est vrai que c'est très difficile pour moi à mettre en place pour tous les points que normalement je devrais voir en sciences.* » ou « *PE: on apprend à observer, on apprend à émettre des hypothèses, à imaginer, à tester, à confronter à ce qu'on avait justement imaginé avec ce qu'on observe* ». Nous posons d'autre part des questions contextualisées en lien avec les activités réalisées en classe, les élèves ou les traces écrites telles que : « *Pouvez vous me décrire une expérimentation que vous faites en classe ?* » ou « *Est-ce qu'il y a des contenus, des éléments que les élèves apprennent et que vous n'enseignez pas ?* » ou encore « *Et ces connaissances, ces savoirs, quelle place ont-ils dans les écrits des élèves, dans les cahiers des élèves ?* » qui amènent une modalité du discours, sur le mode narratif ou descriptif, où les enseignants expriment ce qu'ils enseignent effectivement. Deux types de contenus accompagnent ces deux modalités : des contenus centrés sur la pratique scientifique, tels que

la réalisation d'expériences ou le développement de l'esprit critique, dans le premier cas et des contenus davantage centrés sur les contenus de connaissances dans le second.

Nous prolongeons notre analyse en nous intéressant à la fiche de préparation en tant que construction pré-active, dans la mesure où elle constitue la traduction opérationnelle de ce que l'enseignant estime avoir à enseigner. Plus particulièrement, nous analysons comment le type de contenu centré sur la pratique, notamment le contenu démarche d'investigation, est construit lorsqu'il apparaît dans la fiche de préparation. Enfin, nous analysons la construction interactive de la pratique, à partir de l'observation vidéo, pour analyser la place de ces contenus et en particulier la démarche d'investigation, en situation de classe⁹.

⁹ Les données utilisées dans ce chapitre sont consignées dans les annexes 6 à 10 et 15 à 24.

1 Une construction de la matière sciences et technologie différenciée dans le discours

1.1 Des contenus de pratique scientifique dans le discours décontextualisé

Le discours décontextualisé des enseignants est contrasté à propos de la nature des contenus évoqués. Ceux-ci se présentent sous deux formes, les contenus de connaissances, d'une part, et les contenus de pratique scientifique, d'autre part, qui comprennent par exemple des contenus procéduraux telles que « *tester, expérimenter* » et des contenus d'un éthos scientifique (Kirch, 2007a) liées à des attitudes telles que « *le sens critique* » et « *le gout de l'effort* ». Les sept enseignants interrogés citent des contenus de pratique scientifique, et de manière détaillée pour certains. Seuls deux enseignants citent des contenus de connaissances. Les contenus les plus importants à enseigner sont les contenus de pratique scientifique, comme le montre le tableau 20.

Discours	
	Contenus de pratique scientifique
Contenus de connaissances	
PE1S	« à observer », « à émettre des hypothèses, à imaginer, à tester, à confronter, à remettre tout en question. »
PE2S	« On apprend à réfléchir et expérimenter »
PE4S	« apprendre à faire : apprendre à se poser des questions, à effectuer les expériences, à voir après, mais j'ai tout versé d'un coup, ça va pas, etc. » « observation »
PE3H	« le questionnement » « c'est chercher » « c'est le gout de l'effort, avoir envie de chercher » « une méthodologie en fait qui pourrait être transposée dans toutes les matières. »
PE5H	« on expérimente. » « on apprend à confronter ses idées de départ avec l'expérience et ce qu'on valide ou pas. » « comparer des documents, ça peut être aussi observer des expériences. »
PE6H	« une démarche scientifique avec expérimentation » « la démarche scientifique pure avec l'expérimentation »
PE7H	« se poser des questions à propos de problèmes proches de la vie courante »

Tableau 20. Contenus évoqués dans le discours décontextualisé des enseignants interrogés

Il apparaît un contraste entre la nature des contenus identifiés par les enseignants interrogés et leurs cursus universitaires antérieurs. Malgré le faible nombre d'enseignants, deux groupes peuvent être considérés : d'une part les enseignants à profil *sciences* (PES) et d'autre part les enseignants à profil *sciences humaines* (PEH). Les premiers évoquent à la fois les contenus de connaissances et les contenus de pratique scientifique, les seconds ne citent que les contenus de pratique scientifique.

Pour les enseignants à profil *sciences*, les savoirs enseignés sont désignés de façon générique telle que : « *savoirs scientifiques* » par PE2S et « *connaissances théoriques* » par PE4S. Pour les enseignants à profil *sciences humaines*, les connaissances ne sont pas citées. Pour les enseignants à profil *sciences*, les contenus de pratique scientifique sont désignés de manière diverse. PE1S et PE4S décrivent une succession d'étapes d'une démarche scientifique reconstruite. Par exemple, PE1S présente une suite d'étapes reconstruites qui mêlent des contenus procéduraux tels que l'émission d'hypothèse, la conception et la mise en œuvre d'un test « *à imaginer, à tester* ». L'ordre évoqué de ces étapes, dessinant une démarche scientifique à mettre en place, fait apparaître un contenu méthodologique exprimé proche de la méthode OHERIC. Ces enseignants évoquent une autre contenu considéré comme propre à

l'éducation scientifique : la posture critique. PE1S parle de « *confronter* » et de « *remettre tout en question* ». La volonté de remise en question de ce qui est découvert par les élèves traduit une conception originale de l'enseignement en éducation scientifique. Pour cet enseignant, les connaissances construites au cours de l'apprentissage en Sciences et Technologie ne semblent pas être figées. Cette conception se retrouve chez PE4S qui évoque cette attitude critique au niveau méthodologique : « *à effectuer les expériences, à voir après, mais j'ai tout versé d'un coup, ça va pas, etc* ». Nous notons néanmoins une contradiction dans le discours de PE1S entre une démarche linéaire exprimée comme une méthode à suivre et l'accent mis sur la posture critique nécessaire en éducation scientifique. Nous levons cette contradiction par l'analyse de la fiche de préparation de cette enseignante dans la sous-section 2-1.

Les contenus de pratique scientifique, pour les enseignants à profil *sciences humaines*, se présentent rarement comme une suite d'étapes, seul PE5H relie hypothèses et expérimentation : « *On apprend à confronter ses idées de départ avec l'expérience et ce qu'on valide ou pas.* » Mais le plus souvent ces contenus sont focalisés sur un seul contenu procédural telle que l'expérimentation (PE5H, PE6H) ou le questionnement (PE3H, PE7H). PE6H évoque « *la démarche scientifique pure avec l'expérimentation* » et donne de ce fait à l'expérimentation une valeur particulière qui l'amène à avoir un rapport particulier à la démarche scientifique. Pour cet enseignant, une démarche scientifique n'est valable que si elle comprend une expérimentation. Implicitement toute démarche mettant en œuvre une observation ou une recherche documentaire est de moindre valeur et, pour reprendre l'expression de l'enseignant, serait « impure ». Le discours des enseignants à profil *sciences humaines* est également plus général. Pour PE3H il s'agit d'apprendre à « *chercher* » et à acquérir une « *méthodologie* » ; pour PE6H il s'agit d'apprendre « *la démarche scientifique* ». Cette généralisation peut traduire une difficulté à préciser ce que sont les contenus de pratique scientifique contrairement au groupe d'enseignants à profil scientifique, comme peuvent l'illustrer les propos de PE6H au sujet de la démarche scientifique : « *c'est vrai que c'est très difficile pour moi à mettre en place pour tous les points que normalement je devrais voir en sciences* » ou les propos de PE5H qui associe observation et expérimentation en un seul contenu : « *ça peut être aussi observer des expériences* » PE7H situe l'apprentissage du questionnement sur un plan plus général que l'espace scolaire. « *se poser des questions à propos de problèmes proches de la vie courante* ». Pour cet enseignant, le questionnement ne servirait pas uniquement à la découverte de savoirs scientifiques scolaires mais permettrait

une ouverture sur le monde, une préparation à l'extrascolaire. Pour PE3H « *c'est le goût de l'effort* » qui est avancé.

L'analyse des contenus dans le discours décontextualisé permet une approche de quelques marqueurs de la conscience disciplinaire (Reuter, 2007) des enseignants interrogés. Pour tous, il s'agit d'enseigner des contenus de pratique scientifique mais il apparaît une variabilité de construction selon les cursus. Les enseignants à profils *sciences* envisagent l'enseignement de contenus procéduraux en éducation scientifique et technologique tels que : se questionner, émettre des hypothèses ou tester ; mais aussi d'un contenu méthodologique présenté comme une succession d'étapes à connaître. Il s'agirait pour les élèves d'apprendre à connaître et mettre en œuvre ces étapes face à un problème scientifique scolaire. La présence de contenus d'un éthos scientifique dans le discours témoigne d'une conception de la pratique scientifique scolaire soumise à la critique. Les résultats des recherches et les moyens d'y parvenir peuvent être discutés. En revanche, pour les enseignants à profil *sciences humaines*, les contenus de pratique scientifique sont évoqués de manière plus générale avec un contenu procédural emblématique : l'expérimentation. L'enseignement en éducation scientifique et technologique est vu dans une perspective éducative et extrascolaire plus large alors que le groupe d'enseignants à profil *sciences* a une approche plus disciplinaire de l'enseignement.

1.2 Des contenus de connaissances dans le discours contextualisé

Dans le discours contextualisé, les contenus évoqués viennent en opposition aux contenus évoqués dans le discours décontextualisé. Dans ce cas, ce sont les contenus de connaissances qui apparaissent centraux. La distinction entre les deux groupes d'enseignants disparaît. Nous analysons deux sources de données extraites des entretiens : les contenus de connaissances évoqués lors de la présentation d'exemples d'activités par les enseignants et la nature des contenus présents dans les écrits des élèves (Tableau 21).

Discours contextualisé			
Activités évoquées		Contenus dans les écrits des élèves	
Contenus de connaissances		Contenus de connaissances	Contenus de pratique scientifique
PE1S	« <i>La reproduction des animaux, œuf, grenouilles, papillon, mouches, larves, cocons, métamorphose, mâles, femelles, accouplement.</i> »	« <i>ce qu'ils pensent au départ quand ils sont en recherche tout ce qui est synthèse...on les écrit en bleu, puisque ça c'est vrai qu'on va le retenir.</i> »	« <i>Leur expérience</i> » « <i>leur schéma d'expérience</i> »
PE2S	« <i>Les choses, les savoirs, les savoirs savants.</i> »	« <i>une trace écrite individuelle sur ce que j'ai appris durant cette séance. ça peut être une trace collective.</i> »	

PE4S	« Mélanges homogènes et hétérogènes, classification »		« au plus on manipule au plus la partie théorique est réduite. Quand il y a pas de manipulation, ...il y aura plus de réflexion, de la discussion, des échanges. mais pas forcément une leçon plus grande. »
PE3H	« Fleurs, Mélanges, miscible non miscibles, homogènes hétérogènes. Dissoudre »	« La restitution : On écrit ensemble sous forme ludique et adultes plus ou moins dirigé selon le temps et selon les mots qu'on veut absolument voir apparaître »	« mettre en mots ce qu'il a envie de faire. »
PE5H	« En bio : le jardin, la nature, les relations alimentaires. En techno : des solutions »	« En général oui c'est des savoirs. ce qu'ils pensent [...] et la trace écrite... ça peut être un résumé qu'on a élaboré ensemble ou ça peut être un texte à trous. ça peut être aussi des schémas. »	« leurs exp... ce qu'ils pensent faire Ce qui a été fait »
PE6H	« biologie, hygiène alimentaire »		
PE7H	« corps humain, schéma corporel, astronomie »	« La conclusion bonne ou mauvaise, ce qu'ils ont trouvé, ensuite la conclusion collective »	« l'expérience qu'ils ont faite. »

Tableau 21. Contenus évoqués dans le discours des enseignants interrogés

Pour les sept enseignants interrogés, les contenus de connaissances apparaissent par l'évocation d'exemples d'activités réalisées. Les connaissances, associées le plus souvent à une activité de classe récente, sont présentées, soit de façon thématique : « *la reproduction des animaux* (PE1S), « *hygiène alimentaire* » (PE6H), « *En bio : le jardin, la nature, les relations alimentaires*, « *En techno : des solutions* » (PE5H), « *corps humain, schéma corporel, astronomie* » (PE7H), soit de façon notionnelle : « *œuf, grenouilles, papillons, mouches, larves, cocons, métamorphose, mâles, femelles, accouplement.* » (PE1S) ou de manière générale : « *Les choses, les savoirs, les savoirs savants* » (PE2S)

Au niveau de la place des contenus dans les écrits des élèves, les contenus de connaissances sont majoritaires dans les discours des enseignants. Les écrits les plus souvent évoqués sont les écrits collectifs de synthèse, ceux qui contiennent le savoir à apprendre. Les termes employés sont très divers : la synthèse (PE1S), la leçon (PE4S), la partie théorique (PE4S), le résumé (PE5H), la conclusion collective (PE7H), l'écrit avec les mots qui doivent apparaître (PE3H), la trace collective (PE2S). Plus rarement les enseignants évoquent les savoirs préalables des élèves (PE1S) ou les savoirs en construction. (PE1S, PE7H)

L'importance de l'écrit de synthèse contenant les savoirs à apprendre, traduit d'une part l'importance relative donnée par ces enseignants aux contenus de connaissances, par rapport aux contenus de pratique scientifique, dans la mesure où ces contenus semblent être valorisés

dans les cahiers des élèves. D'autre part, cette forme d'écrit scolaire en sciences occupe une place importante. Le résumé des connaissances à apprendre est un «habitus» qui semble bien ancré.

Les contenus de pratique scientifique sont minoritaires et centrés sur un contenu procédural. L'expérimentation, citée par trois enseignants sur sept, est l'activité qui semble être importante au point de trouver place dans les écrits des élèves. Les enseignants n'évoquent ni l'observation, ni le questionnement, ni l'émission d'hypothèses, ni les confrontations des points de vue, ni les remises en questions qui ont une place importante dans le discours décontextualisé.

La place importante faite aux contenus de connaissances dans le discours contextualisé des enseignants, que ce soit au niveau des contenus enseignés, ou ceux présents dans les écrits des élèves, s'oppose à la place importante des contenus de pratique scientifique dans le discours décontextualisé. Ces deux modalités du discours sont ainsi en contradiction. Nous avançons que ce contraste révèle une tension chez ces enseignants entre les contenus construits en amont des situations de classe et les contenus construits en situation de classe.

Nous interprétons ces différents constats par le fait que les contenus construits centrés sur la pratique scientifique ou sur les contenus de connaissances traduisent une construction de la matière *Sciences et Technologie* en cohérence avec l'espace des prescriptions. Quelques arguments dans ce sens peuvent être avancés. En effet, la valorisation des connaissances dans le discours contextualisé peut être mise en lien avec l'obligation faite aux enseignants d'évaluer les connaissances et compétences acquises par les élèves en fin de CM2. En effet le livret personnel de compétences présente 3 fois plus de contenus de connaissances que de contenus de pratique scientifique (9 items contre 3).

Pour les contenus de pratique scientifique, la comparaison entre le texte de la compétence 3 concernant la culture scientifique et technologique des programmes de l'école élémentaire de 2008 (hors-série n° 3 du 19 juin 2008) d'une part, et le discours des enseignants interrogés, d'autre part, montre que tous les items des prescriptions sont évoqués par les enseignants (tableau 22) à l'exception d'un item qui n'apparaît pas. Il s'agit de l'expression et l'exploitation des résultats d'une mesure ou d'une recherche qu'un enseignant évoque dans le discours contextuel à propos de contenus de connaissances : « *une trace écrite individuelle sur ce que j'ai appris durant cette séance* » (PE2S).

Programmes 2008 Compétence 3	Discours décontextualisé : contenus de pratique scientifique
- pratiquer une démarche d'investigation : savoir observer , questionner	« Une méthodologie en fait qui pourrait être transposées dans toutes les matières » (PE3H) « A observer » (PE1S) « Observation » (PE4S) « Apprendre à se poser des questions » (PE4S) « Le questionnement » (PE3H) « Se poser des questions à propos de problèmes proches de la vie courante » (PE7H)
- manipuler et expérimenter ,	« Apprendre à faire » (PE4S) « A effectuer les expériences » (PE4S) « A imaginer » (PE1S) « A réfléchir et expérimenter » (PE2S) « On expérimente. ça peut être aussi observer des expériences »(PE5H) « Une démarche scientifique avec expérimentation » (PE6H) « La démarche scientifique pure avec l' expérimentation » (PE6H)
formuler une hypothèse	« A émettre des hypothèses » (PE1S) « Ses idées de départ » (PE5H)
et la tester , argumenter ;	« A tester, à confronter , à remettre tout en question » (PE1S) « On apprend à confronter ses idées de départ avec l'expérience et ce qu'on valide ou pas » (PE5H)
- exercer des habiletés manuelles , réaliser certains gestes techniques .	« J'ai tout versé d'un coup, ça va pas » (PE4S)
- mettre à l'essai plusieurs pistes de solutions	« C'est chercher, c'est le goût de l'effort, avoir envie de chercher » (PE3H) « Comparer des documents » (PE5H)
- exprimer et exploiter les résultats d'une mesure ou d'une recherche	
Connaissances Compétence 3	Discours décontextualisé : contenus de connaissances
-maîtriser des connaissances dans divers domaines scientifiques - mobiliser ses connaissances dans des contextes scientifiques différents et dans des activités de la vie courante (par exemple, apprécier l'équilibre d'un repas) - en utilisant un vocabulaire scientifique à l'écrit et à l'oral	« Les savoirs scientifiques ce sont des savoirs qui vont s'appliquer à la vie quotidienne »(PE2S) « Problèmes proches de la vie courante » (PE7H) « Les connaissances théoriques » (PE4S)

Tableau 22. Comparaison entre le discours décontextualisé des enseignants et les compétences du programme de 2008. (Cycle des approfondissements, compétence 3)

Certaines formulations dans le discours, identiques au texte prescriptif telles que : « observer », « expérimenter », « questionner » (et leur substantif « observation », « expérimentation et expériences » « questionnement »), « tester », « hypothèse », traduisent la bonne connaissance des textes par les enseignants. D'autres formulations, qui introduisent des contenus éthiques telles que : « l'envie de chercher », la posture critique « tout remettre en question » ou des contenus techno-conceptuel telles que « confronter », « comparer », « imaginer », absents explicitement des textes, traduisent une capacité à l'interprétation les

prescriptions. Ces points communs nous amènent à faire le constat que les enseignants font référence à l'espace des prescriptions pour construire la matière *Sciences et Technologie* avec une place plus importante pour l'expérimentation que les autres contenus tels que le questionnement ou l'observation. Ce contenu procédural semble être, pour ces enseignants, un contenu caractéristique en éducation scientifique et technologique.

1.3 Une construction pré-active variable du point de vue des contenus construits

La conscience disciplinaire des enseignants interrogés s'exprime de façon indirecte dans le discours sollicité. Le discours est commun à propos du repérage de l'espace d'enseignement (matériel, classe, école, circonscription) et des finalités de l'enseignement en «Sciences et Technologie». Par exemple le matériel décrit qui est spécifique à un domaine et la technologie est le plus souvent cité (PE2S : « *le matériel nécessaire pour travailler sur le vivant, le matériel nécessaire pour travailler sur les transmissions de mouvement, le matériel pour travailler etc. Donc dans tous les domaines* »). Une connaissance particulière mobilise un matériel particulier spécifique d'un domaine particulier. L'utilisation de matériel au cours des activités scientifiques est un gage de scientificité (PE5H : « *si je fais sur le corps humain et que j'ai un squelette avec tout ce qu'il y a à l'intérieur, ce sera quand même plus facile que si je n'ai rien, plus représentatif pour les élèves* ») et apparaît comme indispensable (PE5H : « *et je pense que si j'avais plus de matériel je ferais davantage aussi de sciences* », « *je pense que ça rassure en fait pour faire les sciences* »). Les activités documentaires sont perçues comme étant de moindre valeur. La référence au laboratoire de sciences du secondaire, voire au laboratoire des scientifiques, se dégage de la description de la classe idéale (PE7H : « *quand quelqu'un devait faire sciences, on les emmène dans cette salle-là, parce que là on mettait tout sur un petit chariot et on avait tout. Mais bon. Maintenant vraiment adaptée non pas forcément. Pas dans le sens des salles collège...dans le sens où on a tout à disposition, il y a des points d'eau tout proche* »). Tous les enseignants interrogés estiment que leur classe gagnerait, soit à pouvoir accueillir un espace sciences (PE7H : « *pour moi ce qui serait l'idéal pour l'observation c'est qu'il puisse y avoir un endroit dans la classe où on puisse laisser des choses en suspens, mais que, en maternelle on appelle ça des coins* »), soit que l'école dispose d'une salle spécifique (PE3H : « *Je pense que si on avait une salle prédestinée aux sciences on gagnerait en temps et en énergie* »). Ces espaces sont décrits

selon les enseignants comme des espaces techniques, comme des espaces pédagogiques ou comme des espaces didactiques. La nécessité d'un espace spécialisé en sciences expérimentales et technologie au sein de l'école est fortement évoquée mais ces espaces sont peu utilisés quand ils existent (PE6H : « *on a une salle spécifique, parce qu'on a du matériel en bas au rez-de-chaussée, tout ce qui est technologie sciences, on a une salle spécifique, que moi personnellement je n'utilise jamais* »). En référence aux salles de cours du secondaire, leur utilité est nuancée en évoquant les spécificités pédagogiques du métier de professeur des écoles (PE2S : « *C'est à double tranchant parce que, quand on est dans sa classe, quand on a tout à disposition dans sa classe, on va plus facilement faire les choses que s'il faut se déplacer* »). La polyvalence du métier de professeur des écoles qui occupe un espace de travail polyvalent s'oppose à la spécialisation du professeur de lycée et collègue qui dispose d'espaces spécialisés.

Les finalités de l'enseignement des sciences et de la technologie sont décrites sous l'angle disciplinaire, scolaire et extrascolaire. Du point de vue disciplinaire et scolaire, c'est la démarche qui est évoquée comme « *une autre façon d'apprendre* » (PE7H), le caractère transférable de la démarche aux autres disciplines est mis en avant. La démarche scientifique est considérée comme une démarche pédagogique d'apprentissage transférable (PE4S : « *ça va développer un autre regard en mathématiques, en français et dans toutes les autres matières* »).

En revanche la conscience disciplinaire est différenciée selon la nature des contenus à enseigner en *Sciences et Technologie*. Ces contenus diffèrent selon que les enseignants expriment ce qu'ils estiment devoir enseigner, dans une modalité de discours impersonnelle et décontextualisée, et lorsque les enseignants expriment ce qu'ils enseignent en Sciences et Technologie, dans une modalité du discours narrative, descriptive et contextualisée. Les contenus à enseigner sont scindés en contenus de connaissances et en contenus de pratique scientifique. Le discours décontextualisé est fortement marqué par la maîtrise de la démarche d'investigation avec, en particulier, la maîtrise de l'expérimentation. Les contenus de connaissances apparaissent dans le discours lorsqu'ils se réfèrent à une pratique effective contextualisée.

Il apparaît par conséquent une certaine homogénéité des points de vue et des références mobilisées chez les enseignants interrogés, ce qui réfuterait notre hypothèse de variabilité de reconstruction de la matière. Néanmoins la variabilité des contenus évoqués selon les

modalités du discours nous amène à tester plus avant la résistance de notre hypothèse. En effet, cette variabilité dans ces deux modalités du discours contrastés, nous amène à explorer plus en profondeur la construction des contenus par les enseignants de l'école élémentaire. Nous faisons le choix de focaliser notre étude sur un contenu de pratique scientifique central dans le discours des enseignants : la démarche d'investigation.

2 La construction de la démarche d'investigation (DI) par les enseignants

2.1 La construction pré-active de la DI dans les écrits de préparation

Nous analysons ici la structure chronologique de l'écrit de préparation. Deux chronologies s'entremêlent avec des rythmicités différentes : celle du déroulement de la séquence découpée en séances, puis en étapes de travail au sein de la séance et celle de la démarche d'investigation prescrite, dans un canevas indicatif (Ministère de l'Éducation nationale, Direction générale de l'Enseignement scolaire, 2009), comprenant sept moments.

Nous faisons correspondre à chaque étape de la séquence un moment de la démarche d'investigation. Nous codons, les étapes de la séquence et les moments de la démarche d'investigation en unités arbitraires. Le déroulement de la séquence est présenté comme une suite d'étapes chronologiquement codées en unités de temps arbitraire dans la mesure où les écrits de préparation ne contiennent pas de données sur le déroulement du temps physique. L'enchaînement des moments de la démarche, de la situation de départ jusqu'à la synthèse, est vue comme l'avancée de la construction des savoirs allant des savoirs initiaux des élèves jusqu'aux savoirs nouveaux évalués. Nous codons cette avancée théorique en unité de temps d'enseignement (UTE) (tableau 23).

Déroulement prescrit de la démarche d'investigation (DGES 2009 MEN)	Moments de la démarche		Codage
	Situation de départ (SD)		UTE 0
	Formulation du Questionnement (Q)		UTE 1
	L'élaboration des hypothèses (Hy)		UTE 2
	L'investigation (I)	Conception de l'investigation par les élèves (Icon)	UTE 3
		Réalisation de l'investigation par les élèves (Iréa)	
	L'acquisition et la structuration des connaissances	Comparaison et mise en relation des résultats (B)	UTE 4
		Synthèse (S)	UTE 5
Evaluation (Ev)		UTE 6	

Tableau 23. Codage des moments de la démarche d'investigation

La situation de départ constitue le moment où s'exprime le savoir initial des élèves (SD, codé 0 UTE). Puis lors du questionnement (Q, 1 UTE) et de la formulation d'hypothèses (Hyp, 2 UTE), les élèves s'engagent dans la construction des nouveaux savoirs et en expriment diverses formes possibles. C'est ensuite, lors de l'investigation (I, 3 UTE), que

les élèves construisent les savoirs nouveaux par la recherche. Enfin, le bilan (B, 4 UTE) constitue une première étape de structuration des savoirs travaillés lors des investigations puis la synthèse (S, 5 UTE) qui est le moment au cours duquel les savoirs institutionnalisés sont exprimés en vue d'être appris puis évalués (Ev, 6 UTE). Les résultats sont présentés sous forme de graphes qui constituent des profils visant à caractériser la manière dont est structurée la démarche dans les écrits de préparation. Ces profils traduisent des logiques de construction du savoir inscrites dans l'écrit. Nous effectuons une analyse croisée du déroulement de la démarche d'investigation (en ordonnée) et du déroulement de la séquence (en abscisse) dont nous présentons le profil théorique sur la figure suivante (Figure 14).

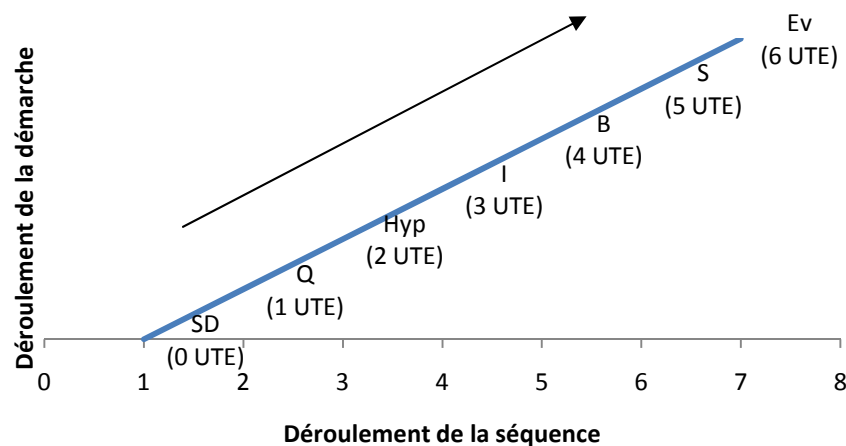


Figure 14. Profil théorique de la DI

L'analyse des résultats nous permet de dégager deux groupes d'écrits. Un groupe d'écrit où la démarche présente un profil marqué par des retours en arrière et des phases en plateau, pour lesquels l'ordre prescrit des étapes de la DI n'est pas respecté (profil irrégulier) et un groupe d'écrit où les étapes s'enchaînent dans l'ordre de la démarche d'investigation prescrite (SD, Q, Hyp, I, B, S; profil régulier).

Les écrits de PE1S et PE2S (figure 15 et figure 16) sont les plus typiques du premier groupe. L'ensemble s'inscrit dans des successions de phases allant du questionnement jusqu'à la synthèse. Nous distinguons 4 phases de la situation de départ jusqu'à la synthèse pour PE1S pour une séquence de 10 séances et 4 pour PE2S pour une séquence de 6 séances.

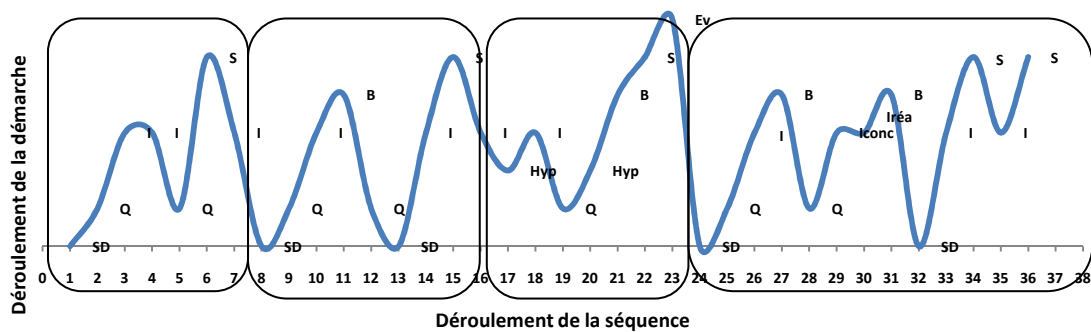


Figure 15. Profil de la DI. PE1S

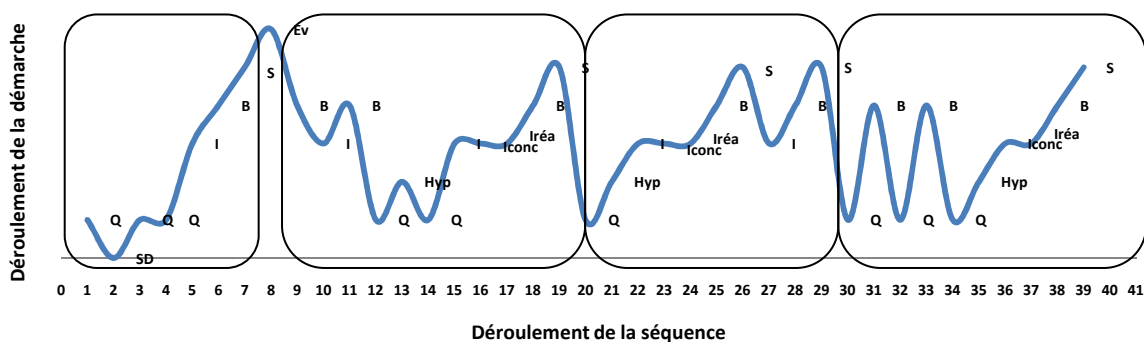


Figure 16. Profil de la DI. PE2S

Ces phases sont marquées par des retours en arrière, vers une nouvelle étape d'investigation, (PE2S : étapes 25 à 27), de questionnement (PE1S : étapes 10 à 12.), par des étapes de formulation d'hypothèses (PE1S : étapes 13, 21 et 35), par des phases en plateau qui correspondent à des investigations, dans lesquelles des élèves conçoivent (Iconc), et réalisent (Iréa) leurs investigations (PE1S : étapes 29 à 30, PE2S : étapes 16 à 17, 23 à 24 et 36 à 37.) ou des séries de questionnement (PE2S : étapes 1,3 et 4, 12 et 14, 30, 32 et 34.). Des temps de synthèses jalonnent la séquence et un moment d'évaluation est inclus à l'intérieur de la séquence. (Etape 23 pour PE1S, et étape 8 pour PE2S)

L'irrégularité des profils, marqués par des retours en arrière, qu'évoque PE2S en affirmant que « pour répondre à la problématique ensuite on vérifie ces hypothèses par une expérimentation on constate s'il faut faire une deuxième hypothèse parce qu'on a constaté que notre première il fallait l'ajuster », laissent la possibilité d'un cheminement différent qui ne suit pas l'ordre prescrit de la démarche. La présence de plateau d'investigation où les élèves conçoivent et réalisent leurs propres investigations, la présence d'étape de formulation d'hypothèses où les élèves expriment leurs réponses possibles aux questions soulevées sont

autant d'indicateurs d'une place laissée aux élèves dans la construction de leur propre cheminement vers l'acquisition du savoir. C'est ce que PE1S signale en affirmant que « *en parlant les uns avec les autres (entre élèves) [...] il y a de la confrontation. Alors on pense ça, comment on peut le vérifier* ». Le déroulement de la séance, en partie guidé par la logique de l'enseignant, laisse une place à l'élève, lui permettant de modifier le cours de la leçon. Nous notons que la structure de la DI dans l'écrit de préparation chez PE1S est plus proche de la DI prescrite que de la méthode OHERIC, comme notre analyse de son discours oral à partir des entretiens l'a montré. Par conséquent, nous considérons la fiche de préparation comme un discours plus proche de la pratique effective dans la mesure où elle constitue une forme d'opérationnalisation de la construction pré-active de la pratique de l'enseignant.

Dans le deuxième groupe, dont les écrits de PE6H (figure 17) et PE7H (figure 18) sont les plus typiques, le profil a une structure cyclique régulière. La séquence débute par une série régulière de cycles (trois cycles pour PE6H et quatre pour PE7H) constitués des trois étapes suivantes : Question (Q), Investigation (I), mise en relation des résultats (B), qui s'enchaînent le plus souvent dans l'ordre Q, I, B. Ces séries de cycles se terminent par une synthèse suivie d'une évaluation.

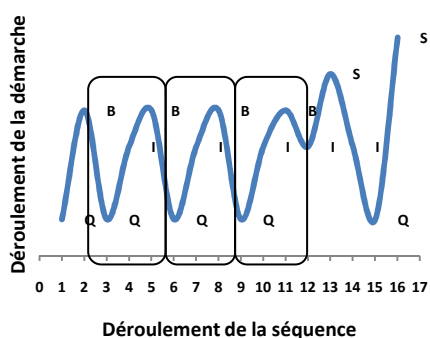


Figure 17. Profil de la DI. PE6H

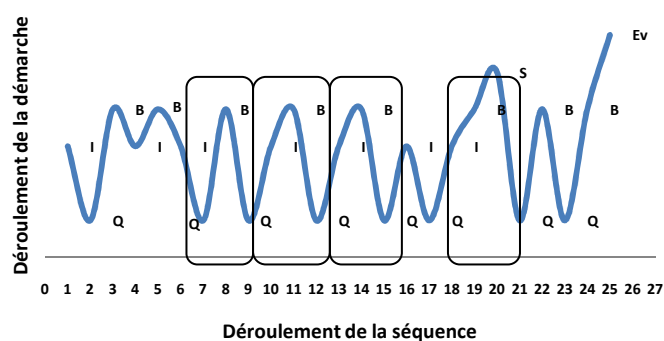


Figure 18. Profil de la DI. PE7H

Le profil de ces écrits de préparation semble décrire une manière de construire le savoir de manière guidée pas à pas, où chaque cycle construit une part du savoir à enseigner aux élèves, pour arriver à une synthèse qui est ensuite évaluée. C'est une logique cumulative centrée sur la construction du savoir pour l'élève, qui structure le déroulement de la séquence. L'enseignement est organisé en une série de cycles prédéterminées qui amènent, étape par étape ou «lock-step» (Peker, Dolan, 2012), les élèves vers les savoirs visés.

Les écrits de PE3H, PE4S et PE5H présentent des profils atypiques présentant les caractéristiques à la fois originales et proches des deux groupes précédents.

Le profil de PE4S (figure 19) très cyclique à la manière du second groupe est marqué par l'absence de questionnement. La cyclicité se traduit majoritairement par une alternance d'investigations (I) et mise en relation des résultats (B), jalonnée de moments de synthèse (S).

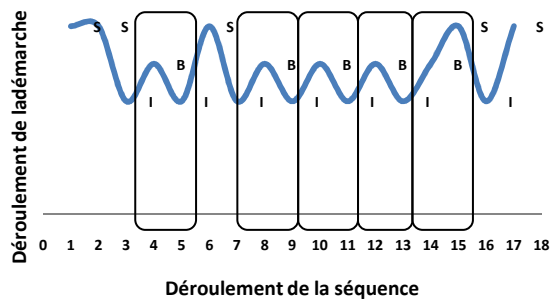


Figure 19. Profil de la DI. PE4S

Ce profil, marqué par de nombreux bilans (B) et synthèses (S), est centré sur l'acquisition et la structuration des connaissances. Il marque le souci déclaré par l'enseignant de maîtriser les savoirs (PE4S : « *mais là j'étais pas à l'aise moi-même au niveau de la théorie, donc j'avais besoin de cette théorie pour me rassurer* »). L'écrit se présente comme une construction cumulative des savoirs. Dans ce cas, il s'agit d'une logique cumulative des savoirs pour l'enseignant qui structure le déroulement de la séquence.

Le profil de l'écrit de préparation de PE5H (figure 20) présente un nombre important de moments d'investigations (12 étapes sur 23 au total). Ces investigations ne comprennent pas de moments de conception ni de réalisation des investigations par les élèves typiques du premier groupe. Il s'agit d'une série d'activités proposées par l'enseignant permettant d'aborder les savoirs à enseigner.

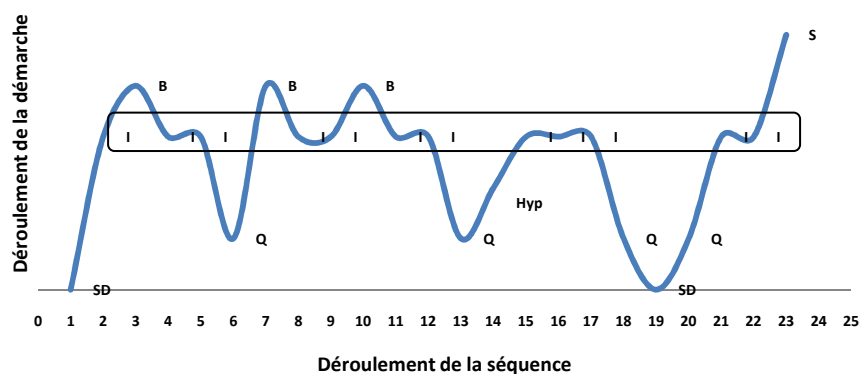


Figure 20. Profil de la DI. PE5H

Le déroulement de la séquence est par conséquent orienté par une logique cumulative d'activités guidées par l'enseignant, que les élèves réalisent à partir de tâches simples (figure 21), organisée en série.

vous allez devoir faire comme lui! Regardez bien le mouvement de mon bras.

les élèves montrent sur eux-mêmes ils viennent montrer

Figure 21. Exemples de tâches simples extraits de la fiche de préparation de PE5H

L'analyse du profil de PE3H (figure 22) constitué de trois phases terminées chacune par un temps de synthèse est particulier. Ce profil combine, en effet, certaines caractéristiques du premier groupe dans la mesure où nous retrouvons un plateau d'investigation (étapes 5 à 6), et deux étapes d'émission d'hypothèse (étapes 10 et 22) et une structure cyclique (Q, I, B) (étapes 9 à 12 et étapes 13 à 15) qui semble plus caractéristique du second groupe.

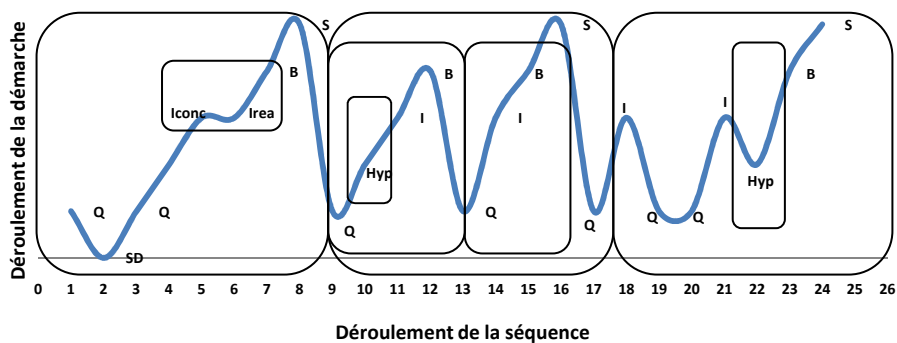


Figure 22. Profil de la DI. PE3H

Ces constats nous amènent à penser les profils des séquences comme porteurs d'indicateurs d'une manière de construire la DI. D'une part, la démarche d'investigation dans les écrits de préparation n'apparaît pas de manière fidèle au texte prescrit. D'autre part, chaque profil traduit une manière de construire la démarche d'investigation pour chaque enseignant. Au travers des indicateurs nous dégagons deux logiques qui permettent de repérer des traits de caractère de la conscience disciplinaire des enseignants, au travers de leur manière de construire le contenu démarche d'investigation. À travers l'analyse de la structure de l'écrit de préparation, deux types de logique peuvent être distingués :

- Une construction des savoirs selon une logique de *cheminement* qui laisse place à l'initiative des élèves marquée par :
 - L'irrégularité des profils en opposition avec la régularité de la démarche prescrite.
 - La présence de plateaux d'investigation où les élèves conçoivent leurs propres investigations.
 - La présence de moment d'émission d'hypothèses par les élèves.
- Une construction des savoirs selon une logique cumulative qui peut être :
 - Centrée sur la construction du savoir pour l'élève selon un ordre préétabli par l'enseignant (PE6H, PE7H) marqué par une suite régulière de cycles Q,I,B.
 - Centrée sur les savoirs pour l'enseignant (PE4S) marqué par un nombre important d'étapes de bilans et de synthèses.

- Articulée autour d'une série d'activités (PE5H) marqués par un nombre important de moments d'investigation organisés en série.

Par conséquent l'analyse de la construction pré-active de la démarche d'investigation à partir des fiches de préparation montre une variabilité de construction en opposition avec l'uniformisation prescrite de la démarche.

2.2 La construction de la DI en situation d'enseignement ordinaire

La reconstruction de la DI par les cinq enseignants étudiés (BOI, BED, DES, HER, MOR) présente une grande diversité. Cette diversité est importante, tant en termes de contenus de connaissances et de leur adéquation avec les programmes, qu'en termes de contenus méthodologiques, (structure globale de la démarche d'investigation et sa logique). Elle est également importante du point de vue des contenus procéduraux (Question, hypothèse et investigation) qui constitue le «noyau dur» des activités scientifiques (Cariou, 2010). Les contenus de communication sont également bien représentés (schématisation, réalisation de croquis, classement emboîté, etc.). En vue de rendre compte de la construction de la DI en situation d'enseignement ordinaire, les synopsis des séances observées, découpés en actes et en scènes, sont la base de notre analyse. Ces synopsis sont présentés en annexe (annexes n° 6, 7, 8, 9 et 10).

2.2.1 La diversité de contenus

La séance présentée par BOI, dans un double niveau (CE1/CE2) institutionnellement située entre le cycle 2 et le cycle 3, porte sur le thème de l'électricité et plus particulièrement sur la notion de circuit électrique. BED propose également une séance qui porte sur le même thème et la notion de circuit électrique mais en classe de CM2. Les programmes de 2008 indiquent des contenus à enseigner proches de ceux présents dans les deux séances. Pour le cycle 2, les contenus sont techniques en ce qu'ils sont centrés sur la réalisation de « *circuits électriques simples pour comprendre le fonctionnement d'un appareil* » (BO hors série n°3 du 19 juin 2008) Il s'agit de faire découvrir aux élèves quelques fonctions des objets contenant des circuits électriques (éclairer ou faire tourner un petit moteur). Pour le cycle 3, les contenus sont à la fois conceptuels, il s'agit de construire la notion de « *circuits électriques alimentés par des piles* » (BO hors série n°3 du 19 juin 2008) ; techniques, par la réalisation de circuits électriques et de communication, par la construction d'une « *première représentation de la notion de circuit électrique* » (BO 5 janvier 2012). La séance de BOI respecte ces injonctions

dans la mesure où les CE1 réalisent des circuits électriques simples en vue d'éclairer une ampoule et les CE2 réalisent des circuits simples dans le but d'aboutir à une représentation schématisée de la notion de circuit électrique. Les contenus de la séance de BED sont, quant à eux, davantage en accord avec les injonctions des programmes pour le cycle 2.

La séance présentée par DES porte sur le thème de la respiration. Il s'agit de mesurer la quantité d'air rejetée à chaque expiration. Les programmes de 2008 et leur complément de 2012 ne mentionnent pas la mesure des volumes respiratoires. Les activités de mesures prescrites portent sur le rythme respiratoire (Mesurer des rythmes respiratoires et les interpréter pour comprendre les liens entre respiration et activité physique. MENESR, 2012). Ce contenu de connaissance est une reconstruction personnelle de l'enseignant des textes injonctifs à partir de la notion d'air expiré présent dans la liste du vocabulaire à employer sur ce thème.

HER présente une séquence de trois séances sur le thème de la digestion humaine conforme aux programmes. Les contenus à enseigner des programmes de cycle 3 (BO 5 janvier 2012) sont de nature diverse : conceptuelle, par l'étude du fonctionnement de l'appareil digestif (transformation des aliments, absorption des nutriments) ; notionnelle, par la connaissance des organes du tube digestif et du trajet des aliments, des notions de sucs digestifs, d'aliments, de nutriments, etc. et de communication, par la construction de représentations de l'appareil digestif. La séquence s'inscrit pleinement dans ces injonctions en abordant les problèmes du trajet des aliments et de leur transformation avec les notions de tube digestif, d'appareil digestif et de sucs digestifs, ainsi qu'une représentation de l'appareil digestif sous forme d'un puzzle réalisé à partir d'affichettes des différents organes proposées par l'enseignant.

MOR est le deuxième enseignant à présenter une séquence de trois séances et qui s'inscrit pleinement dans les prescriptions. La séance 1 aborde trois contenus conceptuels inscrits dans les programmes qui s'entrecroisent : la biodiversité, la classification du vivant (critères de classement) et l'adaptation. Ces trois contenus sont présentés sous deux chapeaux différents dans les programmes de 2008 et 2012 (MEN, 2008 ; MEN, 2012) que l'enseignant regroupe. Les séances 2 et 3 sont centrées sur la classification. Les différences et ressemblances entre espèces (séance 2) correspondant aux injonctions pour le CM1 dans les programmes de 2012 et classement emboîté (séance 3) correspondant au CM2. Il apparaît que l'enseignant construit sa séquence en regroupant des contenus distants dans les programmes (biodiversité, classification et adaptation) et emprunte au CM1 des contenus (différences et ressemblances) pour construire un ensemble cohérent (figure 23).

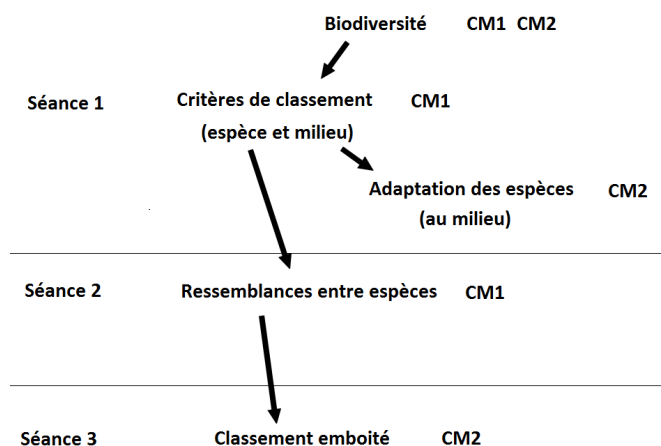


Figure 23. Répartition des contenus de la séquence de PE5

Il apparaît que les enseignants accordent de l'importance aux programmes. En effet tous les enseignants se réfèrent aux compléments des programmes de 2012, justes parus à l'époque de notre étude. Les références portent sur le respect des intitulés et du vocabulaire prescrit. Néanmoins, même si les programmes sont à la base de la conception des séances, certains enseignants procèdent à des réarrangements de contenus. Certains contenus sont empruntés à d'autres cycles et sont adaptés (BED adapte en situation des contenus du cycle 2 à ses élèves du cycle 3), certains contenus sont regroupés dans une même séquence (MOR regroupe l'adaptation des êtres vivants et la classification), ou certains contenus sont extrapolés (BOI extrapole la notion de volume expiratoire, non présent explicitement dans les programmes, à partir de la notion d'expiration). HER, quant à lui, emprunte deux investigations prescrites aux documents d'accompagnement des programmes de 2002 (MEN, 2002), (Maquette du phénomène de déglutition et maquette sur le péristaltisme) (annexe 11). Seul BOI reprend à la lettre les programmes. Il apparaît ici encore une grande diversité au niveau du rapport aux prescriptions chez les enseignants étudiés.

Seuls les contenus de connaissances sont explicitement énoncés au cours des séances. Ils apparaissent dans les rappels, dans la formulation des consignes, dans les bilans et les synthèses, etc. Ces contenus sont divers au regard de la nature des thèmes abordés (tableau 24).

	BOI (CE1/CE2) 1 séance	BED (CM2) 1 séance	DES (CE2) 1 séance	HER (CM1) 3 séances	MOR (CM2) 3 séances
Contenus	Circuit électrique Schématisation du circuit	Circuit électrique (bornes, pile, ampoule, fils...)	Respiration Volume d'air expiré	Digestion Tube et appareil digestif, Absorption intestinale, Suc digestifs	Classification et adaptation Critère de classement. Classement emboîté. Assignation.
Programmes	Conformes aux programmes du CE1 et du CE2. (2012)	Contenus du Cycle 2 adaptés au cycle 3 (2012)	Extrapolation de contenus présents dans les programmes 2012	Conformes aux programmes 2012. Exploitation des compléments aux programmes de 2002.	Conformes aux programmes. Réorganisation de contenus distants dans les programmes (2008, 2012)

Tableau 24. Diversité des contenus abordés et leur adéquation aux prescriptions

Cette diversité est essentiellement liée au fait que le choix des contenus a été laissé aux enseignants et au fait qu'ils n'enseignent pas dans le même cycle ou pas dans le même niveau de classe. Néanmoins cette diversité montre que la majorité des thèmes présentés sont associés à des activités de «manipulation» d'objet du monde concrets (Circuits électriques, expériences sur les volumes d'air, dispositifs de filtration des nutriments, maquettes déglutition, etc.) complété parfois par une activité documentaire. Seul un thème est traité entièrement par des activités documentaires (la classification, MOR). Dans la mesure où nous avons laissé les enseignants faire le choix de ce qu'ils présentaient, il apparaît que les contenus de connaissances sont valorisés et qu'ils traduisent la construction de la matière par ces enseignants. Pratiquer les sciences et la technologie passe par l'acquisition de connaissances, explicitement énoncés au cours des séances, au travers d'activités de manipulation sur le monde. Nous retrouvons ici la dualité, déjà présentée à partir de l'analyse du discours des enseignants, entre acquisition de contenus de connaissances, valorisés par les enseignants, et l'acquisition de contenus liés à une pratique scientifique passant par la mise en place d'activités de manipulation. Il apparaît que les contenus liés à la pratique scientifique n'apparaissent que de manière indirecte comme objet d'apprentissage.

Il nous semble par conséquent nécessaire d'explorer plus avant ces contenus implicitement présents. Dans le paragraphe suivant nous analysons la manière dont est construit le contenu méthodologique : démarche d'investigation en situation de classe, et dans le dernier paragraphe la construction d'autres contenus de pratique scientifique (procéduraux, techniques, de communication, etc.)

2.2.2 La construction de la DI en situation selon des logiques cumulative et de cheminement.

L'analyse des profils de BOI montrent que toutes les étapes de la démarche d'investigation sont présentes au cours de la séance. Les profils entre les CE1 (figure 24) et les CE2 (figure 25) sont proches et présentent une cyclicité régulière de type questionnement, investigation, bilan (QIB) telle que décrite dans le chapitre précédent. La séance comprends deux cycles QIB. La logique est cumulative.

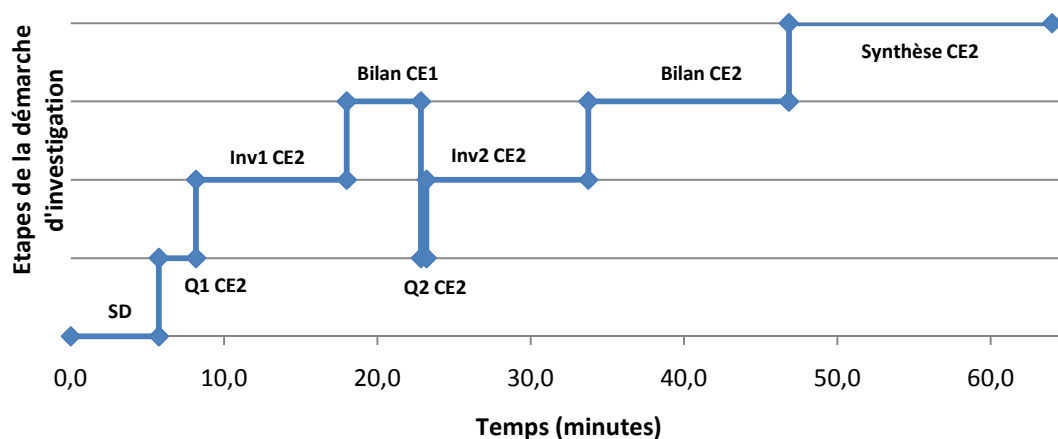


Figure 24. Profil de séance (BOI CE2)

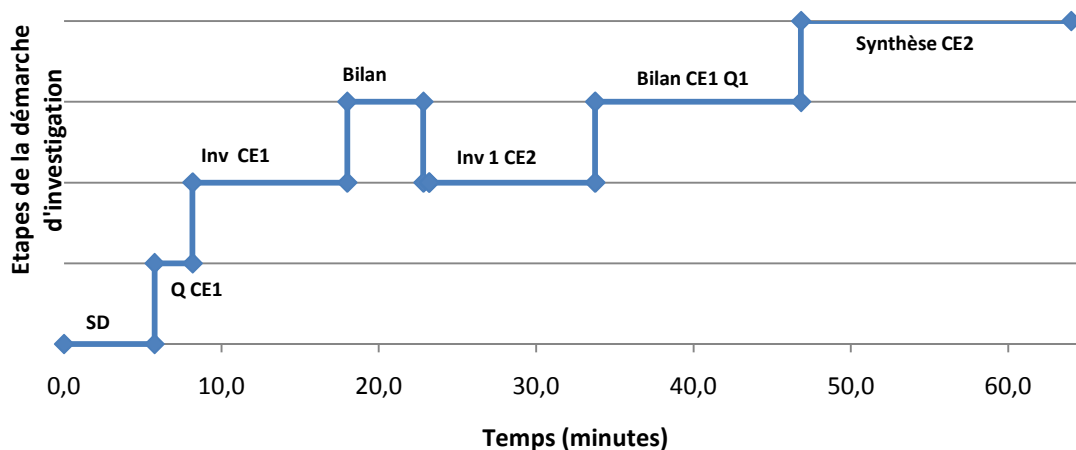


Figure 25. Profil de séance (BOI CE1)

Les profils montrent que toutes les étapes de la démarche d'investigation sont présentes au cours de la séance présentée par BED, de la situation de départ (SD) jusqu'à la synthèse située en fin de séance. Le profil montre un découpage important de la séance avec quatre cycles QIB correspondants à 4 défis posés par l'enseignant (figure 26). La logique est ici aussi cumulative. Les moments d'investigations sont courts (21,3 % de la durée de la séance)

contrairement aux moments de bilans accompagnés de trace écrite qui occupent plus des deux tiers de la séance (65,8 %) ¹⁰.

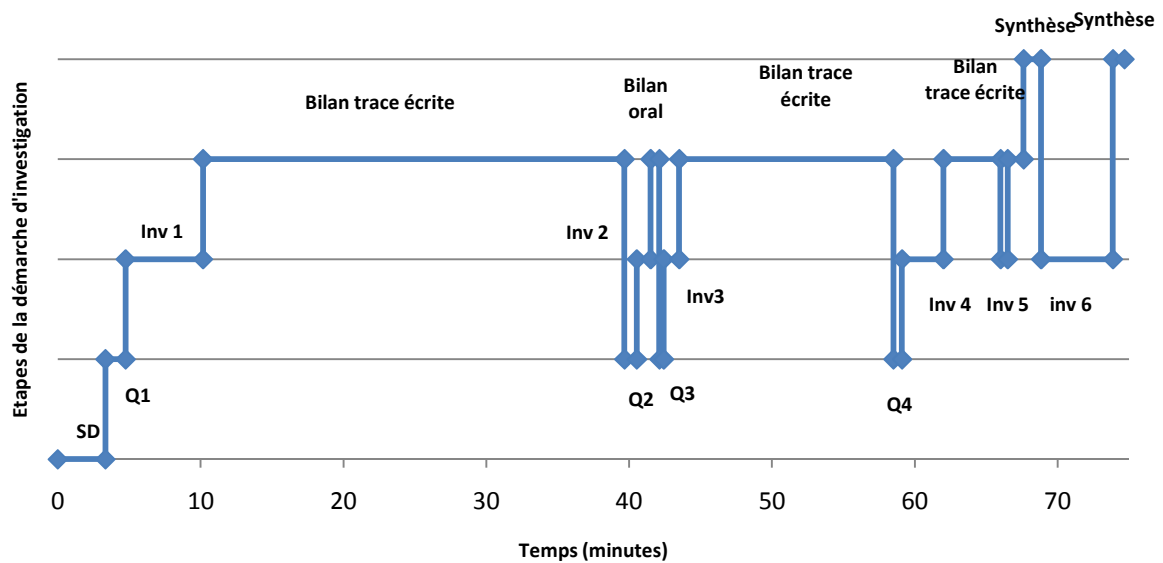


Figure 26. Profil de séance (BED, CM2)

Au cours de la séance précédente, proposée par DES, les élèves sont amenés à imaginer un dispositif expérimental permettant de mesurer le volume d'air expiré. Le profil de la séance présente deux temps caractérisés par une séquence QIB (figure 27). Le premier temps porte sur la mise en commun des protocoles imaginés au cours de la séance précédente. Le second temps est consacré à la réalisation d'une expérience proposée aux élèves à partir d'une fiche sur laquelle figure un protocole expérimental (annexe 13) à suivre pas à pas.

¹⁰ Les calculs sont obtenus par le décompte des durées des différents moments de la DI sur la séance à partir des repères temporels des synopsis. Les durées sont ensuite exprimées en pourcentage de la durée cumulée du moment sur le temps de la séance. Un exemple de calcul est présenté en annexe 12.

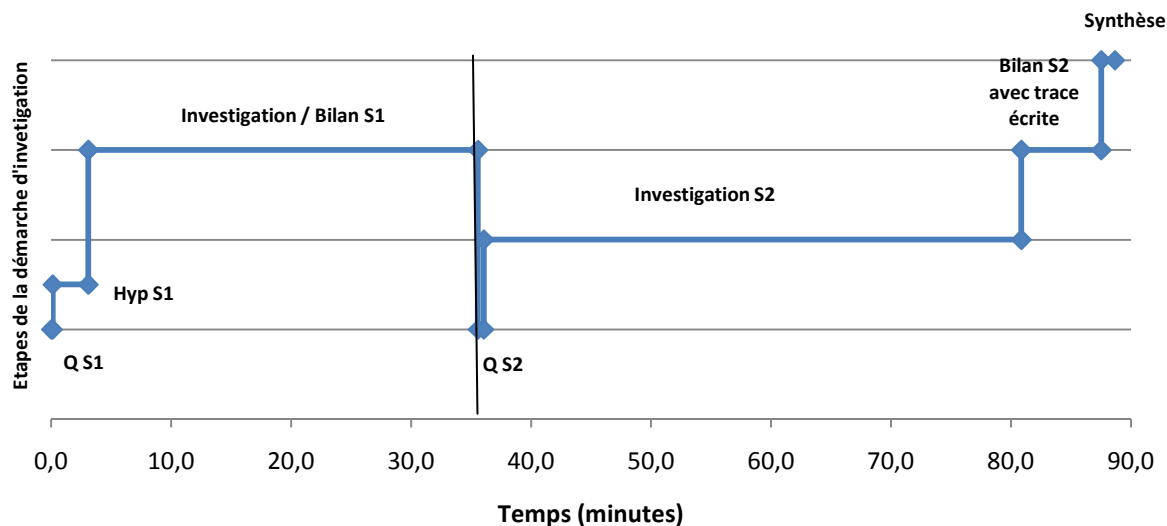


Figure 27. Profil de séance (DES, CE2)

La séquence pédagogique de HER, à logique cumulative, présente trois séquences QIB. La première couvre les trois séances (figure 28), les deux autres, en séance 3, sont emboîtées.

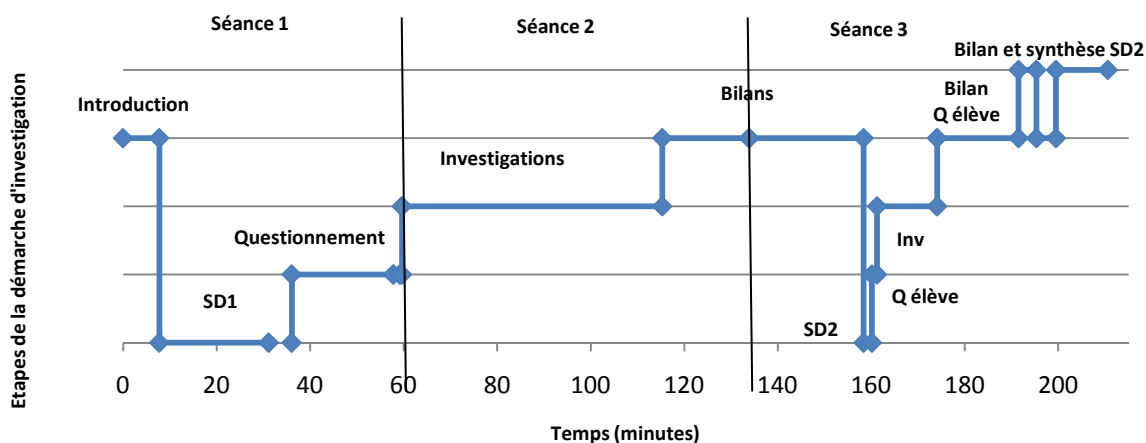


Figure 28. Profil de séquence (HER, CM1)

Au début de la séance 3, après la fin du bilan de la séance 2, l'enseignant lance une nouvelle situation de départ (SD S3), correspondant une nouvelle séquence QIB, sur le thème du rôle des sucs digestifs et propose une lecture documentaire. Le début de l'investigation est interrompu par une remarque d'élève. L'élève affirme que la digestion dure au moins 24h en réaction à une information figurant sur les documents qu'il vient de lire et concernant le temps de digestion. Cette remarque est reprise par l'enseignant qui la reformule en une question à traiter (Q élève : *La digestion dure au minimum 24h. (élève) a-t-il raison ? Explique.*) La question, notée au tableau et suivie d'une investigation documentaire puis d'un bilan, constitue

la troisième séquence QIB emboîtée dans la seconde (de 26'14 à 57'35) (figure 29). Cette remarque, prise en compte par l'enseignant, modifie ses attendus et l'amène à terminer, en fin de séance, la troisième séquence QIB, sur le mode transmissif et dans une modalité de cours dialogué.

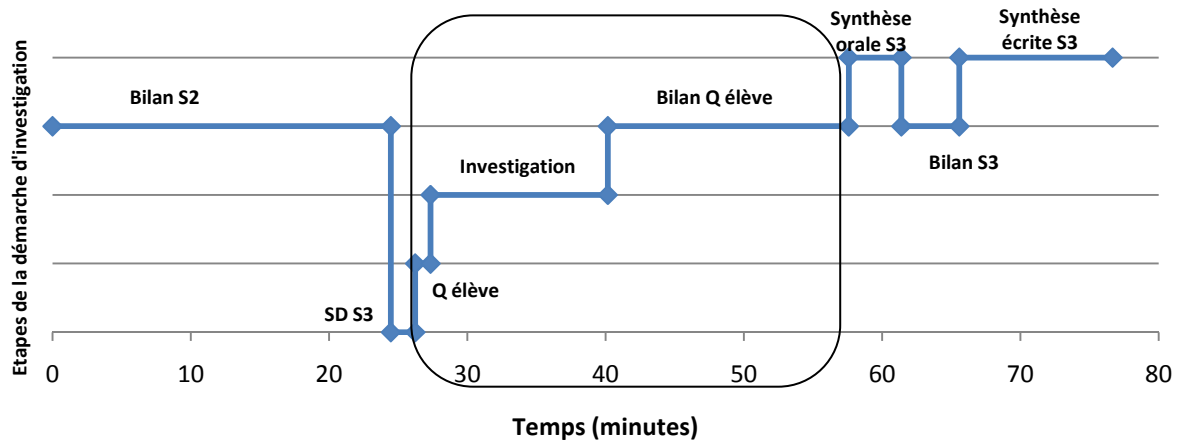


Figure 29. Profil de séance 3 (HER, CM1)

Les profils de chaque séance présentée par MOR débutent par une situation de départ (SD), qui consiste principalement en un rappel de la séance précédente et une présentation des attendus de la séance, et se termine par une synthèse courte. Les séances présentent peu de moment de questionnement. La logique est cumulative. En effet des séquences investigation-bilan (IB) se succèdent entre ces deux moments extrêmes. Par exemple la première séance présente une succession de trois séquences IB (figure 30) en relation avec la diversité des contenus emboîtés. Les deux autres séances ne contiennent qu'une séquence IB (figures 31 et 32).

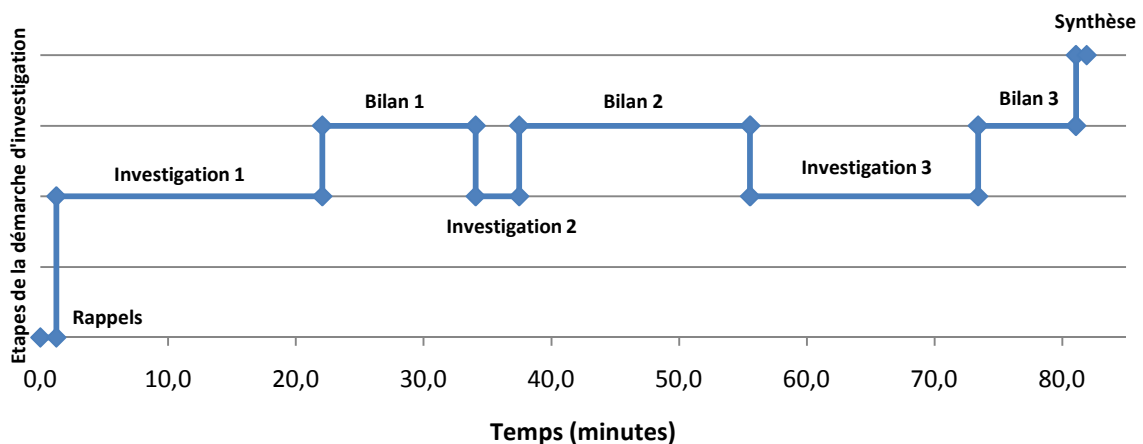


Figure 30. Profil de séance 1 (MOR, CM2)

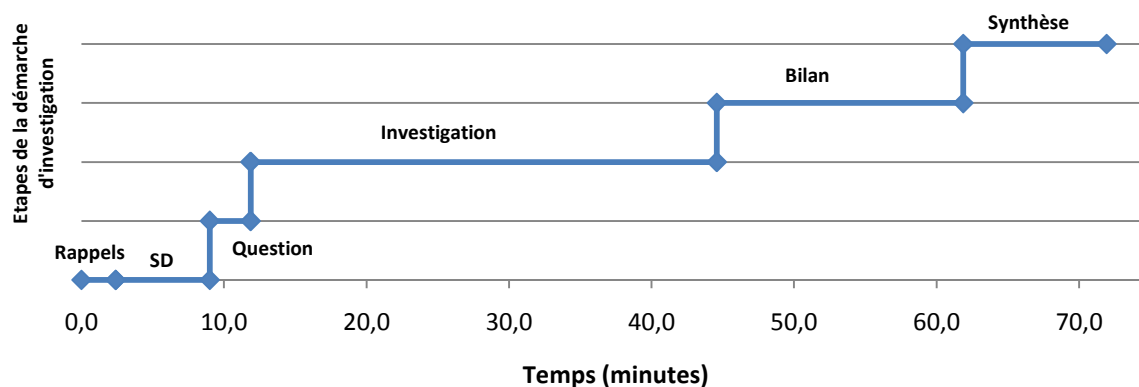


Figure 31. Profil de séance 2 (MOR, CM2)

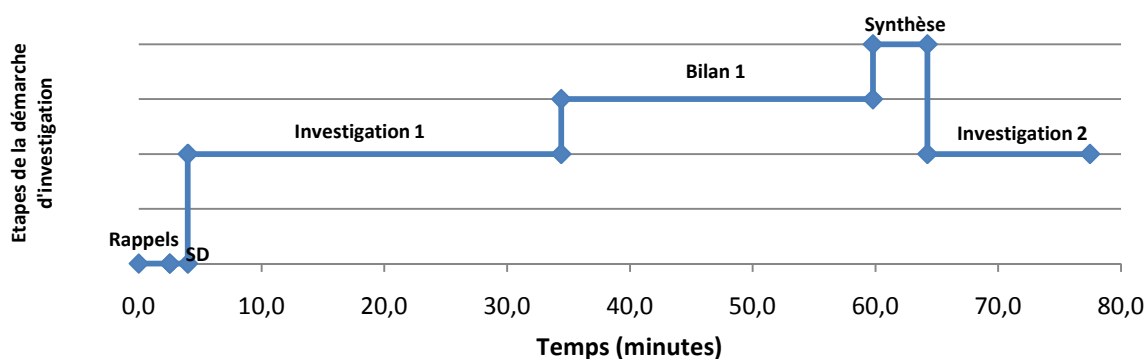


Figure 32. Profil de séance 3 (MOR, CM2)

L'étude de la structure des séances, ou des séquences, présentées par les enseignants montre une série d'étapes correspondant aux moments prescrits de la démarche d'investigation. Toutes les étapes sont présentes en une succession presque toujours linéaire (SD/Q/I/B/S) (tableau 25). Seul le moment de la formulation d'hypothèses n'est présent que chez DES et HER.

	BOI	BED	DES	HER	MOR
Etapes de la DI	Toutes sauf hypothèses SD/Q/I/B/S	Toutes sauf Hypothèses SD/Q/I/B/S	Toutes SD/Q/hyp/I/B/S	Toutes SD/Q/hyp/I/B/S	Pas de question SD/I/B/S
Cycles	2 cycles QIB	4 cycles QIB	2 cycles QIB différents	3 cycles QIB Un cycle à l'initiative d'un élève. (QIB 3)	3 cycles IB (séance 1) 1 cycle QIB (séance 2) 1 cycle IB (séance 3)
Rapport temps Investigation / temps bilan	Equilibré	Investigations courtes / bilans longs	Investigation/bilans mêlés (QIB1) et investigation longue, bilan court (QIB2)	Equilibré	Equilibré (S1) Investigations longues et bilans courts (S2 et S3)

Tableau 25. Caractéristiques des profils de séance et de séquence en situation

Entre la situation de départ qui introduit et la synthèse qui structure les savoirs, le cœur des séances, et des séquences, présentent deux types de cyclicité : une cyclicité Q;I,B et une cyclicité IB. Ces deux types de cyclicité marquent deux types de logiques : soit une logique cumulative centrée sur la construction du savoir pour l'élève selon un ordre préétabli par l'enseignant et marqué par une série de cycles QIB (BOI, BED, DES et HER) ; soit une logique cumulative, articulée autour d'une série d'activités, marquée par des moments d'investigations organisées en série. (5 cycles IB de MOR). De plus pour BOI, BED, DES et HER, les activités proposées aux élèves ainsi que les bilans réalisés sont en relation avec une question. Le questionnement est au centre de la pratique scientifique des élèves. MOR ne construit pas ses séances autour de questions, mais les structure par des séries d'activités imposées puis corrigées. Ce sont les activités qui sont au centre de la pratique scientifique des élèves.

La répartition des temps consacrés à l'investigation (I) par rapport au temps consacrés à l'acquisition des savoirs (B) présente trois cas différents. Soit le rapport est équilibré, soit il est en faveur de l'investigation, soit en faveur des bilans (figure 33). Ces rapports nous informent sur le moment privilégié par l'enseignant pour construire les contenus visés. Cette construction est centrée sur l'élève lorsque le temps d'investigation est plus important (DES). L'enseignant laisse d'avantage l'élève construire les contenus en manipulant. Elle est centrée sur l'enseignant lorsque le temps de bilan est plus important (BED). C'est l'enseignant qui construit et structure les contenus ; les investigations, dans ce cas, ont pour fonction de construire un vécu commun permettant la participation aux bilans.

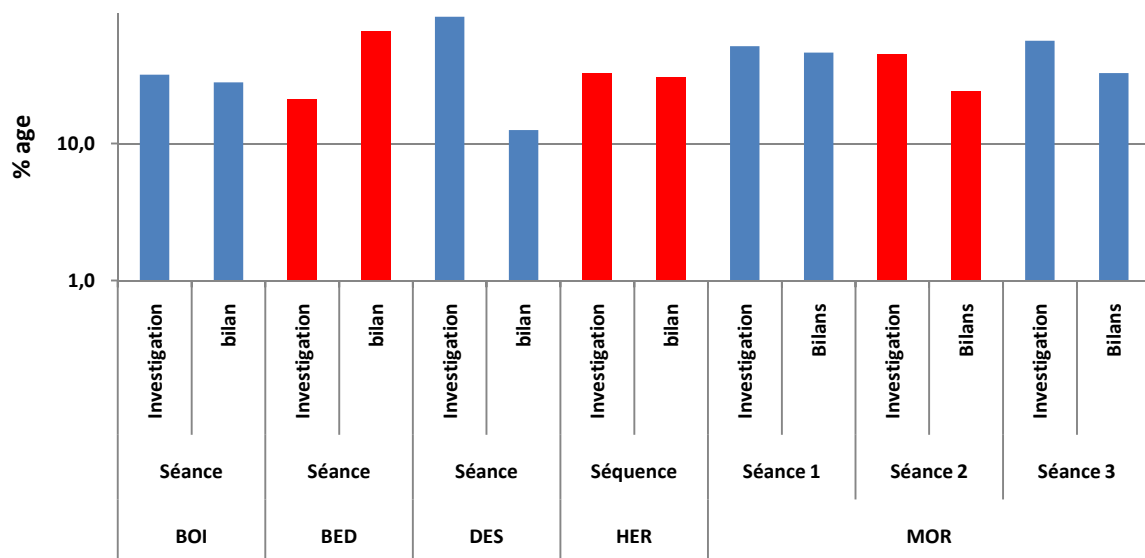


Figure 33. Temps d'investigation et temps de bilan (% de la séance)

Que ce soit par une logique centrée sur l'enseignant qui organise les activités (MOR), ou une logique centrée sur la construction du savoir pour l'élève selon un ordre préétabli par l'enseignant et basé sur le questionnement (BOI, BED, DES et HER) ; que ce soit par une part importante donnée aux temps de bilans pilotés par l'enseignant (BED) ou donnée aux investigations (DES, MOR) ou par un rapport équilibré entre ces deux temps, là encore il se dégage une grande diversité d'approches. Néanmoins pour les cinq enseignants la construction des contenus de connaissance suit une logique cumulative, chaque cycle QIB ou IB construit une partie des contenus visés.

Un profil de séance observée montre une logique de cheminement, marquée par des retours en arrière, comme nous l'avons montré à partir des fiches de préparation. En effet DES organise des temps où investigations et bilans sont mêlés (DES, QIB1, figure 3-3-21). En début de séance DES organise un temps de mise en commun des protocoles imaginés par les élèves. Au cours de ce temps, les élèves présentent leurs protocoles, puis les réalisent, et un bilan est effectué. Au cours du bilan, ils sont amenés à expliquer et à justifier leur choix, parfois à ajuster leur protocole et à le refaire, la démarche n'est plus linéaire. Néanmoins, l'échelle mésoscopique large (cf tableau 4) mobilisée pour analyser la DI ne rends pas compte de cette logique de cheminement lors de la séance de DES. C'est à l'échelle mésoscopique moyenne et étroite, en décrivant les moments de la démarche d'investigation, et microscopique (cf tableau 4), en décrivant les transactions, que nous montrons la place laissée aux élèves, chez DES et aussi chez HER lors du moment de questionnement. Nous décrivons, dans le paragraphe suivant, la manière dont sont menés certains moments de la démarche, en particulier en ce qui concerne les contenus méthodologiques, procéduraux et techniques.

2.2.3 La construction des différents moments de la DI

Afin de caractériser les différents moments de la démarche d'investigation nous utilisons les 10 critères d'authenticité de Cariou (2010) en ce qu'ils informent sur les manières de construire ces contenus¹¹. Nous enrichissons notre analyse par les modalités de l'enquête

¹¹ Nous adaptons cet outil conçu pour le collège, à l'école, pour les deux premiers critères (C1 et C2 concernant le problème). Le texte de prescription de la démarche à l'école n'évoque pas explicitement la mise en place d'une situation problème. Il s'agit de débiter avec une situation de départ qui peut conduire au questionnement des élèves. Avant d'être problématique la situation doit être suffisamment riche pour amener les élèves à se questionner. La seconde étape de la démarche prescrite indique la mise en place d'un questionnement « guidé par

selon Windshilt, (2003)¹² et les modalités de la pratique expérimentale selon Coquidé (1998, 2003)¹³.

2.2.3.1 De la situation de départ au questionnement

Les résultats montrent deux types de situations de départ. Certaines consistent en un rappel (BOI, BED, DES et MOR), une autre en une entrée en matière à propos du sujet (HER).

Dans la séance de BOI, la situation de départ consiste en un rappel du vocabulaire lié au matériel (pile, bornes, ampoule, culot, etc.). Il en est de même pour BED, où ici encore la

le maître », « *orienté et justifié par le maître* » (MENESR, 2001) mais aussi d'un débat permettant la confrontation des « *conceptions initiales des élèves* » (MENESR, 2001) permettant de poser un problème. Le texte alerte sur ces deux positions contradictoires, d'une part un contrôle important du questionnement par l'enseignant et d'autre part un problème qui naît de la confrontation des conceptions des élèves, que le « *guidage du maître ne doit pas occulter ces conceptions initiales* » (MENESR, 2001) Nous proposons une modification des deux premiers critères de Cariou (cf cadre théorique).

¹² Windshilt (2003) distingue 4 formes d'investigation en classe de sciences selon le degré de liberté donné aux élèves. Il décrit les expériences de confirmation comme des situations « *in which students verify known scientific principles by following a given procedure* »; l'enquête structurée comme une situation « *in which the teacher presents a question for which the students do not know the answers and students are given a procedure to follow to complete the inquiry* »; l'enquête guidée « *in which teachers provide students with a problem to investigate but the methods for resolving the problem are left to the student* » et l'enquête ouverte « *in which teachers allow students to develop their own questions and design their own investigations* ».

¹³ Coquidé (1998, 2003) décrit trois modes didactiques des pratiques expérimentales en classe correspondant à trois logiques différentes. Le mode de familiarisation pratique (Expériences pour voir, essayer, explorer) qualifiée d'« *expérimentation* » ou d'« *expérience-action* » dont le but est de « *familiariser l'élève avec des objets et des phénomènes* » de « *développer un questionnement scientifique* », de « *faire progresser un savoir-faire préalable* », de « *permettre l'appropriation de techniques d'investigation* » et de « *constituer un référent empirique* ». Le mode d'investigation empirique (Expériences pour tester, contester, argumenter) qualifiée d'« *expérimentation* » au sens strict, ou d'« *expérience-objet* » dont le but est l'initiation « *à des démarches scientifiques* » et d'« *utiliser des techniques d'investigation par la mise en oeuvre (en tout ou partie) d'une réelle démarche d'investigation (recherche bibliographique, problématisation, investigation dont expérimentation, conception et réalisation de protocoles, communication, discussion.* ». Le mode d'élaboration théorique (Expériences pour démontrer, conceptualiser, modéliser) qualifiée d'« *expérience-validation* » ou d'« *expériences-outil* » dont le but est de « *contribuer à la construction théorique des sciences (élaboration et application)* » en sollicitant « *des allers-retours entre le registre empirique et la conceptualisation* » pour éprouver la pertinence des constructions théoriques.

situation de départ consiste en un rappel de la question initiée lors de la séance précédente, dont la formulation est identique à celle proposée aux élèves de CE1 lors de la séance de BOI (BED : *Comment allumer une ampoule avec une pile plate ?*), du montage réalisé et du vocabulaire technique à employer (culot, lame, plot...). Ces enseignants semblent mettre l'accent sur l'importance du langage lors des séances de Sciences et Technologie.

Chez MOR la situation de départ de la séance 1 porte sur un rappel de la notion de biodiversité et la synthèse sur la notion d'adaptation. La biodiversité et l'adaptation semblent être des prétextes à l'introduction de la classification des êtres vivants abordés plus spécifiquement en séance 2 et 3. En orientant les élèves vers la nécessité de regrouper les animaux, l'enseignant introduit les concepts d'espèce, de milieu et d'adaptation au milieu comme critères de regroupement des êtres vivants. Il s'agira de classer des espèces différentes à partir de leurs ressemblances. Les situations de départ des séances 2 et 3 sont caractérisées par une longue présentation des attendus. Par exemple en séance 2, l'enseignant demande aux élèves de mettre de l'ordre dans une collection d'êtres vivants proposés en observant leur apparence (PE5 : *« Alors aujourd'hui ce que nous allons faire c'est mettre de l'ordre dans les êtres vivants et on va observer leur apparence »*). Il introduit la notion de critère et de caractère commun (PE5 : *« Alors! (à propos du pigeon et du canard) Ils ont des plumes. Donc tu as choisi ce qu'on appelle le critère. C'est un critère, le fait d'avoir des plumes, on a choisi le critère des plumes, ont des plumes »*). En séance 3, L'enseignant présente un exemple de classement emboîté dont les élèves doivent s'inspirer pour réaliser la tâche demandée (MOR : *« Donc c'est ce que je vais vous demander par groupe sur une grande feuille, je vais vous redistribuer les étiquettes que vous aviez la semaine dernière et vous devez me classer tous les animaux que vous allez avoir. Vous en aurez 14, qu'il va falloir mettre dans des boîtes, on va faire ce qu'on appelle chez les scientifiques un classement emboîté. C'est comme ça qu'ils font pour classer les animaux et les êtres vivants »*). En d'autres termes les séances débutent par la formulation d'une règle et se poursuivent par une activité de mise en œuvre de la règle. La mise en œuvre de la règle passe par la formulation d'une consigne.

Pour ces enseignants la situation de départ n'est pas construite comme une situation problème mais comme une mise au point préalable afin, soit d'inviter les élèves à s'exprimer en employant un vocabulaire scientifique validé (BOI, BED), soit de poser un certain nombre de jalons qui seront la base de réflexion pour des autres séances (MOR).

En revanche pour HER la séance 1 présente une situation de départ conforme aux prescriptions de la démarche (cf canevas) . L'enseignant demande aux élèves de manger un

biscuit et de boire un verre d'eau afin de les amener à consigner par écrit, sous forme d'un croquis, leur idées (l'expression de leurs conceptions) à propos du trajet des aliments (HER : « *D'ailleurs je vais vous donner quelque chose à manger aujourd'hui* »). Six croquis sont choisis, affichés au tableau et proposés à la discussion afin de construire un questionnaire sur le sujet. La situation de départ est dans ce cas conçue comme une situation problème. Au début des autres séances l'enseignant fait un rappel contextuel permettant la poursuite de la séquence.

Les moments de questionnaire sont reconstruits de manière variable également. Chez BOI les temps consacrés aux questions sont courts. Les questions posées par l'enseignant sont des défis à réaliser. Les CE2 ont à traiter deux questions distinctes (Q1CE2 : *Comment allumer une ampoule loin de la pile plate ?* et Q2CE2 : *Comment allumer deux ampoules avec une pile plate ?*). Les CE1 ne répondent qu'à une seule question (Q1CE1 : *Comment allumer une ampoule avec une pile plate ?*). Pour BED, quatre questions à l'initiative de l'enseignant rythment la séance. Les questions sont soit explicites (Q1 : *Comment allumer l'ampoule sans toucher la pile ?*), soit présentes implicitement sous forme d'un défi à relever (Q2 : *Allumer une ampoule avec une pile ronde sans fil*. Q3 : *Réaliser un branchement avec une ampoule, une pile ronde et un ou deux fils*. Q4 : *Essayer d'allumer une ampoule avec deux piles*.). Lors de la rédaction de la trace écrite rendant compte des activités d'investigation, l'enseignant reformule les défis sous forme de question. (Q3-2 : *Comment allumer une ampoule avec une pile ronde et deux fils ?*).

Chez MOR une seule question apparaît au cours de la séquence (Q : *quelles sont les espèces qui ont des choses en commun ?*) formalisée ensuite par une consigne injonctive : « *Vous allez être obligé de remplir un tableau et de cocher, dans les cases, ce qui correspond au caractère que l'animal possède* » (séance 2).

Lors des deux autres séances, la mise en activité des élèves est initiée uniquement par des consignes injonctives.

Consigne 1 : « *mettre ensemble les vignettes que vous croyez être ensemble* » (séance 1).

Consigne 2 : « *vous allez reprendre vos images, vous allez regarder beaucoup plus, mieux, tous ces groupes en les mettant comme cela. Et vous allez bien regarder, vous allez regarder ce qu'ils ont sur le corps* » (séance 1).

Consigne 3 : « *vous les répartissez dans les différents milieux et vous me dites pourquoi [...]vous les avez mis dans ces milieux là. vous justifiez votre choix.* » (séance 1)

Consigne 4 : « *vous devez me classer tous les animaux que vous allez avoir. [...] qu'il va falloir mettre dans des boîtes, on va faire ce qu'on appelle chez les scientifiques un classement emboîté* » (séance 3).

La logique de l'enseignant est de permettre aux élèves de s'engager rapidement dans l'activité et par la précision des consignes, de les orienter vers les attendus.

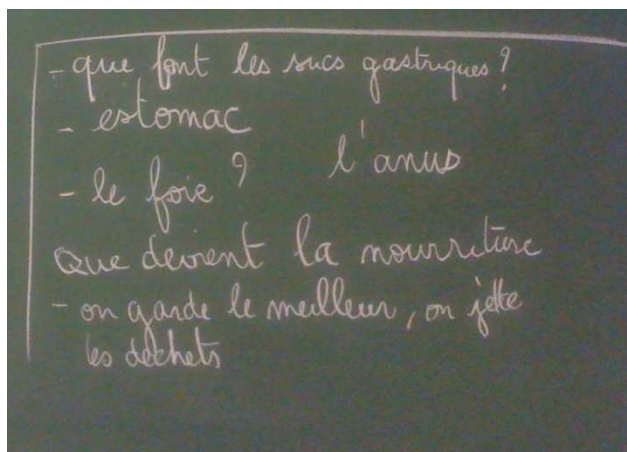
Ces enseignants ne mettent pas en place de situation problème pouvant amener les élèves à problématiser et aboutir à un questionnement dans la mesure où ce sont eux qui imposent les questions, les défis ou les consignes. Dans ce cas le problème est implicitement posé par l'enseignant.

Chez HER la plupart des questions de la séquence apparaissent au cours de la séance 1. Elles sont diverses, d'une part parce qu'elles portent sur des aspects différents de la digestion et d'autre part parce qu'elles apparaissent dans la séance de trois manières. Une première série de questions, (Combien y a-t-il de tuyaux ? La nourriture passe-t-elle par les poumons ? Y a-t-il une vessie ? Y a-t-il un lien avec le cœur ?), émergent d'un débat à partir de productions d'élèves exprimant leurs conceptions (figure 34), il s'agit d'une phase de questionnement conforme aux injonctions qui stipulent que la formulation du questionnement vient des élèves et précisent que ce travail est « *guidé par le maître* » qui, éventuellement, aide à « *reformuler* » les questions, que ces « *questions productives* » font l'objet d'un « *choix orienté et justifié par le maître* » et que ce questionnement est basé sur « *l'émergence des conceptions initiales des élèves* » et sur la « *confrontation de leurs éventuelles divergences pour favoriser l'appropriation par la classe du problème soulevé* » (MEN, 2001) La construction de ce moment de la démarche d'investigation par PE4 est en accord avec les prescriptions.



Figure 34. Questionnement à partir des productions d'élèves (PE4; CM1)

Une seconde série de questions est sollicitée par l'enseignant qui demande aux élèves de produire des questions personnelles sur le sujet sans qu'elles ne fassent l'objet d'un débat. Les questions retenues sont, soit notées au tableau (Que font les sucs gastriques ? Où se trouve le foie ? Que devient la nourriture ?) (figure 35), soit restent à l'oral (Par où passent les aliments ?).



Que font les sucs gastriques ? (estomac)

Où se trouve le foie? (Le foie ?)

Que devient la nourriture ?

Figure 35. Questionnement sollicité par l'enseignant (PE4, CM1)

HER propose également une question qui aborde un thème non évoqué par les élèves au cours du débat (la notion d'absorption intestinale). (HER : « *quel serait l'intérêt de manger pour en faire sortir des excréments et de l'urine ?* »)

L'analyse des questions chez HER nous permet d'envisager la double intention de l'enseignant, d'une part inscrire les élèves dans une démarche de construction du questionnement et d'autre part aborder les divers thèmes de la digestion inscrits dans les programmes. HER est face à une double contrainte, d'une part répondre aux prescriptions qui demandent que les élèves construisent leur raisonnement au travers d'une démarche d'investigation, en référence à la pratique du scientifique, et d'autre part les injonctions des programmes qui imposent d'aborder diverses connaissances au sujet de la digestion. La tension, que nous avons révélée à partir des discours sur la pratique (voir partie 1.1 chapitre 3), se retrouvent en situation et s'exprime ici au travers de deux contenus en apparence contradictoire. D'une part un contenu procédural (se questionner) et d'autre part des contenus conceptuel et notionnel. (tube digestif, appareil digestif, glandes et sucs digestifs, absorption intestinale, etc.) L'enseignant est face à cette tension qui consiste à aborder les concepts et notions inscrits dans les programmes en laissant les élèves construire un questionnement *proprio motu* dans le cadre d'une démarche d'investigation. HER répond à cette tension en reconstruisant en situation ce moment du questionnement pour répondre à ces deux contraintes : lancer un débat, qu'il pilote largement, qui amène au questionnement et ajuster en posant lui même les questions manquantes et en sélectionnant des questions parmi celles que les élèves se posent individuellement (figure 35).

En fin de séance 3 une autre forme de question apparaît. Une question est formulée par l'enseignant, mais cette fois à partir d'une remarque spontanée d'un élève (El). (HER : « *La*

digestion dure au minimum 24h. (El) a-t-il raison ? Explique »). Cette question qui peut sembler rapide à traiter, dans la mesure où il suffit de faire l'addition des temps de trajet pour chaque partie du tube digestif, inscrit dans les documents, se révèle demander un temps plus long que prévu. En occupant 40,9 % de la séance, cet épisode modifie l'attendu de l'enseignant qui porte davantage sur l'absorption intestinale et la transformation des aliments. L'enseignant aborde ces notions au travers de deux questions qu'il impose à la classe (HER : « *Qu'est ce que l'absorption ?* », « *Qu'est ce qui permet à nos aliments de devenir de toutes petites particules qui vont passer dans le sang ?* »). L'enseignant invite les élèves à consulter les documents distribués afin d'apporter une réponse et complète leur réponse lors de longs monologues sur le mode explicatif. Par manque de temps, comme elle le précise elle-même : PE4 : « *ce qui est dommage c'est que j'avais prévu d'autres choses et que là on va pas avoir le temps du tout d'avancer* ». La pratique de l'enseignant, construite en situation, s'opère cette fois sur le mode transmissif.

La répartition des questions, chez HER, selon les modes de production, montre qu'elle dépend des contenus (tableau 26). Le questionnement *proprio motu* issu de l'analyse des productions d'élèves produit principalement des questions à propos de la notion de tube digestif. Les productions des élèves répondent strictement à la consigne de l'enseignant (HER : « *dessine le trajet du biscuit et de l'eau lorsque l'on mange et que l'on boit* »). Les questions issues de l'ajustement de l'enseignant élargissent la réflexion sur les transformations et l'absorption intestinale.

	Questions	Contenus	Modes de production	
Séance I	Combien y a-t-il de tuyaux ? La nourriture passe-t-elle par les poumons ? Y a-t-il une vessie ? Y a-t-il un lien avec le cœur ?	Tube digestif Tube digestif Absorption des liquides Tube digestif	Produites à l'issu du débat à partir des productions des élèves	Questionnement <i>proprio motu</i>
	Que font les sucs gastriques ? Où se trouve le foie ? Que devient la nourriture ? Par où passent les aliments ?	Transformation des aliments (simplification) Appareil digestif Transformation des aliments (simplification) Tube digestif	Sélectionnées parmi les questions personnelles des élèves	Ajustement de l'enseignant
	Qu'est ce que l'absorption ? Qu'est ce qui permet à nos aliments de devenir de toutes petites particules qui vont passer dans le sang ?	Absorption intestinale Transformation des aliments. (simplification)	Formulées par l'enseignant	

Séance 3	La digestion dure au minimum 24h. (nom de l'élève) a-t-il raison ? Explique	Durée du trajet des aliments	Induite par un élève	
----------	---	------------------------------	----------------------	--

Tableau 26. Questionnement et mode de production

2.2.3.2 Le moment d'investigation

Chez BOI, les investigations sont en relation étroite avec les questions posées pour les CE2. En revanche pour les CE1, dans la mesure où ils n'ont à traiter qu'une seule question au cours de la séance, la première investigation est en lien avec cette question, la seconde investigation est réalisée à partir du circuit conçu par les CE2 en réponse à la question Q1 CE2.

Chez BED, les élèves de CM2 réussissent rapidement à relever les défis proposés, ce qui a pour effet d'écourter les temps d'investigation. Devant ce constat, l'enseignant adapte sa pratique et introduit de la complexité en déclinant la question ou le défi. Par exemple pour la première question, il sépare la classe en deux groupes et propose deux questions. Le premier groupe doit faire le branchement avec un fil, le second avec deux fils. Les groupes sont inversés pour la question 3. Cette modification de l'attendu initial de l'enseignant a pour conséquence, d'une part d'allonger les moments de bilan et d'autre part, d'écourter et de reporter la synthèse à la séance suivante. La pratique d'enseignement s'actualise en situation face à l'adaptation nécessaire des situations proposées aux élèves de CM2.

Chez HER, la séance 2 est consacrée aux investigations. Quatre investigations sont proposées par l'enseignant aux élèves. L'atelier 1, par une expérience, est en réponse à une question posée par l'enseignant, en séance 1, au sujet de l'absorption intestinale. L'atelier 4, par la réalisation d'un puzzle, est en réponse à certaines questions soulevées lors de la séance 1 à propos de la notion d'appareil digestif. Deux investigations (ateliers 2 et 3), prescrites dans les documents d'application des programmes de 2002 (annexe 11), ne correspondent à aucune des questions soulevées en séance 1 (tableau 27). L'enseignant introduit ces deux activités suite à une séance intermédiaire d'information, réalisée le matin de la séance 2, pour des élèves absents en séance 1. Cette séance aboutit à la formulation de nouvelles questions qui font l'objet des deux ateliers 2 et 3 en séance 2.

Atelier	Contenu	Investigation	Commentaires	Consignes	Questions séance 1
1	Absorption intestinale	Expérience	Il s'agit de réaliser un dispositif expérimental, à partir d'une fiche distribuée, permettant de comprendre le passage des nutriments au travers de l'intestin grêle. Il s'agit de faire passer une biscotte et une clémentine au travers d'un filtre à café, puis de réaliser un croquis du dispositif et une explication de ce qui a été fait.	Comment les nutriments passent-ils dans le sang?	Qu'est ce que l'absorption ?
2	Péristaltisme	Maquette	Il s'agit de réaliser une simulation du passage des aliments dans le tube digestif à partir d'un collant et d'une balle de tennis, puis de réaliser un croquis du dispositif et expliquer comment le déplacement est possible.	Comment les aliments font ils pour avancer?	
3	Déglutition	Maquette	Il s'agit de faire une maquette animée en carton afin de comprendre comment se déroule la déglutition et de réaliser un texte descriptif de ce qui se passe lorsque l'on déglutit.	Comment les aliments passent ? (dans l'arrière gorge)	
4	Appareil digestif	Puzzle	Il s'agit de reconstituer un puzzle de l'appareil digestif sur une affiche à partir des figures des principaux organes et de textes descriptifs.	Pas de question mais une consigne : réaliser une affiche un schéma de l'appareil digestif	Par où passent les aliments ? Combien y a-t-il de tuyaux ? La nourriture passe-t-elle par les poumons ? Y a-t-il une vessie ? Y a-t-il un lien avec le cœur ? Où se trouve le foie ?

Tableau 27. Descriptif des investigations et relation au questionnement (HER, CM1)

Certaines questions de la séance 1 sont reportées en séance 3 (« *Que font les sucs gastriques ?* », « *Qu'est ce qui permet à nos aliments de devenir de toutes petites particules qui vont passer dans le sang ?* », « *Que devient la nourriture ?* »).

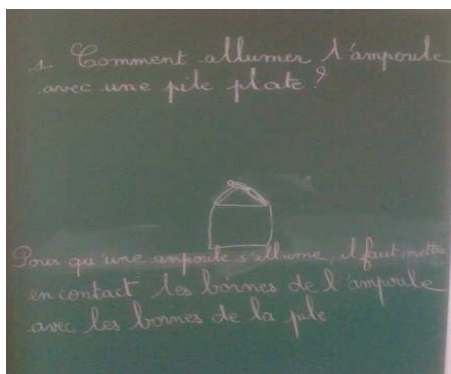
Chez MOR les séances sont consacrées aux investigations et aux bilans. L'enseignant laisse aux élèves le temps de réaliser la tâche demandée et consacre du temps pour les mises en commun et la structuration des contenus de connaissances. Les tâches demandées sont orientées par l'enseignant. Par exemple pour l'investigation de la séance 2, les élèves disposent de 14 vignettes d'animaux, d'une fiche de définition des caractères et d'un tableau de caractères qu'ils doivent remplir en cochant les cases correspondant aux caractères que possède l'animal. (annexes 14a et 14b). Les investigations ne permettent pas de développer l'esprit d'initiative, il s'agit pour les élèves de suivre l'ordre des lignes du tableau, du haut vers le bas, pour chaque animal placé en colonne (tableau 28).



Tableau 28. Tableau de répartition des caractères (MOR, CM2)

2.2.3.3 Le moment du bilan et de la synthèse

Les temps de bilan pour BOI consistent, soit en une mise en commun des solutions trouvées par les élèves soit, et principalement, sont employés pour construire une trace écrite de l'activité. Y figurent : la question posée, un croquis du circuit réalisé et un texte en réponse à la question (figure 36).



Comment allumer l'ampoule avec une pile plate ?

Pour qu'une ampoule s'allume, il faut mettre en contact les bornes de l'ampoule avec les bornes de la pile.

Figure 36. Trace écrite (BOI, CE1)

La séance se termine par un temps de synthèse qui porte sur la représentation schématisée du circuit électrique et s'adresse exclusivement aux CE2. Les CE1 sont en posture d'écoute. Paradoxalement la synthèse de la séance n'est pas en relation étroite avec les défis posés aux élèves. Il n'est pas question de généraliser la nécessité de faire coïncider les bornes de l'ampoule et de la pile pour fermer le circuit (Q1 CE1), ni d'employer des fils électriques lorsqu'il s'agit d'allumer une ampoule à distance (Q1 CE2). La seconde question donnée aux CE2 (Q2 CE2) sert de support à la schématisation du circuit électrique lors de la synthèse. Les réponses aux défis, consignés dans les traces écrites des diverses activités réalisées, ont un statut davantage contextuel. L'objectif de la séance que nous analysons semble davantage

porter sur les modalités de représentation du circuit électrique (croquis, schéma) que sur les caractéristiques de ce dernier. Les questions posées par l'enseignant ne sont pas centrales par rapport à la construction de ce contenu et constituent un moyen de mettre les élèves en activité d'investigation afin de produire des représentations contextuelles intermédiaires (des croquis des circuits électriques). La production des croquis lors des deux phases QIB permet à l'enseignant d'introduire le schéma. La démarche d'investigation, caractérisée par des questions suivies d'activités d'investigation, est mobilisée ici comme une méthode permettant aux élèves de produire un attendu de l'enseignant (produire un croquis) et non comme une démarche de recherche face à un problème posé en amont. En réservant un temps important lors de la séance aux traces écrites, en employant un langage verbal, avec un vocabulaire scientifique précis, pour les bilans en réponse aux questions, et le langage visuel pour illustrer les montages de circuits électriques que les élèves ont réalisés par un croquis puis un schéma, l'enseignant met l'accent sur l'importance des langages scientifiques. Chaque langage est implicitement lié à un contenu (tableau 29).

Forme de langage	Verbal	Visuel (croquis, schéma)
Contenu	Circuit électrique Mise en relation des bornes (piles et ampoules) Utilisation de fils électriques Deux ampoules brillent moins	Circuit électrique Bornes, fils, pile, ampoule... Modes de représentation : contextuelle (croquis), généralisable (schéma)

Tableau 29. Forme de langage scientifique et contenus (BOI, CE1-CE2)

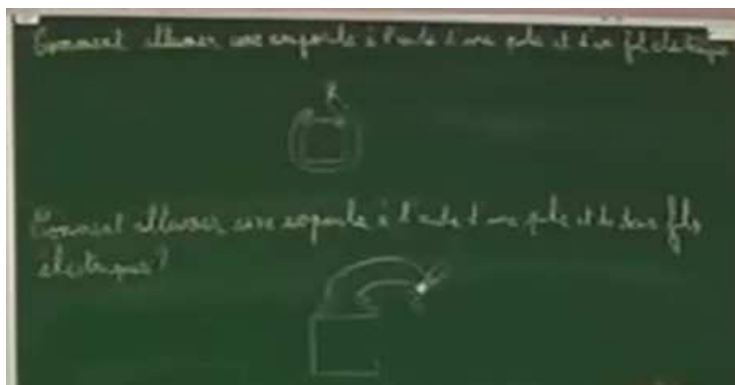
Pour BED l'importance de l'utilisation d'un vocabulaire technique précis est de nouveau introduit dans la séance lors de la première mise en commun suivant la première investigation. PE2 inscrit au tableau une liste du vocabulaire technique à employer pour écrire le compte rendu de ce que les élèves ont fait. (figure 37)



- fil électrique
- culot
- plot
- pile
- ampoule
- brancher / allumer / placer
- mettre en contact

Figure 37. Vocabulaire technique attendu (BED, CM2)

Ici encore, l'enseignant semble mettre l'accent sur l'importance du langage lors des séances de Sciences et Technologie. Les temps de bilan sont, là encore, principalement employés pour construire une trace écrite de l'activité. La trace écrite contient la question posée et un croquis du montage réalisé (figure 38). Contrairement à ce qui est demandé aux élèves pour leur compte rendu personnel, la trace écrite collective ne présente pas de texte explicatif de ce que les élèves ont fait pour allumer l'ampoule. Le vocabulaire technique n'apparaît pas sous forme verbale écrite, il est évoqué à l'oral et est présent sous forme visuelle au travers du croquis. L'enseignant n'utilise pas toute la palette possible des formes de langages scientifiques.



Comment allumer une ampoule à l'aide d'une pile et d'un fil électrique ?

Comment allumer une ampoule à l'aide d'une pile et de deux fils électriques ?

Figure 38. Trace écrite (BED, CM2)

Chez HER la notion d'absorption intestinale est traitée à deux moments dans la séquence. D'une part, par une investigation réalisée par les élèves en séance 2 (registre empirique) et qui aboutit à une simple mise en commun (Bilan Q S1) et d'autre part, en séance 3, par une lecture documentaire aboutissant à une explication sur le mode transmissif (registre des modèles) (Bilan S3). Lors de son explication, l'enseignant ne fait pas référence à l'investigation réalisée par les élèves. Il apparaît que le registre empirique soit du ressort des élèves alors que le registre des modèles soit du ressort de l'enseignant. Le registre empirique n'est pas mis en relation avec le registre des modèles entre ces deux investigations qui portent sur le même contenu. Là encore la tension que nous révélons précédemment apparaît en situation, cette notion ne peut se construire pleinement qu'au travers d'une référence documentaire faisant autorité et non par la seule expérience vécue par les élèves *proprio motu*.

Chez MOR les moments de bilans sont également orientés vers les contenus de connaissances attendus par l'enseignant, il introduit et explique les notions d'espèce, de nomenclature scientifique, de critère, de caractère, etc. (séance 1), il rectifie les erreurs dans le tableau (séance 2), il dégage les qualités et les défauts des productions d'élèves en référence implicite

aux classifications scientifiques (Séance 3). La séquence de MOR s'inscrit dans les prescriptions en ce qui concerne les contenus de connaissances au prix d'une recombinaison personnelle (CM1/CM2, classification/adaptation au milieu), mais la démarche d'investigation telle qu'elle est prescrite n'est pas mise en œuvre. Les séances ne s'articulent pas autour d'un moment de questionnement construit par les élèves, les activités des élèves en réponse aux consignes n'ont pas valeur d'investigation, dans la mesure où elle ne permettent pas le développement de l'esprit d'initiative et qu'elle ne sont pas conçues comme des moyens d'investiguer suite à une question posée. La démarche employée ici est davantage une démarche pédagogique dans une logique d'activité, inspirée d'une situation d'apprentissage que nous modélisons ainsi : rappel / règle à respecter / application de la règle au travers d'activités / bilan orienté vers un attendu / structuration de connaissances induites.

La caractéristique essentielle de la séance de DES est qu'elle présente deux manières de construire l'*expérience*. Dans la première partie de la séance, la question (Q1: *combien de litre d'air vous rejetez à chaque expiration ?*) posée au cours d'une séance précédente, est suivie d'un temps d'émission d'hypothèses. Les élèves présentent une affiche sur laquelle figure le protocole d'une investigation également conçue par eux au cours de la séance précédente. Les moments d'investigations (I) et de bilan (B) sont intimement entrelacés lors de la mise en commun. Chaque groupe, à son tour, présente et réalise son protocole devant la classe entière, un débat guidé par l'enseignant valide ou invalide les solutions proposées. Les protocoles sont rejetés par l'enseignant pour des raisons conceptuelles (matérialité de l'air qui rend impossible la lecture d'un résultat) et technique (valeur mesurée ne correspond pas à un volume, matériel inadapté.) (annexe synopsis). Les protocoles implicitement validés sont en lien avec le contenu de connaissances attendu par l'enseignant (le volume d'air expiré). Un premier recueil de résultats est effectué. (un demi litre pour le groupe 2 et deux à trois litres pour le groupe 3 et un litre pour le groupe 4). Dans la seconde partie de séance, qui porte toujours sur la mesure d'un volume d'air expiré, une question figurant sur une fiche de protocole distribuée aux élèves est différente de la Q1 (Q2 : *que se passe-t-il dans les poumons ?*). La fiche propose un dispositif expérimental et son déroulement sous forme d'une suite d'étapes à suivre pas à pas. Il s'agit de construire et utiliser un spiromètre simplifié permettant également de mesurer la quantité d'air expiré lors d'une expiration (annexe 13). L'investigation est guidée pas à pas par l'enseignant. Des bilans intermédiaires s'articulent avec des temps de lecture et de réalisation pratique selon des indications de la fiche. Le bilan final consiste à remplir la partie *résultats* de la fiche distribuée. Une synthèse orale courte ponctue la séance.

Dans la première partie de la séance, l'expérimentation est une pratique personnelle de l'élève qui propose son propre cheminement, ses propres idées, son propre dispositif expérimental; dans la seconde partie de la séance, l'expérimentation est une pratique imposée où l'élève suit les injonctions de l'enseignant dans la compréhension et la réalisation d'un dispositif imposé qui s'appuie sur un document à suivre pas à pas. Nous présentons dans le chapitre suivant (sous-section 1.3) les caractéristiques différentes des médiations de l'enseignant au cours de ces deux temps.

2.2.3.4 Les critères d'authenticité et les modalités de l'enquête variables

L'analyse de ces moments de la DI sous l'angle des critères d'authenticité (Cariou, 2010), nous permet de dégager les manières particulières de reconstruire les différents moments de la démarche d'investigation (tableau 30).

	BOI	BED	DES	HER	MOR
C1	Rappel centré sur le vocabulaire à mobiliser dans la séance.	Rappel du montage de la séance précédente et du le vocabulaire à mobiliser dans la séance.	?	Situation de départ qui introduit le questionnement	Rappel et formulation d'une règle à appliquer
C2	Défis posés par l'enseignant (2 questions)	Défis posés par l'enseignant (4 questions)	Questionnement rappelé par l'enseignant. (QIB1) (1 question) Et question inscrite sur un protocole imposé. (1 question) (QIB2)	Questionnement à partir de la situation de départ et des conceptions d'élèves complété par l'enseignant (14 questions)	Pas de question mais des consignes injonctives. (7 consignes)
C3	Pas de débat	Pas de débat	?	Questionnement construit par un débat de confrontation	Pas de débat
C4	Pas d'hypothèse	Pas d'hypothèse	Hypothèses en relation avec la question fermée posées (Volume d'air) (QIB1)	Quelques hypothèses pour certaines questions	Pas d'hypothèse
C5	/	/	Discussion pour certaines hypothèses éloignées de l'attendu. (QIB1)	/	/
C6	/	/	Toutes les hypothèses sont testées (QIB1)	Hypothèses non testées	/
C7	Manipulations Expérimentation guidées par le matériel	Manipulations Expérimentation guidées par le	Expérimentation conçue par les élèves(QIB 1) Expérimentation imposée	Divers investigations imposées selon les questions posées et les	Application de la règle par activité documentaire.

			matériel	par l'enseignant (QIB2)	contenus. Documentaire Expérimentation	
C8	/	/	/	Pertinence discutée lors des bilans (QIB1)	/	/
C9	Résultats évidents, activité visant objectif annexe. (schématisation)	Résultats déjà connus		Résultats nouveaux	Résultats nouveaux	Résultats nouveaux
C10	Portent autant sur la qualité de la trace écrite que sur la réponse à la question. Pas de discussion des résultats	Portent autant sur la qualité de la trace écrite que sur la réponse à la question. Pas de discussion des résultats		Discussions collective étroitement liée à la question, aux hypothèses et à aux investigations. (QIB1) Pas de discussion (QIB2) très guidée par un écrit.	Co-construit à partir des investigations, discussion collective (QIB 1 et 3) Transmissive (QIB2)	Discussion orale collective en relation avec les investigations. Transmissive pour certains contenus en compléments.
C11	Généralisation Co-construite sur des contenus décalés des investigations (schématisation)	Reportée à la séance suivante		Pas de généralisation (QIB1) Généralisation guidée par l'enseignant (QIB 2)	Pas de généralisation (QIB1 et 3) Généralisation par l'enseignant (QIB2)	Généralisation par l'enseignant sur des contenus décalés des investigations. (séance 1) (adaptation au milieu) Pas de généralisation (séance 2 et 3)

Tableau 30. DI construite en situation et critères d'authenticité

L'analyse montre que les séances de deux des cinq enseignants (BOI et BED) ne présentent aucun critère d'authenticité. Les activités ne sont pas conçues par les élèves mais imposées par l'enseignant. Il n'y a pas de formulation d'hypothèses ni de construction de protocoles, les activités présentées par les enseignants comme expérimentales ou documentaires sont cadrées afin que les élèves réussissent les tâches demandées. Les résultats obtenus pour BOI et BED ne semblent pas nouveaux pour les élèves dans la mesure où ils réalisent avec succès les circuits électriques demandés. Il s'agit d'activités dont les contenus semblent connus des élèves ou au moins ne leur pose pas de problème. Le questionnement est posé par l'enseignant sous forme d'un défi, et à aucun moment des discussions n'ont lieu. Seuls les résultats de quelques élèves sont exposés à l'ensemble de la classe pour servir de base à une trace écrite collective. Les séances présentées par MOR ne présente un caractère authentique que lors des bilans qui font l'objet de discussion entre l'enseignant et les élèves. Les résultats sont nouveaux pour les élèves.

Seules les séances proposées par DES et HER présentent un nombre important de critères d'authenticité, 8 pour DES et 6 pour HER (tableau 30). Pour DES la presque totalité du cycles QIB1 présentent des critères d'authenticité. Mis à part le fait que nous n'avons pas assisté à la séance de questionnement, la formulation du questionnement, reprise en rappel de séance, est suivie d'une phase de formulation d'hypothèses simples en rapport avec la question fermée posée et d'un temps mêlé d'investigation et de bilan. Au cours de cette phase, les hypothèses, les protocoles et leur pertinence, les résultats par rapport à la question et les hypothèses sont discutées. Le caractère authentique des activités de DES résident dans la confrontation des idées des élèves tout au long de la séance, du lien effectué entre les différents moment de la démarche : lien entre question et hypothèses, entre hypothèses et protocole, entre protocole et résultats, entre protocole et question, etc., et des allers et retours entre ces phases comme le montre cet extrait d'une interaction enseignant-élève.

Extrait de la séance DES:

DES: Alors est ce que tu as prouvé quelle quant'. Alors toi au départ, votre groupe pensait qu'il y avait quelle quantité d'air ? Vous expiriez quelle quantité d'air ?

E: (silence)

DES: Cinq, la quantité d'air que tu pouvais expirer?

E: Non parce qu'il fallait une bouteille de cinq litres.

Un protocole est proposé en relation avec une hypothèse, puis testé, sa pertinence est discutée par un retour sur l'hypothèse ou la question posée. La démarche n'est plus linéaire dans le sens ou l'ordre prescrit des étapes de la démarche n'est plus respecté. Dans l'extrait précédent le déroulement de la discussion du protocole présente un caractère erratique, l'enseignant mobilise tantôt la question tantôt l'hypothèse tantôt le protocole proposé pour amener l'élève à faire une nouvelle proposition (une bouteille de cinq litres) (tableau 31).

		Linéarité de la démarche prescrite Question - Hypothèse - Protocole →		
Démarche erratique			Hypothèse	<i>Alors toi au départ, votre groupe pensait qu'il y avait quelle quantité d'air</i>
	Question			<i>Vous expiriez quelle quantité d'air ?</i>
			Hypothèse	<i>Cinq</i>
			Protocole testé	<i>là c'est une bouteille de 2l, est ce que en soufflant dans la bouteille tu as prouvé</i>
	Question			<i>la quantité d'air que tu pouvais expirer?</i>
			Protocole	<i>Non parce qu'il fallait une bouteille de cinq litres.</i>

Tableau 31. Caractère erratique de la DI chez DES.

Ce caractère erratique traduit la logique de cheminement de la démarche d'investigation mis en œuvre à ce moment de la séance par DES.

HER met en place de longs moments de discussions. En début de séquence, lors de la formulation du questionnement, un débat autour des productions des élèves reflétant leurs conceptions du trajet des aliments permet la formulation d'une série importante de questions qui servent de base au travail d'investigation. L'enseignant invite à la formulation de quelques hypothèses simples. En fin de séquence HER mets en place des moments de discussion des résultats obtenus lors des investigations. C'est lors des moments d'investigation que la séquence de HER perd de son authenticité. En effet, les activités sont alors imposées en réponse aux questions posées, les élèves ne conçoivent pas ces moments. Il n'ont pour tâche que d'imaginer la méthode pour utiliser le matériel proposé, qu'il soit expérimental ou documentaire.

Néanmoins même chez DES et HER, ces moments d'authenticité scientifique alternent avec d'autres moments dénués d'authenticité scientifique. Un exemple révélateur est celui de DES qui organise sa séance en deux temps (QIB1 et QIB2) portant sur le même contenu de connaissance. Il s'agit de connaître le volume d'air lors d'une expiration par expérimentation. En effet, QIB1 présente un mode d'enquête guidé (Windshilt, 2003) hypothético-déductive. Il s'agit pour les élèves de concevoir un protocole afin de tester une hypothèse en relation avec une question posée. La démarche présente également un caractère erratique fort marquée par des allers et retours entre conception de l'investigation, réalisation de l'investigation, résultats et bilan qui ne se présente pas de manière linéaire, par conséquent plus proche de l'activité scientifique authentique de référence. Inversement QIB 2 présente une modalité d'enquête structurée et déductive. La question est posée par l'enseignant au travers d'un document présentant un protocole expérimental à suivre pas à pas. Les élèves suivent ces étapes imposées pour aboutir au résultat attendu par l'enseignant. Le caractère erratique de la démarche disparaît, les temps de discussions ne portent que sur la compréhension du document, en d'autres termes, la démarche se résume à un travail sur la langue au travers de la lecture d'un texte. Les contenus transitoirement changent de domaine disciplinaire.

Le tableau 32 présente les caractéristiques de la démarche d'investigation mise en œuvre pour les cinq enseignants.

	BOI	BED	DES	HER	MOR
Logique pédagogique	Inductive	Inductive	Hypothético-déductive (QIB1) Déductive (QIB2)	Hypothético-déductive et inductive	Déductive
Modalité de l'enquête	Enquête guidée mais structurée par le matériel	Enquête guidée mais structurée par le matériel	Enquête guidée (QIB1) Enquête structurée (QIB2)	Enquête ouverte pour le questionnement Enquête structurée pour l'investigation	Enquête structurée par la documentation et Enquête de confirmation par l'application de la règle.

Tableau 32. Caractérisation de la DI pour les 5 enseignants

3 Synthèse

L'analyse de la construction de la matière *Sciences et Technologie* effectuée dans ce chapitre montre deux clivages. Un premier clivage apparaît à propos des contenus à enseigner en éducation scientifique. Que ce soit dans le discours, issu des entretiens et des fiches de préparation, ou en situation, deux contenus s'opposent : d'une part les contenus de connaissances et d'autre part les contenus de pratique scientifique. Nous faisons correspondre ce clivage entre ces deux contenus avec le clivage que nous montrons entre deux logiques de construction de la démarche d'investigation. Même si l'objectif principal des enseignants étudiés est l'enseignement de contenus de connaissances, les deux logiques mettent l'accent sur l'un des deux contenus précédemment cités. En effet, la logique cumulative est principalement centrée sur l'acquisition de contenus de connaissances et la démarche d'investigation est envisagée comme une démarche d'enseignement. La logique de cheminement permet l'acquisition, par les élèves, de contenus de pratique scientifique, tels que la posture critique, la formulation d'hypothèses, la conception d'expériences, la discussions des résultats, etc., au travers de moments qui présentent davantage d'authenticité en référence au monde des scientifiques. La démarche d'investigation est envisagée comme une démarche d'apprentissage de contenus de pratique scientifique.

Malgré l'existence de points communs dans la pratique des enseignants étudiés tels que la prégnance des contenus de connaissances énoncés de manière explicite dans le discours contextualisé et en situation, l'inscription des séances dans une logique correspondant globalement à la démarche d'investigation prescrite, la référence aux programmes, etc., il se dégage de l'ensemble de ces analyses une tendance qui étaye l'hypothèse d'une individualisation de la construction de la pratique d'enseignement. Nos deux niveaux d'analyse de la construction, construction pré-active au travers de deux discours et construction interactive de la démarche d'investigation et des moments qu'elle comprend, montre une grande diversité : diversité de logiques de la démarche d'investigation, diversité de constructions des moments de la démarche d'investigation, diversité des critères d'authenticités des situations pour les enseignants étudiés et chez un même enseignant, etc. Chaque enseignant construit de manière personnelle sa pratique d'enseignement que ce soit au niveau des contenus méthodologiques (cyclicités de la démarche différentes), des contenus

procéduraux (natures différentes du questionnement, des investigations, présence des hypothèses), des critères d'authenticité (nombreux ou absents), des modalités d'enquête, des logiques pédagogiques, etc. Néanmoins nous montrons que la pratique de deux enseignants (BOI et BED) portant sur un même thème (l'électricité) présentent de nombreuses similitudes. La démarche d'investigation est construite selon une logique cumulative, les moments de la démarche sont construits de la même façon, les questions et les investigations sont similaires, les bilans sont orientés vers le même contenu de communication (le schéma et le dessin du circuit électrique). Bref, ces similitudes traduisent une uniformisation de la pratique qui semble spécifiée par le contenu visé, commun aux deux enseignants.

Ces tendances analysées à un niveau mésoscopique nécessitent une analyse plus fine au niveau microscopique. Dans les chapitres 4 et 5 suivants, nous caractérisons la construction inter-active de la pratique des enseignants au travers des médiations et leur rapport aux contenus.

Chapitre 5. Une pratique d'enseignement spécifiée par les contenus

Dans le chapitre 4, l'analyse des pratiques déclarées et effectives montre que les enseignants construisent deux types de contenus : d'une part des contenus de connaissances et d'autre part des contenus de pratique scientifique ; que la démarche d'investigation (DI) est construite de deux manières, l'une cumulative où c'est l'enseignant qui dirige la construction des savoirs pas à pas, l'autre où l'enseignant laisse davantage l'élève construire les savoirs selon son propre cheminement. La multiplicité des constructions des contenus en éducation scientifique et technologique à l'école élémentaire par les enseignants, mise en évidence, nous amène à envisager la relation entre ces constructions variables et la pratique d'enseignement.

Nous concevons la pratique d'enseignement comme une médiation didactique de l'enseignant qui agit sur la médiation cognitive de l'élève (Lenoir, 1996), les performances didactiques (Daunay, 2008 ; Reuter, 2011 ; Zaid, 2012) comme l'expression de la médiation cognitive de l'élève et la médiation didactique comme une action sur les performances didactiques des élèves (Zaid, 2012) qui peuvent être cognitives, techniques, sociales et de silence (Zaid, 2012). Nous caractérisons la médiation selon sa fonction (réflexive, injonctive, explicative, etc.) selon les langages scientifiques et technologiques mobilisés (Lemke, 1998) et selon le mode d'engagement des élèves dans l'activité (élève-récepteur, élève-trouveur et élève-chercheur).

Nous explorons dans ce chapitre la question de la variabilité de la pratique spécifiée par les contenus et par conséquent la variation de la médiation didactique de l'enseignant. Notre approche par étude de cas a pour but de mettre en évidence certains facteurs de variation de la médiation et les implications de ces variations, en relation avec les contenus.

Nous avons demandé aux enseignants de proposer une situation d'enseignement-apprentissage de leur choix afin que notre demande soit le moins possible interprétée comme un attendu et induise une situation artificielle. Par conséquent, notre méthodologie tient compte d'une part des situations proposées et d'autre part de la nature des contenus que nous pouvons explorer à partir de ces situations. Notre étude porte sur quatre enseignants dans

deux types de situations : soit une séquence, c'est le cas de HER¹⁴, soit une seule séance, c'est le cas de BOI, BED et DES. HER présente une séquence complète de trois séances, portant sur la digestion, s'inscrivant dans la démarche d'investigation construite selon une logique de cheminement (voir chapitre 3) et présentant une grande diversité de contenus. BOI et BED présentent une séance portant sur un contenu commun (l'électricité) dont la démarche d'investigation est construite selon une logique cumulative (voir chapitre 3). Ces deux logiques nous permettent d'étudier d'une part la construction interactive de la démarche d'investigation au travers des médiations déployées lors des différents moments de la démarche (HER) et d'autre part d'effectuer une comparaison de la médiation de deux enseignants pour un même contenu (BOI, BED). Enfin, DES présente une séance, portant sur la respiration, centrée sur un moment de la démarche d'investigation (l'investigation expérimentale), nous permettant d'étudier la variation de la médiation au cours du moment pour un même contenu.

Notre méthodologie tient compte du fait que les contenus s'expriment selon des temporalités différentes. Par exemple, un contenu de pratique scientifique telle que la démarche d'investigation peut se dérouler à une échelle mesoscopique large ; soit sur une séquence, c'est le cas de HER, soit sur une séance, c'est le cas de BOI et BED selon les choix que font les enseignants. En revanche, un contenu de connaissances peut apparaître sur une échelle plus étroite telle que celle d'un moment de la démarche ou celle de la transaction (voir chapitre 3, section 3). Notre méthodologie mobilise des outils tenant compte de cette temporalité. Nous traitons les données de manière quantitative à propos des caractéristiques de la médiation (fonctions, modes d'engagement et langages mobilisés) pour dégager une tendance générale de la médiation à une échelle large. Nous traitons également les données de manière qualitative. En effet les cartes de répartition temporelle des caractéristiques de la médiation et des contenus en jeu, obtenues à partir de Transana, nous permettent de suivre l'évolution de la médiation dans le temps. Les profils de transaction nous permettent quant à eux une analyse fine des actions de médiation de l'enseignant à propos d'un contenu. Nous faisons le choix de tel ou tel outil selon sa pertinence à explorer la variabilité de la médiation. Soit la variabilité est étudiée au niveau de la transaction et nous avons recours aux profils de transaction, soit elle est étudiée à une échelle plus large, celle de la séquence, et nous avons recours à une analyse quantitative des caractéristiques de la médiation pour déterminer une

¹⁴ HER, BOI, BED, DES : codage des enseignants de notre étude. HER enseigne en CM1, BOI en CE1/CE2, BED en CM2 et DES en CE2.

tendance générale ou aux cartes de répartition des indicateurs et catégories à l'aide de Transana pour une analyse temporelle de la relation médiation-contenus. Chaque outil n'est pas utilisé systématiquement mais selon sa pertinence à explorer la question de la variabilité de la médiation.

Par conséquent, notre méthodologie explore la variabilité de la médiation en se basant sur le cadre théorique définissant les caractéristiques de la médiation et en s'adaptant à la situation proposée. Notre approche méthodologique s'articule autour de deux pôles, l'un descendant qui consiste à explorer la question de la variabilité à partir du cadre théorique, l'autre ascendant qui explore la question en tenant compte de la situation et de ses particularités. Nous considérons la pratique de recherche méthodologique en effectuant un parallèle avec la pratique d'enseignement que nous étudions dans ses dimensions à la fois pré-active et interactive (Lenoir, 2007).

En résumé, nos choix nous amènent à voir de trois manières la relation médiation contenus : une médiation qui varie selon des contenus organisés au sein des moments de la démarche d'investigation (HER) ; une médiation de deux enseignants pour des contenus communs (BED et BOI) et une médiation variable, lors d'un moment de la démarche d'investigation, pour un même contenu de pratique scientifique (DES).

L'analyse montre que la médiation varie selon les moments de la démarche d'investigation, tels que le questionnement, les investigations et les bilans, vus comme des contenus moléculaires organisateurs de contenus (Denizot, 2014), que des contenus communs uniformisent la médiation de deux enseignants différents et qu'un même enseignant exerce deux médiations différentes pour un même contenu procédural (DES)

L'analyse montre également que certaines formes de médiation impliquent deux types d'engagement des élèves dans l'activité. Un engagement de type élève-trouveur où l'élève produit des performances didactiques attendues par l'enseignant (principalement cognitives) et un engagement de type élève-chercheur où l'élève produit des performances didactiques originales (technique et cognitive), non attendues par l'enseignant. Ce clivage est en relation avec le clivage des contenus de pratique scientifique et de connaissances construits par les enseignants et le clivage des deux formes de construction de la DI.

Nous montrons enfin que les performances didactiques des élèves agissent en retour sur la médiation didactique jusqu'à modifier les attendus de l'enseignant et faire émerger des contenus originaux¹⁵.

¹⁵ Les données utilisées dans ce chapitre sont consignées dans les annexes 1 à 4 et 11 à 14.

1 Pratique d'enseignement et contenus mobilisés

1.1 Une pratique qui varie selon les contenus

Nous envisageons ici la relation entre contenus et médiation didactique de l'enseignant en montrant que la médiation dépend des contenus en jeu dans les situations d'enseignement et d'apprentissage. Nous présentons les résultats de l'analyse d'une séquence de trois séances au CM1, présentée par HER, portant sur la digestion humaine. La séquence est articulée autour de différentes manipulations (maquettes, puzzle, expérience) et d'un travail de lecture documentaire. Notre analyse à la fois quantitative et qualitative vise à mettre en lien la nature des contenus et les caractéristiques des médiations associées. Dans un premier temps, par une approche quantitative, nous analysons la séquence en considérant les contenus associés aux différents moments de la démarche d'investigation comme des contenus moléculaires qui organisent des contenus « *de natures diverses, interagissant entre eux* » (Denizot, 2014). Ainsi le questionnement, les investigations, les bilans et les synthèses sont vus comme « *organiseurs de contenus* » de connaissances et de pratique scientifique. Dans un second temps, par une approche qualitative à partir des cartes séquentielles issues de Transana, nous croisons l'analyse des contenus avec celle des médiations mises en œuvre par les enseignants que nous caractérisons par leurs fonctions, les modalités de langages scientifiques mobilisés et par les modes d'engagement des élèves qu'ils induisent.

La séquence de HER se compose de trois séances qui suivent le déroulement de la démarche d'investigation prescrite. La séance 1 pose le questionnement et la formulation des hypothèses, les investigations basées sur la manipulation et les bilans sont proposées aux élèves en séance 2 et la séance 3 poursuit les bilans et se termine par une nouvelle investigation documentaire suivie d'un bilan. Quatre types de contenus, que nous qualifions de moléculaires, sont considérés dans la séquence analysée (tableau 33).

Séances	Séance 1	Séance 2	Séances 2 et 3	Séances 2 et 3
Contenus	Questionnement Hypothèses	Investigations (Manipulations)	Investigations (Documentation)	Bilans

Tableau 33. Contenus moléculaires de la séquence : La digestion (CM1)

1.1.1 La variation de la médiation et les contenus moléculaires

Nous présentons ici les caractéristiques de la médiation de l'enseignant au fil de la séquence. La médiation est caractérisée par sa fonction qui agit de manière variable sur les performances didactiques des élèves, par le mode d'engagement des élèves dans l'activité et par l'usage par l'enseignant des langages scientifiques pour indiquer le contenu en jeu. La fonction dominante de la médiation est différente selon les séances (tableau 34).

Fonctions médiation :	S1 Questionnement	S2 (investigation)				S2 (bilan)	S3 (investigation / bilan)
		Groupe absorption	Groupe péristaltisme	Groupe déglutition	Groupe Tube digestif	Hors travail de groupe	
Descriptive	/	0	0	15	26,1	/	/
Enonciatrice	2,3	3,7	10	15	13	3	1,8
Evaluative	2,3	/	/	/	/	/	/
Explicative	2,3	11,1	10	10	4,3	27,3	36,4
Informative	/	7,7	10	/	/	24,2	12,7
Injonctive	9,3	18,5	50	15	13	/	7,3
Justificative	4,7	/	/	/	/	/	/
Mémorielle	9,3	/	/	/	/	3	12,7
Pédagogique	9,3	29,6	10	30	34,4	6,1	1,8
Récapitulative	4,7	/	/	/	/	3	3,6
Réflexive	58,1	29,6	10	15	13	33,3	23,6

Tableau 34. Fonctions de la médiation de l'enseignant selon les séances (en pourcentage du nombre total d'épisodes¹⁶)

En effet, en séance 1, la fonction dominante, avec plus de la moitié des interventions (58,1 %), est réflexive. L'enseignant amène les élèves à développer une réflexion en posant des questions ouvertes. En séance 2, lors des temps de travail de groupe, les interventions à fonctions pédagogiques et injonctives occupent une place importante, avec 34,8 % des interventions à fonction pédagogique pour le groupe tube digestif et 50 % à fonction injonctive pour le groupe péristaltisme par exemple. Ces données peuvent être interprétées comme la volonté de l'enseignant de veiller au bon déroulement du travail d'investigation par des aides matérielles, en vérifiant l'avancée et en recentrant les élèves sur la tâche, etc. (fonction pédagogique), et à orienter le travail par une directivité des actions (fonction injonctive). Hors du travail de groupe, en séance 2, ce sont les interventions à fonctions

¹⁶ Les données quantitatives présentées dans ce tableau sont issues d'une analyse des séances réalisée à l'aide de Transana. Les séances sont découpées en épisodes caractéristiques de la médiation de l'enseignant. La catégorie que nous utilisons pour effectuer le découpage est la fonction de la médiation (chapitre 3 sous-section 8.2). A partir de ce découpage Transana produit un rapport quantitatif du nombre d'épisodes par catégories que nous présentons en pourcentage du nombre total d'épisodes de chaque moment de la démarche d'investigation. ou de la séance lorsque le moment se déroule sur une séance entière. Nous effectuons un découpage supplémentaire lors de la séance 2, en étudiant séparément chaque groupe d'investigation dans la mesure où les contenus organisés sont différents.

informative (24,2 %), réflexive (33,3 %) et explicative (27,3 %) qui dominent. Cette variabilité de la médiation traduit la volonté de l'enseignant, d'une part, de faire réfléchir les élèves sur les investigations réalisées (réflexive) qu'ils présentent lors d'une mise en commun (informative) et d'autre part l'assurance que les contenus soient structurés au travers des explications de l'enseignant. En séance 3, ce sont les interventions à fonction explicative (36,4 %) qui sont dominantes. L'enseignant explique les phénomènes en jeu.

Le mode d'engagement des élèves dans l'activité varie également selon les séances (tableau 35).

Mode d'engagement des élèves :	S1 Questionnement	S2 (investigation)				S2 (bilan)	S3 (investigation / bilan)
		Groupe absorption	Groupe péristaltisme	Groupe déglutition	Groupe Tube digestif	Hors travail de groupe	
Chercheur	44,7	5	/	/	/	12,1	19,2
Trouveur	31,6	60	55,6	63,6	58,3	54,5	36,5
Récepteur	23,7	35	44,4	36,4	41,7	33,3	44,2

Tableau 35. Mode d'engagement des élèves au cours de la séquence (en pourcentages du nombre total d'épisodes¹⁷)

En effet lors de la séance 1, les élèves produisent davantage de performances didactiques originales non attendues par l'enseignant que dans les autres séances (élèves chercheurs pour 44,7 %). En revanche en séance 2, les élèves mènent les investigations ou participent aux bilans en produisant davantage de performances didactiques attendues par l'enseignant (élèves trouveurs pour plus de 55 % quel que soit le groupe et 54,5 % hors travail de groupe.). Enfin en séance 3, en produisant des performances didactiques de silence, les élèves sont davantage récepteurs des interventions de l'enseignant (44,2 %). Il apparaît par conséquent que l'initiative soit laissée aux élèves lors du questionnement, comme le précise la deuxième étape de la démarche d'investigation prescrite : « *la formulation du questionnement (Q) des élèves : travail guidé par le maître qui, éventuellement, aide à reformuler les questions pour s'assurer de leur sens* » (MEN, 2009) et que les investigations et les bilans soient guidées par l'enseignant vers les contenus attendus.

De même les langages scientifiques mobilisés par l'enseignant varient selon les séances (tableau 36).

¹⁷ Le mode de calcul des modes d'engagement des élèves dans le tableau sont similaires au calcul des fonctions de la médiation présenté précédemment.

Langages mobilisés :	S1 Questionnement	S2 (investigation)				S2 (bilan)	S3
		Groupe absorption	Groupe péristaltisme	Groupe déglutition	Groupe Tube digestif	Hors travail de groupe	(investigation / bilan)
Gestuel	1,6	/	/	/	/	2	2,6
Procédural	/	26,5	35,7	10	/	14,3	5,3
Verbal oral	63,5	55,9	64,3	55	57,1	67,3	68,4
Verbal écrit	12,7	8,8	6,7	/	4,8	/	15,8
Visuel	22,2	8,8	/	35	38,1	16,3	7,9

Tableau 36. Langages mobilisées par HER au cours de la séquence (en pourcentages du nombre total d'épisodes¹⁸)

Au cours de toutes les séances l'enseignant emploie majoritairement le langage verbal oral (plus de 55 % quelle que soit la séance), c'est par des interventions orales que le questionnement est posé, que les élèves sont invités à réaliser les investigations et à participer aux bilans. Néanmoins un autre langage, en relation avec le contenu en jeu, est associé au langage verbal. En effet en séance 1 le langage visuel employé traduit le fait que le questionnement est posé à partir des conceptions des élèves exprimées sous forme d'un croquis du trajet des aliments. En séance 2, lors du travail de groupe, le langage procédural vient compléter le langage verbal oral pour deux groupes (Absorption et péristaltisme) dans lesquelles les investigations sont de nature manipulative. Il s'agit de réaliser un montage permettant de filtrer un mélange d'eau et de fruits écrasés pour le groupe absorption et de réaliser une manipulation consistant à faire progresser une balle de tennis dans un collant pour le groupe péristaltisme. L'enseignant manipule pour accompagner ses interventions orales. En revanche pour le groupe déglutition où les élèves manipulent une maquette en carton de l'arrière gorge et le groupe tube digestif où il s'agit de réaliser un puzzle du tube digestif à partir de vignettes à découper, le langage visuel accompagne cette fois le verbal oral (35 % pour le groupe déglutition et 38,1 % pour le groupe tube digestif.). Enfin en séance 3, le langage verbal écrit (15,8 %) accompagne le langage verbal oral lors de l'investigation documentaire et de la rédaction de la trace écrite.

Ces données traduisent des tendances de la médiation de HER lors de cette séquence synthétisées dans le tableau suivant (tableau 37).

¹⁸ Idem pour le calcul des langages mobilisés

S1 (Questionnement)	S2 (investigation)	S2 (bilan)	S3 (investigation / bilan)
Réflexive Chercheur Verbal oral et visuel	Injonctive et pédagogique Trouveurs Verbal oral, et procédural ou visuel selon les contenus.	Informative - réflexive et explicative Trouveurs Verbal oral et procédural ou visuel selon les contenus.	Explicative Récepteurs Verbal oral et écrit

Tableau 37. Synthèse de la médiation de HER (séquence digestion)

Néanmoins, ces tendances sont à nuancer. En effet, par exemple, en séance 1 et 3 les élèves sont également trouveurs, la médiation de l'enseignant est à fonction réflexive en séance 1 mais aussi dans une proportion non négligeable en séance 2 (bilan) et 3. Une analyse plus dense est nécessaire mettant en relation ces tendances avec les contenus en jeu dans les différentes séances et en particulier selon les contenus moléculaires en jeu et les contenus qu'ils organisent. Nous présentons ces analyses dans les paragraphes suivants.

1.1.2 Une médiation à fonction réflexive au moment du questionnement

Le moment du questionnement occupe la totalité de la séance 1. Le questionnement est posé à partir des productions des élèves mobilisées au travers d'un croquis sur lequel les élèves doivent inscrire ce qu'ils pensent du trajet des aliments solides (biscuit) et liquides (verre d'eau).

La médiation réflexive de l'enseignant se développe sur trois temps différents de la séance associés à deux modes d'engagement des élèves et trois types de contenus (figure 39).

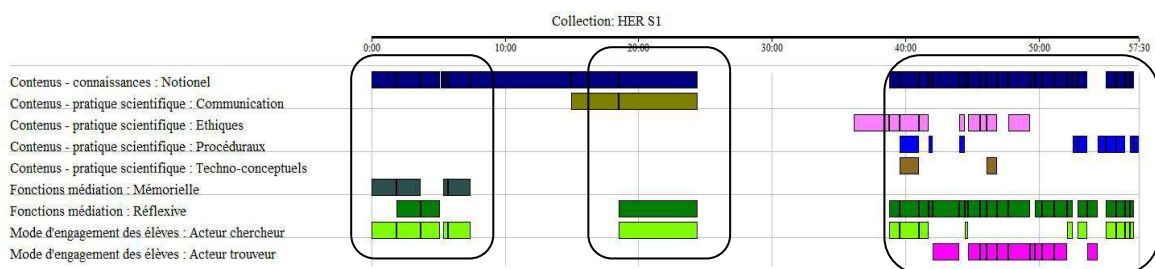


Figure 39. Questionnement, médiation et nature de contenus¹⁹

Lors du premier temps, la médiation réflexive est associée à une médiation mémorielle à propos de contenus de connaissances. Les élèves manifestent des performances didactiques originales (élèves chercheurs). Lors du deuxième temps, la fonction réflexive s'exerce à

¹⁹ Nous utilisons, pour étudier la relation entre contenus et caractéristiques de la médiation, les graphes de répartition des catégories produit par Transana. Nous lisons ces graphes selon deux axes : un axe horizontal suivant le déroulement temporel indiqué en haut de la figure (qui nous permet ici de distinguer trois temps dans la séance que nous entourons) ; et un axe vertical qui permet de croiser différentes catégories telles que la fonction de la médiation, le mode d'engagement et les contenus associés (Voir chapitre 3 sous-section 8.2).

propos de contenus de communication et de connaissances. Là encore les élèves sont amenés à s’engager dans l’activité en tant qu’élèves chercheurs. En fin de séance, la médiation réflexive est associée à de nombreux contenus de pratiques scientifiques (procéduraux, éthiques et techno-conceptuels) en relation avec les contenus de connaissances. Les élèves, dans ce cas, produisent davantage de performances didactiques correspondant à des contenus attendus par l’enseignant (élèves trouveurs).

Une analyse plus fine de l’énoncé des contenus de connaissances organisés par le moment de questionnement montre que la relation entre la médiation réflexive, commune aux trois temps de la séance, avec les contenus et les modes d’engagement des élèves permet d’approcher de manière indirecte les intentions didactiques de l’enseignant (figure 40).

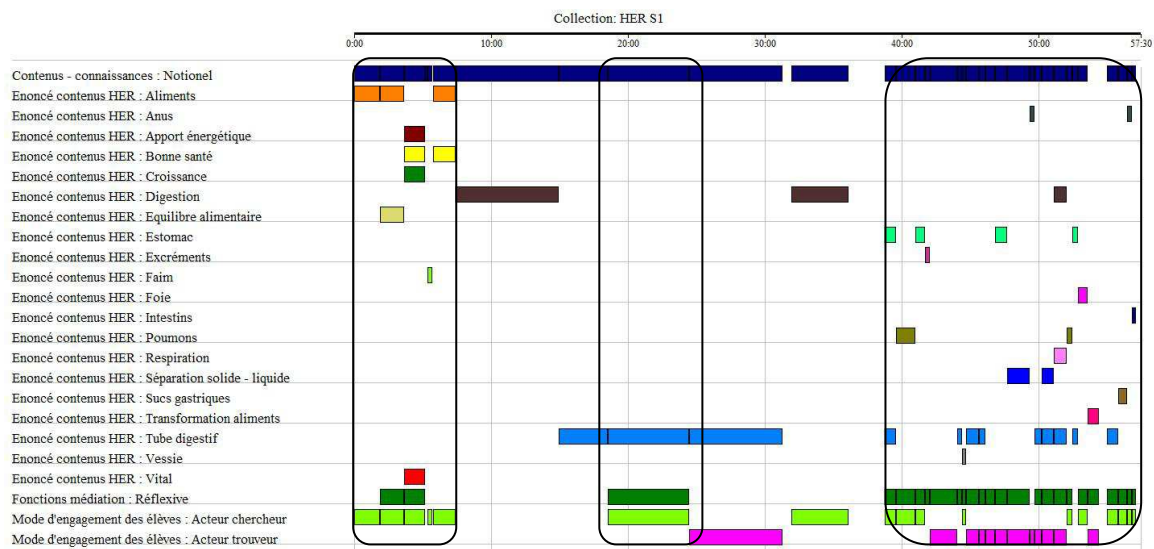


Figure 40. Contenus et mode d’engagement des élèves liés à la médiation didactique réflexive lors du questionnement

En effet, le premier temps de médiation réflexive associée à une médiation mémorielle porte sur le thème de l’alimentation. Par une médiation mémorielle, il s’agit pour l’enseignant d’amener les élèves à exprimer leur vécu à propos des aliments (caractérisé par l’indicateur *aliments*) afin d’introduire le sujet de leur transformation. Dans ce temps introductif, la médiation réflexive porte sur l’équilibre alimentaire et les finalités de l’alimentation, indirectement en lien avec le sujet de la séquence. Ces contenus, caractérisés par les indicateurs suivants : *équilibre alimentaire, faim, vital, bonne santé*, ont pour origine avec une performance didactique d’un élève qui agit sur la médiation de l’enseignant comme nous montrons dans la section 3 de ce chapitre. L’enseignant demande aux élèves d’exprimer leurs conceptions et sa médiation réflexive amène les élèves à mobiliser des performances

didactiques cognitives originales (élèves chercheurs). Dans le deuxième temps, la médiation réflexive porte sur la notion de tube digestif. Les élèves expriment là encore leurs conceptions sur le sujet. En posture d'élèves-chercheurs ils dessinent le trajet des aliments. Enfin, le troisième temps combine divers thèmes au sujet de la digestion. Les indicateurs *estomac* et *intestin* sont l'expression de propos portant sur le trajet des aliments et la notion de tube digestif. Les indicateurs *vessie* et *séparation solides-liquides* sont en relation avec les concepts d'absorption et d'excrétion et les indicateurs *transformation des aliments, suc digestifs et excréments* sont en relation avec le concept de digestion chimique. Cette diversité de contenus de connaissances et le mode d'engagement des élèves qui manifestent des performances didactiques attendues (élèves trouveurs), traduit l'intention de l'enseignant d'aborder, au travers de sa médiation réflexive, l'ensemble du thème. Sans le restreindre à la seule notion de tube digestif l'enseignant prépare la suite de la séquence comme le montre les contenus des séances 2 et 3. Néanmoins des contenus extérieurs à la digestion, marqué par les indicateurs poumons et respiration, associés à un mode d'engagement élève-chercheur montre également l'intention de l'enseignant de prendre en compte les idées des élèves dans la construction de la séquence.

Ce constat est complété par l'analyse de l'organisation des contenus de pratique scientifique, lors du troisième temps, qui montre qu'il s'agit pour l'enseignant de poser le questionnement à partir d'une analyse des productions des élèves. Les contenus de pratique scientifique sont procéduraux (se questionner), techno-conceptuels (argumenter son point de vue) et éthiques (adopter une posture critique) (figure 41).

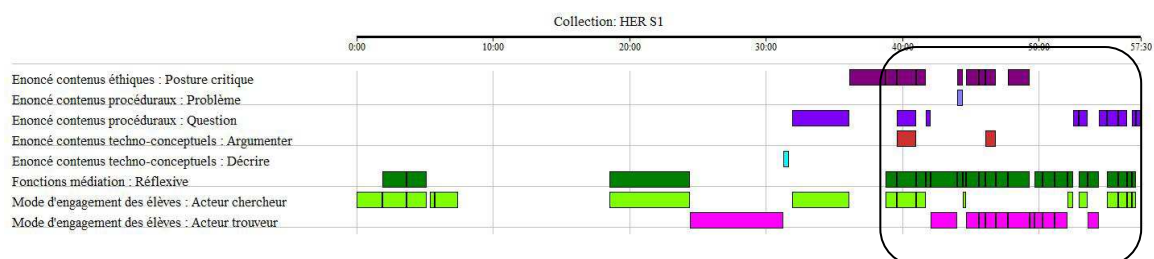


Figure 41. Contenus de pratique scientifique, mode d'engagement des élèves et médiation

En effet la médiation réflexive agit sur les performances didactiques techniques des élèves. Pour le dire autrement, l'enseignant agit pour que les élèves analysent de manière critique les productions de leurs camarades et argumentent leurs points de vue afin de poser une série de questions portant sur le trajet des aliments (*Combien y a-t-il de tuyaux ? La nourriture passe-t-elle par les poumons ? Y a-t-il une vessie ? Y a-t-il un lien avec le cœur ? Où se trouve le*

foie ?), sur les transformations (*Que font les sucs gastriques ?*) et sur l'absorption des nutriments (*Que devient la nourriture ? on garde le meilleur, on rejette les déchets.*).

La médiation réflexive de l'enseignant et l'organisation des contenus, lors du moment du questionnement, traduit à la fois la volonté de l'enseignant de laisser les élèves initier la séquence et sa volonté d'aborder toutes les questions au sujet de la digestion. HER gère cette tension en mobilisant une même médiation (à fonction réflexive) mais engageant les élèves dans deux modalités distinctes. Ses actions amènent, d'une part, les élèves à s'engager en tant qu'élèves-chercheurs en manifestant des performances didactiques cognitives originales et d'autre part, à s'engager en tant qu'élèves-trouveurs, en manifestant des performances didactiques cognitives (tube digestif, absorption, digestion chimique) et techniques (questionnement) attendues. La médiation didactique réflexive dans le moment de questionnement s'exerce en direction des attendus envisagés lors des séances suivantes.

1.1.3 Une médiation injonctive et pédagogique au moment des investigations

La deuxième séance a pour objet la réalisation d'investigation en vue de répondre aux questions posées lors de la première séance. Au cours d'une investigation documentaire, lors d'une séance intermédiaire à laquelle nous n'avons pas assisté, les élèves visionnent une vidéo sous radiographie montrant le trajet des aliments.

En séance 2, la classe est organisée en 4 ateliers d'investigations proposés par l'enseignant. Dans trois des ateliers, les élèves sont amenés à manipuler. Dans l'atelier 1 (groupe absorption) les élèves réalisent un dispositif de filtration à partir de bouteilles d'eau et d'un filtre à café permettant d'aborder le concept d'absorption des nutriments. Dans l'atelier 2 (groupe péristaltisme) les élèves manipulent une maquette, faite d'un bas et d'une balle de tennis, afin d'aborder la notion de péristaltisme. Enfin, dans l'atelier 3 (groupe déglutition), les élèves construisent et manipulent une maquette en carton de l'arrière gorge afin d'aborder la notion de déglutition. Le dernier atelier (groupe tube digestif), de nature documentaire, consiste en la réalisation d'un puzzle de l'appareil digestif à partir de vignettes des organes de l'appareil digestif (bouche, estomac, intestin, glandes salivaires, pancréas, foie, etc.) à découper et à assembler sur une affiche. Les élèves disposent également de textes informatifs à propos de chacun des organes.

Au cours du temps de travail de groupe, l'enseignant passe d'un groupe à l'autre tout au long de la séance. Par conséquent, les interventions de l'enseignant pour chaque groupe

n'apparaissent pas dans leur continuité sur l'enregistrement filmé. Afin d'analyser la médiation de l'enseignant dans sa continuité, nous reconstruisons la temporalité en regroupant les interventions pour chaque groupe. A l'aide du logiciel Transana, les figures suivantes représentent la succession temporelle reconstruite des interventions de l'enseignant pour chaque groupe. Pour chaque groupe, nous mettons en évidence la relation entre les contenus (de connaissances et de pratique scientifique) et la fonction de la médiation associée.

Les contenus abordés dans chaque groupe sont de trois types : contenus de connaissances (notions), contenus procéduraux et contenus de communication. Les médiations dominantes sont à fonctions pédagogique et injonctive comme le montre en particulier la figure 42 pour le groupe absorption.

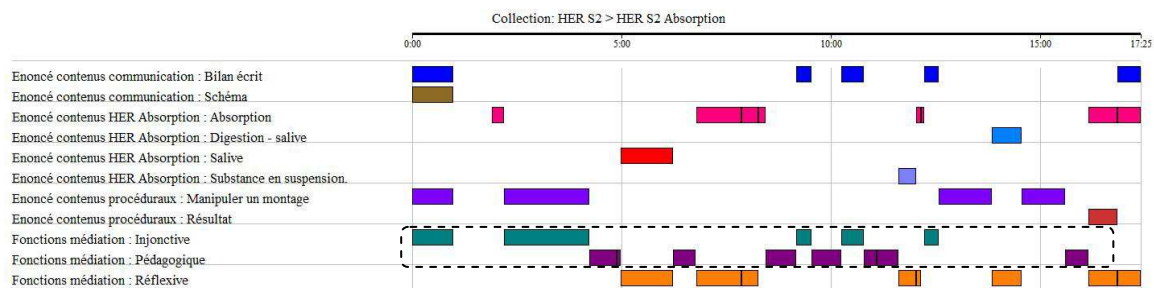


Figure 42. Fonctions de la médiation et contenus (Groupe absorption)

La médiation à fonction pédagogique, déployée de manière régulière, rythme ces temps d'investigation. Cette présence pédagogique de l'enseignant, qui vérifie l'avancée du travail, peut être interprétée comme une volonté de faire avancer le temps didactique afin d'aboutir aux attendus dans un temps donné.

La médiation injonctive agit sur les performances didactiques techniques des élèves. L'enseignant agit dans un premier temps sur les performances didactiques à contenus procéduraux puis sur des performances didactiques à contenus de communication comme le montre la figure 43 pour le groupe péristaltisme.

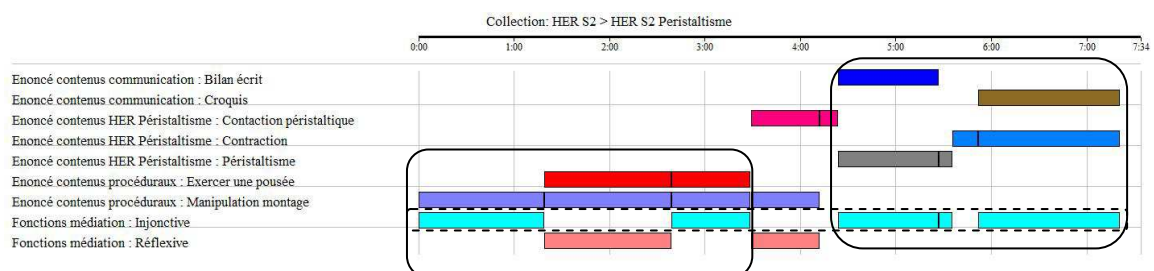


Figure 43. Fonctions de la médiation et contenus (Groupe péristaltisme)

Il s'agit pour l'enseignant d'agir pour que les élèves réalisent les investigations, en l'occurrence ici il s'agit de manipuler le matériel proposé pour faire avancer la balle de tennis dans le bas, puis que les élèves rédigent un compte rendu à communiquer à l'ensemble de la classe sous forme d'un bilan écrit accompagné d'un croquis.

La médiation réflexive s'exerce toujours sur les contenus de connaissances. Dans les groupes absorption et péristaltisme, les contenus de connaissances sont peu nombreux et la médiation réflexive est en relation avec la médiation injonctive. Il s'agit d'effectuer une filtration pour comprendre l'absorption ou d'exercer une poussée sur la balle de tennis pour comprendre la contraction péristaltique. En revanche les contenus de connaissances sont quantitativement plus importants et en relation avec une double médiation descriptive et énonciatrice dans les groupes déglutition et tube digestif comme le montre les figures 44 et 45. Dans les deux cas, il s'agit d'aborder les contenus en jeu en maîtrisant le lexique scientifique associé.

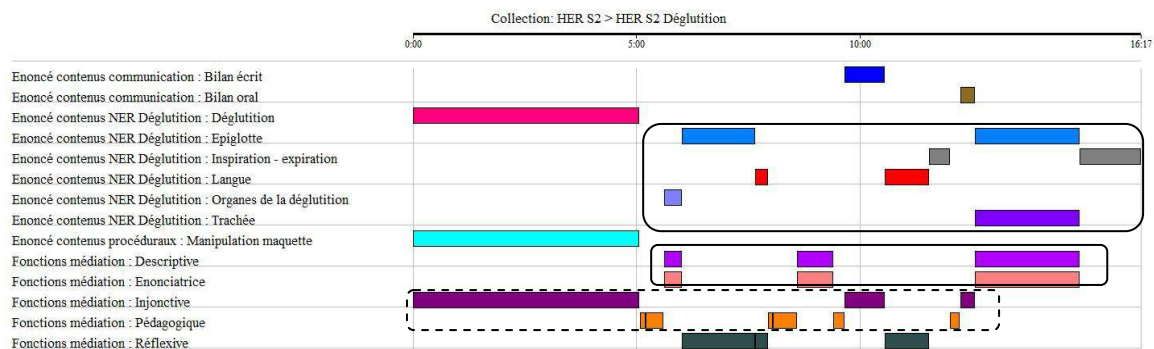


Figure 44. Fonctions de la médiation et contenus (Groupe déglutition)

Par exemple pour le groupe déglutition, l'enseignant décrit et nomme les organes (trachée, épiglotte, langue) de la maquette qui interviennent dans le phénomène de déglutition (figure 44). Dans le groupe tube digestif, ce sont les organes de l'appareil digestif qui sont décrits et nommés (organes de l'anatomie générale et du tube digestif, bile, foie, intestin grêle, glandes salivaires) (figure 45).

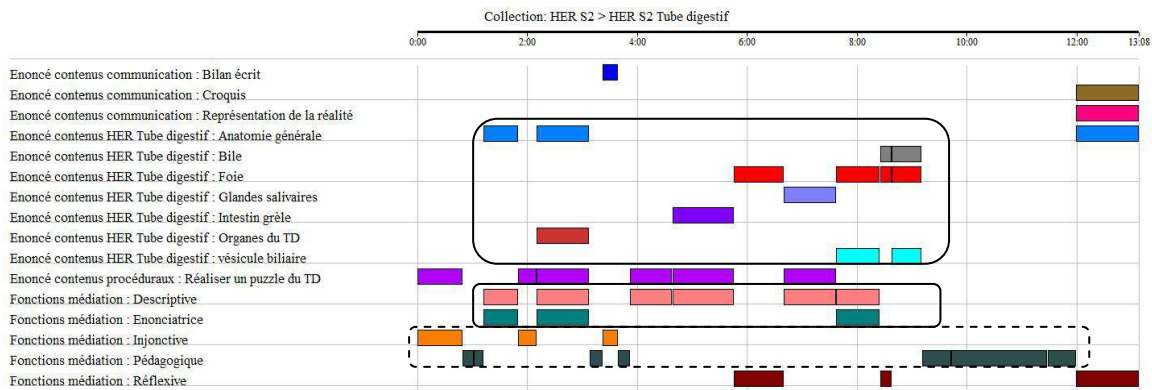


Figure 45. Fonctions de la médiation et contenus (Groupe tube digestif)

Les contenus de communication sont présents de manière variable selon le type de contenus moléculaires. Ils sont présents de manière significative pour les investigations de manipulation, soit par le nombre d'épisodes (3 pour le groupe absorption et 2 pour le groupe déglutition) ou par leur longueur (groupe péristaltisme). En revanche, ces contenus sont moins présents pour l'investigation documentaire (Tube digestif) avec un épisode court. Cette activité d'investigation qui consiste en la réalisation d'un puzzle du tube digestif sur une affiche à partir de vignettes, combine à la fois les contenus procéduraux (réaliser le puzzle) et les contenus de communication (réaliser une affiche). Cette investigation est à la fois une activité de recherche permettant de découvrir les organes intervenant sur la transformation des aliments (glandes salivaires, pancréas, foie) à partir des vignettes et des textes associés et une trace écrite structurant les connaissances sur le tube digestif (bouche, estomac, intestins) abordées lors de la séance de documentation vidéo-radiographique intermédiaire. L'investigation du groupe tube digestif est construite aussi comme une trace écrite alors que pour les autres groupes les investigations sont dissociées de la trace écrite. Pour le dire autrement, en réalisant la trace écrite les élèves du groupe tube digestif trouvent les contenus de connaissances attendus, alors que pour les autres groupes, ce sont les investigations qui permettent aux élèves de trouver les contenus de connaissances attendus, consignés ensuite sous forme d'une trace écrite demandée par l'enseignant.

1.1.4 Une triple médiation informative, réflexive et explicative au moment du bilan.

Dans la séquence, le moment du bilan consiste en la mise en commun des investigations réalisées par les élèves en séance 2. Le bilan débute en fin de séance 2 et se poursuit au début

de la séance 3. Nous présentons ici les médiations et les contenus associés pour ces deux temps de bilan.

Le moment du bilan, en fin de séance 2, se compose de trois temps correspondant aux contenus de connaissances de trois investigations : péristaltisme, absorption et déglutition (figure 46). La notion de transformation des aliments, qui traverse le bilan en apparaissant à trois reprises, annonce les contenus abordés en séance 3.



Figure 46. Contenus du bilan de la séance 2

L'enseignant, au cours du bilan, exerce une triple médiation qui, pour chaque contenu de connaissances associés à une investigation, comprend au moins un temps de médiation informative où les élèves rendent compte de ce qu'ils ont fait, un temps de médiation réflexive où l'enseignant agit pour faire réfléchir les élèves sur le lien entre l'activité d'investigation qu'ils ont vécue et la notion en jeu et enfin un temps de médiation explicative où l'enseignant reformule ce qu'il faut retenir de chaque investigation (figure 47).

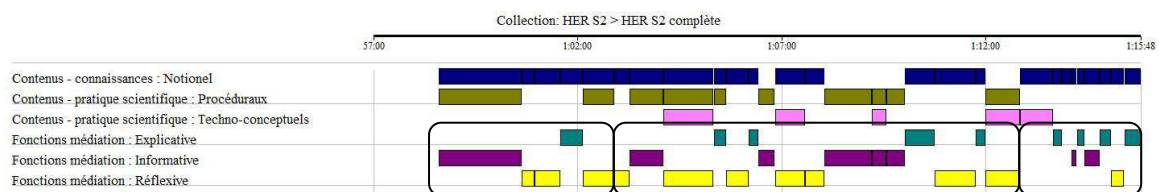


Figure 47. Fonctions de la médiation du bilan de la séance 2

La part de médiation explicative et réflexive diffère selon les contenus avec trois épisodes réflexifs et un explicatif pour le péristaltisme en début de bilan, 7 épisodes réflexifs et 4 explicatifs pour l'absorption et un réflexif et 4 explicatifs pour la déglutition en fin de bilan. Ces différences peuvent être mise en relation avec le nombre de contenus de connaissances et le lexique associé, comme nous l'avons montré précédemment (figure 44 et 45). Elles peuvent être mise en relation également avec l'attention que porte l'enseignant à l'investigation *absorption* dans la mesure où la durée consacrée au bilan pour cette investigation est la plus

longue (10') et avec la durée d'intervention la plus importante pour cet atelier avec 17'23 (figure 42).

Ce constat est renforcé par la part de contenus techno-conceptuels (comparer et expliquer) présents lors de bilan de l'investigation *absorption* (figure 48).

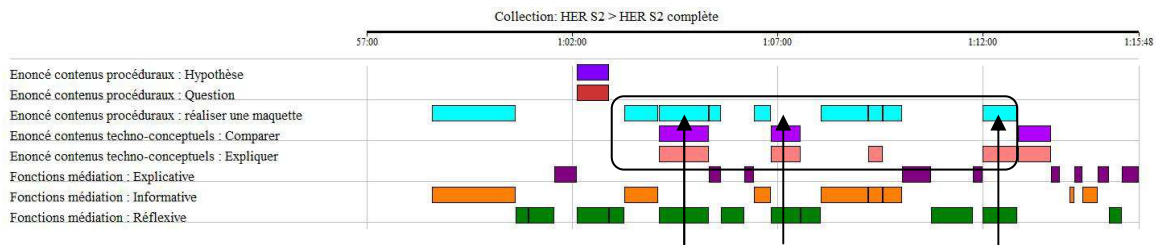


Figure 48. Médiation réflexive et contenus techno-conceptuels (bilan séance 2)

En effet, les médiations réflexives sont associées aux contenus techno-conceptuels et procéduraux. L'enseignant agit sur les performances didactiques techniques et cognitives des élèves pour les amener à comparer et expliquer ce qu'ils ont fait afin de montrer en quoi la réalisation de la maquette leur permet de comprendre le phénomène d'absorption intestinale. Nous interprétons ces constats par le fait que l'enseignant semble construire les activités en éducation scientifique et technologique, et l'activité *absorption* en particulier, en tant que pratique culturelle permettant l'apprentissage de contenus de pratique scientifique et de connaissances.

La séquence comprend un deuxième moment de bilan en début de séance 3. Ce bilan s'adresse en particulier aux élèves absents lors de la séance 2 comme le précise HER dans l'extrait suivant : «PE : *Un certain nombre d'entre vous n'étaient pas là la semaine dernière, on avait avancé dans la séance de science et en histoire.* ». Ce nouveau moment de bilan débute par une médiation mémorielle. L'enseignant agit sur les performances didactiques des élèves pour les amener à resituer le thème et à rappeler le déroulé de la séance d'investigation.

Ce moment de bilan présente les mêmes caractéristiques que celui de la séance 2. Une triple médiation informative, réflexive et explicative en relation avec les contenus de connaissances des investigations de la séance 2 (figure 49).

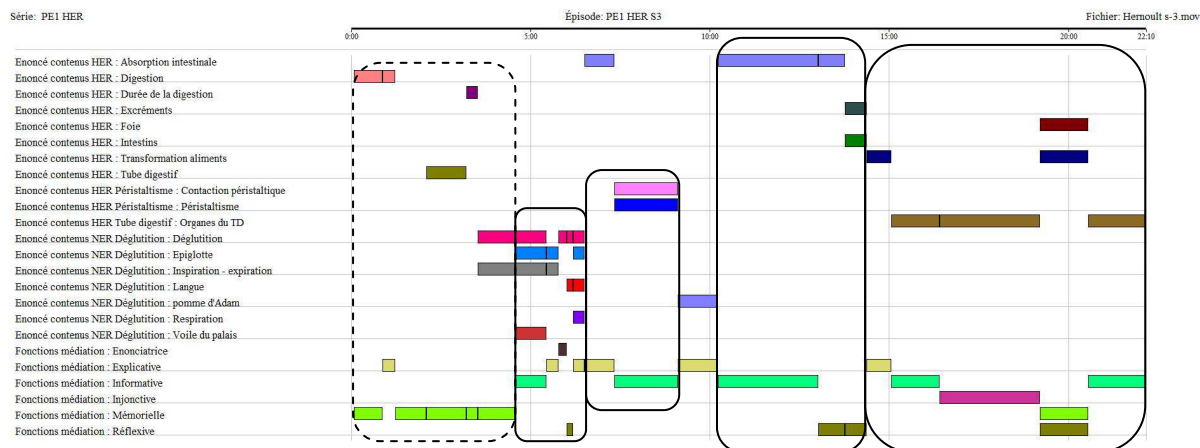


Figure 49. Médiation et contenus lors du bilan en séance 3

Les trois investigations déglutition, péristaltisme et absorption sont reprises et le bilan se termine par l'investigation tube digestif avec là encore le contenu transformation des aliments qui apparaît comme une annonce de ce qui sera abordé en séance 3.

Le moment du bilan est caractérisé chez HER par une triple médiation qui agit sur les performances didactiques des élèves en vue de mettre en commun, d'amener les élèves à réfléchir et d'expliquer. Ce contenu moléculaire organise un ensemble de contenus procéduraux, de communication et techno-conceptuels au service des contenus de connaissances. La triple médiation s'exerce pour que les élèves retiennent les contenus de connaissances visés.

1.1.5 Les élèves chercheurs au moment de l'investigation documentaire.

Au cours de la troisième séance, un moment d'investigation documentaire à partir d'un ensemble de documents distribué par l'enseignant porte sur un contenu de connaissance : la durée de la digestion. Ce moment débute par une longue phase de recherche à médiation injonctive où les élèves sont amenés à calculer la durée moyenne de la digestion et se termine par un bilan présentant la même structure que le contenu moléculaire bilan (informatrice/réflexive/explicative) (figure 50).

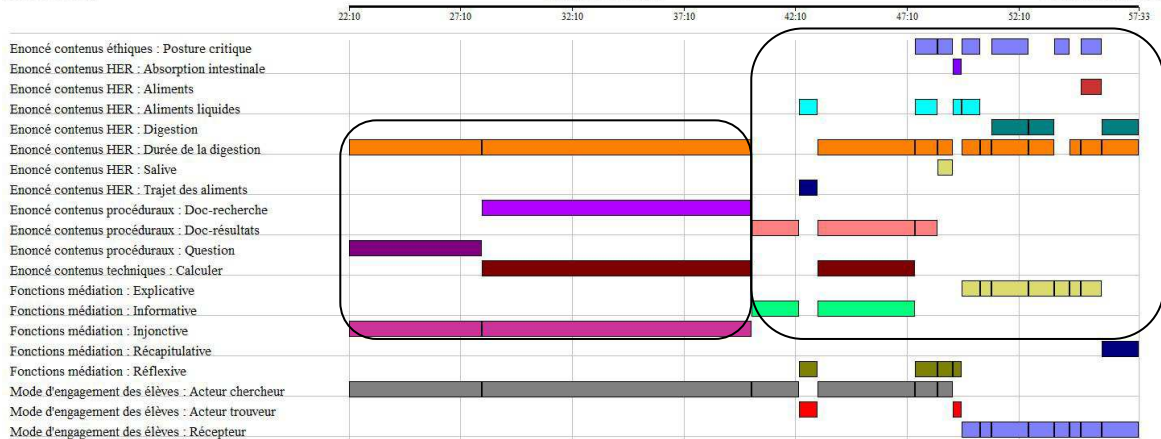


Figure 50. Médiation et contenus lors de l'investigation documentaire (séance 3)

Au cours de ce moment d'investigation documentaire, la médiation injonctive de l'enseignant qui circule dans les rangs, observe, relance, précise la consigne, etc., laisse aux élèves l'initiative de la recherche. Contrairement à la médiation injonctive lors des moments d'investigation de manipulation où les élèves s'engageaient en tant qu'élèves-trouveurs, les élèves, ici, s'engagent en tant qu'élèves-chercheurs. De même en début de bilan, lorsque les élèves doivent mettre en commun leur recherche (médiation informative) à propos de la durée de la digestion. C'est en fin de bilan que l'enseignant reprend l'initiative avec une médiation à fonction explicative pendant laquelle les élèves sont récepteurs.

1.1.6 La médiation et les langages

La médiation de HER pour chaque séance mobilise en priorité le langage verbal oral. Les injonctions, les questions réflexives, les descriptions, les explications, etc. passent avant tout par l'oral. Les autres langages scientifiques sont mobilisés de manière variable, en fonction des choix pédagogiques de l'enseignant et en fonction des contenus.

Dans le moment du questionnement ce sont les choix pédagogiques de l'enseignant qui guident la mobilisation des langages scientifiques (figure 51).

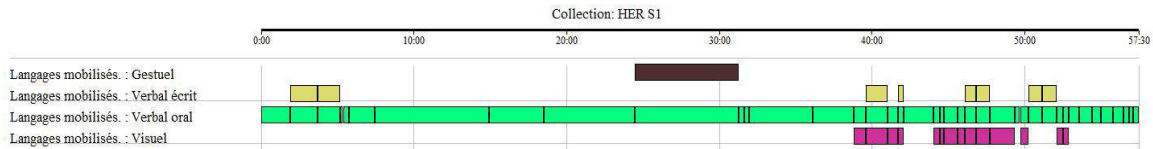


Figure 51. Langages scientifiques mobilisés (séance 1)

En effet lors du moment du questionnement, en séance 1, le langage verbal écrit est mobilisé pour consigner au tableau les conceptions des élèves à propos de l'alimentation en début de séance et les questions sur le trajet des aliments en fin de séance. Ces choix indiquent aux élèves l'importance de ces contenus. Le langage visuel mobilisé en fin de séance pour poser le questionnement est en relation avec le choix pédagogique de l'enseignant qui choisit de faire émerger les conceptions des élèves par un croquis du trajet des aliments. C'est à partir de ces croquis, décrits et comparés par les élèves, que les questions sont posées. Dans le moment de questionnement ce sont les choix pédagogiques de l'enseignant qui guident la mobilisation des langages scientifiques. En revanche au moment des investigations, c'est la nature des contenus qui guide le choix des langages mobilisés.

Dans les groupe *absorption* et *péristaltisme*, l'enseignant agit sur les performances didactiques techniques et cognitives des élèves en employant le langage procédural (figure 52 et 53).

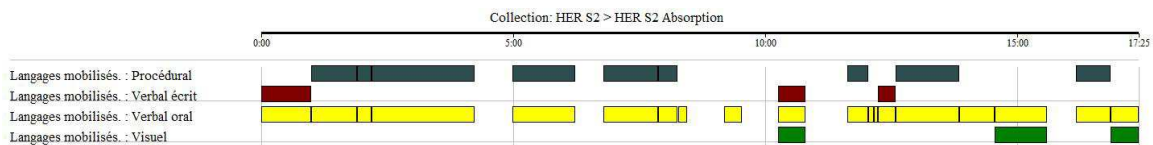


Figure 52. Langages scientifiques mobilisés (groupe absorption)

L'enseignant montre le montage, désigne le matériel, attire l'attention des élèves sur l'aspect du filtrat, etc. afin d'amener les élèves à comprendre la notion d'absorption des nutriments.

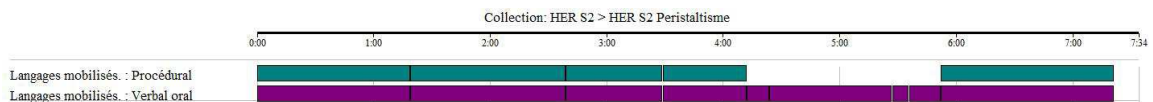


Figure 53. Langages scientifiques mobilisés (groupe péristaltisme)

L'enseignant manipule le montage, exerce une poussée sur la balle de tennis pour la faire avancer dans le bas, etc. afin de permettre aux élèves de comprendre la nécessité d'une contraction musculaire à l'origine des mouvements péristaltiques.

C'est la nature des contenus procéduraux (réaliser et manipuler un montage) qui amène l'enseignant à mobiliser le langage procédural.

Dans le groupe *déglutition*, l'enseignant agit sur les performances didactiques techniques et cognitives des élèves en employant le langage procédural en début d'intervention puis le langage visuel (figure 54).

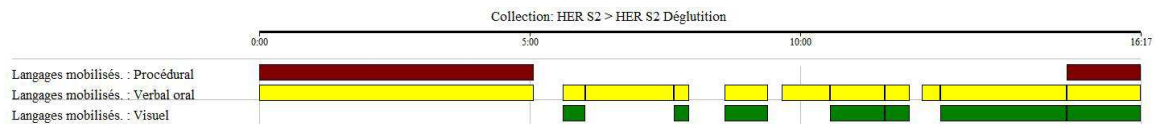


Figure 54. Langages scientifiques (groupe déglutition)

Au début, l'enseignant aide les élèves à identifier les organes de la déglutition en manipulant les pièces de carton afin de permettre aux élèves de réaliser la maquette. En fin d'intervention, l'enseignant utilise la maquette réalisée pour identifier la place et le rôle de chaque organe dans la déglutition. La maquette sert de support au raisonnement des élèves et aux explications de l'enseignant.

Enfin, dans le groupe *tube digestif*, l'enseignant agit sur les performances didactiques techniques et cognitives des élèves en combinant le langage verbal oral et le langage visuel (figure 55).

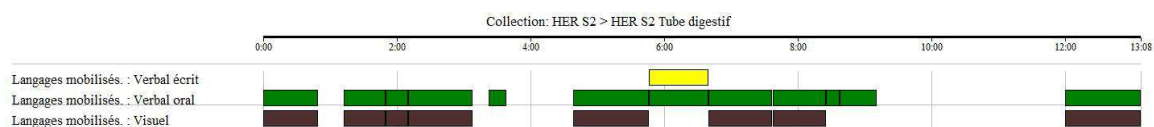


Figure 55. Langages scientifiques mobilisés (groupe tube digestif)

Tout au long de ses interventions, l'enseignant montre, décrit, nomme les différentes parties de l'appareil digestif à partir des vignettes qu'il aide à positionner sur l'affiche.

Dans ces deux ateliers c'est la nature des supports aux contenus procéduraux (réaliser et manipuler une maquette en carton et réaliser un puzzle sur une affiche) qui amène l'enseignant à mobiliser le langage visuel.

1.2 Un contenu qui uniformise la pratique

Nous caractérisons la pratique de deux enseignants (BOI et BED) quant à l'enseignement d'un contenu commun : l'électricité. BOI a une ancienneté dans le métier plus importante que

BED et enseigne en cours double à cheval sur deux cycles (CE1/CE2) alors que BED enseigne en classe de CM2. Par conséquent, l'ancienneté dans le métier, le cycle et le niveau de classe distinguent ces deux enseignants. En revanche, tous deux présentent une seule séance sur le même thème. Pour BOI, les CE1 doivent allumer une ampoule avec une pile plate et les CE2 une ampoule puis deux ampoules loin de la pile plate. Pour BED les élèves doivent allumer l'ampoule sans toucher la pile, allumer une ampoule avec une pile ronde sans fil, réaliser un branchement avec une ampoule, une pile ronde et un ou deux fils et allumer une ampoule avec deux piles. Même si les formulations et le nombre de tâches à réaliser diffèrent, la séance de BOI et BED porte sur le même contenu de connaissance (la notion de circuit électrique) et le même contenu procédural (réaliser un branchement électrique).

Nous montrons que le contenu induit la pratique d'enseignement à partir de données quantitatives et qualitatives des caractéristiques de la médiation. La répartition des fonctions de la médiation en pourcentage du nombre total d'épisodes de la séance permet de dégager les tendances des médiations exercées par les deux enseignants (figure 3-4-23). Plus que le nombre d'épisodes pour chaque fonction, c'est la durée effective d'action de l'enseignant sur les performances didactiques des élèves qui traduit sa médiation. La figure 3-4-24 présente par conséquent la répartition des fonctions de la médiation en pourcentage de la durée totale des épisodes. Ces données quantitatives sont complétées de données qualitatives présentant la répartition des caractéristiques de la médiation et des contenus pour les deux enseignants réalisés à partir de Transana (figure 56 et 57).

La distribution des fonctions de la médiation pour chaque séance montre que les actions sur les performances didactiques des élèves des deux enseignants présentent des similitudes (figures 56). Pour BOI et BED, les interventions à fonctions réflexive et injonctive sont dominantes avec 28,6 % pour BOI et 24 % pour BED d'épisodes où les interventions sont à fonction réflexive et 17,9 % pour BOI et 27 % pour BED d'épisodes où les interventions sont à fonction injonctive.

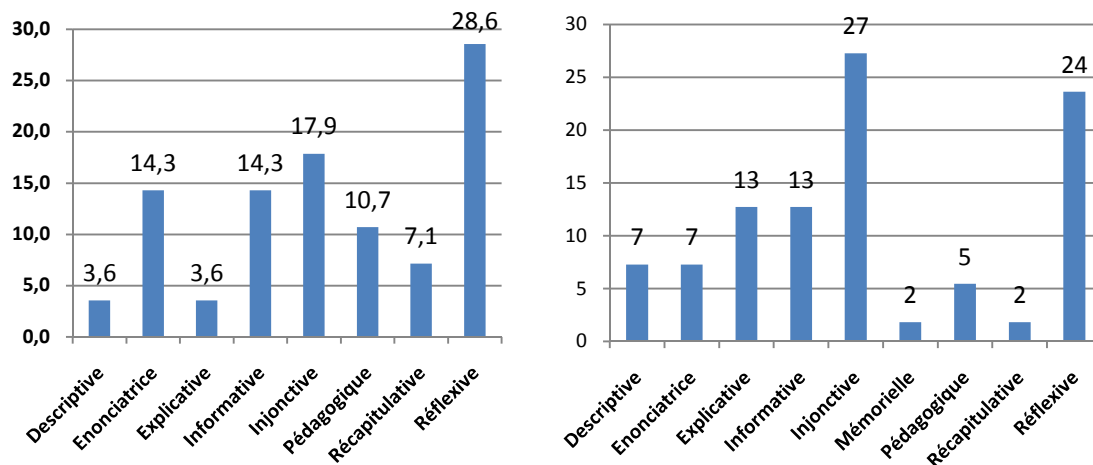


Figure 56. Fonction de la médiation pour BOI (à gauche) et BED (à droite) (pourcentage du nombre total d'épisodes)

En revanche, il apparaît que le nombre d'épisodes où les interventions sont à fonctions énonciatrice, pédagogique et récapitulative soit plus important chez BOI que chez BED et inversement le nombre d'épisodes où les interventions sont à fonction explicative soit plus importante chez BED. Ces similitudes sont précisées et certaines différences s'estompent lorsque l'on considère la durée des épisodes cumulées pour chaque fonction (Figures 57).

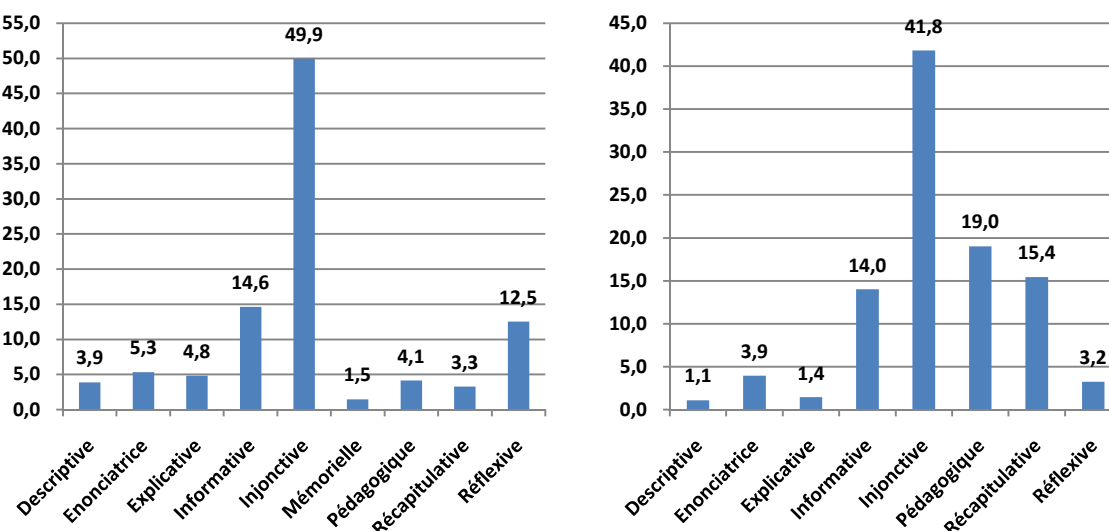


Figure 57. Fonction de la médiation pour BED (à gauche) et BOI (à droite) (pourcentage de la durée totale des épisodes)

En effet il apparaît que c'est la fonction injonctive qui est dominante pour les deux enseignants avec une durée d'intervention pour cette fonction de plus de 40% du temps d'intervention (41,8 % pour BED et de 49,9 % pour BOI). Les différences de médiations résident dans la part plus importante du temps de médiation réflexive chez BED et la part plus

importante de médiation pédagogique et récapitulative chez BOI. Ces résultats sont précisés par les données sur la distribution des épisodes (figures 58 et 59).

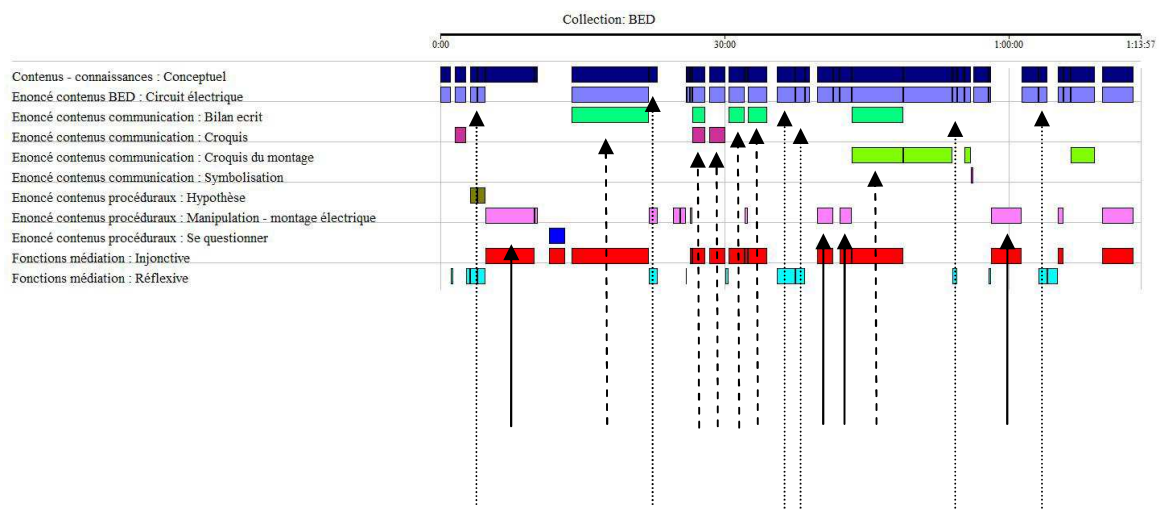


Figure 58. Fonction de la médiation et contenus pour BED

En effet, le nombre d'épisodes où les interventions sont à fonction injonctive est plus important chez BED que chez BOI mais la durée de chaque épisode est plus court. Ce découpage est lié au nombre plus important de montages électriques demandé aux élèves de CM2 qu'aux élèves de CE1/CE2. BED découpe la séance en une série d'injonctions en relation avec les différents montages électriques qu'il souhaite faire réaliser aux élèves. La médiation injonctive dominante de BED s'exerce d'une part sur les contenus procéduraux (réaliser un montage) et d'autre part sur les contenus de communication (réaliser un bilan écrit et le croquis du montage) (figure 58). Les épisodes à médiation réflexive portent sur des contenus de connaissances et alternent avec les épisodes où les interventions sont à fonction injonctive (figure 58). BED amène les élèves à réfléchir au concept de circuit électrique en multipliant les situations de réalisation de montage électrique consignées sous forme écrite. Pour le dire autrement, il s'agit pour l'enseignant de conforter le concept par une logique cumulative d'activités de réalisation.

Pour BOI, les épisodes où les interventions sont à fonction injonctive sont moins nombreux mais plus longs. De plus, les épisodes où les interventions sont à fonction injonctive associés aux épisodes où les interventions sont à fonctions pédagogique, informative et récapitulative suivent une cyclicité régulière. Deux cycles de médiation injonctive, pédagogique puis informative sont ponctués par un épisode à médiation récapitulative (figure 59). Chaque cycle correspond à une activité de réalisation d'un montage électrique.

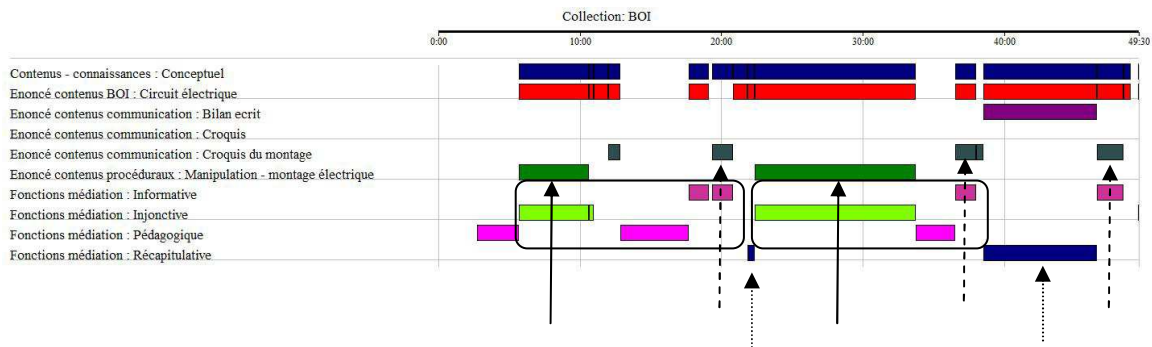


Figure 59. Fonction de la médiation et contenus pour BOI

La médiation à fonction injonctive s'exerce sur les contenus procéduraux (réaliser un montage électrique) et la médiation à fonction informative sur les contenus de communication (bilan écrit et croquis du montage). Entre ces deux médiations, un épisode de médiation pédagogique permet à l'enseignant de s'assurer du déroulement du temps didactique selon les attendus. Les caractéristiques de chaque cycle traduisent les intentions de l'enseignant. La médiation injonctive traduit l'intention de construire le concept de circuit électrique à partir d'activité de manipulation. La fonction informative traduit la volonté de structurer le concept sous une forme écrite au travers d'un croquis transformé en un schéma symbolique en fin de séance. Il s'agit pour l'enseignant de construire le concept de circuit électrique par une logique cumulative d'activités de réalisation structurée par un écrit.

En résumé, les similitudes des deux médiations montrent que c'est le contenu (circuit électrique) qui uniformise la médiation. La médiation injonctive dominante des deux enseignants traduit leur directivité à organiser le temps didactique afin d'atteindre les attendus. Néanmoins, les différences de médiation décrites tiennent davantage au niveau de classe qu'à une différence de médiation des deux enseignants pour ce même contenu. En effet, le nombre de montages électriques proposés aux élèves et la médiation davantage réflexive montrent qu'il s'agit pour BED d'élargir le contenu déjà abordé par les élèves de CM2. En revanche, en CE1/CE2, le nombre de montage, la durée des temps d'investigation plus longue où les élèves réalisent le montage et les temps de médiation pédagogique et récapitulative qu'exerce BOI montrent sa volonté de construire le contenu.

1.3 Deux pratiques de l'*expérience*²⁰ différentes pour un même enseignant

Par une approche à la fois quantitative et qualitative, nous analysons ici la séance sur la respiration présentée par DES. La médiation didactique de l'enseignant, que nous concevons comme action sur les performances didactiques des élèves, fait apparaître des différences entre la première et la seconde partie de la séance à propos de ses fonctions et des rôles des élèves. Nous présentons les contenus en jeu et les caractéristiques de la médiation pour les deux parties distinctes de la séance que nous comparons à partir de données quantitatives. Afin de mettre en relation les fonctions de la médiation, le mode d'engagement des élèves et les contenus, lors des deux parties de la séance, nous présentons la répartition temporelle des caractéristiques de la médiation au travers des cartes séquentielles issues de Transana.

1.3.1.1 Une séance en deux parties à contenus procéduraux communs

La séance de DES comprend deux parties qui portent sur le même contenu principal. Il s'agit de mesurer, de manière expérimentale, le volume expiratoire. Les contenus de la séance sont principalement procéduraux avec 60,6 % en partie 1 et 54,1 % en partie 2²¹ (figure 60 et 61).

²⁰ Nous considérons le terme *expérience* dans un sens commun tel que l'emploie l'enseignant (DES) au cours de la séance analysée comme le montrent les deux extraits suivants : « *alors on va passer à l'expérience suivante* » (partie1) ; PE : « *donc vous avez vu, on a fait plusieurs fois l'expérience* » (partie2).

²¹ Ces pourcentages correspondent à la somme des pourcentages des contenus procéduraux expérimentaux (protocole, manipulation et résultats)

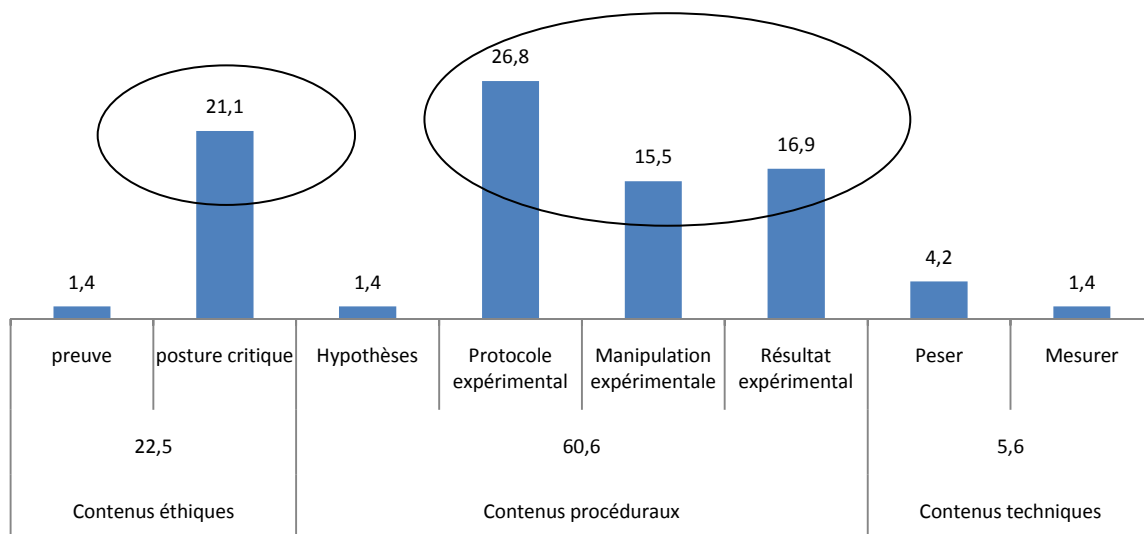


Figure 60. Contenus de pratique scientifique partie 1

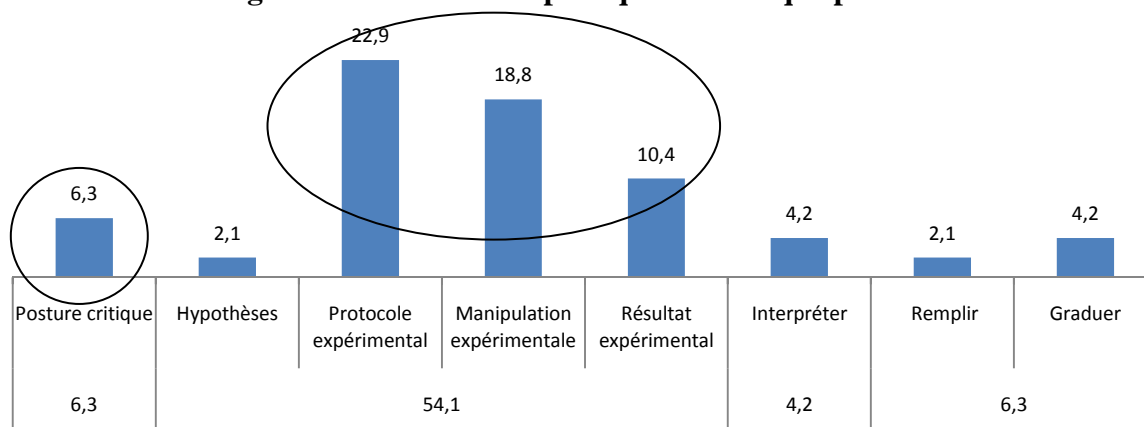


Figure 61. Contenus de pratique scientifique partie 2

Les contenus de connaissances quant à eux sont minoritaires avec néanmoins un pourcentage plus important en partie 2 avec près du tiers des contenus (29,6 % en partie 2 contre 11,3 % en partie 1) (figure 62 et 63).

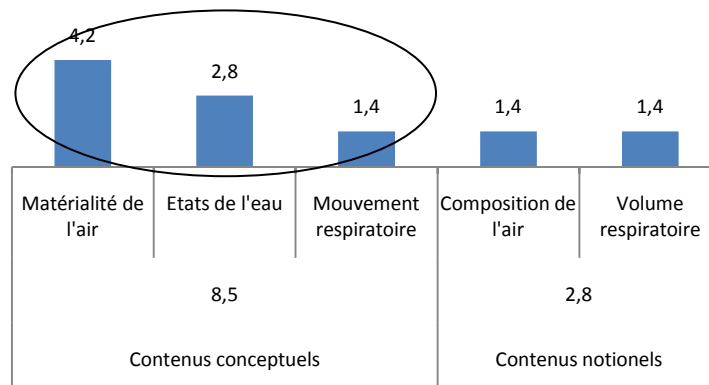


Figure 62. Contenus de connaissances partie 1

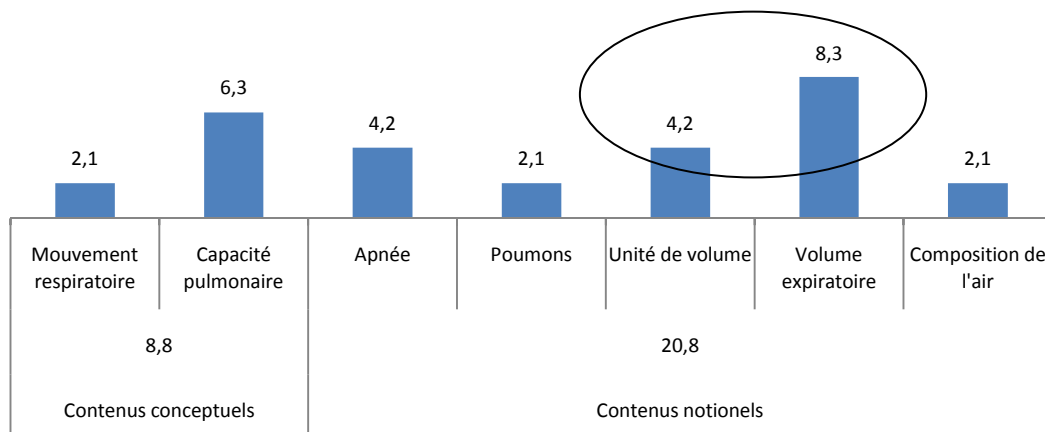


Figure 63. Contenus de connaissances partie 2

Ces données traduisent indirectement les attentes de l'enseignant. La séance est construite de manière à mettre les élèves en situation expérimentale. Néanmoins les différences de proportions des contenus de connaissances traduisent le fait que l'enseignant valorise davantage ces contenus en seconde partie alors que ce qui semble central en première partie concerne les contenus procéduraux liés à l'*expérience*. Pour le dire autrement, en première partie de séance, l'enseignant attend de ses élèves qu'ils apprennent à expérimenter à partir d'un questionnaire autour des volumes expiratoires, alors qu'en seconde partie il attend qu'ils connaissent les valeurs des volumes expirés en employant une méthode expérimentale efficace. De plus si on considère le rapport entre le nombre d'épisodes avec concepts et le nombre d'épisode avec notions, il apparaît qu'il y a 3 fois plus d'épisodes qui mobilisent des concepts en partie 1, alors qu'il y a 2,4 fois plus d'épisodes avec notions en partie 2. En partie 1, les connaissances sont mobilisées en tant que concepts pour répondre au problème posé alors qu'en partie 2, les connaissances sont construites en tant que notions en réponse à la question posée.

Les deux parties de la séance se distinguent également par la fréquence des contenus éthiques. En partie 1, ils représentent 20,1 % des contenus contre 6,3 % en partie 2. Ces contenus sont principalement liés au développement de la posture critique des élèves à l'initiative de l'enseignant ou à l'initiative des élèves sur divers aspects de l'activité expérimentale. Les élèves manifestent des performances didactiques éthiques. La posture critique peut concerner les protocoles proposés par les élèves comme le montre les deux extraits suivants.

Extrait 1 :

ligne 108 : PE: Bon est ce que tu as prouvé quelle quantité. Alors toi au départ, votre groupe pensait qu'il y avait combien de ? Vous expiriez quelle quantité d'air ?

Ligne 109 : E: Cinq

ligne 110 : PE: Cinq, là c'est une bouteille de 2l, est ce que en soufflant dans la bouteille tu as prouvé la quantité d'air que tu pouvais expirer?

Ligne 111 : E: Non parce qu'il fallait une bouteille de cinq litres.

Dans cet extrait, l'élève est placé en posture critique par l'enseignant qui par ses questions l'amène à critiquer son protocole. (ligne 111) L'élève propose d'utiliser une bouteille de 2 litres alors qu'il teste l'hypothèse de 5 litres d'air expiré.

Extrait 2 :

Ligne 373 : E: Mais ça va pas.

Ligne 374 : E: Mais c'est comme nous.

Ligne 375 : PE: Alors est ce qu'on va pouvoir mesurer la quantité d'air expiré en soufflant dans une bouteille?

Ligne 376 : E: Non.

Ligne 377 : PE: Pourquoi?

Ligne 378 : E: Parce que,

Ligne 379 : E: C'est des centimètres et pas des litres.

Dans cet extrait deux élèves réagissent spontanément au protocole proposé par un autre groupe (ligne 373, 374). La désapprobation qu'ils manifestent témoigne de l'analyse critique qu'ils en font. Après une série de questions de l'enseignant, les élèves proposent un argument en réponse à leur critique. (Ligne 379)

La posture critique des élèves peut concerner également les résultats recueillis. Dans l'extrait suivant, quelques élèves échangent à propos des résultats obtenus grâce à un dispositif

expérimental composé de trois tubes contenant chacune une balle. Le nombre de balles qui montent est proportionnel au volume expiré par l'élève (lignes 167 à 169).

Extrait 3 :

Ligne 163 : PE: alors maintenant tu vas souffler un tout petit peu plus fort.

Ligne 164 : E: (élève souffle dans le dispositif)

Ligne 165 : EE: ah!!

Ligne 166 : PE: en prenant une grande inspiration.

Ligne 167 : E: les trois!

Ligne 168 : E: nan y en a deux y en à deux qui sont montées.

Ligne 169 : E: oui mais la troisième elle a monté un petit peu.

Ligne 170 : E: elle est plus lourde, la troisième.

Ligne 171 : E: la troisième elle est plus lourde on dirait.

Ligne 172 : E: c'est de plus en plus lourd.

L'argumentaire critique porte sur le fait que la troisième ne soit pas entièrement montée dans le troisième tube (Lignes 170 à 172). Les arguments portent sur les caractéristiques du dispositif (balle plus lourde) et non sur ce que le dispositif permet de mesurer, c'est-à-dire le volume expiré par l'élève. Malgré le fait que les élèves n'envisagent pas la bonne explication, ils ne reçoivent pas passivement les résultats mais manifestent une posture critique personnelle.

Enfin, la posture critique des élèves peut concerner les mesures effectuées comme dans l'extrait suivant.

Extrait 4 :

Ligne 316 : PE: Alors qu'est ce que vous avez trouvé en faisant ça? L. (nomme l'élève)

Ligne 317 : E: Bin en fait la mesure, parce que y a un volume qui va dans l'autre sens aussi.

Ligne 318 : E: presque 15. 14, 15.

Ligne 319 : PE: Un volume qui va dans l'autre sens?

*Ligne 320 : E: **Bin la bouteille (inaudible) et eux ils mesurent qu'un côté.***

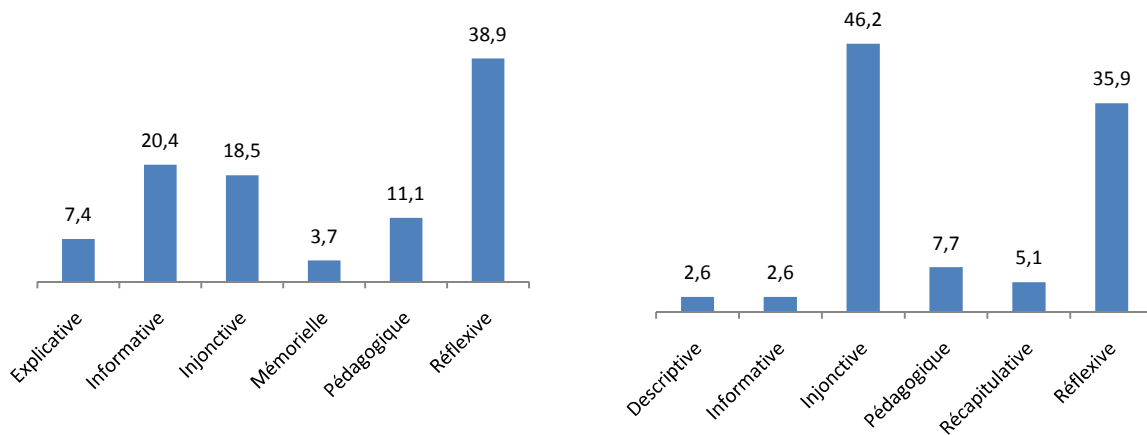
Dans cet extrait, pour connaître le volume expiré, un groupe d'élève propose de mesurer la hauteur qu'atteint la buée après une expiration dans une bouteille. Devant cette mesure un élève manifeste son désaccord à propos de l'insuffisance de la mesure (lignes 317 et 320) et

propose qu'elle ne se fasse pas que d'un côté puisque la buée est présente sur le pourtour de la bouteille.

Ces différences traduisent une approche radicalement différente des contenus procéduraux. La pratique de l'expérimental chez DES présente deux formes. Une forme qui laisse aux élèves l'initiative de développer leur posture critique (partie 1) et une seconde largement pilotée par l'enseignant dans laquelle la posture critique est mineure.

1.3.1.2 Deux médiations didactiques de l'expérience différentes pour un même enseignant

La différence essentielle concerne les interventions à fonctions injonctive et informative (figure 64).



Fonctions de la médiation, partie 1

Fonctions de la médiation, partie 2

Figure 64. Fonctions de la médiation des deux parties de la séance

En partie 2 de la séance, les actions de l'enseignant sont majoritairement injonctives avec près de la moitié de ces interventions (46,2 %) alors qu'elles ne représentent que 18,5 % de ses actions en parties 1. La seconde partie de la séance est largement pilotée par l'enseignant qui demande aux élèves de lire un protocole imposé au travers d'une fiche distribuée (épisode E8, ligne 518), de réaliser le protocole imposé (épisodes E1 ligne 436 et E33 ligne 768), de noter un résultat sur la fiche (épisode E35, ligne 800), etc.

Episode E8, partie 2, ligne 518 : Alors maintenant on va suivre les instructions. Vous allez lire la suite.

Episodes E1, partie 2, ligne 436 : Bon pour l'instant vous allez faire ceci. (Distribution du matériel) vous allez suivre les instructions.

Episodes E33, partie 2, ligne 768: Donc M. tu vas faire la même chose. Allez !

Episodes E35, partie 2, ligne 800 : Alors maintenant vous pouvez compléter la deuxième phrase.

En revanche les interventions à fonction informative de la médiation sont davantage représentées en partie 1 avec 20,4 % contre seulement 2,6 % en partie 2. Dans la première partie de la séance l'enseignant invite les élèves à présenter leur protocole (épisodes E2, ligne 52 et E23, ligne 190).

Episode E2, partie 1, ligne 52 : Alors je vais vous demander chacun à votre tour de venir expliquer ce que vous avez inventé.

Episode E23, partie 1, ligne 190 : Vas y explique nous ton dispositif.

Dans la première partie de la séance l'enseignant laisse aux élèves l'initiative de présenter leurs protocoles. L'essentiel des actions de l'enseignant porte sur la prise en compte de ces protocoles inventés qu'il s'agira de présenter, de tester et de critiquer. C'est en partie 1 que les contenus éthiques liées à la posture critique des élèves sont majoritaires. Les élèves sont mis en situation de proposition de leur propre cheminement qu'ils doivent justifier face aux critiques.

Tout au long de la séance, en première et seconde partie, les interventions à fonction réflexive sont importantes (figure 65) (38,9 % partie 1 et 35,9 % en partie 2), l'enseignant agit sur les performances didactiques des élèves en les questionnant régulièrement soit à propos de connaissances (épisode E8, ligne 89 et E26, ligne 725) afin d'expliquer des résultats, soit à propos de contenus procéduraux. Par exemple il s'agit de réfléchir à la pertinence d'un protocole expérimental proposé (épisode E11, ligne 110) ou de comprendre le protocole imposé par l'enseignant (épisode E9, ligne 556).

Episode E8, partie 1, ligne 89 : qu'est-ce que la buée ?

Extrait E26, partie 2, ligne 725 : Est-ce que vous avez à peu près les mêmes poumons ?

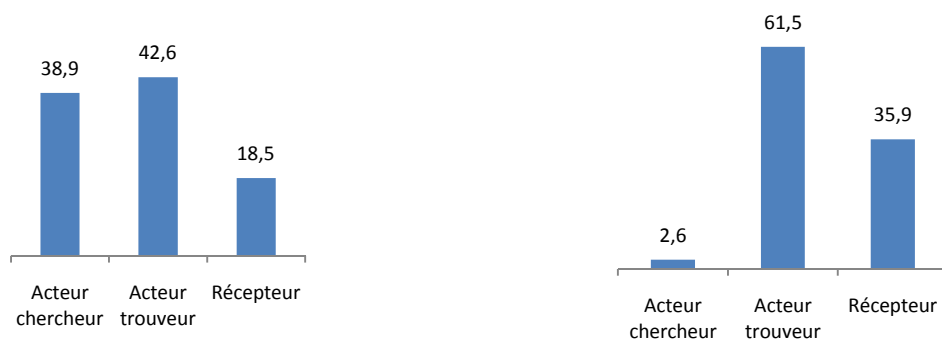
Extrait E11, partie 1, ligne 110 : Est-ce qu'en soufflant dans la bouteille tu as prouvé la quantité d'air que tu pouvais expirer ?

Extrait E9, partie 2, ligne 556 : Si elle retourne l'eau de sa bouteille dans une bassine vide, qu'est ce qui va se passer ?

Une seconde différence importante entre les deux parties de la séance concerne le rôle des élèves (figure 3-4-32). En seconde partie de séance, le rôle de chercheurs est majoritaire (61,5

%) le rôle de chercheur ne représente que 2,6 %. L'enseignant agit pour amener les élèves à manifester des performances didactiques en adéquation à ses attentes qu'il s'agit pour les élèves de trouver. Même si le rôle de trouveur est encore important (42,6 %), ce qui marque la première partie de la séance c'est la part importante de la position de chercheur (38,9 %). L'enseignant agit de manière à laisser les élèves manifester leurs propres performances didactiques.

Dans les deux parties, les élèves sont récepteurs des injonctions, des descriptions ou des explications de l'enseignant avec une part plus importante en partie 2 (35,9 %) qu'en partie 1 (18,5 %).

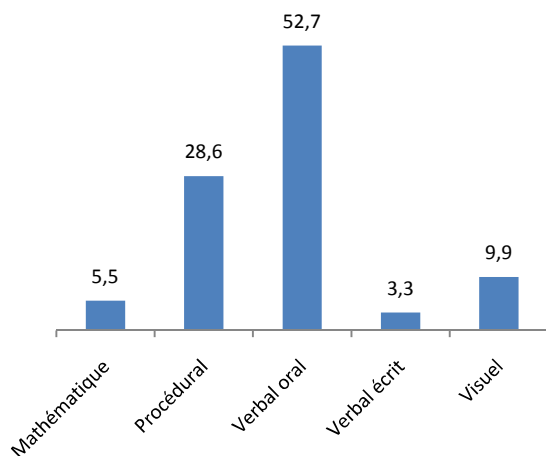


Rôles des élèves, partie 1

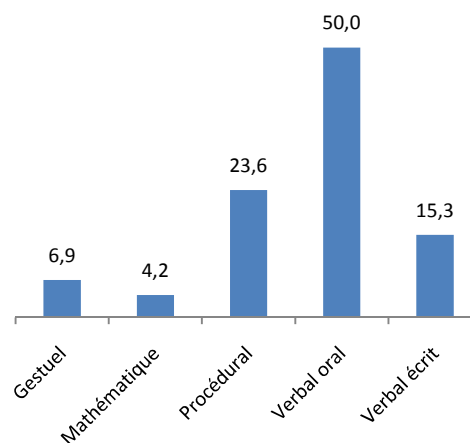
Rôle des élèves, partie 2

Figure 65. Mode d'engagement des élèves dans les deux parties de la séance

La médiation de l'enseignant s'exprime aussi au travers de la mobilisation de différents langages scientifiques. Concernant les langages mobilisés par l'enseignant, il n'existe pas de différence marquée entre les deux parties de la séance. Le langage verbal oral est majoritaire (52,7 % en partie 1 et 50 % en partie 2), le langage procédural, lié au contenu procédural en jeu dans cette séance, est bien représenté (28,6 % en partie 1 et 23,6 % en partie 2) (figure 66).



Langages mobilisés, partie 1



Langages mobilisés, partie 2

Figure 66. Langages mobilisés par l'enseignant au cours de la séance

Néanmoins, une différence significative concerne le langage verbal écrit, près de 5 fois plus utilisé en partie 2. Cette différence témoigne de la volonté de l'enseignant de partir d'un écrit présentant le protocole imposé (épisode E3, lignes 454 et épisode E8, ligne 518) et de consigner par écrit les résultats de l'expérience imposée et la conclusion. (épisode E35, ligne 811, épisode E35, ligne 815 et épisode E38, ligne 879).

Extrait E3, partie2, ligne 454 : PE: Regardez, lisez bien. La bouteille doit faire quelle contenance ?

Extrait E8, partie2, ligne 518 : PE: Alors maintenant on va suivre les instruction. Vous allez lire la suite.

Extrait E35, partie2, ligne 811 : PE : Qui est ce qui va me lire la première phrase qu'il a complété ? C'est-à-dire le numéro 2, ligne 815 : PE: Qui a bien mis un litre ?

Extrait E38, partie2, ligne 879 : PE: Alors qui peut me lire sa conclusion ?

L'emploi du langage visuel, en partie 1, est lié à l'utilisation des productions d'élèves sur lesquelles figurent les croquis de leur expérience lors de la présentation à la classe de leur protocoles personnels.

Une analyse du déroulement de la séance permet de mettre en relation les fonctions de la médiation de l'enseignant avec d'une part les contenus et d'autre part le rôle des élèves. Nous découpons la première partie en huit groupes de travail.

Pour le groupe 1, les contenus procéduraux se répartissent de manière linéaire avec d'abord la présentation du protocole puis la réalisation de l'expérience et enfin la production du résultat (figure 67).

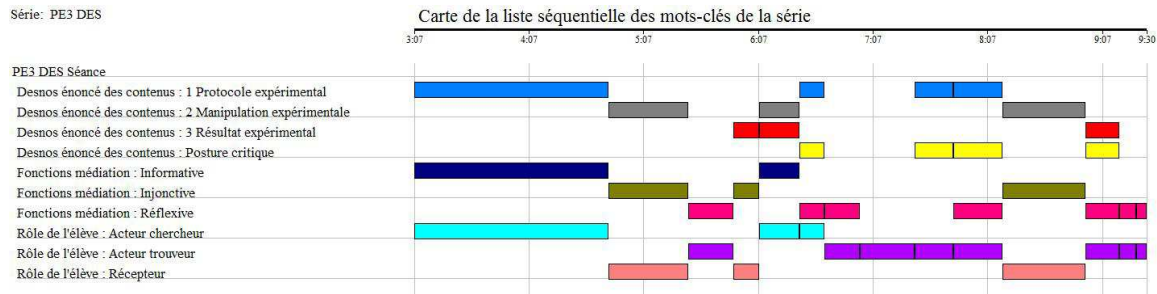


Figure 67. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe1)

Cette linéarité en deux temps comprend un retour en arrière : retour sur le protocole après le premier résultat. C'est lors de ce retour en arrière qu'apparaissent les premiers contenus éthiques liés à la posture critique. Les élèves sont amenés à critiquer le protocole au vu du résultat obtenu.

Extrait E7, partie 1:

Ligne 79 : PE: Alors ? Pourquoi à votre avis ça n'a pas changer ?

Ligne 80 E: Bin il a pas soufflé.

Ligne 81 E: Bin peut-être il y avait de l'air dedans. Au départ quand on a pesé il y avait de l'air dedans.

Il apparait que la répartition temporelle des trois fonctions principales de la médiation de DES suit la répartition des contenus, d'abord informative puis injonctive et enfin réflexive. La fonction informative est liée à la présentation du protocole, l'enseignant invite les élèves à présenter leur protocole personnel. La fonction injonctive est en lien avec la manipulation expérimentale, l'enseignant demande aux élèves de réaliser leur protocole. Enfin, la fonction réflexive amène les élèves à discuter de manière critique le protocole et enfin le résultat.

Les élèves s'engagent dans l'activité en tant que chercheurs par la présentation et la réalisation de leur protocole dans la mesure où ils produisent des performance didactiques (techniques) non attendues par l'enseignant, ils s'engagent en tant que récepteurs en réalisant leur manipulation expérimentale, et donc ils s'engagent en tant que trouveurs, lorsqu'il s'agit de discuter le protocole dans la mesure où ils sont amenés à répondre aux attendus de l'enseignant. Les arguments invoqués, pour rejeter le protocole, sont à la fois conceptuels (la

matérialité de l'air qui rend impossible le mesure du résultat par pesée de la bouteille avant et après l'expérience) et procéduraux (protocole inadapté à l'hypothèse).

Pour les groupes 2, 3, 4 et 5 suivants, la répartition linéaire des contenus procéduraux et des fonctions de la médiation se retrouve. La posture critique est mise en œuvre soit au niveau de la manipulation (groupe 2,) soit au niveau au niveau du protocole (groupe 3, 4 et 5) soit au niveau du résultat (groupe 3 et 5) (figure 68, 69, 70, 71).

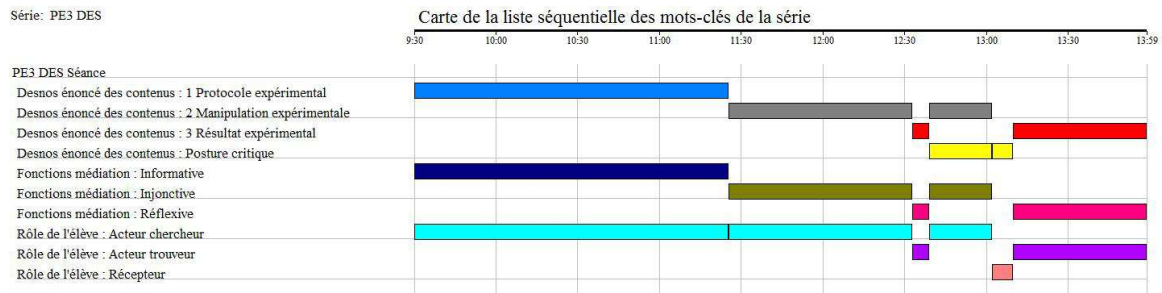


Figure 68. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 2)

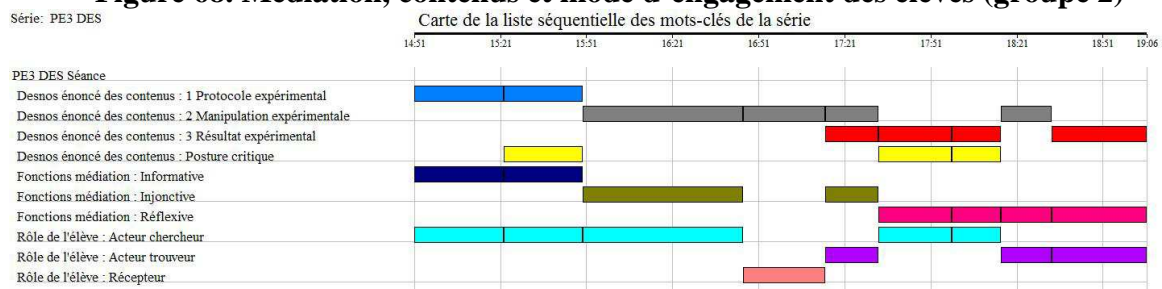


Figure 69 Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 3)

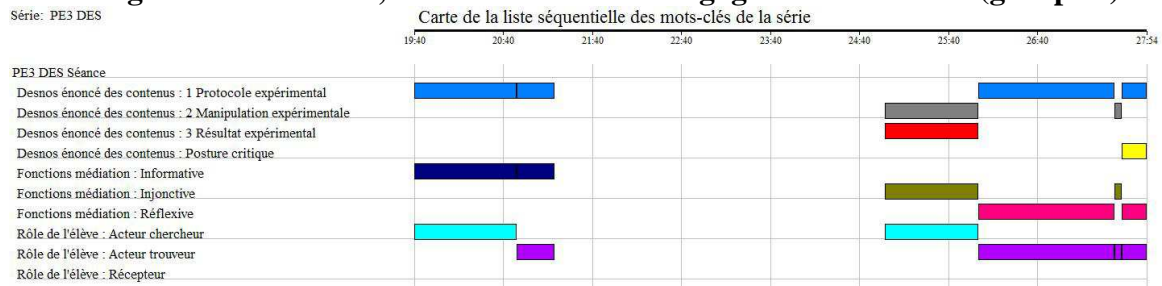


Figure 70. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 4)

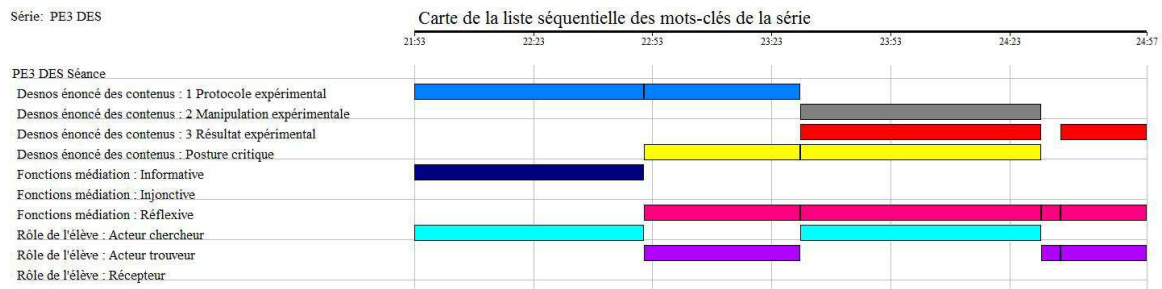


Figure 71. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 5)

Pour ces 5 premiers groupes, l'enseignant laisse la démarche expérimentale (protocole, manipulation, résultats) se dérouler dans son ensemble. Les phases de posture critique sont induites majoritairement par l'enseignant, au travers de la fonction réflexive de sa médiation, pour amener les élèves à trouver quels sont les expériences et les résultats acceptables. Les résultats des groupes 2 (un demi litre d'air) et 3 (entre deux et trois litres) sont validés. Les protocoles des groupes 4 et 5 sont rejetés pour des raisons techniques (la valeur mesurée n'est pas un volume).

Pour les derniers groupes (6, 7 et 8), même si l'enseignant laisse les élèves présenter leurs protocoles, ceux-ci sont critiqués et rejetés sans que le protocole ne soit testé. Pour le groupe 7, le protocole est testé en vue de montrer l'inadaptation du protocole à obtenir un résultat. Les arguments reprennent ceux évoqués pour les groupes précédents (matérialité de l'air et protocole inadapté) (figure 72, 73, 74).

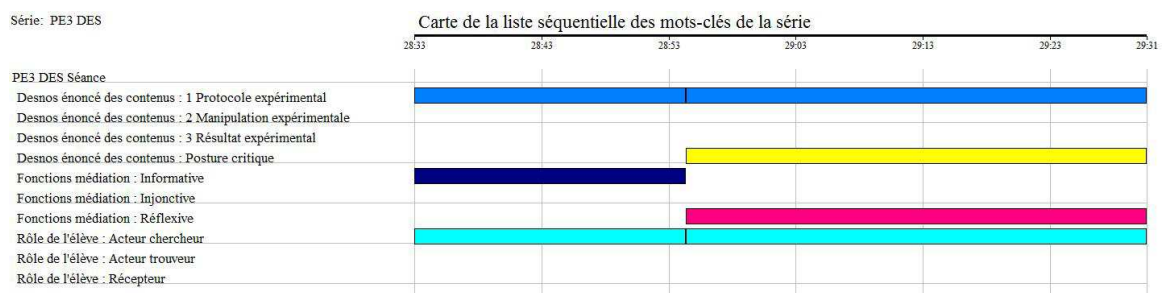


Figure 72. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 6)

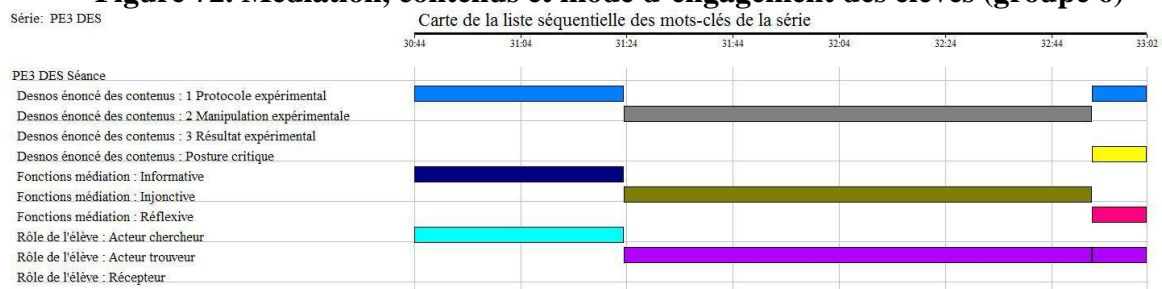


Figure 73. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 7)

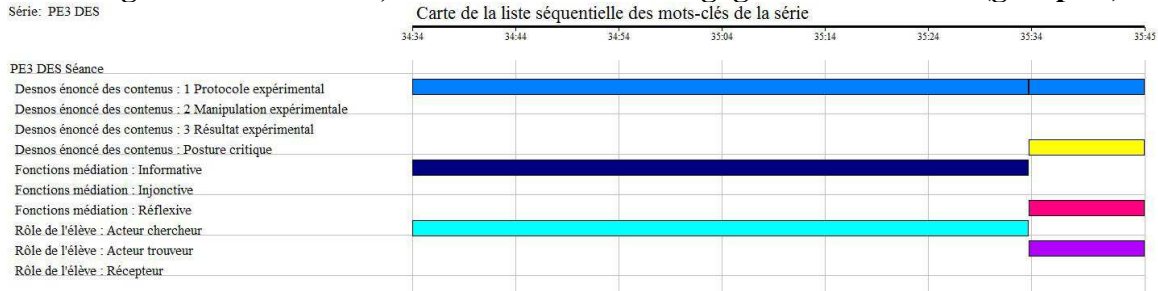


Figure 74. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 8)

En seconde partie de séance, il s'agit de réaliser une seule expérience imposée par l'enseignant. La structure de la démarche (protocole, manipulation et résultat) qui se déroule en trois cycles, comprenant la présentation du protocole, le test du protocole et l'obtention des résultats, marque l'intention de l'enseignant d'amener pas à pas les élèves à réaliser l'expérience attendue (figure 75).

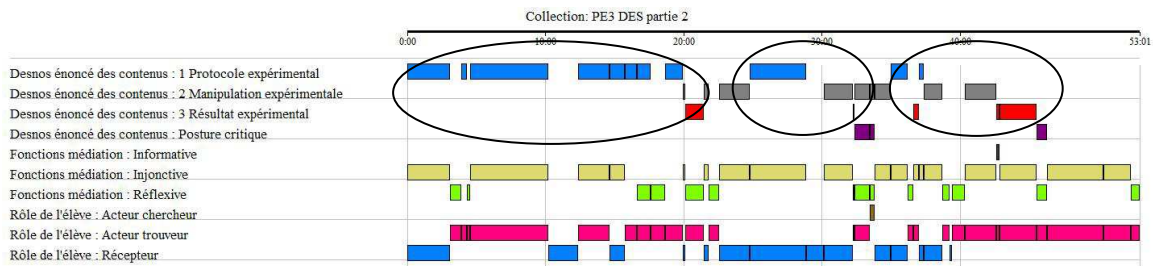


Figure 75. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (2ème partie de la séance)

La médiation principalement à fonction injonctive concerne la manipulation et cette fois le protocole. L'enseignant incite les élèves à comprendre et réaliser le protocole imposé. La posture critique qui est rare et qui ne concerne jamais ni le protocole ni le résultat marque la volonté de l'enseignant de ne pas amener les élèves à remettre en question l'expérience imposée ni le résultat obtenu. La fonction réflexive de la médiation accompagne la compréhension du protocole par la réflexion autour d'un geste technique (épisode E2, ligne 439), d'une conversion mathématique (épisode E4, ligne 456), d'un inventaire matériel nécessaire à l'expérience (épisode E9, ligne 531), de sa mise en œuvre (épisode E10, ligne 554), etc.

Episode E2, partie 2, ligne 439 : PE : Alors comment allez-vous faire pour graduer votre bouteille ?

Episode E4, partie 2, ligne 456 : PE: Un demi litre, c'est combien de centilitres ?

Episode E9, partie 2, ligne 531 : PE: Est-ce qu'elle a tout pour faire son expérience ?

Episode E10, partie 2, ligne 554: Lorsqu'elle va retourner la bouteille que va-t-il se passer ?

Le rôle des élèves est soit récepteur soit trouveur du protocole imposé. Les élèves reçoivent par la lecture les indications du protocole qu'ils doivent comprendre pour le réaliser pas à pas selon les attendus de l'enseignant.

Ces résultats marquent les deux manières de reconstruire l'expérience chez DES. Le tableau suivant en fait la synthèse (tableau 38).

		Partie 1 de la séance	Partie 2 de la séance
Répartition des contenus	Procéduraux (expérimental)	Centraux (60,6 %)	Centraux (54,1 %)
	Connaissances rapport conceptuels / notionnels	11,3 % (3/2)	29,6 % (2/5)
	Éthique (posture critique)	Fréquent (20,1 %)	Rare (6,3 %)
Fonction de la médiation		Réflexive (38,9 %) Injonctive (18,5 %) Informative (20,4 %)	Réflexive (35,9 %) Injonctive (46, %) Informative (2,6 %)
mode d'engagement des élèves		Chercheurs (38,9 %) Trouveurs (42,6 %)	Chercheurs (2,6 %) Trouveurs (61,5 %)

Tableau 38. Caractéristiques comparée des médiations pour les deux parties de la séance

Dans la première partie de la séance les contenus procéduraux sont centraux et les connaissances mineures. Les connaissances de nature conceptuelle sont utilisées comme des outils cognitifs de réflexion face au problème posé en permettant de développer une posture critique significative. Les interventions de l'enseignant à fonction informative ont pour but d'exposer à l'ensemble de la classe, et de soumettre à la critique, les propres propositions d'expérience des élèves. Les élèves sont placés dans ce cas en position de chercheur dans la mesure où ils produisent des performances didactiques personnelles répondant au problème posé et qui ne correspondent pas à un attendu de l'enseignant. Les protocoles proposés par les huit groupes d'élèves sont tous différents.

Dans la seconde partie de la séance, les contenus procéduraux sont également centraux et les contenus de connaissances mieux représentées qu'en première partie. Les connaissances de nature notionnelles sont produites en tant que réponse au problème posé. La posture critique est très peu sollicitée, le protocole comme les résultats sont très peu discutés. Les interventions de l'enseignant à fonction injonctive ont pour but d'amener l'ensemble de la classe à manifester des performances didactiques techniques communes. Tous les élèves découvrent et réalisent la même expérience imposée par l'enseignant. Les élèves sont placés dans ce cas en position de trouveurs dans la mesure où ils produisent des performances

didactiques correspondant à un attendu de l'enseignant. Ces deux manières de construire les contenus sont liées à des médiations didactiques qui induisent deux modes d'engagement des élèves dans l'activité : élève-trouveur ou élève-chercheur que nous caractérisons dans la partie suivante.

En synthèse, dans cette partie, nous montrons que les contenus sont sources de variabilité, en opposition avec la volonté d'uniformisation de l'enseignement des contenus par investigation, en modelant la pratique d'enseignement. Les fonctions de la médiation et les modalités langagières mobilisés pour un même enseignant sont spécifiées par les contenus, la pratique pour deux enseignants est uniformisée par un contenu ou la médiation des contenus peut être exercée de manière différente pour un même enseignant et dans une même séance.

2 Deux modes d'engagement des élèves dans l'activité.

La médiation didactique de l'enseignant, en tant qu'action sur les performances didactiques des élèves, se traduit par différents types d'actions qui induisent différents modes d'engagement des élèves dans l'activité. L'élève endosse un rôle qui l'amène à s'engager dans l'activité de trois manières. Le rôle de récepteur qui est inhérent à toute situation d'apprentissage dans la mesure où l'enseignant est l'organisateur des apprentissages. Le rôle de chercheur où l'élève produit une performance didactique originale, personnelle, non attendue par l'enseignant. Le rôle de trouveur où l'élève produit une performance didactique attendus par l'enseignant. En endossant le rôle d'élève-récepteur, l'élève manifeste des performances didactiques de silence telle que : rester silencieux, immobile, regard fixe, etc. Dans la mesure où le *faire* (Reuter, 2005) des élèves s'exprime de manières plus diverses, nous faisons le choix d'illustrer les deux autres types de rôles au travers des exemples suivants. Par une approche qualitative les cas présentés sont extraits de la séance sur la respiration présentée par DES. Nous présentons les transactions qui montrent comment la médiation de l'enseignant amène l'élève à s'engager de manière différente dans l'activité (profil de transaction).

2.1 L'élève-chercheur

Les deux premiers extraits portent sur un contenu procédural lors de la première partie de la séance portant sur la mesure, de manière expérimentale, du volume expiratoire (DES). Dans ces deux cas la fonction de la médiation est informative, il s'agit pour l'enseignant d'amener les élèves à communiquer par une invitation (extraits E16 et E33) à l'ensemble de la classe les protocoles personnels qu'ils ont imaginés.

Extrait E16, partie 1 : Vas y !

Extrait E33, partie 1: Attends il faut que tout le monde t'écoute.

Dans les deux extraits l'interaction est caractérisée par un temps de parole plus important pour les élèves que pour l'enseignant. Chaque interaction débute en effet par une longue description du protocole que l'enseignant n'interrompt pas. Les interventions de l'enseignant sont courtes et en écho aux propos des élèves. Les actions de l'enseignants sont guidées par les performances didactiques des élèves.

Dans l'extrait suivant (figure 76), les actions de l'enseignant consistent en de courtes actions de relances, majoritairement sous forme de questions, qui ont pour but de clarifier le propos, en particulier en ce qui concerne les mouvements de la boule sous l'effet de l'air expiré dans le dispositif.

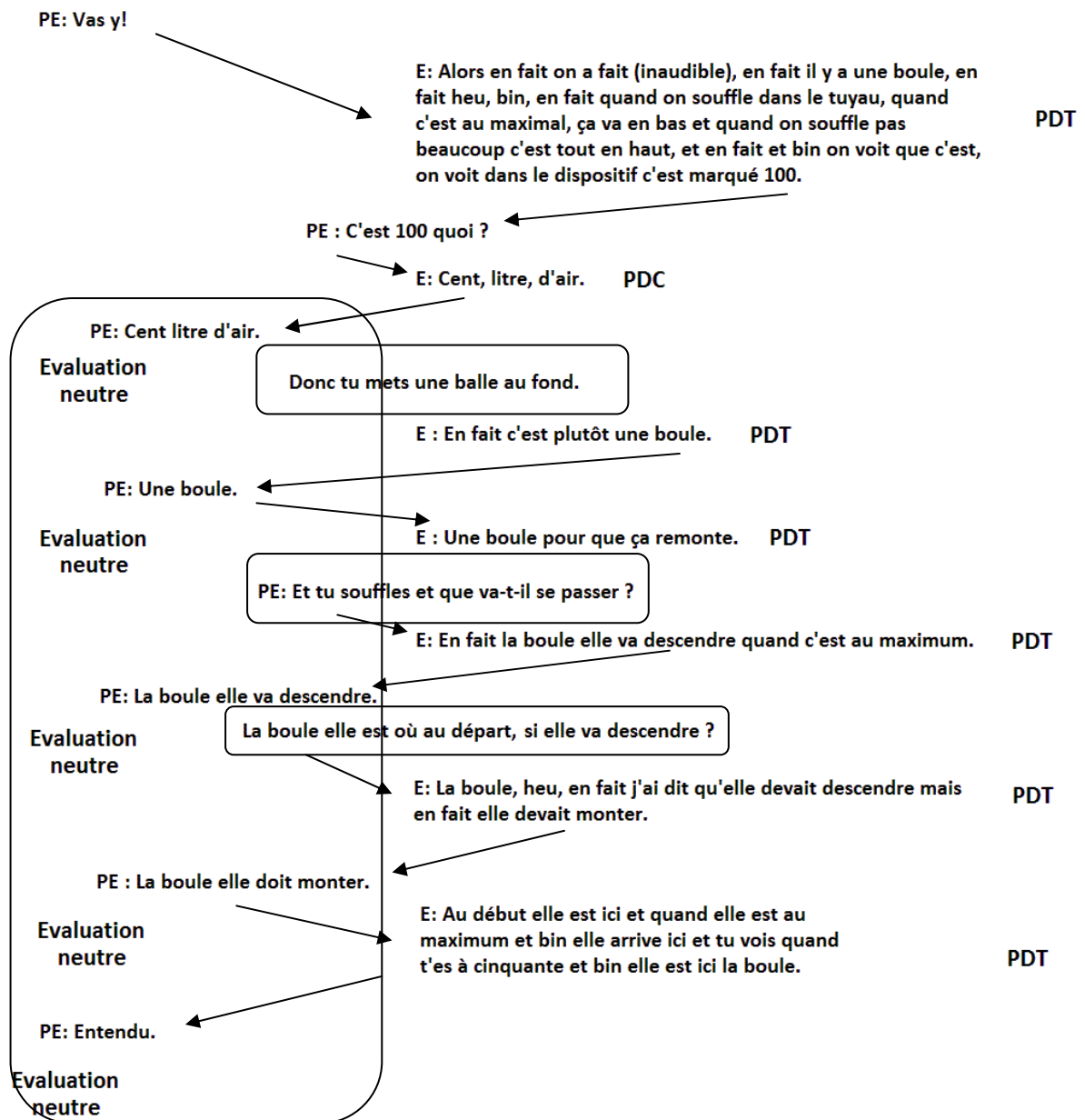


Figure 76. Fonction informative et élève-chercheur (extrait 1)

Les performances didactiques techniques (PDT) produites font l'objet d'évaluations neutres. Cette évaluation prend la forme d'une répétition de toute ou partie du propos de l'élève sans manifester ni accord ni désaccord et signifie que l'enseignant suit l'explication de l'élève (PE : « *Entendu.* »). Dans l'extrait suivant (figure 77), là encore, les performances didactiques des élèves guident les actions de l'enseignant qui amène l'élève à clarifier ses idées.

PE : Attends, il faut que tout le monde t'écoute d'abord.

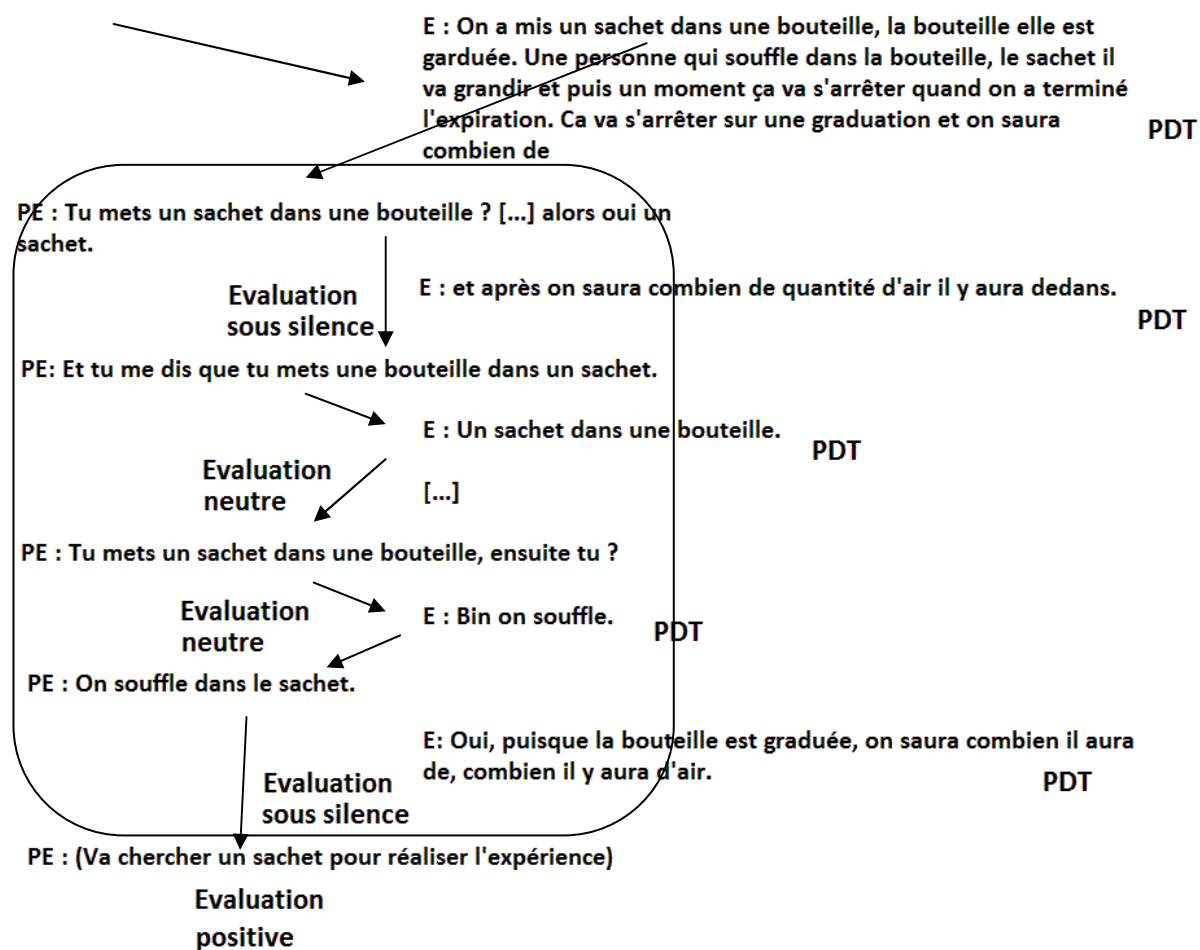


Figure 77. Fonction informative et élève-chercheur (extrait 2)

L'enseignant procède ici par une sélection de propos qu'il reprend dans une évaluation neutre et d'autre qu'il met sous silence. Les évaluations neutres orientent le propos de l'élève vers le dispositif matériel proposé (« un sachet dans la bouteille. ») et les performances didactiques évoquant le résultat envisagé sont mises sous silence (« on saura combien de quantité d'air il y aura. »).

Il apparaît que l'enseignant laisse l'initiative de proposer leurs dispositifs aux élèves mais il les oriente vers le moment suivant qui consiste à réaliser le protocole pour ensuite le discuter à la lueur des résultats. Néanmoins, ce sont les performances didactiques des élèves qui sont au centre des activités lors de cette première partie de séance. Les élèves sont en position de chercheur vis-à-vis de la question posée. Du moins pour les premiers groupes, les idées des élèves sont exposées, réalisées et discutées sans préjugé de leur pertinence à répondre à la question. Pour les derniers groupes comme nous l'avons montré précédemment, seul l'exposé de leur protocole est discuté et rejeté à la lueur des critiques des protocoles précédents.

Lors de la seconde partie de la séance, un seul épisode fait apparaître le rôle de chercheur chez quelques élèves. Dans la majorité des cas les élèves sont soit récepteurs des injonctions soit trouveurs. L'extrait suivant (figure 78) montre une posture de chercheur originale.

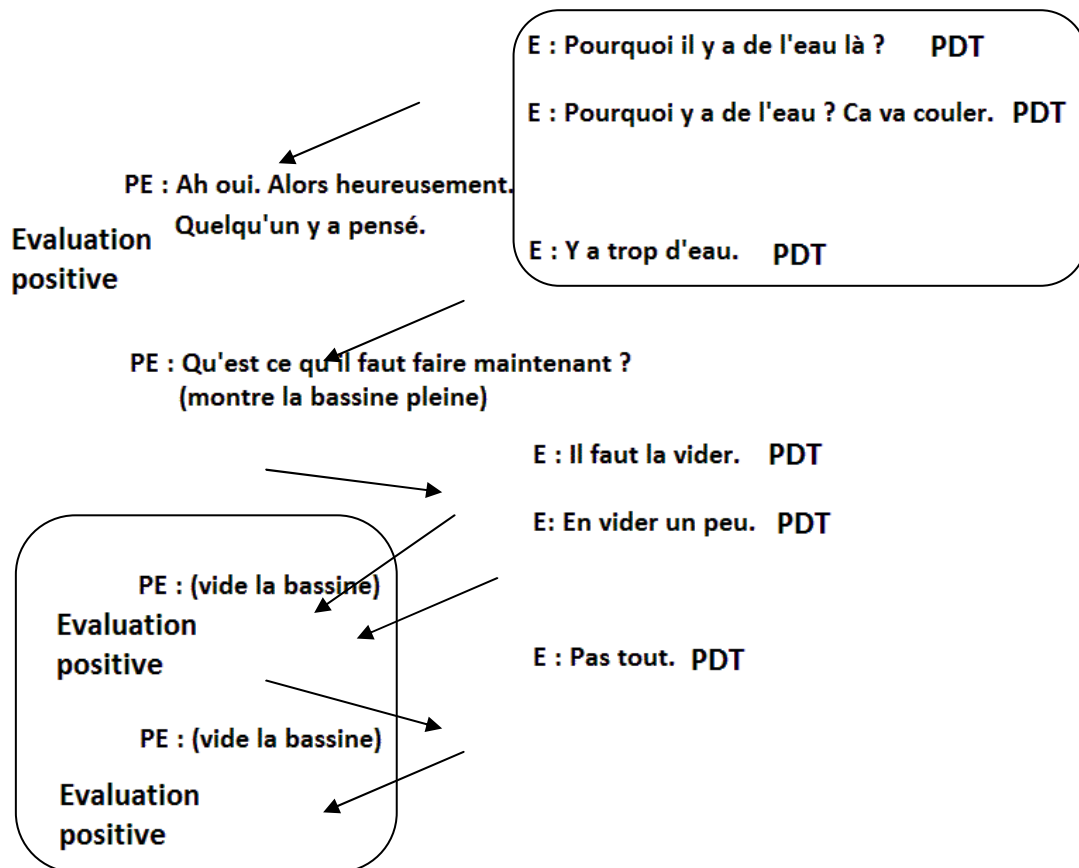


Figure 78. Fonction réflexive et élève-chercheur

L'interaction débute par plusieurs remarques d'élèves à propos du fait que la bassine dans laquelle se déroule l'expérience est sur le point de déborder. Les élèves en exprimant spontanément leur esprit critique, posent des questions qui interpellent l'enseignant. Les élèves sont en position de chercheur dans la mesure où ils produisent des performances didactiques non attendues par l'enseignant. Dans cet extrait, ce sont les performances didactiques des élèves produites en réaction au déroulement de l'expérience qui fonctionnent comme des injonctions et induisent la médiation réflexive de l'enseignant. L'enseignant procède par une série d'évaluation positive des injonctions des élèves en vidant la bassine. Cet extrait montre un renversement de l'interaction qui n'est plus pilotée par l'enseignant mais à l'initiative des élèves. Les performances didactiques des élèves agissent sur la médiation de l'enseignant.

2.2 L'élève-trouveur

Le rôle d'élève trouveur est illustré par trois exemples qui portent sur trois types de contenus. L'extrait ci-dessus (figure 79), porte sur un contenu procédural, il s'agit de comprendre une des particularités du dispositif expérimental imposé par l'enseignant en seconde partie de séance.

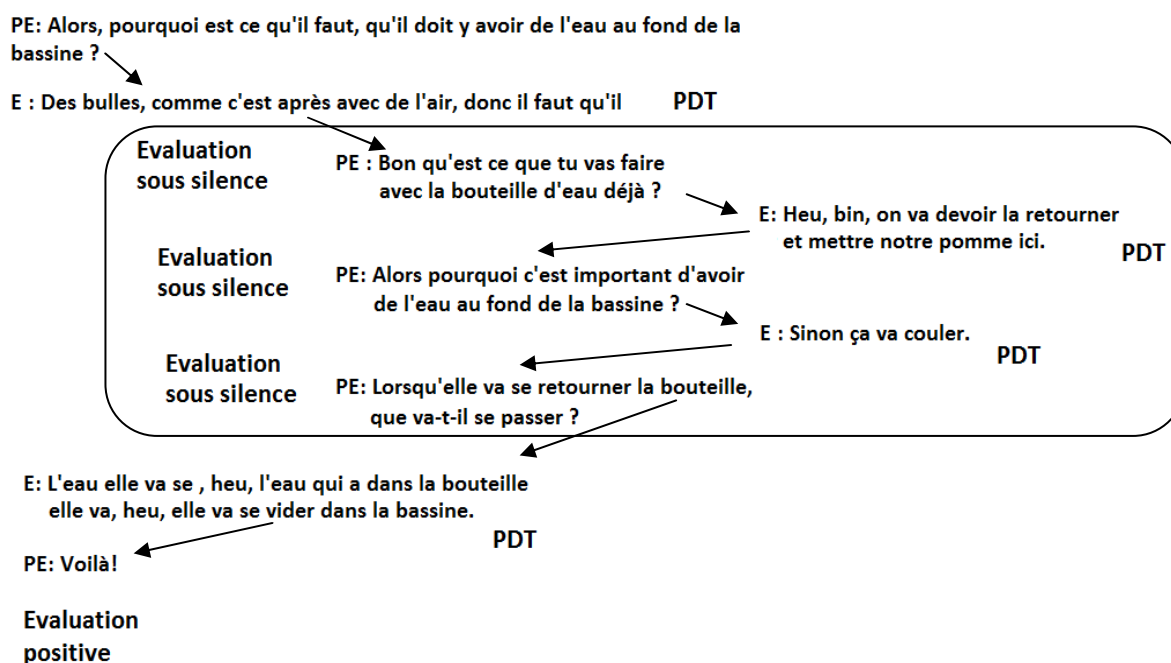


Figure 79. Fonction réflexive et élève-trouveur

La médiation didactique de l'enseignant est à fonction réflexive et débute par une question afin d'amener les élèves à réfléchir à la nécessité de mettre de l'eau dans la bassine. Cette action se traduit par la production d'une première performance didactique technique ne correspondant pas à l'attendu de l'enseignant (Des bulles, comme c'est après etc.) que l'enseignant met sous silence. Il entreprend ensuite d'orienter les élèves en agissant au travers d'une série de trois questions. Les deux premières performances didactiques techniques produites sont mise sous silence parce que ne correspondant pas à l'attendu. Seule la troisième (La bouteille va se vider dans la bassine) est évaluée positivement. (Voilà!) Les élèves procèdent par tâtonnement afin de trouver ce que l'enseignant attend. La médiation est constituée d'une série de questions de plus en plus précises et accompagnée d'une série d'évaluations sous silence qui sont autant d'indices pour les élèves.

L'extrait ci-dessus (figure 80) concerne un contenu éthique. Il s'agit de porter un regard critique sur le protocole proposé par un groupe d'élève en première partie de séance.

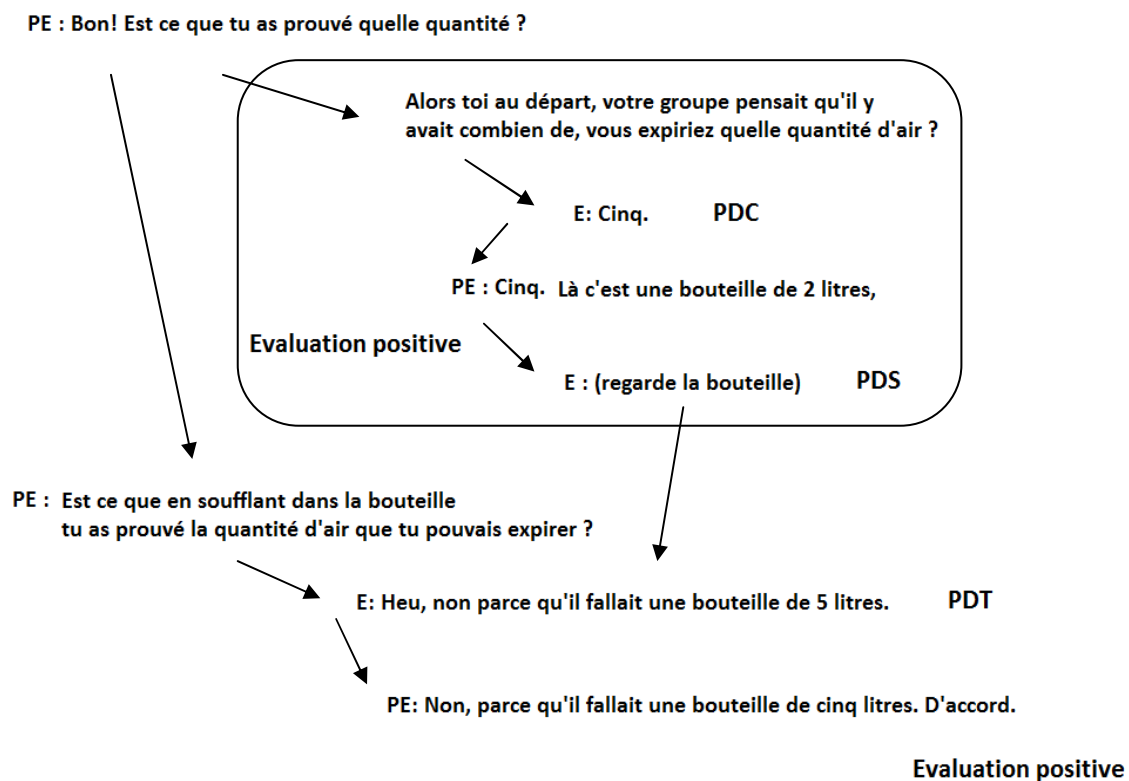


Figure 80. Fonction réflexive et élève-trouveur

Là encore, la médiation est à fonction réflexive et débute par une question générale à propos du dispositif. Sans attendre la réponse de l'élève, l'enseignant double d'une seconde question plus ciblée en revenant sur l'hypothèse testée par le groupe (Cinq litres d'air). Afin de permettre aux élèves de trouver l'attendu, l'enseignant met en parallèle cette hypothèse et la contenance de la bouteille utilisée (bouteille de deux litres), puis reformule la question initiale. Par l'emploi d'une action "satellite" qui utilise divers langages (mathématique (volumes d'air et de la bouteille) et procédural (l'enseignant montre la bouteille), l'élève trouve et produit la performance didactique technique attendue que l'enseignant évalue de manière positive en reprenant le propos de l'élève et en ponctuant d'un : « *d'accord.* »

L'extrait suivant (figure 81) porte sur un contenu de connaissance. Là encore la médiation réflexive débute par une longue question à propos de la capacité pulmonaire des élèves.

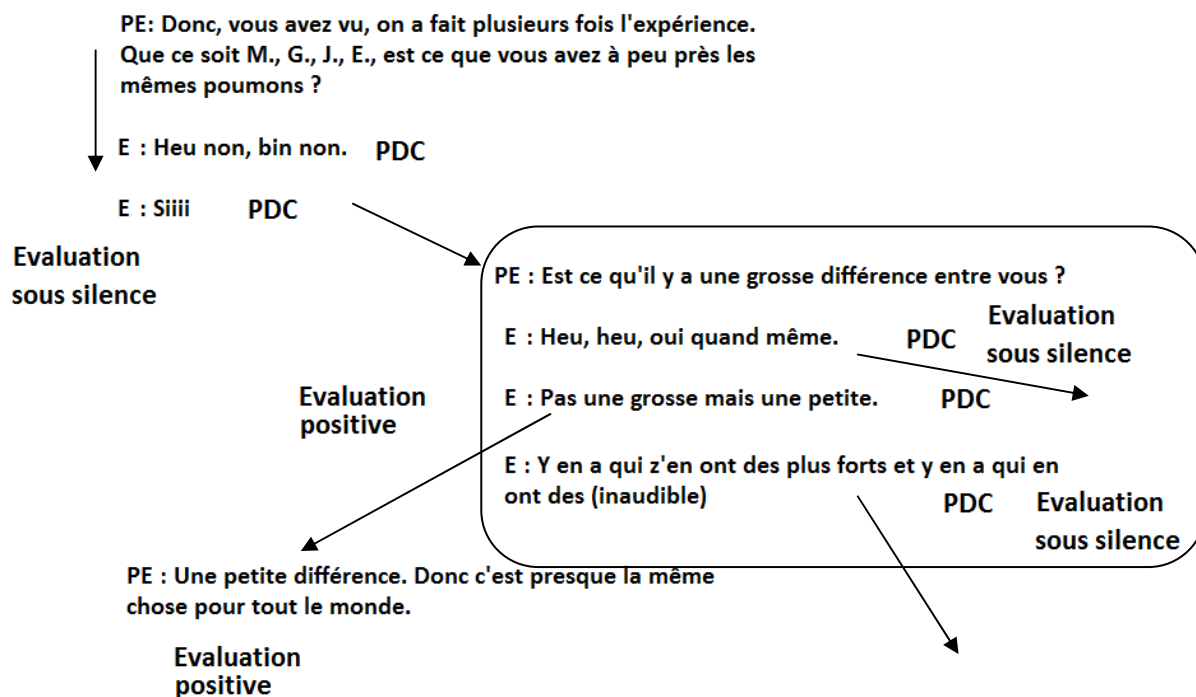


Figure 81. Fonction réflexive et élève-trouveur

Devant les performances didactiques cognitives contradictoires produites, qu'il met sous silence, l'enseignant oriente la question par une action "satellite" (Y a-t-il une grosse différence entre vous ?). Les élèves comprennent que s'il y a une différence, elle n'est pas importante. Cette action produit différentes performances didactiques cognitives dont deux sous mises sous silence parce que ne correspondant pas à la réponse à trouver et une est évaluée positivement. L'enseignant reprend le propos formulé par l'élève et attendu par lui pour conclure que tous les élèves ont presque la même capacité pulmonaire. Les élèves, là encore, identifient les indices laissés par l'enseignant pour trouver la réponse attendue. Contrairement au mode d'engagement élève-chercheur, le temps de parole des élèves est moins important. C'est l'enseignant qui mène l'interaction, l'élève quant à lui répond de manière brève aux différentes actions de l'enseignant. La médiation se fait pas à pas selon l'orientation voulue par l'enseignant et non pas selon le propre cheminement de l'élève. L'élève est trouveur d'un contenu qu'il sait détenu par l'enseignant.

Par conséquent au travers de sa médiation didactique, l'action de l'enseignant sur la médiation cognitive des élèves, poussent ceux-ci à s'engager dans l'activité, en vue de construire un contenu, de trois manières. Dans le mode d'engagement élève-récepteur, les élèves sont récepteurs des explications, des descriptions de l'enseignant à propos d'un contenu. Ils manifestent des performances didactiques de silence. En revanche, certaines interventions à

fonctions injonctive, informative ou réflexive de la médiation de l'enseignant induisent deux autres modes d'engagement au travers desquels l'initiative des élèves vis-à-vis de la construction des contenus est différente. L'élève-chercheur produit une performance didactique originale, personnelle, non attendue par l'enseignant. La médiation dans ce cas permet à l'élève de suivre son propre cheminement pour construire les contenus. L'élève-trouveur produit une performance didactique attendue par l'enseignant. La médiation, dans ce cas, procède par un ensemble d'actions dont le but est de faire découvrir aux élèves les attendus de l'enseignant. Néanmoins, ce n'est pas tant la fonction de la médiation qui engage les élèves dans l'un ou l'autre des deux modes d'engagement précédent mais la manière dont l'enseignant signifie aux élèves l'évaluation des performances didactiques qu'il effectue. En effet, une médiation à fonction réflexive peut engager les élèves en tant qu'élève-chercheur ou élève-trouveur comme nous l'avons montré. C'est par les sélections que l'enseignant opère parmi les performances didactiques, en mettant sous silence certaines et en évaluant positivement ou négativement d'autres, que l'enseignant signifie aux élèves ses attendus et les engage en tant qu'élève-trouveur. En revanche si l'enseignant, tout en évaluant les performances didactiques des élèves, ne manifeste pas son avis par une évaluation neutre, il amène les élèves à s'engager en tant qu'élève-chercheur et à manifester des performances didactiques originales.

3 Des performances didactiques des élèves qui agissent sur la pratique d'enseignement

Nous concevons la pratique d'enseignement comme une médiation didactique de l'enseignant qui agit sur la médiation cognitive des élèves (Lenoir, 1996) et la médiation didactique comme une action sur les performances didactiques des élèves en vue de l'apprentissage d'un contenu (Zaid, 2012). La médiation passe par une transaction entre l'enseignant et les élèves. Dans la majorité des cas, comme nous l'avons montré, c'est l'enseignant qui agit sur les performances didactiques des élèves. Nous montrons ici que les performances didactiques des élèves agissent en retour sur la médiation qui s'en trouve modifiée soit parce qu'elle agit sur un contenu différent qui émerge, soit parce que les caractéristiques de la médiation changent.

Notre approche qualitative est basée sur une étude de cas. Les exemples pris sont extraits de la séquence sur la digestion présentée par HER. Nous présentons les transactions qui montrent l'action de l'élève sur la médiation de l'enseignant (profil de transaction) et les caractéristiques de la médiation modifiée (Transana).

Nous présentons trois contenus émergents : un contenu de connaissances scientifiques (équilibre alimentaire) en marge des contenus envisagés dans la séance 1 portant sur le trajet des aliments, un contenu de pratique scientifique (posture critique) en séance 3 et un contenu non scientifique (registres de vocabulaire) en séance 1. Nous montrons également que l'action d'un élève modifie profondément la médiation de l'enseignant lors du moment d'investigation et du moment de bilan de la séance 3 et fait émerger un contenu moléculaire original hybride : l'investigation/bilan.

3.1 Des performances qui agissent sur la médiation

La médiation didactique ne fonctionne pas à vide mais en vue de l'apprentissage d'un contenu. Nous montrons ici que les performances didactiques des élèves agissent en retour sur la médiation de l'enseignant et se traduit par l'émergence de contenus originaux.

3.1.1 Des contenus de connaissances émergents

L'extrait se situe au début du moment de questionnement (séance 1). Après un court moment où les élèves sont amenés à évoquer les aliments qu'ils ont mangé le midi, l'enseignant poursuit avec une question portant sur le choix des aliments (figure 82). Ce début de séance permet à l'enseignant d'introduire le thème de la digestion. La formulation des questions posées (*Qu'avez-vous mangé ce midi ? Qu'est ce que vous mangeriez ?*) est en relation avec l'activité envisagée ensuite qui consiste à proposer aux élèves un biscuit et un verre d'eau à manger comme le montre l'extrait suivant :

Extrait: E7, HER S1: « PE : Bon stop. On va arrêter là parce que déjà ...chut.. On voit comment on mange, pour un tas de raisons que vous m'avez citées, mais on va voir qu'on est pas obligé forcément de manger et... pour toutes ces raisons, d'ailleurs je vais vous donner quelque chose à manger aujourd'hui. »

A la question : « *Qu'est ce que vous mangeriez ?* », l'enseignant entend obtenir une liste d'aliments et la réponse de E2 (« *équilibré* ») modifie son attendu. L'enseignant relance par une question (*Qu'est ce que c'est manger équilibré ?*) et oriente ce début de séance vers l'équilibre alimentaire (figure 82).

PE : Bon vous avez choisi ce que vous avez mangé ?

E1 : non

PE : Vous aimeriez manger ce que... Si vous aviez à choisir qu'est-ce que vous mangeriez?

*E2 : **Équilibré***

*PE : Tu mangerais équilibré toi M ? **Qu'est ce que c'est manger équilibré ?***

E3 : Que de la viande et du poisson.

PE : Toi que de la viande et du poisson et toi qu'est-ce que c'est manger équilibré ?

E4 : heu de la salade d'haricots verts

Figure 82. Action d'une performance didactique sur la médiation de HER

L'enseignant est conscient que le sujet se décale de l'attendu comme il le précise dans l'extrait suivant : « *PE : je le note parce que on va pas forcément en parler aujourd'hui mais je retiens parce que le, ça à l'air de vous tenir à cœur.* ». L'ensemble de la transaction montre comment à trois reprises les performances didactiques des élèves agissent pour réorienter les contenus (figure 83).

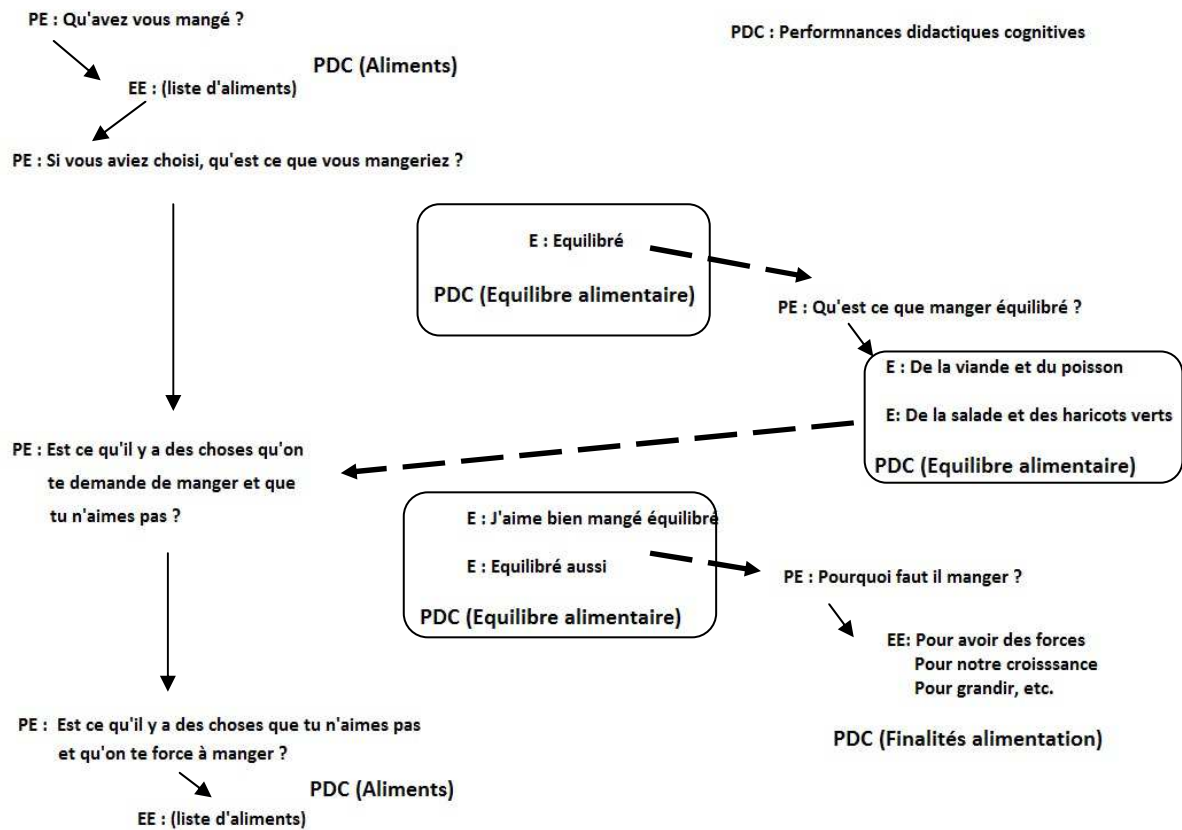


Figure 83. Transaction enseignant élèves (HER, séance1)

L'intention de l'enseignant est que les élèves produisent des performances didactiques cognitives à propos des aliments. Un élève puis deux autres un peu plus tard produisent des performances didactiques cognitives à propos de l'équilibre alimentaire. La réponse du premier élève éloigne l'enseignant de ces attendus et l'amène à questionner sur le sujet. Lorsque les élèves citent des aliments qui pour eux appartiennent à une alimentation équilibrée (poisson, haricots, salade), l'enseignant tente de revenir à son attendu mais en est de nouveau éloigné par les réponses de deux autres élèves. L'enseignant questionne cette fois à propos des finalités de l'alimentation. La transaction se traduit par un jeu d'action de l'enseignant et d'action en retour des élèves qui a pour effet l'émergence de contenus.

Les contenus *équilibre alimentaire* et *finalités de l'alimentation* émergent de l'action des élèves sur la médiation de l'enseignant (figure 84).

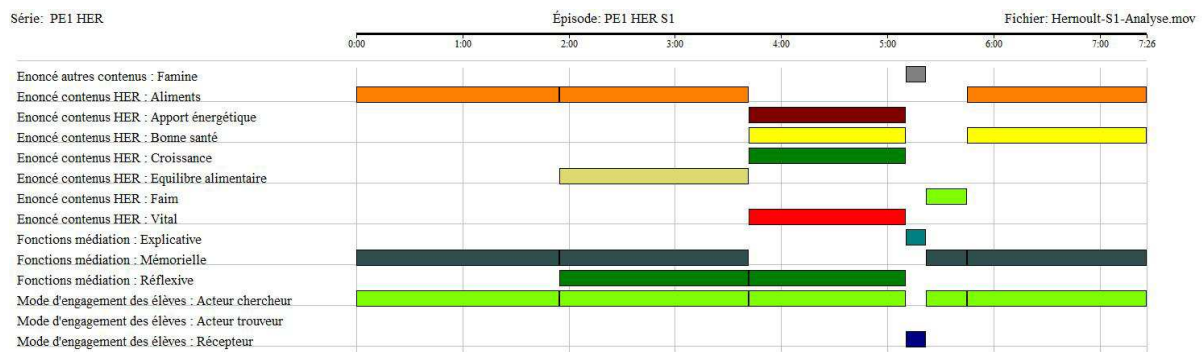


Figure 84. Médiation et contenus émergents (séance 1, HER)

En effet la médiation de l'enseignant est à fonction mémoirelle en début de transaction et devient réflexive dès l'apparition du contenu équilibre alimentaire. D'une action de l'enseignant qui a pour but l'évocation de faits antérieurs à la séance à propos des aliments, l'action devient réflexive à propos de *l'équilibre alimentaire* et des *finalités de l'alimentation*. L'enseignant cherche à faire émerger les conceptions de ses élèves sur ces deux sujets.

3.1.2 Des contenus de pratique scientifique émergents

L'extrait se situe en séance 3 et fait suite au bilan de l'investigation documentaire portant sur le calcul de la durée de la digestion. Après qu'un élève ait présenté son calcul de la durée de la digestion lors d'une mise en commun, l'enseignant demande aux élèves si tous sont d'accord avec le calcul obtenu. C'est l'intervention d'un élève (N.), repris par HER, à propos de la durée de la digestion qui fait émerger les contenus de pratique scientifique éthique et techno-conceptuel. Il s'agit d'adopter une posture critique et d'argumenter son point de vue à propos d'un résultat d'investigation (figure 85).

PE : alors N. es tu convaincu de ce qu'a dit I. ?

E: non.

PE:non pourquoi?

E: ça dépend si on mange des aliments liquides ou pas.

PE: oui mais ça c'est des moyennes. En moyenne l'aliment reste 2h 7 h 15h.

E: mais si on mange un aliment liquide

PE: oui.

E: il passe dans l'intestin grêle.

PE oui mais ça reste aussi

E: mais un aliment liquide ça dure moins longtemps à passer.

Figure 85. Transaction enseignant élèves (HER, séance 3)

C'est l'élève par sa réponse négative qui introduit dans la transaction le contenu en adoptant une posture critique. Cette performance didactique agit sur la médiation de l'enseignant qui introduit le contenu techno-conceptuel en invitant l'élève à argumenter par une médiation réflexive (PE : « Non [tu n'es pas d'accord avec le calcul] pourquoi ? ». L'argumentation de l'élève s'articule autour de la prise en compte des aliments liquides dans le calcul de la durée de la digestion. D'après lui « aliment liquide ça dure moins longtemps à passer ». Face aux arguments de l'élève, la médiation de l'enseignant réflexive devient explicative (figure 86).

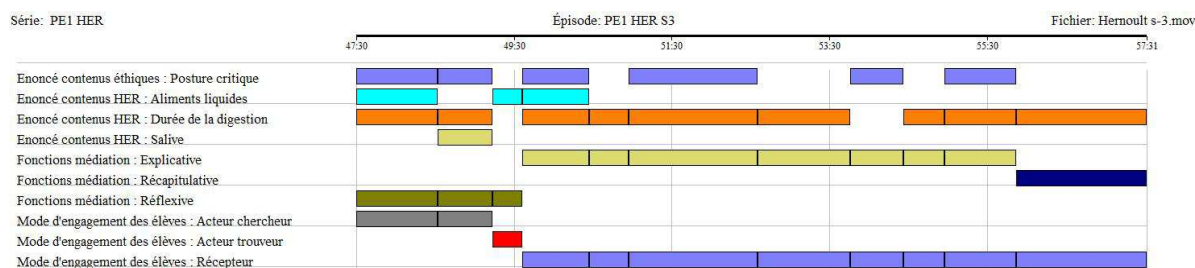


Figure 86. Médiation et contenus émergents (séance 3, HER)

L'enseignant déploie des explications basées sur la nature des données documentaires : PE : « Pas forcément, ça va être le même temps là, c'est un minimum qui a été décrit. C'est un minimum qui a été décrit donc il faut prendre en compte ce qui est écrit dans le texte. », sur les caractéristiques de la digestion PE : « Mais pour les aliments solides on voit bien que ça dure 24h. Mais tout est mélangé dans l'estomac, tous est mélangé et tout passe. D'accord ? » ou sur des explications liées au vécu de l'élève : « PE : si tu goutes là dans une heure tu auras, tu seras en train de manger et tu auras des aliments qui seront digérés dans l'intestin grêle. D'accord ? Bon, pendant que tu manges pendant que tu avales, que tu mâches tu peux

être aussi en train de digérer d'autres aliments. ». Cette médiation explicative est ponctuée d'interventions de l'élève qui maintient sa posture critique envers les explications de l'enseignant. L'élève occupe l'espace et le temps didactique. C'est par conséquent la performance didactique technique (posture critique) qui agit sur la médiation de l'enseignant qui devient explicative et qui fait émerger un contenu techno-conceptuel que l'enseignant n'avait pas envisagé (argumenter son point de vue) comme le montre l'extrait suivant : PE : « *ce qui est dommage c'est que j'avais prévu d'autres choses et que là on va pas avoir le temps du tout d'avancer* ».

3.1.3 Des contenus non scientifiques émergents

L'extrait suivant montre que les contenus qui émergent peuvent appartenir à d'autres champs disciplinaires. En effet la notion de registres de langue émergent de cette transaction. Cet extrait se situe lors du moment de questionnement (séance 1) à partir des productions d'élèves et fait suite à une médiation réflexive à propos de la continuité du tube digestif entre la bouche et l'anus. L'enseignant demande aux élèves de préciser ce que sont les excréments (PE : « *Qu'est ce c'est les excréments ?* » (figure 87).

PE : Qu'est ce que c'est les excréments?

E : Le caca.

PE : (écrit au tableau) oui c'est le caca ? On peut dire autrement aussi ça c'est plutôt familiers c'est ce qu'on va dire à la maison par exemple mais si vous allez voir le médecin ou si vous allez à l'hôpital, on va pas forcément dire excrément il y a un autre mot? est-ce que vous le connaissez ?

Figure 87. Transaction enseignant élèves (HER, séance1)

Face à la réponse d'un élève dans le registre familial, l'enseignant, par une médiation énonciatrice, amène les élèves à évoquer d'autres registres de langue possible (PE : « *mais si vous allez voir le médecin ou si vous allez à l'hôpital, on va pas forcément dire excrément.* »).

Tout au long de la transaction sont évoqués le registre familial (*caca, pipi, les gros besoins, les petits besoins.*), le registre médical (*les selles,*), le registre « grossier » (pas d'exemple cité) et le registre scientifique (*les excréments, l'urine*). Là encore la médiation de l'enseignant est modifiée par une performance didactique d'un élève, de réflexive elle devient énonciatrice et amène à l'émergence de contenus originaux.

3.2 Des performances qui modifient la médiation de l'enseignant à l'échelle d'une séance

Les exemples précédents concernent des performances didactiques d'élèves qui agissent de façon limitée sur la médiation de l'enseignant. La médiation modifiée et les contenus émergents s'inscrivent dans des épisodes courts de quelques minutes. Nous présentons ici une action de plus grande ampleur qui affecte la médiation à l'échelle de la séance. Nous montrons que l'action des élèves modifie l'objet de recherche lors d'une investigation et la médiation au moment de l'investigation et du moment du bilan. Ces actions font émerger un contenu moléculaire original hybride : l'investigation/bilan fortement guidé par l'enseignant.

3.2.1 La modification des contenus organisés lors du moment d'investigation

Nous présentons ici le moment d'investigation documentaire situé en séance 3. L'intention de l'enseignant est d'aborder la notion de transformation chimique par les sucs digestifs. Après avoir précisé l'organisation pédagogique (PE : « *Alors je vais vous donner à tous des documents vous allez les consulter tout seul, je vais vous laisser un petit moment avec ces documents et ensuite je vais vous poser des questions. D'accord ?* ») et avant d'avoir formulé la consigne à propos des transformations chimiques, la remarque d'un élève (I.) va orienter la recherche documentaire vers un contenu différent (figure 88).

E : Madame I. y dit que ça dure 24h.

E (I.) : A peu près.

E : N'importe quoi.

PE : Ah bin tiens, on va poser une première ques', ah non non non, Chut. Alors avant de commencer tout le monde a bien trois documents ?

EE : Oui.

PE : Oui. Et bien tiens, ça va être une première question, I. dit la digestion dure

E(I.): au minimum 24 h.

PE: au minimum 24 h, vous allez me chercher à savoir si c'est vrai ou pas. Alors cherchez moi si oui ou non alors la durée (note au tableau: La durée de la digestion dure au moins 24h. I. a-t-il raison ? Explique)[...] Tout le monde a compris? Plutôt qui n'a pas compris? I. en regardant les documents que j'ai donné, dit la digestion dure au moins 24h. C'est-à-dire qu'elle peut durer 24h ou plus. Est-ce que tu penses qu'il a raison toi en regardant les documents, penses tu qu'il a raison ou pas ? »

Figure 88. Transaction enseignant élèves (HER, séance 3)

En effet, à la lecture des documents, l'élève (I.) formule une hypothèse que l'enseignant reprend. La médiation ne change pas, il s'agit toujours pour l'enseignant de proposer aux élèves une recherche documentaire au travers d'une médiation injonctive (PE : « *vous allez me chercher à savoir si c'est vrai ou pas.* ») mais le contenu de la recherche est induit par la remarque de l'élève dont la formulation sert de base à la consigne de l'enseignant notée au tableau : (PE : « *La durée de la digestion dure au moins 24h. I. a-t-il raison? Explique.* »). Il s'agit de chercher à partir des documents la durée de la digestion.

3.2.2 La modification de la médiation des moments d'investigation et de bilan

Les moments d'investigation et de bilan présentés ici se situent en fin de séance 3 et font suite à la fin du bilan de la séance 2 et à une investigation documentaire induite par une remarque d'un élève (I.), à propos de la durée de la digestion, comme nous l'avons montré dans la partie précédente. Cette investigation sur la durée de la digestion modifie le déroulement de la séance 3 comme le précise HER : « *Oui mais j'ai autre chose de prévu, mais c'est parce que I. avait, j'ai trouvé que c'était intéressant de le voir.* » et c'est en fin de séance (épisode E41, à 59' du début de séance) que l'enseignant revient aux contenus prévus concernant la transformation chimique des aliments comme le montre l'extrait suivant :

Extrait: E41, HER S3 Début: 0:59:04.6

PE : « [...] voilà à quoi je voulais en venir, et du coup on a pris du retard, c'est pas grave. Qu'est ce qui permet à nos aliments de devenir de toutes, toutes, toutes petites particules qui vont passer dans le sang ? »

La médiation de l'enseignant, au cours du moment d'investigation qui fait suite à la question, présente des caractéristiques originales (figure 89).

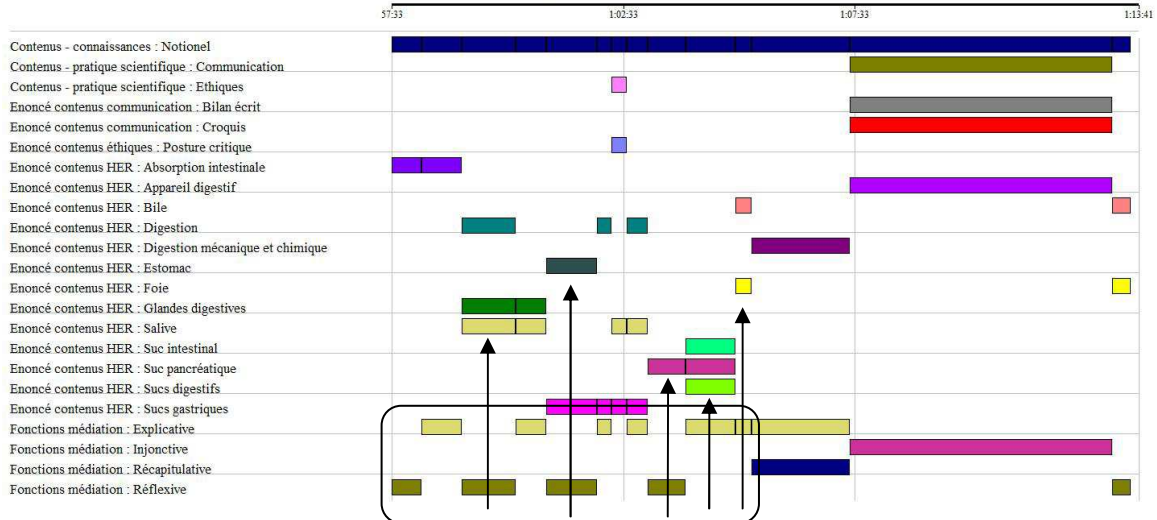


Figure 89. Médiation et contenus lors du moment investigation/bilan documentaire

En effet, la distribution des épisodes présente davantage les caractéristiques du moment de bilan avec une cyclicité régulière entre une médiation réflexive et une médiation explicative. Ces médiations s'exercent sur des contenus de connaissances à propos de la transformation des aliments organisés en une succession d'actions chimiques suivant le trajet des aliments : salive puis estomac et suc gastrique puis suc pancréatique puis suc intestinal et enfin foie et bile. La séance se termine par un épisode à médiation récapitulative et un bilan écrit à médiation injonctive portant sur l'appareil digestif combinant organes du tubes digestif et glandes digestives. Il n'apparaît pas d'épisode de médiation informative comme lors des bilans (cf partie 2.1.4) ni d'épisode de médiation injonctive comme lors des moments d'investigation (cf partie 2.1.3). Ces médiations se trouvent mêlées aux épisodes de médiation réflexive (tableau 39).

<p>PE : On les trouve où les sucs gastriques ?</p> <p>EE : (silence)</p> <p>PE : Alors les sucs gastriques on les trouve où ?</p> <p>E: Dans l'intestin.</p>		Médiation Réflexive
<p>PE: Bin alors ? cherchez dans les documents !</p> <p>E: Dans le gastrique.</p>	Médiation injonctive	
<p>PE: Oui dans ?</p> <p>EE : (Silence)</p> <p>PE : Alors A. les sucs gastriques on les trouve où ?</p> <p>E: (silence d'A.)</p> <p>E: L'estomac</p> <p>E: Et puis il y a les suc digestifs après.</p> <p>PE: Alors N.?</p> <p>E(N.): L'estomac.</p> <p>PE: Dans l'estomac, d'accord?</p>	Médiation informative	
<p>PE : « au niveau de l'estomac. Au niveau de l'œsophage il n'y a pas de substances qui viennent nous aider à digérer, mais par contre dans l'estomac, on a fabrication d'un suc gastrique. Le suc gastrique c'est un produit qui va nous aider à di-gé-rer. D'accord ?</p>	Médiation explicative	

Tableau 39. Transaction enseignant élèves (HER, séance 3)

L'extrait débute par une médiation réflexive au travers d'une question à propos de l'estomac à l'origine de la synthèse du suc gastrique. Devant le silence des élèves et la tentative malheureuse d'un élève (« dans l'intestin ».) L'enseignant enchaîne avec une médiation injonctive en invitant les élèves à lire le document pour répondre à la question puis informative pour mettre en commun le résultat de la lecture et aboutir à la réponse attendue (« dans l'estomac, d'accord ? »). L'extrait se termine par une médiation explicative. Ces diverses médiations caractéristiques des moments d'investigation (injonctive) et de bilan (informative, réflexive et explicative) font de ce moment à la fois une activité de lecture documentaire et un bilan explicatif guidés par l'enseignant. Par conséquent la performance didactique cognitive d'un élève (I.) en début d'investigation à propos de la durée de la digestion modifie le déroulement de la séance et précipite l'investigation prévue. Cette performance didactique fait émerger un contenu moléculaire hybride investigation/bilan caractérisé par une diversité de médiations empruntées à la fois aux moments d'investigation et aux moments de bilan.

Par conséquent, dans un jeu d'action de l'enseignant sur la médiation cognitive des élèves et d'actions en retour des élèves sur la médiation de l'enseignant, la pratique d'enseignement varie encore. Ces actions en retour modifient les médiations initiales et font émerger des contenus divers non visés par l'enseignant qui peuvent être scientifiques (moléculaires, de connaissances ou de pratique scientifique) et non scientifique.

4 Synthèse:

Dans ce chapitre, nous montrons de diverses manières que l'un des axes de variabilité de la pratique d'enseignement passe par la relation entre la diversité des contenus et leur mode de transmission. En effet, nous montrons, par exemple, que la variabilité de construction de la démarche d'investigation, abordé dans le chapitre 3, s'exprime également au niveau des médiations didactiques exercées dans chaque moment de la démarche d'investigation que nous concevons comme contenus moléculaires. Dans certains moments, la médiation de l'enseignant laisse une place au cheminement des élèves tels que le moment du questionnement construit par une médiation réflexive. En revanche, dans d'autres moments, tels que les moments d'investigation et de bilan, c'est l'enseignant qui oriente le déroulement vers les contenus visés par des médiations à fonctions injonctive ou explicative. Cette variabilité, en contradiction avec la volonté institutionnelle d'uniformisation de la DI, est par conséquent marquée par la nature des contenus. La variabilité s'exprime également au travers des modes d'engagement des élèves dans l'activité induits par les médiations de l'enseignant et par les possibles actions en retour des élèves sur la médiation de l'enseignant.

Nos résultats font apparaître également le rôle déterminant du dispositif mis en place par l'enseignant dans le « façonnement » du contenu en jeu et des apprentissages construits par les élèves. Le dispositif est caractérisé par des transactions enseignant-élèves, des modes d'engagements induits par certaines médiations, des médiations favorisées selon les moments de la DI, des actions en retour des élèves sur la médiation didactique accepté par l'enseignant.

Chapitre 6. Une pratique construite selon le contexte : le cas de l'ASTEP

Nous présentons ici les résultats de l'étude de la relation entre les contenus et le contexte de leur transmission. Le contexte étudié est celui d'un dispositif d'Accompagnement en Sciences et Technologie à l'Ecole Primaire : l'ASTEP.

Dans la continuité de l'opération « La main à la pâte » initiée en 1995 par G. Charpak, prix Nobel de Physique, le comité national de l'ASTEP (Accompagnement en Sciences et Technologie à l'Ecole Primaire), constitué en 2004, propose une nouvelle forme de partenariat associant des scientifiques, généralement étudiants, et des enseignants du primaire. C'est en 2005 que le ministère de l'éducation nationale de l'enseignement de la recherche et l'académie des sciences signent la charte de l'ASTEP qui cadre le dispositif. Le dispositif est au carrefour de trois espaces : l'espace des pratiques, l'espace des prescriptions et l'espace des recommandations (Reuter, 2010, p.88). Dans l'espace des pratiques se rencontrent l'enseignant expérimenté de la classe d'accueil et les accompagnateurs de l'ASTEP. La charte précise que les accompagnateurs ont « *un niveau de compétences et de connaissances scientifiques et/ou technologiques au moins équivalent à celui d'une formation bac + 2* ». Ces accompagnateurs sont pour l'essentiel des étudiants d'université de niveau licence scientifique (LILLE 1 par exemple) ou des élèves en école d'ingénieur (ENSAM par exemple). Selon leur origine, les enjeux de l'ASTEP pour les étudiants sont différents : préprofessionnalisation pour les premiers et mise en œuvre d'un projet au travers d'une expérience personnelle pour les seconds. L'espace des recommandations est chargé du suivi et du contrôle avec, d'une part, des inspecteurs de l'éducation nationale chargés de la mise en œuvre du projet, secondés par les conseillers pédagogiques pour la plupart généralistes, et, d'autre part, des enseignants encadrant les étudiants, dans leur mission de formateur, qui peuvent être enseignants chercheurs en sciences (Biologie ou Physique) à l'université ou enseignants en écoles d'ingénieurs. Les accompagnateurs sont évalués par un compte-rendu d'activité. Enfin, l'espace des prescriptions est représenté par les programmes de l'école primaire (MEN 2008), la charte de l'ASTEP pour tous les acteurs et par les outils de cadrage des formations des institutions universitaires pour les accompagnateurs (plan de formation de la licence, UE accompagnement scientifique pour l'ENSAM).

En introduction, la charte précise qu'il s'agit « *de seconder les enseignants dans la mise en œuvre et le déroulement d'une démarche scientifique conforme aux programmes de l'école primaire* » et dans ses objectifs propose d'une part de rapprocher « *l'école et le monde des scientifiques* », une référence directe aux disciplines savantes, et d'autre part de faciliter le rapport au concret par l'expérimentation, le rapport au questionnement et à l'argumentation dans le but de construire de nouvelles connaissances. La matière *Sciences et Technologie* est envisagée ici selon trois axes : une matière *Sciences et Technologie* concrète centrée sur la démarche scientifique, une matière qui permet de développer des compétences présentes dans les programmes de l'école (expérimenter, se questionner et argumenter) et une matière qui permet la construction de nouvelles connaissances.

Du point de vue institutionnel, le bilan 2015-2016 de ce dispositif est principalement quantitatif. L'accompagnement des enseignants de l'école primaire est en plein développement comme le montre une progression du nombre de classes bénéficiaires importante (+ 43%) par rapport à 2009-2010²² (DGESCO, 2016). Nous proposons ici une analyse qualitative du dispositif ASTEP.

Nous montrerons, dans un premier temps, comment les enseignants construisent la matière *Sciences et Technologie* dans le cadre du dispositif ASTEP. En particulier, nous montrerons comment la démarche d'investigation, en tant que contenu unificateur prescrit de la matière, est construite dans le cadre de l'ASTEP, comment se fait le « rapport au concret » par les acteurs de l'ASTEP, au travers de la construction de l'expérience, le questionnement, l'argumentation, etc. Nous montrerons, ensuite, en quoi les rôles de l'enseignant et des accompagnateurs, appartenant au *monde des scientifiques*, est différent, en quoi la pratique d'enseignement au travers de la médiation de l'enseignant varie selon les contenus et les formes d'accompagnement et en quoi la médiation de l'enseignant et des accompagnateurs est différente pour un même contenu. Nous montrerons enfin que le dispositif ASTEP permet de faire émerger certains contenus originaux. Nous montrerons que le dispositif ASTEP constitue, pour les enseignants, une manière de renforcer leur approche des programmes mais aussi un espace de liberté scientifique vers de nouveaux possibles didactiques. En d'autres termes, L'ASTEP se traduit par une construction originale de la matière *Sciences et Technologie* à l'école élémentaire²³.

²²1734 classes étaient engagées dans le dispositif ASTEP pour l'année 2009-2010 contre 3049 en 2015-2016 (DGESCO, 2016)

²³ Un exemplier des données utilisées dans ce chapitre sont consignées dans les annexes 5 et 26 à 28.

1 La construction des contenus

Nous présentons ici les résultats des trois premières séances, parmi six, d'un projet de construction d'un pont en carton mené en classe de CM2. Nous n'analysons pas les trois dernières séances du projet dans la mesure où elles sont construites selon le même mode d'accompagnement que la première et la troisième. La première séance consiste en un pré-projet de construction du pont, l'enseignant y est accompagné par deux élèves ingénieurs de l'ENSAM de Lille. La séance 2 aborde les caractéristiques structurelles du carton, l'enseignant est seul en classe. Enfin la séance 3 aborde la relation entre les propriétés du carton et sa structure, l'enseignant y est accompagné. Les contenus pour chaque séance sont différents et portent explicitement à la fois sur des contenus procéduraux et/ou méthodologiques et des contenus de connaissances. Il s'agit de réaliser un pont en carton en mettant en œuvre une démarche de fabrication lors de la séance 1. Lors de la séance 2, il s'agit, par une démarche d'observation, de découvrir la structure du carton ondulé puis, par une démarche de lecture documentaire, d'aborder les procédés de fabrication du carton ondulé. La séance 3, par une démarche expérimentale, permet de mettre en relation la structure (épaisseur et sens des cannelures) et la résistance du carton. Dans le cadre du dispositif ASTEP, les contenus liés à la pratique scientifique (méthodologiques et procéduraux) semblent être au centre des préoccupations de l'enseignant. Nous analysons ici la variation de la pratique d'enseignement selon que l'enseignant soit accompagné ou non, selon les contenus et selon le mode d'accompagnement.

1.1 La reconstruction de la démarche d'investigation (DI) dans le cadre de l'ASTEP

La DI, que nous considérons en tant que contenu, est caractérisée par une structure que nous reconstruisons à partir de nos observations. Cette structure est matérialisée par des profils sur lesquels figurent les moments de la DI construits par l'enseignant. Les profils de chaque séance sont différents mais tous marqués par la présence des divers moments de la démarche d'investigation prescrite (MEN, 2009) [Situation de départ (SD), questionnement (Q), investigation (I), bilan (B) et synthèse (S)]. Le moment de la formulation des hypothèses (Hyp) n'est présent qu'en séance 2.

Les situations de départ (SD) consistent principalement en un rappel de la séance précédente [rappel des matériaux à utiliser (séance 2) ; rappel des notions déjà abordées (tablier, séance 3)] ou en une contextualisation de la séance [Présentation du projet (séance 1) ; rappel du projet (séance 3)].

Le moment du questionnement prend soit la forme d'un défi à réaliser, [*construire un pont en carton qui résiste au poids d'un dictionnaire* (séance 1)], soit la forme d'une question qui est à chaque fois énoncée par l'enseignant [*Est ce que le carton ondulé se détache facilement des autres couches ? Comment est fabriqué le carton ?* (séance 2) ; *Comment utiliser le carton pour qu'il puisse supporter un poids important ?* (séance 3)].

Les moments d'investigations sont de natures différentes : réalisation technologique en séance 1, observation et documentation en séance 2 et expérimentation en séance 3. Les moments de bilan et de synthèse sont nombreux et présents à chaque séance. Ils sont situés soit uniquement en fin de séance (séance 1) et soit tout au long de la séance (séance 2 et 3).

La première séance présente un seul cycle QIB avec un long temps d'investigation (65,4 % de la séance). Les temps de bilan et de synthèse sont plus courts (figure 90).

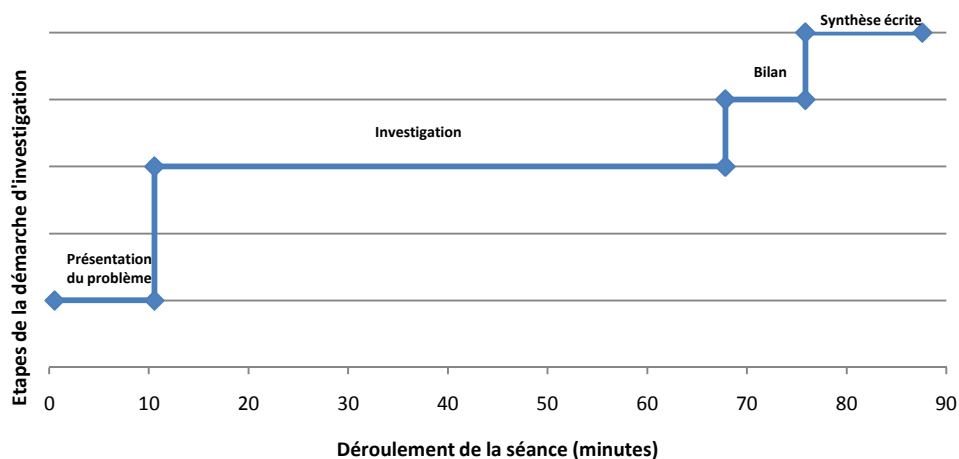


Figure 90. Profil de la séance 1 (GER)

L'essentiel de la construction des contenus en relation avec la construction du pont (démarche de réalisation, dimensions, résistance et stabilité du pont) se réalise au cours de l'investigation. La séance est construite sur le mode de l'enquête guidée (Windshilt, 2003)²⁴. En effet le

²⁴ Windshilt (2003) distingue 4 formes d'investigation en classe de sciences selon le degré de liberté donné aux élèves. Il décrit les expériences de confirmation comme des situations « in which students verify known

problème est donné aux élèves sous la forme d'un défi qui consiste à construire un pont en carton qui puisse résister au poids d'un dictionnaire, ce que les élèves considèrent comme impossible comme le montre l'extrait suivant.

GER (montre un élève) : « *comme tu dis ça parait impossible, parce que ça parait pas assez solide le carton* ».

Au cours de l'investigation les élèves conçoivent et réalisent leur propre projet de construction guidés par l'enseignant et les accompagnateurs. L'enseignant organise la séance afin de laisser l'élève construire les contenus en manipulant.

Les deux autres séances présentent une structure plus complexe. La séance 2 (figure 91) présente une structure en deux temps correspondant à deux contenus de connaissances traités successivement (structure et fabrication du carton). La première partie de la séance, qui porte sur la structure du carton, est organisée en deux cycles (IB1, IB2) et se termine par un long temps de synthèse. Les deux cycles IB construisent le contenu pas à pas. (IB1 : notion de carton ondulé, IB2 : nombre de couches de carton en lien avec sa résistance). La seconde partie, qui porte sur la fabrication du carton, comprend un seul cycle original QHI/B qui se déroule de manière discontinue. La question (Q élève : *Comment fabrique-t-on le carton ?*) reformulée par l'enseignant plus tard dans la séance (*Est ce que le carton ondulé se détache facilement des autres couches ? Pourquoi ?*) apparait tôt dans la séance suite à une remarque d'un élève lors du bilan IB2. Cette question est associée à deux temps de formulation d'hypothèses de part et d'autre de la synthèse portant sur la structure du carton (Hyp 1, Hyp 2). Le cycle se poursuit par une investigation documentaire pilotée par l'enseignant sur le mode explicatif et faisant office de bilan (I/B). Même si l'enseignant a pour objectif de travailler sur la fabrication du carton, la remarque de l'élève modifie sa pratique d'une part en précipitant le questionnement (Q élève) et d'autre part par l'instauration d'un moment de formulation d'hypothèses précoce (Hyp 1).

scientific principles by following a given procedure »; l'enquête structurée comme une situation « in which the teacher presents a question for which the students do not know the answers and students are given a procedure to follow to complete the inquiry »; l'enquête guidée « in which teachers provide students with a problem to investigate but the methods for resolving the problem are left to the student » et l'enquête ouverte « in which teachers allow students to develop their own questions and design their own investigations ».

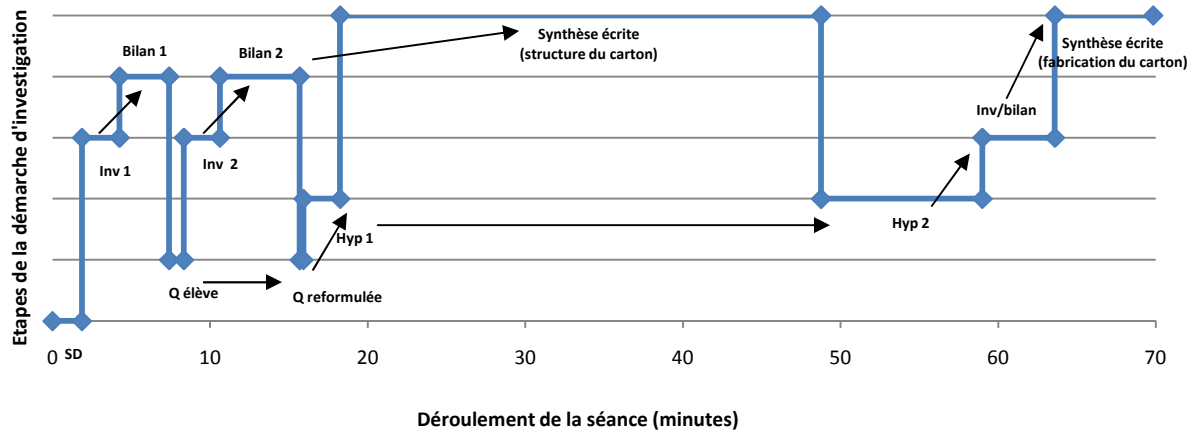


Figure 91. Profil de la séance 2 (GER)

La séance présente les caractéristiques de l'enquête structurée et de l'enquête guidée. Les deux premiers cycles IB sont construits sur le modèle de l'enquête guidée mais sans formulation de questionnement. Les élèves observent le carton de manière libre et à partir d'une consigne large (Consigne 1 : observer un morceau de carton, consigne 2 : observer un morceau de carton en le démontant). Le cycle QHI/B est construit sur le mode de l'enquête structurée par l'investigation documentaire préparée et exposée par l'enseignant de manière explicative. Les élèves doivent suivre l'explication de l'enseignant.

La troisième séance présente une structure répétitive faite de cycles courts, Investigation/bilan (IB) et investigation/synthèse (IS) et nombreux. (3 IB et 3 IS) (figure 92)

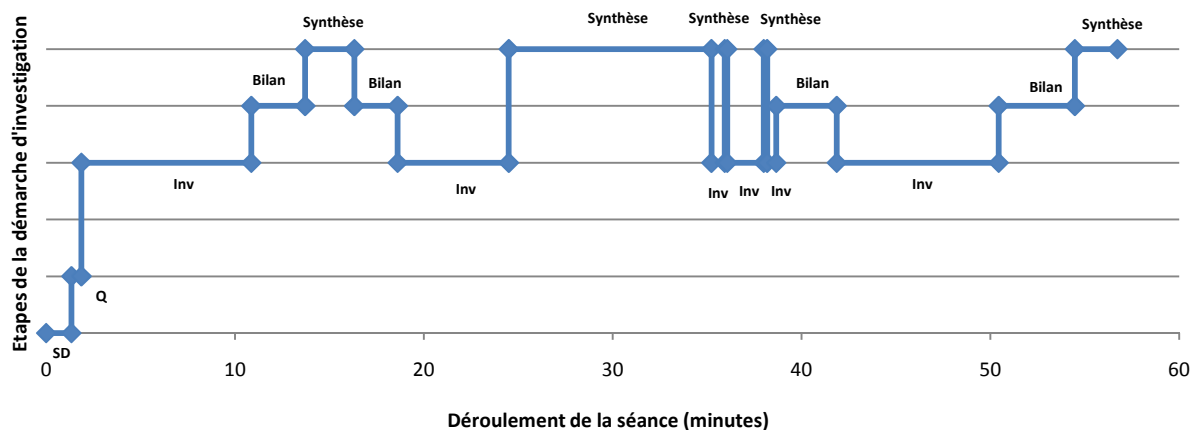


Figure 92. Profil de la séance 3 (GER)

Une question (Q) posée par l'enseignant en début de séance est suivie de six investigations expérimentales, chacune aboutissant soit à un bilan soit à une partie de la synthèse. La question posée par l'enseignant ne présente pas de dimension problématique dans la mesure où les activités expérimentales mises en place pour y répondre sont fortement découpées en

une suite de tâches simples à réaliser. Les contenus de connaissances (lien entre structure et propriétés du carton) et procéduraux (démarche expérimentale) se construisent étape par étape et de manière directive. C'est l'enseignant qui structure les activités des élèves. La séance est construite sur le mode de l'enquête structurée.

Cette description met en évidence deux types de construction de la DI, l'une sous le mode de l'enquête structurée correspondant à une logique cumulative de la construction des savoirs (séance 2 et 3), l'autre sur le modèle de l'enquête guidée avec ou sans phase de problématisation (séance 1 et 2) qui, dans ce cas, correspond davantage à une logique de cheminement laissant une place plus importante aux élèves. Nous montrons dans la sous-section suivante que ces deux types de construction se réfèrent de manière différente aux pratiques scientifiques que nous étudions au travers des critères d'authenticité.

1.2 Les critères d'authenticité

L'analyse des trois séances à la lumière des critères d'authenticité (Cariou, 2010) montre un clivage d'une part entre la séance 1 et les séances 2 et 3 qui portent sur des contenus différents et d'autre part entre les séances 1 et 3, où les accompagnateurs sont présents, et la séance 2, où ils ne le sont pas. La séance 1 présente 9 critères d'authenticité contre 3 pour la deuxième et 5 pour la troisième (tableau 40).

		Séance 1 (présence des accompagnateurs)	Séance 2 (enseignant seul)	Séance 3 (présence des accompagnateurs)
Situation de départ	C1	Contextualisation de la séance (Présentation du projet)	Rappel de la séance précédente (rappel des matériaux à utiliser)	Rappel du projet et rappel des notions déjà abordées (tablier)
Questionnement	C2	Défi à réaliser à contenu problématique (construire un pont en carton qui résiste au poids d'un dictionnaire). Une contrainte au défi est introduite par un élève (stabilité)	Pas de question (Cycles IB) ou question énoncée par l'enseignant (Cycle QHI/B) (Comment est fabriqué le carton ?) (Q1) Est ce que le carton ondulé se détache facilement des autres couches ? (Q2)	Question énoncée par l'enseignant (Comment utiliser le carton pour qu'il puisse supporter un poids important ?)
	C3	Pas de débat	Pas de débat	Pas de débat
Hypothèses	C4	Pas d'hypothèse	Deux moments de formulation d'hypothèses.	Pas d'hypothèses
	C5	/	Hypothèses non discutées.	/
	C6	/	Toutes les hypothèses sont évoquées lors de l'explication de l'enseignant (QIB1)	/
« Investigations »	C7	Réalisation technologique conçue par les élèves afin de tester leur propres idées. Les élèves s'emparent du problème posé.	IB : Observation orientée par le matériel et les consignes amenant les élèves à faire des constats. QHI/B : Documentation prise en charge par l'enseignant	La première expérimentation est conçue par les élèves. Les autres : Les élèves exécutent une série d'actions très cadrée par l'enseignant (Expérimentation, (Coquidé, 1998)
	C8	Discussion entre élèves des solutions proposées au sein des groupes de travail.		Discussion de la pertinence des solutions proposées lors de la première investigation. Les autres ne sont pas discutées.
	C9	Résultats nouveaux, non attendus par l'enseignant. Les élèves produisent une grande diversité de solutions techniques en réponse au problème.	Résultats nouveaux mais attendus par l'enseignant	Résultats nouveaux mais attendus par l'enseignant
Acquisition des savoirs. Bilans	C10	Discussion des résultats produits. Mise en relation avec cahier des charges du défi proposé.	Pas de discussion des résultats	Discussion collective étroitement liée à la question et aux investigations. Pertinence des résultats.
Synthèse	C11	Généralisation effectuée par les élèves à propos de la démarche de réalisation effective.	Généralisation effectuée par l'enseignant sur des contenus de connaissances (structure et fabrication du carton)	Généralisation effectuée par l'enseignant sur des contenus de connaissance (résistance) et sur la démarche scientifique, quelques interventions critiques des élèves à propos des résultats.

Tableau 40. Critères d'authenticité des trois séances analysées (GER)

Lors de la séance 1, la phase de questionnement est de nature problématique (C1, C2) comme le révèle la remarque d'un élève (E2) et la réponse de l'enseignant (GER) dans l'extrait suivant :

GER: [...]vous devrez, on devra pouvoir poser un dictionnaire sans évidemment que le pont ne s'effondre.

E1: Quoi ?

E2: Bin monsieur le carton ça va se plier.

GER: Comment tu dis ?

E2: Le carton ça va se plier en deux.

GER: C'est pour ça que c'est un défi.

Un élève (E3) introduit une contrainte qui rend le défi plus problématique : la nécessité que le pont soit stable comme en témoigne l'extrait suivant.

GER: Pour vérifier que le pont est bien solide. d'accord ?

E3: Et stable.

GER: Et stable, très bien E3 C'est dommage que tous le monde n'ait pas écouté E3 (GER montre l'élève), elle a parlé de pont solide et stable, tu as raison.

Lors de l'investigation, la conception et la fabrication par les élèves de leur propre idée du pont (C7), dont les choix sont discutés au sein des groupes de travail (C8), ont pour effet de produire, pour l'ensemble de la classe, une grande diversité de ponts répondant au défi posé (C9). Lors du bilan les différentes solutions techniques sont présentées et discutées par l'ensemble de la classe à la lueur d'un cahier des charges. Le pont est-il stable ? Les dimensions sont elles respectées ? (C10). Enfin la généralisation est effectuée par les élèves lors de la synthèse. Ils doivent écrire un résumé de leur démarche de réalisation qui sera consigné dans leur cahier (C11). Seule la phase de formulation d'hypothèses est absente de dans cette séance.

La séance 2 présente trois critères d'authenticité : deux moments où les élèves formulent des propositions quant au processus de fabrication du carton (C4), prises en compte dans les explications de l'enseignant (C6) et par le fait que les résultats obtenus à propos de la structure du carton et du processus de fabrication sont nouveaux pour les élèves (C9). Le reste de la séance est fortement guidé par l'enseignant, les élèves suivent ses injonctions pas à pas. En effet, il n'a pas de question mais des consignes ou des questions non problématiques posées

par l'enseignant, les activités sont imposées par l'enseignant, il n'y a pas de discussion des résultats, la généralisation est effectuée par l'enseignant.

La séance 3 présente 5 critères concernant principalement un long moment de discussion de la pertinence des résultats expérimentaux obtenus (C10) et le fait que les résultats soient nouveaux pour les élèves (C9). D'autres moments plus courts présentent des critères d'authenticité : conception de la première investigation (C7) et de sa discussion (C8) et intervention critique de quelques élèves lors de la synthèse (C11).

Ces résultats mettent en évidence que les activités font davantage référence aux pratiques scientifiques en présence des accompagnateurs (séance 1 et 3 vs séance 2) et qu'en présence des accompagnateurs, la nature des contenus spécifie le degré d'authenticité des activités (séance 1 vs séance3).

1.3 Une construction des contenus spécifiée par les accompagnateurs

Nous montrons ici une hiérarchisation des contenus différents pour les trois séances. Cette hiérarchisation est révélée par la formulation des consignes.

En effet, en séance 1, l'enseignant demande aux élèves de construire un pont stable (GER : *« aujourd'hui je vais vous demander, on va vous demander de construire un pont [...] donc votre objectif aujourd'hui ça va être d'avoir un pont stable, c'est-à-dire qui tienne, sauf à le, vous le lâchez, il tient votre pont. Il faut qu'il mesure, il y a 30 cm entre les deux piliers et puis il se trouve entre 10 et 15 cm de votre table »*). Le contenu central, de la séance, est par conséquent procédural (démarche de réalisation d'un pont) comme le montre l'extrait de l'entretien post séance où l'enseignant envisageait la suite par la construction d'une trace écrite de synthèse :

GER : *« Je vais pas leur demander dans le détail mais écrire quand même globalement, grossièrement ce qu'ils ont fait en terme de démarche scientifique, pour qu'ils comprennent ce que c'est que la démarche, on écrit quand même un peu, je vais pas les enquiéner trop et après le schéma du pont et sur la page d'à coté heu nos, notre réussite et puis, puis aussi nos difficultés et ça va être juste notre pont est stable on a respecté les mesures et puis nos difficultés on a eu du mal à faire ceci ou cela. [...]. En terme de démarche je pense que c'est important, qu'il y ait un écrit et puis qu'il y ait un schéma et puis petit à petit j'imagine que là ils vont avoir des difficultés, mais qu'ils comprennent que c'est une routine presque scientifique que c'est, c'est dans la démarche »*.

Les contenus de connaissances sont secondaires (la stabilité du pont et ses dimensions) et sont des prétextes à la construction du contenu procédural central. Ces contenus de connaissances sont envisagés comme des concepts à mobiliser pour réaliser le pont et valider sa réalisation lors des bilans comme le montre l'extrait suivant :

GER : est ce que ici on a un pont qui respecte le cahier des charges?

E: oui

GER: oui. Elles le tiennent pas , il est stable. Il fait sa trentaine de cm à peu près et là on est à on est à 14 ou 15. Donc on peut les applaudir.

La DI est construite dans ce cas sur le mode de l'enquête guidée, avec une phase de problématisation, qui correspond davantage à une logique de cheminement laissant une place plus importante aux élèves.

Lors de la séance 2, les élèves sont incités, en début de séance, à exprimer leurs observations, (*GER : « Quelles sont les remarques que vous voulez faire par rapport au petit bout, le petit bout de carton que je vous ai donné ? »*), afin de découvrir sa structure. En fin de séance, le processus de fabrication du carton est abordé par une réorganisation des hypothèses des élèves par l'enseignant (*GER : « si on considère qu'il y a une recette pour fabriquer du carton toutes les étapes vous les avez données mais un peu dans le désordre. »*). En séance 3, l'enseignant demande aux élèves de réfléchir à la manière d'utiliser le carton pour qu'il puisse supporter un poids important (*GER : « Le but ça va être de trouver, de trouver comment utiliser le carton pour qu'il puisse supporter un poids important. Comment on utilise le carton pour qu'il soit le plus résistant possible ? »*). Les contenus de connaissances sont centraux dans ces deux cas (Structure, processus de fabrication et propriété du carton), les contenus secondaires sont procéduraux (Observer, se documenter, expérimenter) dans la mesure où c'est l'enseignant qui propose les investigations. Il propose soit une observation du carton (*GER : « je vais vous distribuer du carton. Avant de démarrer vous allez l'observer ce carton. »*), soit une lecture documentaire (*GER : « regardez ça attentivement, ne me dites pas que c'est écrit petit je le sais. Lisez ça attentivement et levez la main si vous avez un commentaire. »*), soit une expérience à réaliser (*GER : « par contre le dispositif pour tester la solidité du tablier, par exemple, on va prendre la table de E1 et de E2 (écarte les deux tables) donc vous allez les séparer à peu près, vous allez séparer la table d'une quarantaine de cm, ça veut dire vous faites à peu près ça comme ça et pour compter 10 cm après (déplace la règle) c'est pas au cm près, c'est à peu près comme ça. »*). Les élèves dans ces deux séances ne sont pas à l'initiative des activités à réaliser comme en séance 1. L'enseignant dans ce cas

structure la séance par une série d'activités proposées aux élèves qui ont pour objectif la construction de connaissances comme le montrent leur place centrale au moment des bilans : GER : « *ce que vous devez savoir à propos du carton, on va y venir après sur la fabrication, mais d'abord vous allez tous noter donc, question qu'on a posée, c'est qu'est ce que le carton? Le carton, vous l'écrivez à la ligne, c'est un matériau (écrit au tableau), c'est un matériau léger, le carton est un matériau léger et rigide* ». Dans les séances 2 et 3 les contenus procéduraux sont au service de la construction des contenus de connaissances centraux. La DI, construite dans ce cas sur le mode de l'enquête structurée, correspond à une logique cumulative de la construction des contenus de connaissances.

Nous mettons en évidence le rôle des accompagnateurs au travers des critères d'authenticité présents dans chaque séance. Lorsque l'enseignant est seul en classe, les activités présentent moins de critères d'authenticité et portent davantage sur des contenus de connaissances que sur des contenus liés à une pratique scientifique mettant en œuvre des méthodes, des procédures, des techniques de recherche. Lorsque les accompagnateurs sont présents (séances 1 et 3), les activités présentent davantage de critères d'authenticité. La présence des accompagnateurs modèle le contenu DI qui apparaît davantage reconstruit en référence au « mondes des scientifiques ». Néanmoins, il apparaît une différence notable du nombre de critères entre la séance 1 (9 critères) et la séance 3 (5 critères) liée à l'adéquation des contenus procéduraux en jeu avec les compétences des accompagnateurs reconnues par l'enseignant. L'enseignant considère les accompagnateurs comme des ingénieurs, comme des experts de la fabrication d'objets comme il le déclare lors de l'entretien pré :

GER :« *Elles incarnent un métier [...] l'idée c'est de leur demander (aux élèves), c'est quoi un ingénieur ? A quoi ça ressemble? C'est un métier que la plupart ne connaissent pas. Pour moi elles vont incarner un métier scientifique, il y a un côté incarnation il y a un côté, les gens qui fabriquent, bin les gens qui fabriquent les moteurs d'avion, bin c'est des gens comme ça.* »

Au travers de ces propos, l'enseignant considère les accompagnateurs, et leur futur métier d'ingénieur, comme des scientifiques experts en technologie. Par conséquent, les contenus procéduraux technologiques (démarche de réalisation technologique), et les critères nombreux de la DI, en séance 1, sont en adéquation avec les compétences des accompagnateurs estimées par l'enseignant. En revanche, nous interprétons la relation entre les contenus procéduraux de nature expérimentale, la construction de la démarche sur le mode de l'enquête structurée et le nombre moins important de critères d'authenticité, en séance 3, comme l'expression d'un

forme d'accompagnement différente comme nous le montrerons ensuite. Nous synthétisons ces constats sur le tableau 41.

	Séance 1	Séance 3	Séance 2
Nombre de critères d'authenticité	9	5	3
Accompagnateurs	Présents Compétences reconnues	Présents Compétences non reconnues	Absents
Contenus centraux	Procéduraux Démarche de réalisation (conception et fabrication)	Connaissances (Relation structure propriétés du carton)	Connaissances (Structure et fabrication du carton)
Contenus secondaires	Connaissances (Propriétés et dimensions du pont)	Procéduraux (Observations et documentation)	Procéduraux (Expériences)
Construction de la DI	Mode d'enquête guidée Logique de cheminement	Mode d'enquête structurée Logique cumulative	Mode d'enquête structurée Logique cumulative

Tableau 41. Nature des contenus, présence des accompagnateurs et critères d'authenticité

Ces constats mettent en évidence que la construction des contenus varie selon la présence et les compétences estimées des accompagnateurs. La présence de critères d'authenticité de la DI plus nombreux est à mettre en relation avec une place plus grande laissée aux élèves quant à la construction des contenus. La présence des accompagnateurs permet par conséquent davantage aux élèves de suivre leur propre cheminement et de s'engager en tant qu'élève-chercheur dans l'activité comme nous le montrerons par l'étude des transactions enseignant-élèves.

Dans la section suivante, nous analysons la nature de la relation entre l'enseignant et l'accompagnateur au sein du dispositif d'accompagnement pour des contenus communs.

2 Un enseignement des contenus partagé

Nous abordons ici le partenariat ASTEP au travers du partage des rôles entre enseignant et accompagnateurs lors de la première séance. Nous analysons les médiations et nous les comparons pour un même contenu.

2.1 La mise en évidence du partage des rôles

Dans les discours des accompagnateurs (JAEl et JAHe²⁵), issus de l'entretien de soutenance de leur projet à l'école d'ingénieurs, le partage des rôles s'inscrit pleinement dans l'esprit des prescriptions de l'ASTEP. À la question portant sur la posture respective de JAHe et celle de l'enseignant lors des séances, les réponses sont sans équivoque et témoignent d'un partage des rôles construit en situation dans la mesure où les rôles des uns et des autres n'ont pas été explicités en amont. JAHe déclare que son rôle consiste au suivi individuel des élèves au sein des groupes alors que le rôle de l'enseignant, plus global, se situe au niveau de l'ensemble de la classe. L'enseignant est le garant de la gestion collective des activités. C'est ce que montre cet extrait :

JAHe : « Je pense aussi que vous [s'adressant à l'enseignant] vous avez une vision globale de la classe, vous les connaissez bien, alors que nous comme on les avait eus tout le temps en petits groupes, on a vraiment la vision des groupes qui marchaient bien, des élèves qui se complétaient, des élèves qui se disputaient au cours de la séance et plus de, pas individuellement mais en petits groupes, et donc le fonctionnement plus personnel de l'élève que le fonctionnement dans le collectif de la classe. »

Ce que confirme l'enseignant lors de l'entretien d'auto-confrontation : « GER : *En fait j'ai pas pu me rendre directement compte de ce qu'elle faisaient parce que j'étais jamais avec elles, [...] Ce que j'ai bien aimé, moi dans ce genre de séance je me sens comme le lapin dans Alice au pays des merveilles qui court tout le temps, j'ai pas le temps de me poser, enfin je le fais des fois avec des groupes mais j'ai assez peu de temps, je regarde un peu tout ce qui se passe, je trouve que j'ai pas assez de temps pour accompagner un groupe dans la*

²⁵ Les codes JAEl et JAHe sont construits de la manière suivante : JA pour Jeune Accompagnateur et He et El en reprenant les deux premières lettres des prénoms des deux accompagnateurs. (par exemple He pour Hector)

construction de quelque chose. Donc elles prenaient le temps de s'arrêter avec un groupe et d'accompagner vraiment ».

Nous mettons ici en évidence le partage des rôles au travers de la mise en œuvre des consignes respectivement par l'enseignant et par les accompagnateurs. La manière dont les accompagnateurs et l'enseignant mettent en œuvre les consignes relatives à l'activité de réalisation du pont avec les différents groupes d'élèves²⁶ est nettement différenciée. Les interventions de l'enseignant évoluent, en effet, au fur et à mesure du déroulement du travail de groupe (figure 93). Dans un premier temps, les interventions de l'enseignant sont centrées sur le dimensionnement des pièces en carton à découper avec incitation au traçage des gabarits de découpe. Dans le second temps, l'enseignant entreprend les découpes à l'aide d'un cutter et intervient sur les procédés d'assemblage des pièces de cartons découpés.

G2	Dimensions
G1	Traçage
G8 G9	Ecoute
G9-1	Traçage
G9-2	Plan
G11	Dimensions
G6-1	Dimensions
G6-2	Traçage
G5	Dimensions
G10-1	Traçage
G10-2	Découpe
G10-3	Assemblage
G5-1	Traçage
G5-2	Découpe
G1	Traçage
G2-1	Assemblage
G2-2	Assemblage
G6-1	Découpe
G6-2	Assemblage

Figure 93. Interventions de l'enseignant (GER)

Cette succession d'étapes met en évidence une démarche de réalisation effective comprenant une phase de conception (plan et dimensionnement des pièces de carton) et une phase de fabrication (traçage, découpe et assemblage des pièces de carton) qui peut être modélisée (figure 94) et comparée avec la démarche de réalisation énoncée au cours des consignes par l'enseignant (figure 95) comme le montre l'extrait suivant :

GER : « vous allez faire quelque chose qui va se rapprocher du travail que faisaient, que font les scientifiques et les ingénieurs y compris, qui sont des scientifiques. Ici, ça s'appelle, vous regardez bien, ça s'appelle une démarche scientifique, c'est quoi la démarche scientifique? C'est, ici j'ai écrit, [...] il y a mon objectif, votre objectif, [...] le matériel dont je dispose, [...] très important vous devrez écrire ce que vous avez fait, en quelques phrases simples, par

²⁶ Nous codons les groupes de manière arbitraire selon leurs positions dans la salle de classe (G1 pour groupe1, G2 pour groupe2, etc.). Lorsque l'enseignant ou les accompagnateurs interviennent à plusieurs reprises pour un groupe nous numérotions le nombre et l'ordre des interventions (G1-1 pour la première intervention, G1-2 pour la deuxième, etc.).

exemple j'ai demandé que l'on me découpe une grande une grande bande de carton, j'ai plié le carton, j'ai mis, [...] En dessous vous ferez un schéma, [...] A la fin on fera un bilan et on verra si vous avez réussi l'objectif du jour qui est je le répète d'avoir un pont stable, d'avoir un pont avec 30 cm, 10 cm de hauteur. »

L'objectif

Lister le matériel dont on dispose

Décrire ce que l'on fait

Schématiser le pont

Faire un bilan

Plan du pont
(Croquis réalisé au tableau au cours des consignes)

Dimensionnement des pièces à découper

Traçage des pièces de carton

Découpe des pièces de carton

Assemblage des pièces de carton

Figure 94. Démarche de réalisation énoncée

Figure 95. Démarche de réalisation effective

Un premier constat concerne alors le fait que la nécessité d'un plan est très peu reprise par l'enseignant dans ses interventions auprès des groupes en ce sens que, lors des consignes, l'enseignant a pris soin de dessiner le plan du pont sous forme d'un croquis au tableau. La place du plan dans la démarche de réalisation énoncée, désignée par « schématiser le pont », nous semble significative de la médiation de l'enseignant. Dans la démarche de réalisation effective, le plan a une fonction à la fois prédictive et organisatrice du travail à faire, alors que le schéma du pont dans la démarche de fabrication énoncée a une fonction récapitulative de ce qui a été fait. L'enseignant semble alors construire des démarches différentes mais liées. L'une, explicitement présentée comme « scientifique », se présente comme une démarche de communication, constituant le récit de ce qui a été effectué en classe, réalisée *a posteriori* et consignée dans le cahier. L'autre, implicite, correspond à une démarche de réalisation du pont en référence à la démarche d'investigation prescrite dans les programmes du Cycle 3 et par la charte de l'ASTEP. Autrement dit, la démarche effective semble plus conforme aux prescriptions que celle énoncée par l'enseignant.

Le second constat concerne les interventions de l'enseignant centrées sur la nécessité d'amener les élèves à « faire » (dimensionner, tracer, découper, assembler) ce qui correspond à la troisième étape de la démarche de réalisation énoncée par l'enseignant (décrire ce que l'on fait). Dans l'extrait suivant, issu de l'entretien d'auto confrontation, l'enseignant décrit les intentions qui motivent ses interventions autour de deux pôles extrêmes :

GER : « Les gamins je suis pas sûr qu'ils aient fait beaucoup de Légo et de Mécano quand ils étaient gosses, mais ça passe par euh là le souci ils partent de quelque chose en deux dimensions ils partent d'un carton plat, c'est pas évident, il faut quand même avoir des notions de géométrie dans l'espace pour comprendre que on peut, qu'il faut qu'il y ait une partie support et une partie tablier, en fait il faut sortir de ces deux dimensions et voir comment avec quelque chose de plat on peut faire quelque chose en volume et ça c'est pas évident du tout ».

L'enseignant décrit ainsi la nécessité pour lui d'amener les élèves à passer de la conception du pont en 2D, proposé et dessiné au tableau pendant les consignes, à une fabrication du pont en 3D mais sans qu'il ne fasse mention du moyen d'y parvenir, sans évoquer la démarche de fabrication sous-tendue. Le contenu « démarche de fabrication » semble ainsi émerger de la situation ASTEP dans la mesure où l'essentiel des interventions de l'enseignant en situation, ayant pour objet les moyens de parvenir au pont en 3D, sont organisées en une série d'étapes ordonnées correspondant à cette démarche, sans que celles-ci ne soient explicitement évoquées lors de l'entretien d'auto-confrontation.

Quant aux accompagnateurs, ils prennent connaissance et s'emparent des consignes en même temps que les élèves. Les figures 96 et 97 présentent les types d'intervention des accompagnateurs lors de leur passages dans les groupes. JAHe intervient principalement à la demande des élèves pour la découpe des cartons et pour une aide au traçage des pièces. JAEI, puis JAHe, interviennent auprès des groupes 8 et 9 après avoir identifié un problème de représentation des propriétés spatiales du pont en 3D.

Dimensions
Découpe
Traçage
Découpe
Traçage
Traçage
Traçage
Découpe
Découpe
Traçage
Dimensions
Plan
Découpe
G5-1
G5-2
G7-1
G7-2
G11-1
G11-2
G2-1
G2-2
G4-1
G4-2
G8-1
G8-2
G1

Figure 96. Interventions de JAHe

Ecoute
Ecoute
Découpe
Dimensions
Traçage
Dimensions
Plan
Plan
Plan
Traçage
Découpe
Assemblage
Découpe
Traçage
Assemblage
G10
G6
G2
G8-1
G8-2
G9-1
G9-2
G8
G9
G11-1
G11-2
G11-3
G9-1
G9-2
G2

Figure 97. Interventions de JAEI

Leurs interventions sont centrées sur des difficultés de fabrication (découpe) et visent à aider les élèves face à des difficultés de conception (Modélisation 3D). Les interventions comme les déplacements des accompagnateurs ASTEP semblent ainsi être pilotés par les demandes

des élèves qui les sollicitent et par les échanges entre les deux accompagnateurs. Dans cet extrait de son entretien de soutenance, l'élève ingénieur JAEI déclare :

JAEI : « On pouvait aller plus facilement vers un groupe qu'un autre, [...] on se baladait, on pouvait parfois interagir à deux (entre accompagnateurs ASTEP) et on pouvait se dire, bin là est-ce que tu peux aller à ce groupe là parce que j'ai pas réussi à donner, à leur expliquer, je pense qu'ils n'ont pas compris, tu pourrais aller donner ton avis, et puis on s'échangeait les groupes comme ça. »

L'accompagnateur décrit à la fois le caractère contextuel de ses interventions qui semblent se faire au gré des demandes des élèves et qui obéissent à sa préoccupation de répondre à leurs difficultés.

Ces constats confirment la coexistence de deux types de médiation didactique de l'enseignant et des accompagnateurs. L'enseignant procède ainsi selon une approche globale en ce sens qu'il agit en médiateur pour construire, progressivement et dans sa globalité, un contenu « démarche de fabrication » et en ayant la préoccupation de répondre aux difficultés des élèves. Tandis que les accompagnateurs procèdent selon une approche locale, en ce sens que leurs interventions se font de manière contextuelle en réponse aux demandes d'aide matérielle ou en agissant en médiateur face aux difficultés des élèves. L'enseignant et les accompagnateurs endossent par conséquent tous deux un rôle de médiateur entre les élèves et les contenus que nous caractérisons dans la sous-section suivante.

2.2 Les médiations différentes de l'enseignant et de l'expert

Lors de l'entretien d'auto confrontation, l'enseignant considère que l'apport essentiel de l'intervention des accompagnateurs réside dans le fait que les projets de construction des ponts sont plus « aboutis » que ce qu'il a pu faire seul auparavant :

GER: « je me dis, elles le feront peut-être pas de la même manière que moi, elles auront peut-être pas les mêmes mots, par ailleurs elles, les deux demoiselles (désigne deux élèves), elles n'auront pas la même écoute, n'écouteront pas JAEI comme elles m'écouteraient moi et de ce point de vue là c'est fondamental, enfin c'est, c'est très important d'avoir ça. Ça se voit sur le résultat final, elles ont réussi à les amener à des choses qui étaient, vers lesquelles je ne les aurais pas amenés ».

Les raisons invoquées sont liées, d'une part, à la qualité de l'interaction (pas la même écoute), d'autre part, aux caractéristiques de la médiation des accompagnateurs qui possèdent des

manières de faire et des manières de dire différentes et propres à leur culture d'élève ingénieur. Nous caractérisons ces médiations et leurs aspects différenciés dans les paragraphes suivants.

2.2.1 La médiation des accompagnateurs

En vue de caractériser la médiation de chacun des intervenants, nous analysons dans la suite plusieurs moments d'interaction lors du travail de groupe entre l'enseignant et les élèves (GER-élèves), et entre les accompagnateurs et les élèves (JAEI-élèves et JAHe-élèves). Ces moments d'interaction sont ainsi analysés en vue de caractériser, d'une part, les médiations de l'enseignant et des accompagnateurs portant sur un même contenu et d'autre part de caractériser une particularité de la médiation des accompagnateurs : l'usage d'outils experts.

2.2.1.1 La médiation d'expert pour un même contenu

Les caractéristiques de la médiation des deux accompagnateurs, comme action sur les performances didactiques des élèves, sont présentés à partir de deux exemples significatifs d'intervention portant sur un même contenu technique auprès du même groupe (groupe 8). JAEI intervient à propos de l'assemblage des pièces de carton à l'aide d'attaches parisiennes et JAHe intervient pour ajuster l'assemblage par encastrement afin que le pont soit stable. L'extrait de l'interaction, entre JAEI et les élèves, dont le déroulement est marqué par une flèche (figure 98), se situe au moment de l'assemblage des pièces du pont (tablier et piliers).

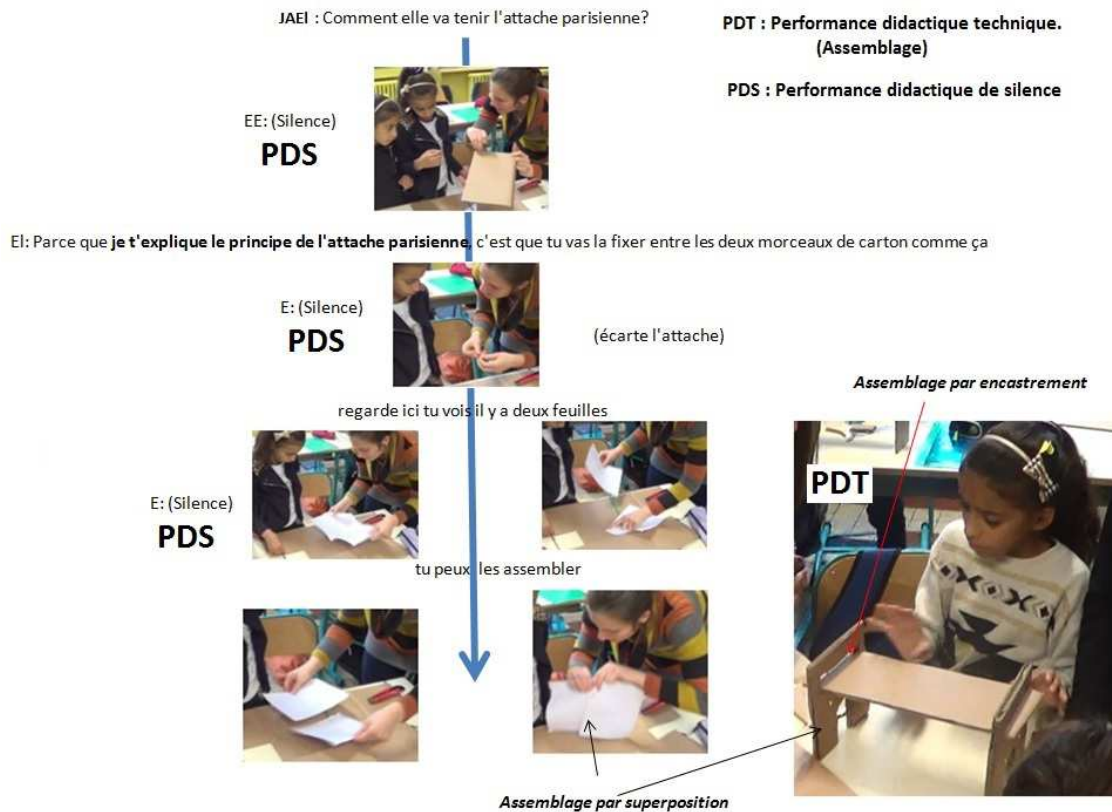


Figure 98. Médiation de JAE1

En amont de l'extrait, le problème (P1) posé par l'accompagnateur (JAE1) est de savoir comment assembler tablier et piliers à angle droit (Figure 99). Une élève propose l'attache parisienne ce qui amène l'accompagnateur (JAE1) à poser un nouveau problème (P2) (« *Comment elle va tenir l'attache parisienne ?* ») concernant le mode d'utilisation de l'attache. Le contenu en jeu concerne une procédure de fabrication (assembler par superposition deux morceaux de carton avec une attache parisienne). L'élève prend l'initiative face au problème P1 en proposant d'utiliser une attache parisienne. Face à cette réponse de l'élève qui porte davantage sur l'outil pour assembler plutôt que sur la procédure d'assemblage, l'accompagnateur (JAE1) prend l'initiative de relancer un nouveau problème (P2) et d'entreprendre une explication en employant un langage verbal descriptif (« *Je t'explique le principe, regarde ici tu vois il y a deux feuilles* ») accompagné d'un langage gestuel procédural (écarter les deux branches de l'attache parisienne, (figure 100), séparer deux feuilles de papier, superposer les deux feuilles, assembler les deux feuilles avec une attache parisienne). Dans cette interaction, nous interprétons la proposition du problème P2 comme une médiation didactique de l'accompagnateur JAE1 agissant sur une performance didactique technique consistant à utiliser une attache parisienne pour assembler tablier et piliers.



Figure 99. Médiation de JAEI



Figure 100. Médiation de JAEI

La superposition des feuilles présentées par l'accompagnateur (JAEI) amène les élèves à superposer deux pièces de carton pour épaissir les piliers. Les élèves s'approprient l'explication de l'accompagnateur (JAEI) comme solution à un troisième problème (P3) qui leur apparaîtra plus tard (rigidifier les piliers). Les médiations utilisées pour expliquer le mode de fonctionnement des attaches ne permettent pas aux élèves de le transférer pour régler le problème P1 initialement énoncé par l'accompagnateur (JAEI). L'assemblage piliers-tablier à angle droit des élèves est inspiré de ce qu'un autre groupe a produit (assemblage par encastrement).

Dans l'extrait suivant, JAHe intervient auprès du même groupe. Les élèves sont confrontés au problème d'ajustement des pièces de l'assemblage par encastrement qu'ils viennent de mettre en œuvre. L'intervention porte également sur un contenu technique (figure 101), il s'agit d'ajuster l'assemblage par encastrement pour rendre le pont stable.

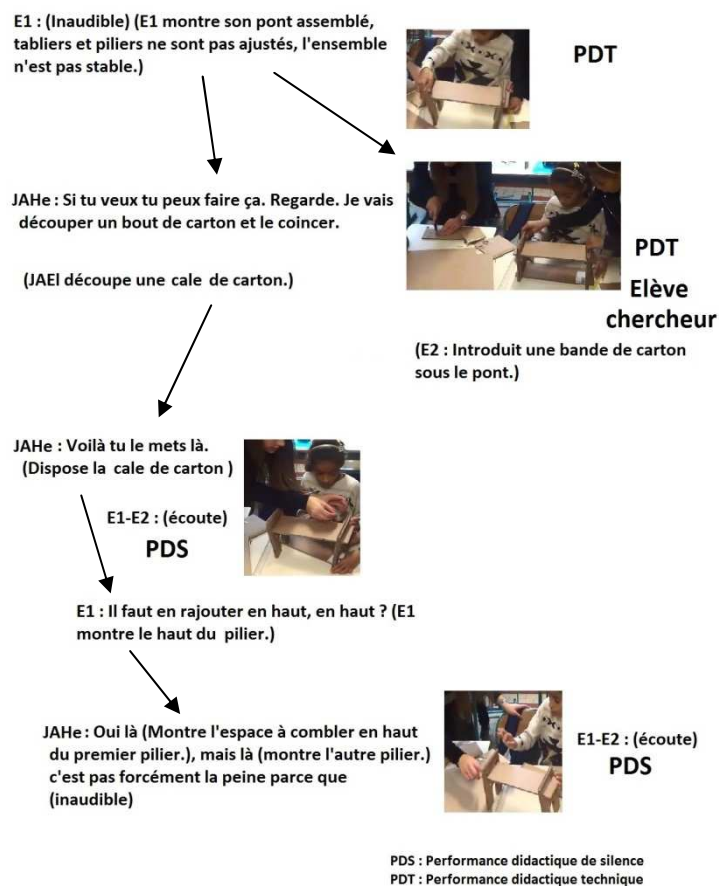


Figure 101. Médiation de JAHe

Dans cet extrait, le problème est posé par l'élève E1 qui montre à l'accompagnateur sa difficulté à rendre stable le pont qu'il a assemblé par encastrement. Face à ce problème, deux réponses apparaissent. D'une part, JAHe propose une solution au problème au travers d'une cale qu'elle découpe en employant un langage verbal explicatif (« *Si tu veux, tu peux faire ça, regarde, voilà je vais découper un morceau de carton et le coincer* ») accompagné d'un langage gestuel technique (découpe et positionnement de la cale). D'autre part, parallèlement à la médiation de JAHe, l'élève E2 tente d'apporter une solution au problème posé par E1 en plaçant une bande de carton sous le pont censée stabiliser l'ensemble. JAHe semble mettre sous silence cette proposition en poursuivant son explication et en disposant la cale, acceptée par E1. En fin d'interaction JAHe explique et montre les endroits où il sera nécessaire ou non de placer d'autres cales pour répondre au problème (*oui là, mais là c'est pas forcément la peine parce que (inaudible)*). Les élèves sont en position d'écoute.

Cette interaction montre que la médiation didactique de l'accompagnateur JAHe, qui s'exprime par une série d'actions sur les performances didactiques des élèves, est directive.

C'est l'accompagnateur qui prend, comme le fait JAEl dans l'extrait précédent, l'initiative de l'explication, les élèves sont en posture d'écoute pour comprendre et s'approprier la solution proposée par JAHe. Il apparaît néanmoins que les élèves agissent sur la médiation de l'accompagnateur en produisant des performances didactiques. D'une part E1 présente le problème en montrant le pont instable (PDT) ce qui déclenche la médiation de JAHe. D'autre part E2, en posture d'élève chercheur, produit une performance didactique technique originale en réponse au problème posé (bande de carton sous le pont) que JAHe met sous silence pour poursuivre ses explications.

2.2.1.2 Les outils de médiation d'experts

Au-delà de l'utilisation de langages diversifiés, les accompagnateurs emploient également des outils afin de développer leur médiation. JAHe utilise le dessin et la modélisation en 3D, JAEl utilise une technique de pointage pour ajuster deux pièces de carton à assembler.

L'extrait d'interaction entre les élèves et JAHe (figure 102) correspond au problème de conception du pont en 3D. L'accompagnateur repère chez les élèves du groupe 8 une difficulté à concevoir le pont en volume. Initialement les élèves envisagent de construire le pont dans l'épaisseur du morceau de carton sur lequel ils dessinent une forme en arc de cercle (modélisation 2D). L'accompagnateur emploie là encore plusieurs modalités langagières (verbale, gestuelle) et, devant le silence des élèves en posture d'écoute, tente de développer une explication démonstrative en trois temps.

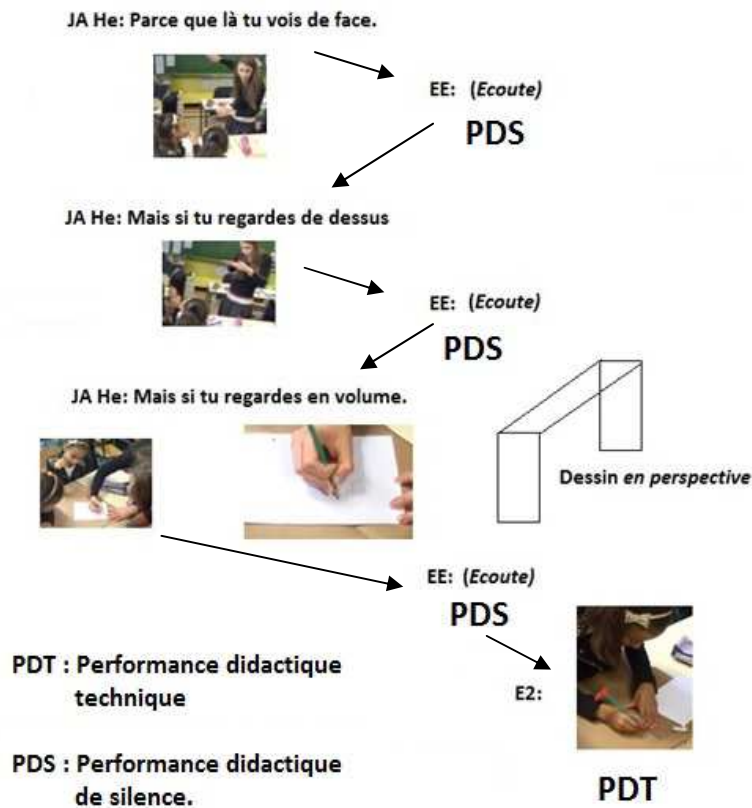


Figure 102. Médiation de JAHe

La médiation se situe dans un premier temps sur le plan de la modélisation en 2D. Dans un deuxième temps, l'accompagnateur amène les élèves à transposer le tracé du dessin en 2D en une représentation 3D. Il mobilise ensuite une série d'actions à fonction explicative. L'accompagnateur fait référence au pont dessiné au tableau par l'enseignant pour reprendre la description du pont, ses dimensions et ses caractéristiques (hauteur, longueur, pilier, tablier). Il poursuit son explication en reproduisant le pont en 2D sur une feuille blanche (langage visuel) et en montrant la ligne matérialisant le tablier sur le dessin (figures 103 et 104). Le langage utilisé est essentiellement verbal et gestuel.



Figure 103. Médiation de JAHe



Figure 104. Médiation de JAHe

L'accompagnateur JAHe entreprend une dernière explication qui aboutit à l'utilisation d'un outil, couramment utilisé par un élève ingénieur : le dessin en perspective. Il l'introduit progressivement en présentant successivement les deux plans, vertical et horizontal, en utilisant un langage verbal, (« *Là tu vois de face, si tu regardes de dessus* ») et un langage gestuel (avec le plat de la main) pour indiquer qu'il s'agit de plans et non de lignes verticales et horizontales, puis enfin mobilise un langage des représentations visuelles en matérialisant ces deux plans et en les combinant dans le dessin en perspective (figure 102). Le langage des représentations visuelles, notamment sous forme de dessin en perspective constitue un *outil expert* original mais complexe. L'élève, quant à lui, est récepteur de l'explication et reste dans une posture d'écoute.

L'extrait d'interaction entre l'élève et JAEl correspond au problème de superposition de deux pièces en carton, à assembler par attaches parisiennes, censées rigidifier la structure du pont. L'accompagnateur intervient dans un premier temps pour percer quatre trous tracés par E1 sur une pièce de carton. Puis c'est E1 qui agit sur la médiation de JAEl en précisant que les deux pièces de carton à superposer doivent avoir les mêmes trous (E1 : « *après ces deux là il faut faire des trous pareils.* ») et poursuit en traçant quatre trous sur l'autre pièce de carton. Après un temps d'appropriation de la situation posée par E1, JAEl identifie le problème que va rencontrer l'élève et le formule explicitement à l'élève (JAEl : « *non mais regarde il faut mettre les mêmes que sur celui-là.* ») (JAEl : « *si là tu le mets comme ça et là par hasard, ça va pas aller.* ») L'accompagnateur emploie là encore plusieurs modalités langagières (verbale, gestuelle) (figure 105).

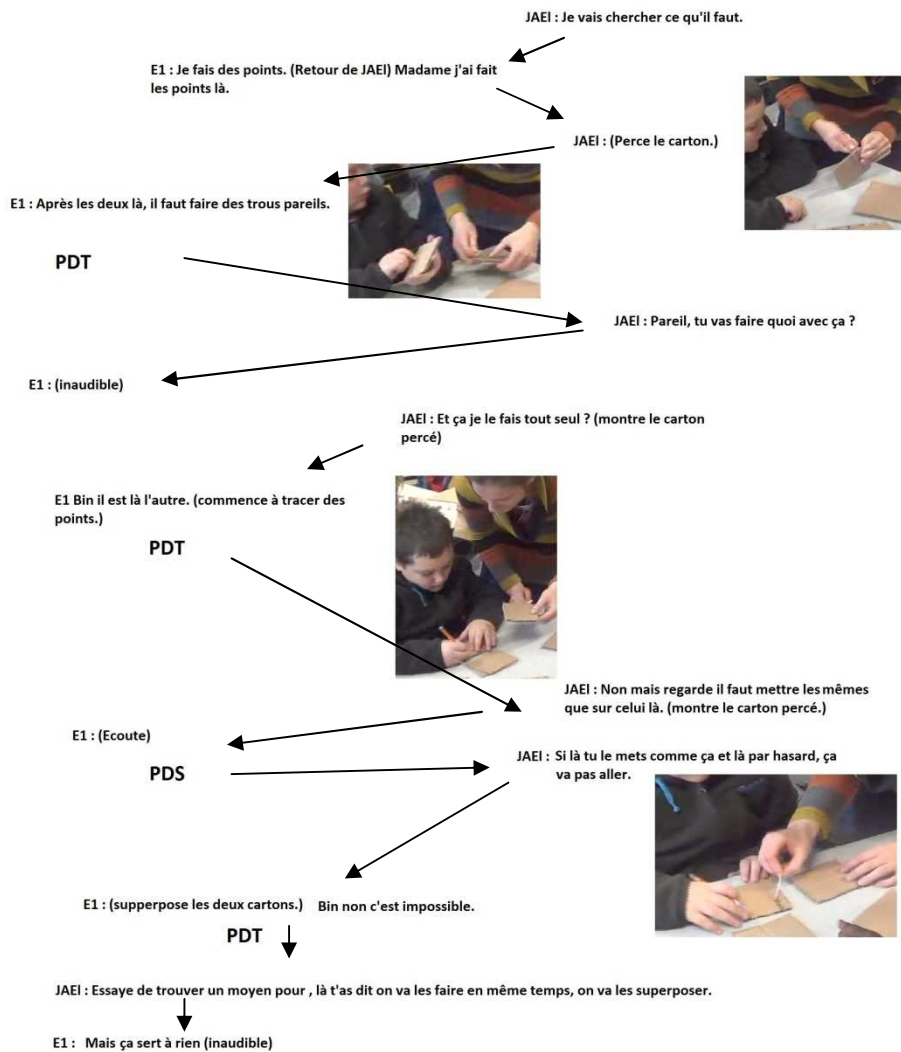


Figure 105. Médiation de JAEI

Devant l'incompréhension de l'élève (E1 : « *bin non, c'est impossible* », « *mais ça sert à rien* »), puis son silence suite à une relance (JAEI : « *Là t'as dit on va les faire en même temps, on va les superposer.* »), JAEI développe sa médiation par une suite d'actions à fonction explicative. Pour résoudre le problème JAEI explique qu'il faut, après avoir superposé les deux cartons, percer le premier (JAEI : « *Si tu le mets au-dessus et que tu fais des petits trous* »), ensuite introduire une pointe de stylo dans le trou (JAEI : « *si tu passes ton stylo et hop.* »), et marquer le second carton d'une trace (JAEI : « *tu fais un point en dessous et c'est plus facile.* ») (figure 106).

JAEI : Mais tu sais l'idée de superposer pour faire les deux trous en même temps. Si on fait ça (montre comment percer les deux cartons superposés.), bin les trous ils sont pas pareils.

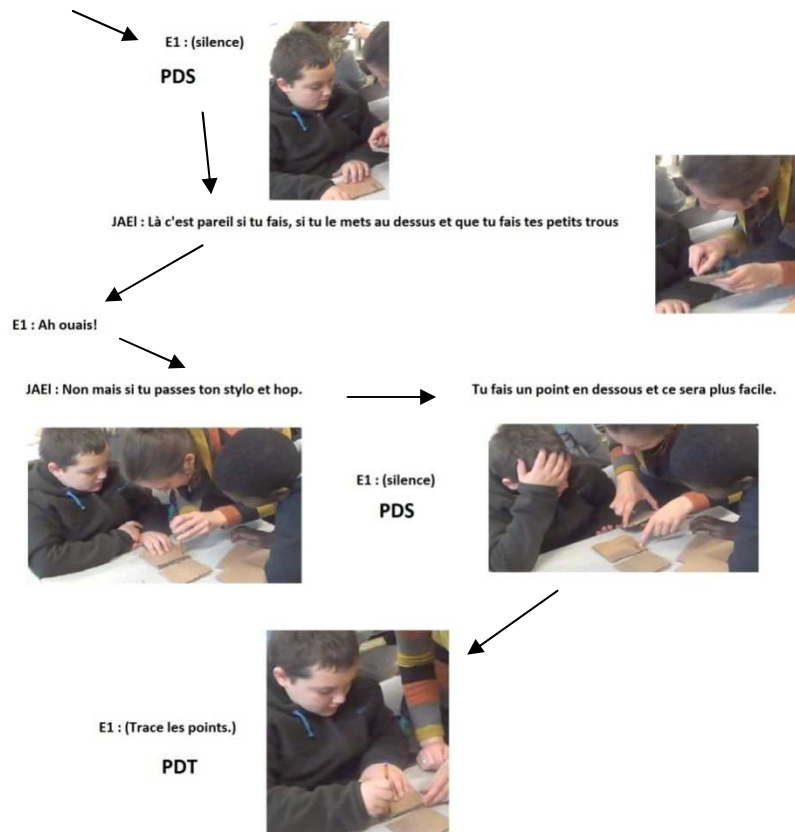


Figure 106. Médiation de JAEI

JAEI décrit une démarche technique de traçage vraisemblablement adaptée d'une problématique rencontrée lors de sa pratique d'élève ingénieur en atelier (figure 107).

- Superposer les deux pièces (« si tu le mets au dessus »)
- Percer la pièce supérieure (« que tu fais des petits trous »)
- Pointer au travers (« tu passes ton stylo et hop »)
- Tracer une marque (« tu fais un point en dessous »)

Figure 107. Démarche technique de traçage de deux pièces superposées de JAEI

La médiation didactique de l'accompagnateur JAHe se caractérise ainsi par i) une série d'actions à fonction explicative comme expliquer comment concevoir un pont en 3D ou expliquer une technique de traçage ; ii) un discours directif en ce sens que c'est l'accompagnateur qui a l'initiative des explications selon sa logique et ses références propres et iii) l'emploi de langages verbal, gestuel et visuel diversifiés. Par exemple JAEI couple les langages verbal et gestuel (figure 108).

JAEI : Non mais si tu passes ton stylo et hop.



Tu fais un point en dessous et ce sera plus facile.



Figure 108. Médiation de JAEI et langages mobilisés

Par conséquent, même si la médiation des accompagnateurs, en tant qu'experts, aide l'enseignant et les élèves dans la réalisation du projet, elle est caractérisée, tout au long du travail de groupe, par la proposition d'explications, de solutions diverses et par l'emploi de langages scientifiques et technologiques divers. Parfois, comme dans les extraits analysés, les accompagnateurs mobilisent des langages experts inaccessibles aux élèves (le dessin en perspective). La médiation didactique des accompagnateurs, caractérisée par des actions principalement explicatives, en cohérence avec leur logique et leurs références propres, procède par le déploiement de leur expertise en réponse aux préoccupations immédiates des élèves.

2.2.2 La médiation didactique de l'enseignant

Nous présentons ici, deux extraits d'intervention de l'enseignant auprès des groupes 6 et 10 qui se situent là encore au moment de l'assemblage des pièces du pont (tablier et piliers). En amont des extraits présentés, les élèves sollicitent l'enseignant pour réaliser les découpes des pièces du pont (tablier et piliers). Pour chaque groupe, les techniques d'assemblage sont différentes. Le groupe 6 utilise des attaches parisiennes et le groupe 10 un assemblage par encastrement.

Dans le premier extrait, (figure 109) (groupe 6), au cours de la découpe, l'enseignant pose le problème qui est de savoir comment assembler tablier et piliers (GER : « *quel est votre plan pour les assem... les faire tenir ?* »). La formulation ouverte du problème, qui emploie un vocabulaire courant (faire tenir) amène les élèves à faire une proposition d'assemblage à angle droit sans dispositif de fixation.

La médiation de l'enseignant, à fonction réflexive (l'enseignant pose une série de questions pour faire réfléchir les élèves), permet d'introduire la fonction de l'attache parisienne (assembler pour que ça tienne) en validant une performance didactique technique produite par un élève (E2: « *Bin euh, les bâtons* ») qu'il reformule (GER: « *Les attaches parisiennes.* »). En aucun cas la médiation de l'enseignant n'est à fonction explicative à propos des modalités de fonctionnement de l'attache parisienne, ni de la procédure d'assemblage comme le fait

l'accompagnateur JAHe. Il laisse cette initiative aux élèves en leur amenant les attaches (GER : « *Bon je vais vous en donner.* »).

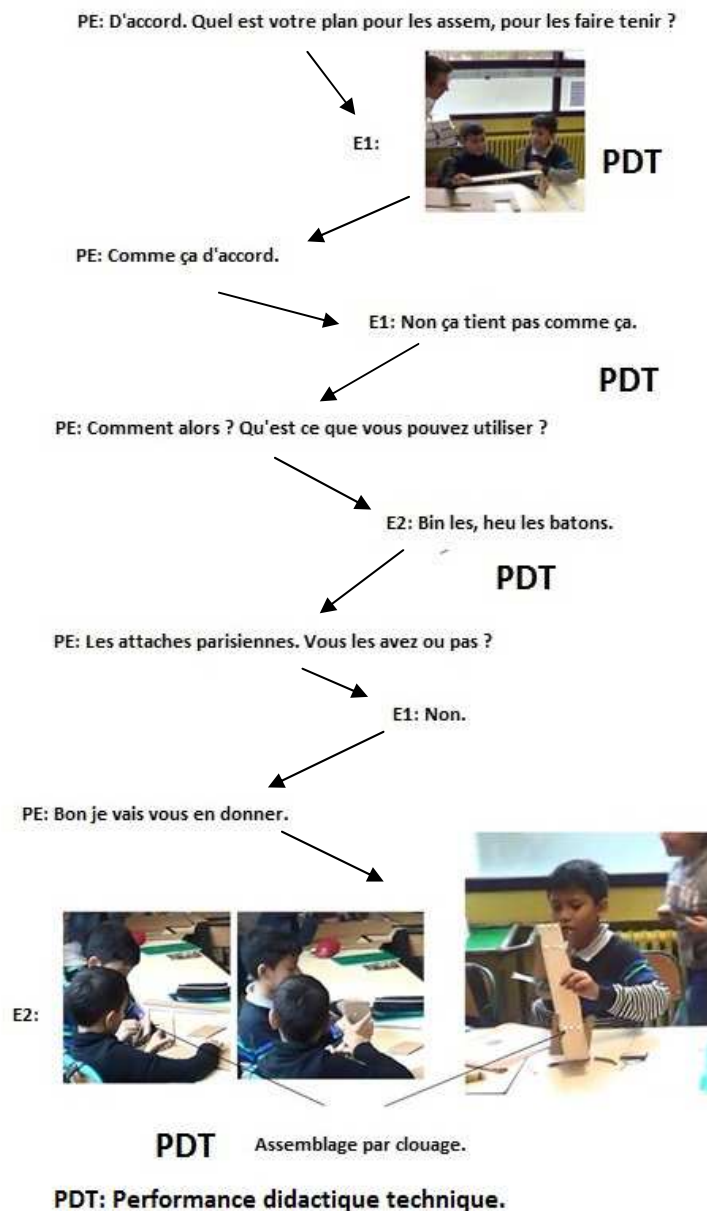


Figure 109. Médiation de l'enseignant (GER)

Les élèves s'expriment en employant différents langages. Un langage verbal (E1 : « *non ça tient pas comme ça.* ») et gestuel (figure 110). Les élèves qui interagissent avec l'enseignant et proposent leurs points de vue sont acteurs dans la résolution du problème posé par l'enseignant.



Figure 110. Performance didactique technique élève



Figure 111. Performance didactique technique élève (assemblage par clouage)

L'enseignant donne la possibilité aux élèves de prendre l'initiative de trouver le mode de fonctionnement et la procédure d'utilisation de l'attache parisienne. Les élèves, devant la nécessité de résoudre seuls ces problèmes pour poursuivre la fabrication du pont, sont placés en position d'acteurs des apprentissages. Cela a pour effet de produire une nouvelle manière d'utiliser l'attache parisienne. Les élèves l'utilisent comme un clou (figure 111). Ce type de médiation incite d'une part les élèves à produire plusieurs performances didactiques techniques et permet d'autre part l'apparition d'une performance didactique technique nouvelle exprimant un contenu original : assembler des pièces de carton en utilisant l'attache parisienne comme un clou.

Dans le second extrait, l'enseignant incite l'élève E1, par une série d'action à fonction réflexive, à lui expliquer, ainsi qu'à l'autre élève du groupe, ce qu'il envisage de faire (GER : « *qu'est ce que tu veux faire ?* », « *ça va être quoi ?* ») (figure 112) (groupe 10). L'enseignant se décentre pour établir une transaction à trois où chaque transactant participe. La transaction présente ici une dimension intersubjective où enseignant et élèves se reconnaissent en tant que co-locuteurs (Vernant, 2004) et une dimension intramondaine d'autre part, où enseignant et élèves se confrontent au « *problème qu'ils rencontrent dans une situation qu'ils partagent* » (Vernant, 1997, 2004 ; Sensevy et Mercier, 2007) comme dans un « dialogue vrai » (Lemke, 1990).

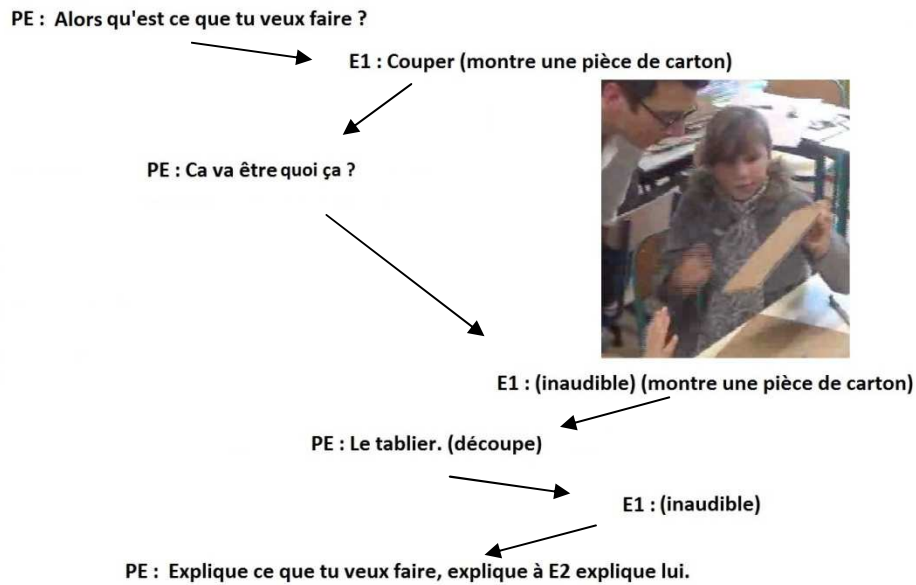


Figure 112. Médiation de l'enseignant

L'action de l'enseignant amène l'élève à mobiliser une série de performances didactiques techniques pour expliquer sa propre idée d'assemblage des deux pièces du pont (E1 : « on le met comme ça. », « on fait des trous là. », « on le met dedans. ») (figure 113).

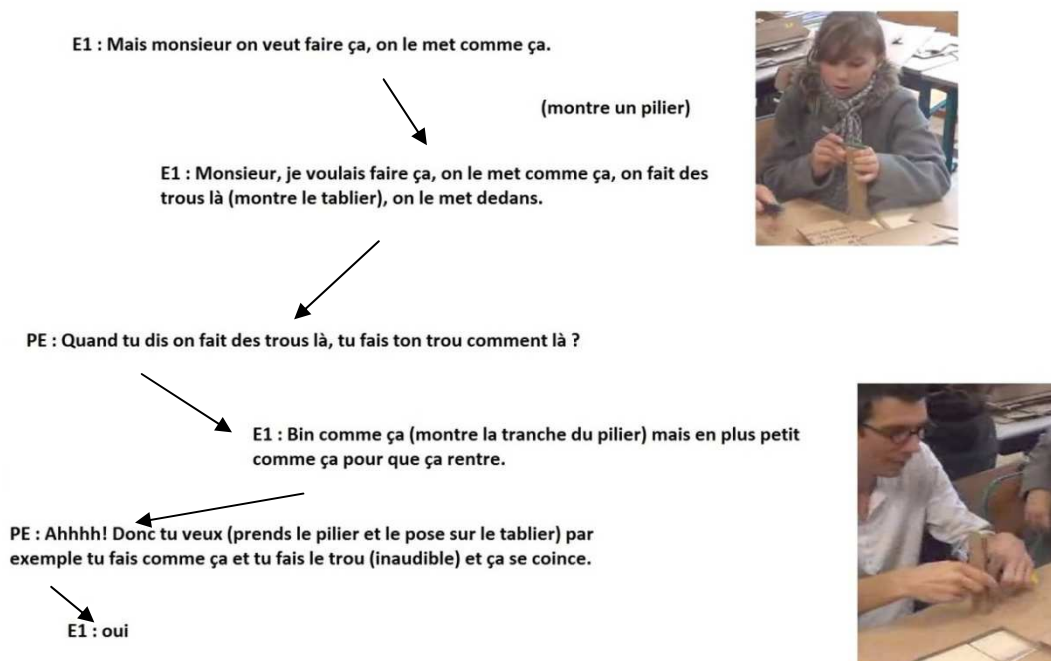


Figure 113. Médiation de l'enseignant

Contrairement à l'intervention de JAEI (Figure 3-5-19) qui agit sur les performances didactiques des élèves en développant une médiation à fonction explicative se traduisant par la proposition d'une démarche technique de traçage que l'élève en position d'écoute va mettre

en œuvre, la médiation de l'enseignant à fonction réflexive permet à l'élève de s'engager dans l'activité en tant qu'élève-chercheur. En effet, l'élève est à l'initiative de la description d'une démarche technique d'assemblage originale dont trois étapes sont explicitement présentées et une étape implicite (figure 114).

Utiliser un gabarit de traçage (pilier) (« on le mets comme ça. »)
Tracer sur le tablier en suivant le gabarit (implicite)
Découper une encoche en suivant le tracé (« on fait des trous là. »)
Encastrent le gabarit (pilier) dans l'encoche (« on le met dedans. »)

Figure 114. Démarche technique d'assemblage de E1

L'enseignant poursuit sa médiation, à fonction réflexive là encore, afin d'inciter E1 à préciser davantage les implicites de sa démarche (GER : « *tu fais ton trou comment là ?* »). L'enseignant termine par une évaluation positive de la performance didactique technique originale proposée par E1, comme le montre l'extrait suivant :

GER : ça me parait une bonne idée. En tout cas il faut le tenter. C'est une bonne idée. Est-ce que tu as eu l'idée ou est-ce que tu as vu ça dans les autres groupes ?

E1 : j'ai eu l'idée.

GER : t'as eu l'idée.

2.2.3 La médiation didactique et la médiation d'expert

Cette étude de cas met en évidence deux types de médiations didactiques mobilisées par l'enseignant et l'accompagnateur. La médiation didactique de l'enseignant se caractérise ainsi par une série d'actions, à fonction réflexive, sur les performances didactiques des élèves. Basée sur la formulation d'un seul problème décliné en une série de questions, la médiation de l'enseignant incite les élèves à s'engager dans la réflexion et à manifester, en particulier, plusieurs performances didactiques techniques (PDT) en lien avec le problème posé. Elle se caractérise par ailleurs par une mobilisation du langage verbal portant sur le contenu « fonction de l'attache parisienne » ou « assemblage par encastrement ».

Différentes caractéristiques de la médiation didactique des accompagnateurs peuvent être relevées : i) elle consiste en une succession d'actions sur les performances didactiques des élèves. Cette médiation implique la mobilisation de modalités langagières réflexives (l'accompagnateur pose une question), explicatives ou encore descriptives (l'accompagnateur montre en expliquant comment assembler avec une attache parisienne ou comment utiliser une cale). Pour expliquer, l'accompagnateur emploie des outils spécifiques au problème posé. JAEL, utilise une feuille perforée (outil 2D) puis une autre qu'il superpose en plaçant une

attache parisienne afin de produire un assemblage en 3D (outil 3D). JAHe, utilise une cale de carton découpée aux dimensions adaptées ; ii) elle implique la mobilisation de différents langages (verbal, gestuel, procédural) porteurs de contenus différents et imbriqués (modalité de fonctionnement de l'attache parisienne et procédure d'assemblage, ajustement par calage et stabilité) ; iii) elle se caractérise par un discours directif en ce sens que c'est l'accompagnateur qui a l'initiative du déroulement de la construction des contenus. Les performances didactiques de l'élève sont davantage de silence (les élèves écoutent les explications en silence, regard bas, immobiles...) que cognitives, techniques ou sociales. Lorsque l'élève se place en posture d'élève-chercheur en produisant une performance didactique originale qui ne correspond pas au déroulé de la médiation de l'accompagnateur, elle est mise sous silence.

Par conséquent, les fonctions des médiations sont distinctes : explicative et descriptive pour la médiation de l'accompagnateur (que nous avons qualifiée de médiation d'expertise scientifique et technologique) et réflexive pour la médiation de l'enseignant. La médiation est directive pour l'accompagnateur et basée sur le questionnement pour l'enseignant. Même si enseignant et accompagnateur mobilisent des langages communs pour exprimer un même contenu, l'accompagnateur expert utilise une palette plus variée de langages scientifiques (verbal, visuel et procédural) pour développer ses explications que ne le fait l'enseignant qui privilégie le langage verbal. Le rôle de l'élève dans l'interaction est lui aussi différent : davantage chercheur avec l'enseignant et récepteur des explications avec l'accompagnateur. Ces médiations différentes varient encore selon les contenus et deux formes d'accompagnement comme nous le montrons dans la section suivante.

3 Deux formes d'accompagnement

Nous présentons ici deux formes d'accompagnement caractérisées par une répartition spatiotemporelle des positions et des interventions différentes entre l'enseignant et les accompagnateurs. L'une est collaborative dans laquelle, enseignant et accompagnateurs collaborent pour agir sur la médiation cognitive de l'élève. Elle est caractérisée par des interventions spatiotemporelles effectuées au plus près des élèves. L'autre forme d'accompagnement est participative. L'accompagnateur participe à la médiation didactique de l'enseignant en relayant ses injonctions. Nous montrons également qu'à ces deux formes d'accompagnement correspondent deux médiations différentes.

3.1 La répartition spatiotemporelle des positions et des interventions des accompagnateurs et de l'enseignant en classe

3.1.1 Une répartition partagée pour la construction du pont

Nous présentons les résultats issus de l'analyse de la première séance dans laquelle enseignant et accompagnateurs interviennent de manière temporellement équilibrée. En effet lors de la fabrication du pont au cours du travail en groupe, l'enseignant comme les accompagnateurs passent plus des trois quart du temps de la séance (75,2 %) auprès des élèves. En revanche, la répartition des intervenants est spatialement différente. Lors du moment de formulation des consignes en début de séance et lors de la mise en commun en fin de séance, l'enseignant et les accompagnateurs n'occupent pas les mêmes positions (tableau 42).

Enseignant		Accompagnateurs		
Positions	%	Positions	JAHe (%)	JAEI (%)
Devant le tableau face à la classe	24,8	Au fond à gauche	24,8	24,8
Interventions auprès des groupes	75,2	Interventions auprès des groupes	75,2	75,2
Total	100	Total	100	100

Tableau 42. Répartition spatiotemporelle de l'enseignant et des accompagnateurs (séance 1)

L'enseignant, placé devant le tableau face à la classe, énonce et cerne la tâche demandée puis organise la mise en commun en distribuant la parole. Au cours de ces moments les

accompagnateurs sont en posture d'attente, au fond de la classe. L'enseignant ne les sollicite pas. L'enseignant est le garant du déroulement de la séance, les accompagnateurs l'assistent.

Néanmoins, même si pendant le travail d'investigation en groupe, les intervenants partagent temporellement et spatialement le même espace de travail, la manière de l'occuper, au travers des déplacements des acteurs dans la classe (figure 115, 116 et 117) et la présence des accompagnateurs et de l'enseignant auprès des groupes d'élèves (figure 118), met en évidence un partage construit en situation dans la mesure où, à aucun moment en amont, les rôles n'ont été explicitement distribués.

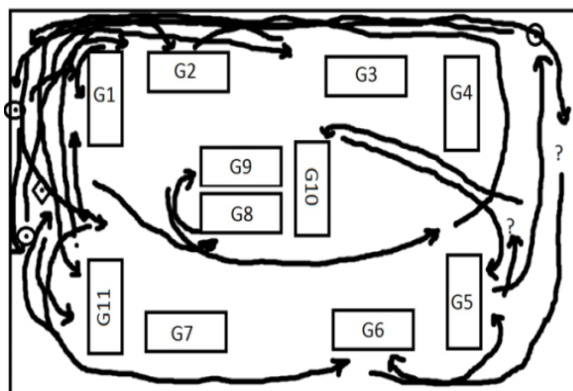


Figure 115. Déplacements de l'enseignant

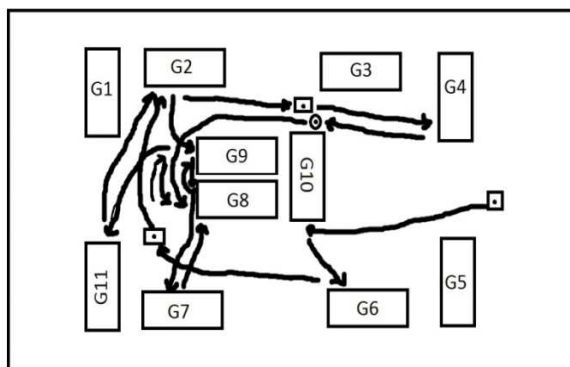


Figure 116. Déplacements de JAEl

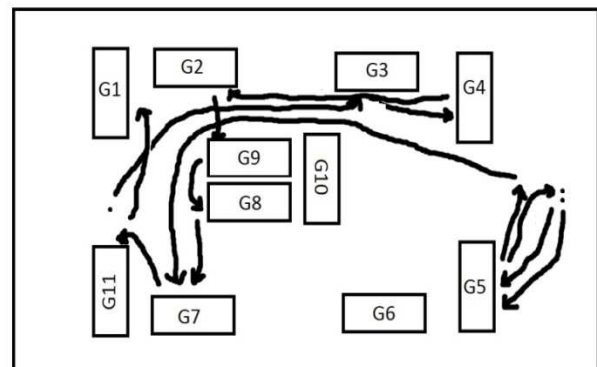


Figure 117. Déplacements de JAHe

La position des accompagnateurs est centrale et marque leur préoccupation d'être au plus près des élèves, alors que la position de l'enseignant est périphérique avec des retours réguliers au tableau pour des temps d'observation globale de la classe. Le rôle de l'enseignant est caractérisé à la fois par des interventions auprès des groupes mais aussi par la vérification du travail en cours pour l'ensemble de la classe. Enseignant et accompagnateurs interviennent de manière indépendante auprès des groupes comme le précise l'enseignant lors de l'entretien d'auto-confrontation :

GER : « en fait j'ai pas pu me rendre directement compte de ce qu'elle faisaient parce que j'étais jamais avec elles, c'était bizarre j'ai pu voir le résultat de leur travail uniquement à travers des productions des enfants à la fin ».

La figure 118 montre, plus particulièrement, que lorsque l'enseignant passe un temps important avec un groupe (Groupes 6 et 10), les accompagnateurs y sont peu présents et inversement (Groupes 8, 9 et 11). Certains groupes en revanche sont suivis à la fois par l'enseignant et les accompagnateurs (Groupes 1, 2, 4 et 5).

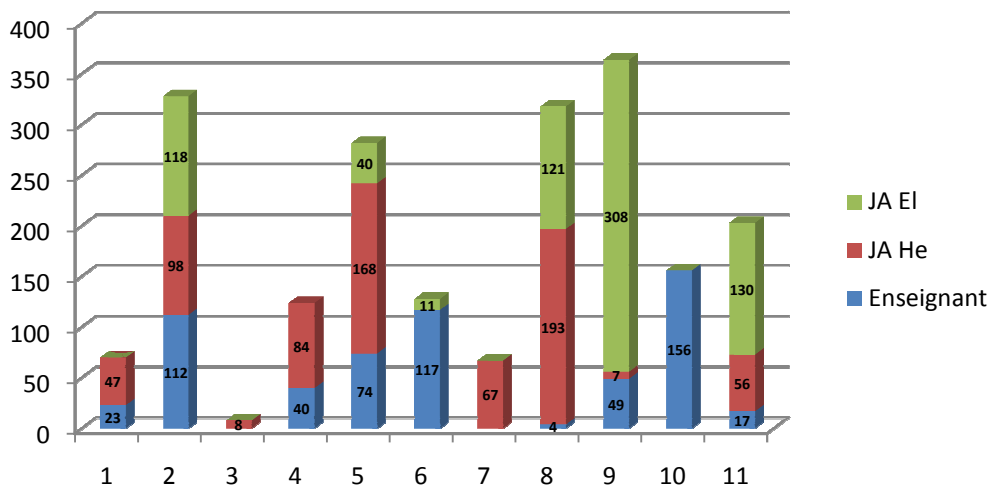


Figure 118. Durée des interventions des acteurs cumulée pour chaque groupe (séance 1)

Ce partage des groupes, dans la séance 1, traduit une collaboration entre l'enseignant et les accompagnateurs qui se traduit par des interventions de même nature au cours du travail de groupe. L'enseignant considère les interventions des accompagnateurs au même titre que les siennes comme il le déclare dans l'entretien d'auto-confrontation :

GER : « on peut magnifiquement accompagner des enfants sans être du tout enseignant.[...] C'est impressionnant de la part de gens qui travaillent dans un domaine complètement différent, de voir des gens qui ont un contact et qui arrivent à faire passer des choses, qui sont pas forcément simples, avec autant d'efficacité et de facilité en même temps et très simplement. »

Nous interprétons ces propos comme une confiance que l'enseignant accorde aux accompagnateurs pour engager les élèves dans les apprentissages et comme un

accompagnement (ASTEP) qui semble être davantage dirigé vers les élèves, comme une aide aux apprentissages, plutôt que comme un accompagnement de l'enseignant dans sa pratique des sciences et de la technologie. L'ASTEP est vue également comme une manière de décharger l'enseignant d'une gestion globale de la classe au profit d'interventions ciblées sur les groupes de travail comme en témoigne les propos de l'enseignant lors de l'entretien d'auto-confrontation :

GER : « *ce que j'ai bien aimé, moi dans ce genre de séance je me sens comme le lapin dans Alice au pays des merveilles qui court tout le temps. J'ai pas le temps de me poser, enfin je le fais des fois avec des groupes mais j'ai assez peu de temps, je regarde un peu tout ce qui se passe, je trouve que j'ai pas assez de temps pour accompagner un groupe dans la construction de quelque chose. [...] Je trouve très intéressant de pouvoir se poser et d'accorder de l'attention aux enfants et puis d'avancer avec eux.* »

3.1.2 Une répartition inégale pour l'expérimentation des propriétés du carton

Au cours de la séance 3, l'enseignant passe plus de 80% du temps devant le tableau, soit pour des interventions collectives (57,2 %), soit pour écrire au tableau (22,9 %) (tableau 43).

Positions	Durée (minutes)	% age
Devant le tableau face à la classe (interventions collectives)	32,1	57,2
Devant, écrit au tableau	12,8	22,9
Intervention auprès des groupes	3,5	6,2
Gestion matérielle	6,3	11,2
Echanges avec accompagnateurs	1,4	2,5
Total	56	100

Tableau 43. Répartition des positionnements spatiotemporels de l'enseignant (séance 3)

Ses interventions sont majoritairement globales, l'enseignant garde un regard sur l'ensemble de la classe et ses actions sur les performances didactiques des élèves se font majoritairement à distance comme le montre l'emploi du « vous » collectif dans les trois extraits suivants.

En précisant le but de la tâche :

GER : « *pour l'instant donc on a, j'ai découpé des bandes, découpé des bandes, d'accord ? Donc vous votre objectif le premier ce sera, on va vous en donner trois quatre par groupe*

d'accord ? et essayez de trouver une façon, deux façons, peut être trois on verra pourquoi pas. »

En décrivant l'expérience attendue à réaliser :

GER : « vous allez faire une expérience. Vous allez prendre les livres. L'expérience sera la suivante. Vous allez avoir deux types de bandes. Un avec le carton qui est coupé dans le sens de, dans la longueur des cannelures. D'accord ? L'autre bande qui sera coupé dans, avec les cannelures en travers. Vous allez mettre, vous allez mettre les deux côte à côte parce que le problème c'est qu'en sciences on ne peut pas juste dire il en a un qui est plus solide que l'autre il faut le prouver. D'accord ? »

Et en proposant une trace écrite de l'expérience :

GER : « ça, c'est la bande de carton vue d'en haut. Vous la voyez devant vous ? Vous l'avez tous ? On représente les deux tables. Donc on commence par dessiner la bande de carton et ensuite les deux tables. C'est un schéma donc vous y passez pas trois heures, d'accord ? »

Ses interventions auprès des groupes sont minoritaires (6,2 %) et le plus souvent portent sur des groupes de proximité situés devant le tableau (groupes 1, 2, 10, 8). Les interventions auprès du groupe 5, situé au fond de la classe, correspondent à deux moments où l'enseignant se déplace pour aller chercher du matériel à distribuer, là encore ses interventions auprès de ce groupe sont de proximité (figure 119).

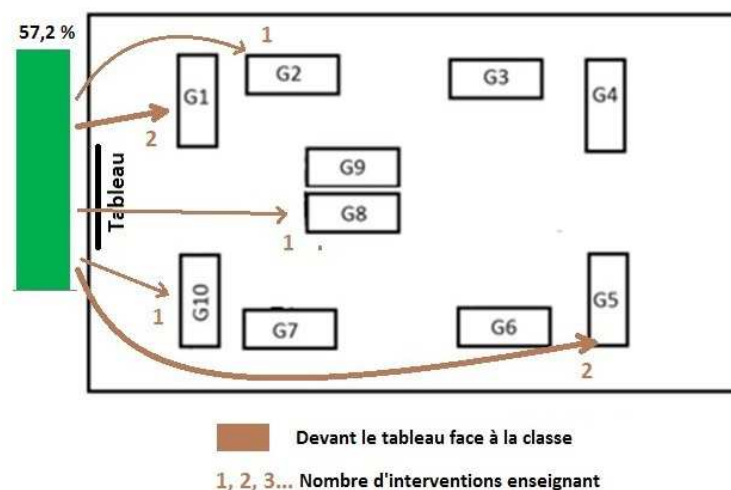


Figure 119. Positions et interventions de l'enseignant

Pour ce qui concerne les accompagnateurs, pour plus de la moitié du temps ils sont en position d'attente en périphérie de la classe. (59,1 % JAHe et 70,6 % JAEl) (tableau 44). Même si chaque accompagnateur au cours de la séance se place aux 4 coins de la salle, il

apparaît assez nettement un partage de l'espace entre les deux accompagnateurs, sans que nous ne puissions dire si cela est le résultat d'une concertation entre eux. En effet JAHe se situe principalement à droite et JAEl à gauche.

Positions	JA He % age	JA El % age
Au fond à gauche	8	41
Au fond à droite	35,3	0
Devant a droite	0,1	2,4
Devant à gauche	0,4	11,9
Devant tableau (fin de séance)	15,3	15,3
Interventions auprès des groupes	19,3	16,6
Gestion matérielle	8	7,2
Echanges avec L'enseignant	1,2	2
Autres	12,5	3,6
Total	100	100

Tableau 44. Répartition des positionnements spatiotemporels des accompagnateurs (séance 3)

Leurs interventions se font auprès des groupes situés à proximité des positions statiques occupées (figure 120).

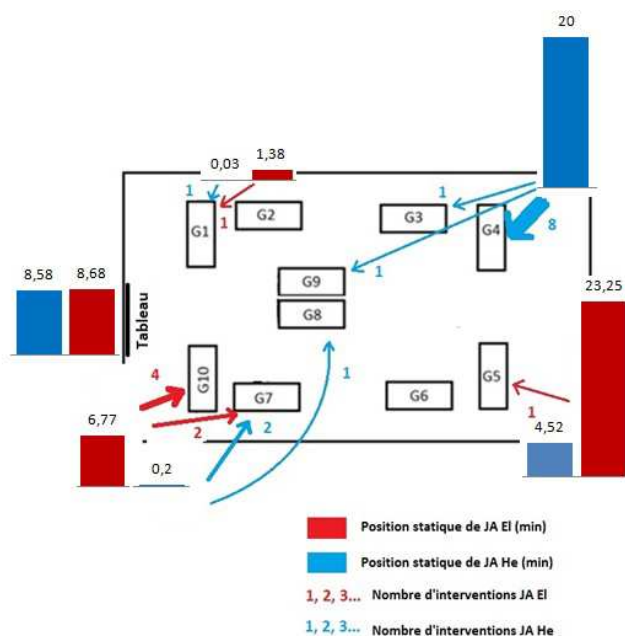


Figure 120. Positions et interventions des accompagnateurs

Leurs interventions sont limitées (19,3 % pour JAHe et 16,6 % pour JAEl) et de proximité (Groupes 1 et 3, 4, 9 et 7, 8 pour JA He, groupes 1 et 7, 10 et 5 pour JA El). JAHe concentre ses interventions auprès du groupe 4, situé au fond à droite, avec 8 interventions et JA El auprès du groupe 10, situé devant à gauche, avec 4 interventions.

La durée des interventions des acteurs montre, que l'enseignant et les accompagnateurs passent un temps moins important auprès des groupes de travail lors de la séance 3 que pendant la séance 1, en particulier pour l'enseignant avec un maximum de 66 secondes avec le groupe 1. Les accompagnateurs interviennent quant à eux de manière plus importante auprès de trois groupes situés à proximité de leur position d'attente (Groupes 4, 7, 10) (figure 121).

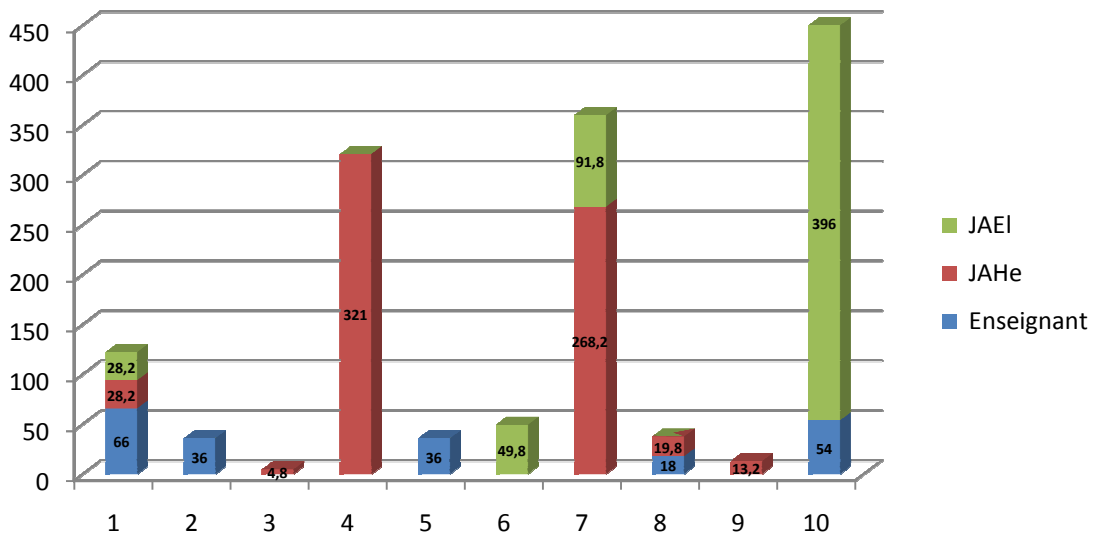


Figure 121. Durée des interventions des acteurs cumulée pour chaque groupe (séance 3)

Comme en séance 1, la répartition des groupes entre l'enseignant et les accompagnateurs est marquée. Les accompagnateurs n'interviennent pas auprès des groupes 2 et 5 et inversement l'enseignant qui n'intervient pas auprès des groupes 3, 4, 6, 7, 9. Certains groupes en revanche sont suivis à la fois par l'enseignant et les accompagnateurs (Groupes 1, 8 et 10).

3.2 Les deux formes d'accompagnement : collaborative et participative

L'étude de la répartition spatiotemporelle des interventions met en évidence deux formes d'accompagnement. L'une, collaborative (séance 1), davantage centrée sur les élèves, est caractérisée par des interventions globales de l'enseignant qui s'adresse à l'ensemble de la classe, une circulation en périphérie de la classe et des positions face à la classe, en début et fin de séance, temporellement minoritaires. Les interventions locales de l'enseignant qui consistent en des actions sur performances didactiques des élèves lors du travail de groupe sont majoritaires. Du côté des accompagnateurs, cette forme d'accompagnement est

caractérisée par des positions d'attente au fond de la classe, en début et fin de séance, minoritaires et en miroir avec les interventions globales de l'enseignant. Les circulations après des groupes de travail pour des interventions locales sont majoritaires et consistent également en des actions sur les performances didactiques des élèves. Par conséquent, enseignant et accompagnateurs collaborent pour agir sur la médiation cognitive de l'élève caractérisée par des interventions spatiotemporelles effectuées au plus près des élèves. Cette collaboration où l'accompagnateur endosse un rôle de médiateur didactique comme le fait l'enseignant entre en contradiction avec le partage marqué de rôles prescrits qui indique que l'accompagnement s'adresse à l'enseignant. L'autre forme d'accompagnement est participative (séance 3). Dans ce cas, c'est principalement l'enseignant qui exerce son rôle de médiateur par des actions sur les performances didactiques des élèves, à la fois de manière collective et à distance. Les accompagnateurs occupent une position d'attente et interviennent peu au plus près des élèves. L'accompagnateur participe à cette médiation en relayant les injonctions de l'enseignant comme nous le montrons dans la sous-section suivante et en apportant une aide matérielle (distribution du carton) demandée par l'enseignant comme le montre l'extrait suivant : *GER (s'adressant aux JA)* : « et éventuellement vous pouvez les distribuer ? ». Ces deux formes d'accompagnement se caractérisent également par deux formes de médiations comme nous le montrons dans la sous-section suivante.

3.3 Les médiations dépendantes des formes d'accompagnement

L'analyse porte ici sur deux séances pour mettre en évidence la relation entre les formes d'accompagnement et les médiations des acteurs. Pour la séance 1, qui présente un accompagnement collaboratif, nous analysons les médiations au travers de quelques cas d'interaction lors du travail de groupe présentés en sous-section 2.2. Pour l'accompagnement participatif, la séance 3 est analysée de manière plus globale dans la mesure où la médiation collective de l'enseignant nous permet de disposer d'un enregistrement vidéo dans la continuité. Nous effectuons cette analyse avec une aide logicielle (Transana) pour l'ensemble de la séance 3. Nous présentons les fonctions de la médiation, les langages mobilisés par l'enseignant et le mode d'engagement des élèves dans l'activité. Chaque unité de sens (épisode) est définie à partir de la fonction de la médiation.

3.3.1 La médiation collaborative

Dans la forme collaborative de l'accompagnement, mis à part le début et la fin de la séance où c'est l'enseignant qui organise et agit sur les performances didactiques des élèves, lors du

travail de groupe, l'enseignant et les accompagnateurs agissent de concert sur les performances didactiques des élèves afin de résoudre les problèmes rencontrés lors de la fabrication du pont (séance 1). Néanmoins, comme nous le montrons en sous-section 2.2, l'enseignant et l'accompagnateur manifestent des médiations particulières à fonctions distinctes : explicative et descriptive pour la médiation de l'accompagnateur et réflexive pour la médiation de l'enseignant. La médiation est directive pour l'accompagnateur et basée sur le questionnement pour l'enseignant. Même si enseignant et accompagnateur mobilisent des langages communs pour exprimer un même contenu, l'accompagnateur expert utilise une palette plus variée de langages scientifiques pour développer ses explications que ne le fait l'enseignant qui privilégie le langage verbal. Le rôle de l'élève dans l'interaction est lui aussi différent : davantage chercheur avec l'enseignant et récepteur des explications avec l'accompagnateur. Par conséquent la collaboration s'exerce en direction des élèves. Les accompagnateurs collaborent avec l'enseignant pour permettre aux élèves de réussir la tâche demandée.

3.3.2 La médiation participative

La médiation se caractérise par deux fonctions dominantes (tableau 45).

Fonctions médiation	Nombre d'épisodes	Durée (minutes)	% age
Descriptive	1	0,5	0,9
Explicative	5	3,9	7,5
Informative	10	10,7	20,4
Injonctive	12	20,4	39,0
Justificative	2	1,9	3,7
Mémorielle	1	1,2	2,3
Pédagogique	6	6,6	12,5
Réflexive	8	7,1	13,7
Total	45	52,2	100

Tableau 45. Fonctions de la médiation GER (séance 3)

Premièrement, une fonction injonctive (39 %) au travers de laquelle l'enseignant oriente l'activité de l'élève. La médiation de l'enseignant en séance 3 est directive et les élèves sont incités à réaliser la tâche attendue. L'enseignant par exemple impose un dispositif expérimental comme le montre l'extrait suivant :

GER : « Par contre le dispositif pour tester la solidité du tablier[...] (écarte deux tables) donc vous allez les séparer à peu près, vous allez séparer la table d'une quarantaine de cm, ça veut dire (mesure avec une règle) vous faites à peu près ça, comme ça. »

La seconde fonction, informative (20,4 %), permet la mise en commun des activités. Par exemple les élèves sont invités à exposer leurs solutions comme le montre l'extrait suivant :

GER: « Je vous écoute. Qui est ce qui propose, qui est ce qui propose ? On lève la main. Qui est ce qui propose une solution ? Qui est ce qui pense avoir obtenu une résistance intéressante avec le matériel dont vous disposez ? »

L'enseignant emploie pour sa médiation principalement deux formes de langages scientifiques : le langage verbal oral et le langage visuel (tableau 46).

Langages mobilisés	Nombres d'épisodes	Durée (minutes)	% age
Gestuel	1	0,68	0,7
Procédural	9	10,18	11,1
Verbal oral	39	45,70	49,7
Verbal écrit	2	8,58	9,3
Visuel	20	26,87	29,2
Total	71	92,01	100

Tableau 46. Langages mobilisés lors de la médiation

Le langage mobilisé est principalement verbal oral (49,7 %). L'enseignant s'adresse à l'ensemble de la classe à l'oral et de manière collective. Le langage visuel (29,2 %) est employé au moment de la réalisation de la trace écrite qui passe principalement par un croquis de l'expérience réalisée (figure 122).

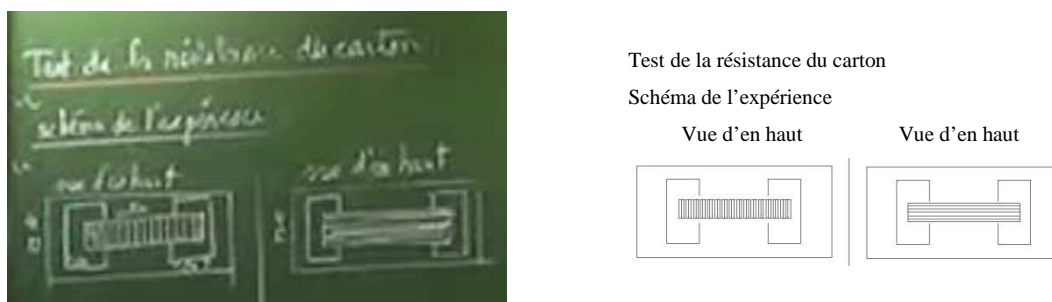


Figure 122. Langage visuel lors du bilan de l'expérience

Au cours de la séance 3, les élèves sont récepteurs pour environ les deux tiers de la séance (61,1 %) (tableau 47).

Mode d'engagement des élèves	Nombre d'épisodes	Durée (minutes)	%age
Acteur chercheur	7	8,8	19,3
Acteur trouveur	11	8,97	19,6
Récepteur	21	27,92	61,1
Total	39	45,69	100

Tableau 47. Mode d'engagement des élèves dans l'activité (séance 3)

En posture d'écoute ils manifestent des performances didactiques de silence face aux injonctions, aux explications et aux descriptions de l'enseignant (figure 123).

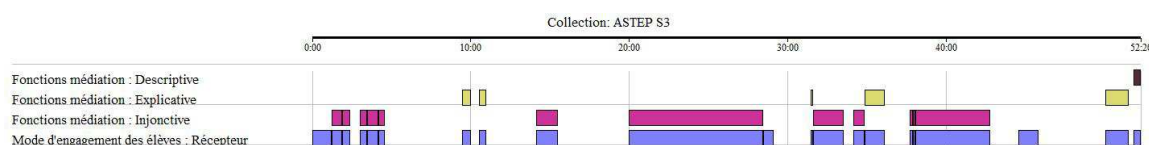


Figure 123. Médiation GER et élèves-récepteurs

Lors de la séance 1, la fonction réflexive de la médiation de l'enseignant, comme nous le montrons dans la sous-section 2.2, amène les élèves à produire des performances didactiques originales, c'est-à-dire les place en posture d'élèves-chercheurs. En séance 3, en revanche, cette même fonction place les élèves en posture d'élèves-trouveurs (figure 124).

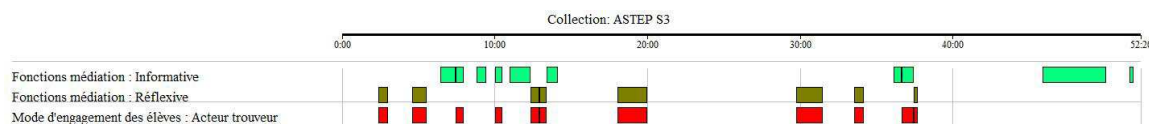


Figure 124. Médiation GER et élèves-trouveurs

En effet, l'enseignant agit sur les performances didactiques des élèves pour amener les élèves à trouver un attendu. Les élèves s'engagent dans l'activité en tant qu'élèves-trouveurs de l'attendu comme le montre, par exemple l'extrait suivant (figure 125).

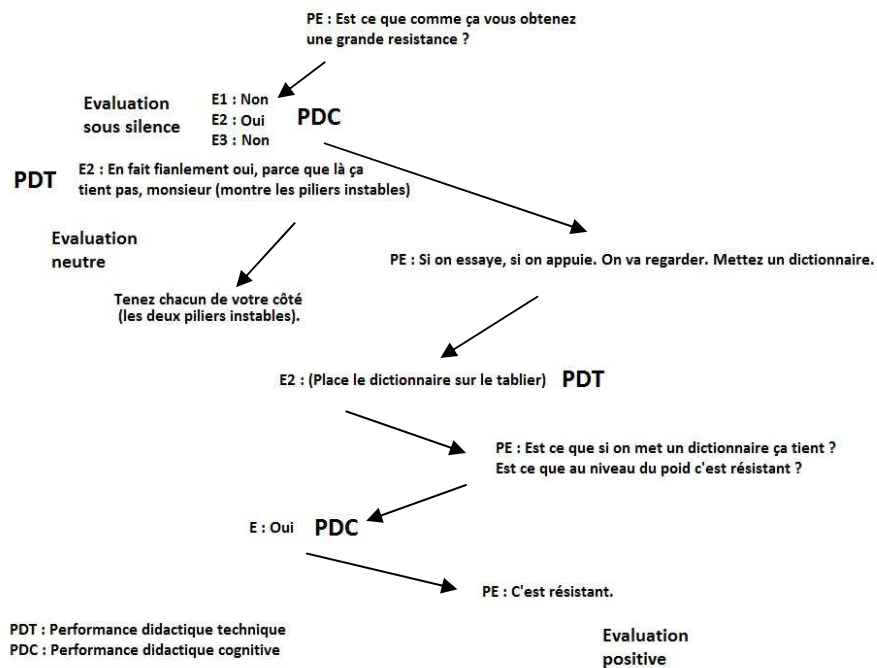


Figure 125. Médiation GER-élèves trouveurs (séance 3)

L'extrait débute par une question qui incite les élèves à interpréter un résultat expérimental proposé par un groupe au moment de la mise en commun (« *Est-ce que comme ça vous obtenez une grande résistance ?* »). Les élèves produisent une série de performances didactiques contradictoires (« *oui* », « *non* ») qui témoignent que l'attendu ([oui il y a une grande résistance]), n'est pas « trouvé » encore. Devant ces réponses contradictoires, que l'enseignant met sous silence en ne les reprenant pas explicitement, l'enseignant poursuit sa médiation en proposant une vérification expérimentale (« *Si on essaye.* ») et une manière de vérifier (« *si on appuie, on va regarder, mettez un dictionnaire, tenez chacun de votre côté.* »). La médiation devient directive. Par une série de questions orientées (« *Est-ce que ça tient ? Est-ce que c'est résistant ?* ») L'enseignant amène les élèves à « trouver » l'attendu (« *Oui* » [le carton est résistant]), qu'il valide positivement en ponctuant l'interaction par un : « *C'est résistant.* ».

L'extrait suivant montre comment l'enseignant sélectionne, dans les performances didactiques des élèves, ce qui correspond à son attendu (figure 126).

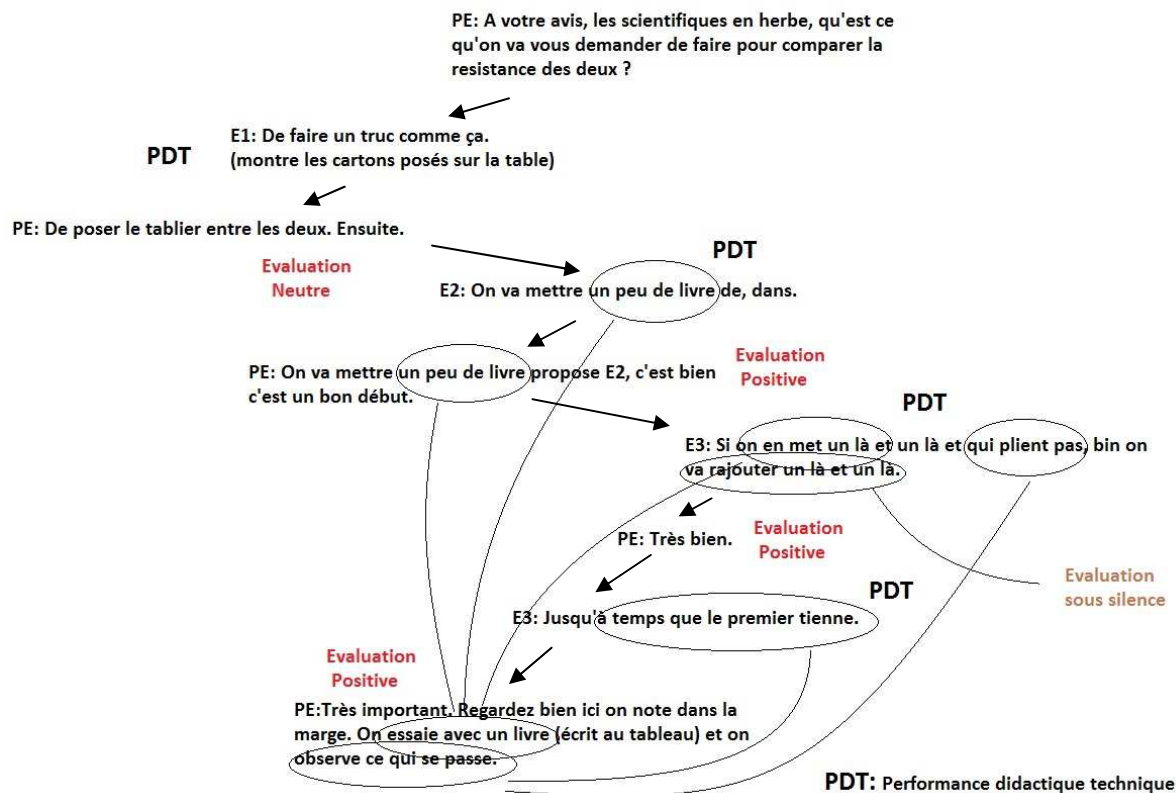


Figure 126. Médiation GER et élèves-trouveurs (séance 3)

La médiation à fonction réflexive débute par une question (« *Qu'est-ce qu'on va vous demander de faire pour comparer la résistance des deux ?* »). E1 produit une performance didactique non attendue que l'enseignant évalue de manière neutre en reprenant la formulation de l'élève. L'ajout d'un « *ensuite* » signifie aux élèves que ce n'est pas ce qu'il attend. A la suite, E2 produit l'attendu (« *on va mettre un peu de livres* », et E3 à son tour (« *on en met un là.* »). Chaque performance didactique des élèves (E2 et E3) correspondant à l'attendu, est évaluée positivement par l'enseignant qu'il ponctue par des encouragements. La gradation des encouragements indique aux élèves qu'ils sont sur le bon chemin (« *c'est bien, très bien, très important* »). L'attendu est dévoilé en fin d'intervention. Il s'agit de tester la résistance du carton en plaçant un livre à la fois (« *on essaie un livre.* ») et en relevant le résultat à chaque fois (« *on observe ce qu'il se passe.* »). L'enseignant met sous silence une performance didactique de E3 (« *on va en rajouter un là et un là.* ») qui s'éloigne de l'attendu.

En revanche, les élèves sont placés en posture d'élèves-chercheurs, en produisant des performances didactiques originales, lorsque la médiation de l'enseignant est à fonction informative (figure 127).

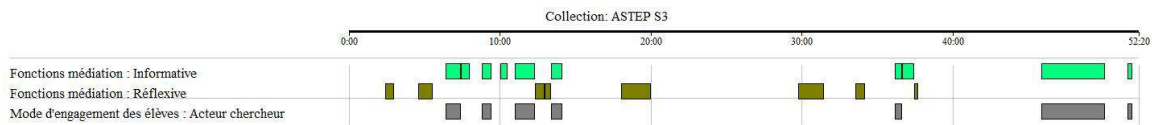


Figure 127. Médiation GER et élèves-chercheurs

Dans ce cas, l'action de l'enseignant invite les élèves à exprimer leur manière de réaliser l'expérience et les résultats obtenus comme le montre l'extrait suivant :

GER : « qu'est ce que tu as à proposer ?[...]Proposition de E. Vas-y. »

E: « monsieur, on les a mis de profil parce qu'on a découvert que c'est plus résistant de profil comme ça que comme ça. »

GER : « vous les avez mis donc comme ceci. Alors on regarde est-ce que tout le monde voit comment ils les ont mise leurs lattes ? C'est-à-dire que c'est les seuls, d'après ce que j'ai vu, qui ont pensé effectivement, la plupart vous les avez mis à plat, eux ce sont les seuls qui ont pensés à les mettre dans ce sens là. »

L'action de l'enseignant à fonction informative vise à la mise en commun (« *Qu'est-ce que vous proposez ?* ») et incite les élèves à produire une performance didactique technique originale (« *c'est plus résistant de profil.* ») non attendue par l'enseignant (« *c'est les seuls, d'après ce que j'ai vu* »).

Dans cette forme d'accompagnement, la médiation de l'enseignant vise à construire les savoirs de manière cumulative. L'enseignant est directif comme le montre ses interventions majoritairement injonctives où les élèves sont récepteurs. Ils s'approprient les injonctions de l'enseignant. La fonction réflexive de la médiation vise à amener les élèves à trouver les attendus de l'enseignant. Là encore, c'est lui qui oriente le déroulement de la séance et la construction des savoirs. Les élèves suivent pas à pas la direction proposée par l'enseignant. Les élèves en posture d'élèves-chercheurs produisent des performances didactiques originales lorsque la médiation est informative. Ils sont amenés à décrire et expliquer leur propre manière de réaliser l'expérience proposée par l'enseignant pour tester la résistance du carton. Le langage mobilisé par l'enseignant est essentiellement verbal oral lors des investigations et visuel lors des bilans.

Face à cette directivité de la médiation de l'enseignant, les accompagnateurs interviennent de manière différente qu'en séance 1. En effet, leurs interventions sont de deux types. D'une part ils participent à l'organisation matérielle de la séance. Les accompagnateurs sur demande de

l'enseignant (GER (s'adressant aux JA) : « *et éventuellement vous pouvez les distribuer ?* »), distribuent les bandes de carton, les livres pour tester la résistance du carton, les feuilles pour l'écriture de la mise en commun et découpent des bandes de carton lorsque celles-ci viennent à manquer (figure 128).

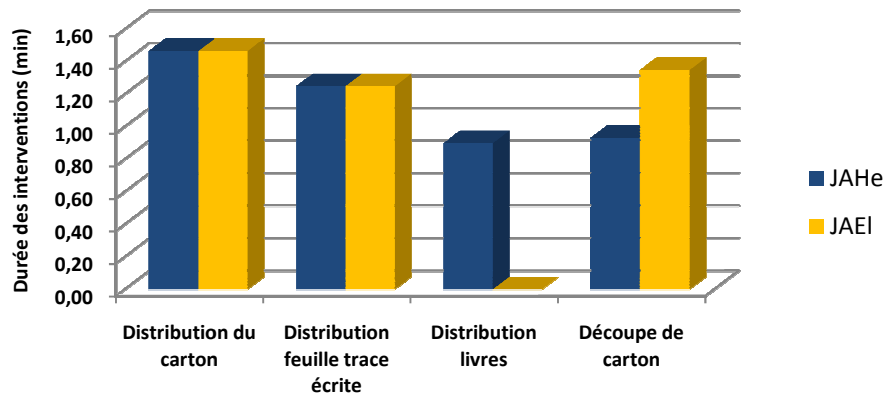


Figure 128. Interventions matérielles des accompagnateurs (séance 3)

D'autre part, leur expertise scientifique ne se manifeste pas lors de leurs interventions auprès des groupes. Que ce soit au moment des investigations ou au moment de la trace écrite, ils relaient les injonctions de l'enseignant comme le montre l'emploi de l'impératif, la référence aux écrits de l'enseignant au tableau, la reprise des formulations de l'enseignant ou leur initiatives conditionnées aux décisions de l'enseignant dans les extraits suivants :

JAEI (groupe 1) : « il faut laisser un trou là [inaudible] pour pouvoir tester [inaudible] il faut déplacer ta table. »

JAHe (groupe 2) : « alors en fait, déjà vous écartez les tables, vous écartez les tables, on va écarter, alors il faut à peu près 40 cm. »

JAHe (groupe 4) : « tu vois [inaudible] c'est dans ce sens là (montre le tableau), tu vois c'est pas dans l'autre sens. Sinon ça représente pas bien, heu, en fait normalement tu dois montrer la différence entre les deux c'est pour ça que tu dois faire deux schémas différents. »

JAHe (groupe 2) : « je vais voir si vous pouvez prendre déjà les livres. »

C'est la nature des contenus et les compétences des accompagnateurs reconnues par l'enseignant qui induit ces deux formes d'accompagnement. En effet comme nous l'avons montré en sous-section 1.3, l'enseignant considère les accompagnateurs comme des ingénieurs, comme des experts de la fabrication d'objets avec lesquels il collabore pour engager les élèves vers l'apprentissage de contenus procéduraux technologiques (démarche de

réalisation). En revanche, dans la seconde forme d'accompagnement où les accompagnateurs sont peu sollicités, comme le confesse l'enseignant en fin de séance 3 (GER : « *On va remercier He et El, vous travaillerez beaucoup plus avec elles la semaine prochaine.* [s'adressant aux accompagnateurs] *Désolé pour aujourd'hui* [inaudible] », les compétences des accompagnateurs ne semblent pas être nécessaires à l'enseignant pour enseigner des contenus procéduraux de nature expérimentale.

4 Des contenus émergents du dispositif

L'objectif de l'ASTEP, souligné dans la charte, est de rapprocher l'école et le monde des scientifiques pour « *faciliter le rapport au concret, susciter un questionnement, inciter à l'argumentation et à l'expérimentation pour que les élèves puissent acquérir de nouvelles connaissances.* » (MEN, 2004, p 2). Nous montrons dans cette partie que ces « nouvelles connaissances » s'inscrivent à la fois dans les programmes et émergent du dispositif.

4.1 Des contenus en accord avec les programmes

La séance 2 dans laquelle l'enseignant est seul en classe en est une illustration. Bien que certains contenus émergent du dispositif comme nous le montrons ensuite, de nombreux contenus s'inscrivent pleinement dans les programmes de 2008 (tableau 48 et 49).

Types de contenus		% age	Enoncés des contenus
De connaissances	Conceptuels	14,2 %	Propriétés du carton
	Notionnels	32,7 %	Matériaux
			Outils
			Conditions de fabrication
			Processus de fabrication
			Structure du carton
			Utilisations du carton

Tableau 48. Contenus de connaissances de la séance 2 (GER)

Types de contenus		% age	Enoncés des contenus
De pratique scientifique	Techno-conceptuels	23 %	Décrire
			Déduire
			Argumenter
			Analyser
	Procéduraux	5,3 %	Se questionner
			Émettre une hypothèse
			Observer
	Techniques	4,4 %	Dessiner
			Disséquer
	De communication	20,4 %	Dessin en coupe
			Dessin en 3D
			Dessin vs schéma
			Légende Schéma
			Annotation
			Utilisation du crayon gris
			Écrire la question
Titre de l'activité			
Titre du dessin			
Type d'investigation			
Comprendre un document			

Tableau 49. Contenus de pratique scientifique de la séance 2 (GER)

Citons par exemple certains contenus procéduraux tels que l'observation, l'émission d'hypothèses, le questionnement ou les contenus de communication en relation avec l'observation. En effet, les programmes de 2008 précisent pour le cycle 3 que « : *les travaux des élèves font l'objet d'écrits divers consignés, par exemple, dans un carnet d'observations ou un cahier d'expériences* » (MEN, BO n°3, 2008). Les compléments aux programmes de 2008 précisent quant à eux, pour le cycle 2, que les élèves « *mènent des investigations qui les amènent à décrire leurs observations et à maîtriser un vocabulaire de plus en plus précis. Une courte trace écrite pouvant inclure des croquis légendés est indispensable pour permettre aux élèves de mémoriser les connaissances et le vocabulaire associé* » (MEN, BO n°1, 2012).

La séance présente de multiples contenus de communication, en relation avec l'observation, abordés par l'enseignant en faisant explicitement le lien entre observation et dessin :

GER : « *en sciences ? qu'est ce qui va avec l'observation ? [...] que font en général les scientifiques quand ils observent quelque chose ? [...] on dessine, on dessine. [...] On fait des schémas. On dessine ce qu'on a observé, des fois on peut l'écrire aussi.* »

Il explique également de manière explicite la différence entre dessin et schéma et la nécessité de légender un schéma :

GER : « *tout le monde écoute. Le dessin en général va être plus soigné il y aura plus de détails, dans le schéma, le schéma ça pourrait être comme un dessin simplifié. D'accord ? C'est quelque chose de simplifié ou on va pas trop dans le détail, en tout cas, ça peut être précis un schéma mais euh c'est moins préc, c'est peut être moins, c'est plus simplifié qu'un, qu'un dessin.* » [...] Ah! une autre différence entre le schéma et le dessin, un schéma il va y avoir quoi pour un schéma? Comme pour une carte? Y'a quoi? [...] Une carte, là ça. [montre une carte affichée] Ici ça s'appelle comment? c'est marqué dessus.[...] Très bien la légende, D'accord ? »

L'enseignant précise, à la fois par un langage verbal et visuel, l'organisation d'un écrit scientifique. Sur cet écrit figurent un titre, des annotations, le type d'investigation, le point de vue (en plan ou en 3D) (figure 129).

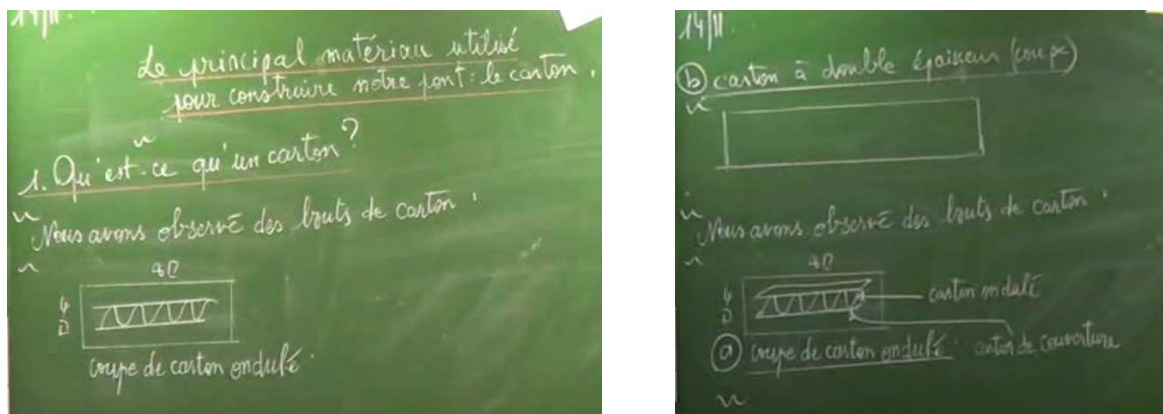


Figure 129. Traces écrites de l'observation du carton ondulé (séance 2)

L'enseignant présente enfin l'emploi du crayon gris pour les représentations graphiques comme une pratique en sciences (GER : « *à partir de maintenant vous le savez, les schémas en général c'est au crayon gris. C'est mieux.* »).

Malgré la présence de nombreux contenus inscrits dans les programmes, d'autres, originaux, émergent dans le cadre du dispositif.

4.2 Des contenus émergeant de manière différente

Certains contenus, en marge des programmes²⁷ émergent du dispositif soit parce qu'ils sont induits par l'enseignant à l'initiative du projet de construction du pont où il exerce sa médiation, soit parce qu'ils sont induits par la présence et le statut des accompagnateurs, soit parce qu'ils sont induits par les élèves qui agissent en retour sur la médiation de l'enseignant.

4.2.1 Des contenus induits par l'enseignant

4.2.1.1 Des contenus construits associés au projet de réalisation du pont

Comme le précise l'enseignant aux élèves, les contenus des séances 2 et 3 s'inscrivent dans le projet dont le but est de relever le défi de construction d'un pont comme le montre l'extrait suivant :

GER : « *alors aujourd'hui, là ce que vous avez fait aujourd'hui, certains m'ont dit : c'est pas vraiment des ponts ce qu'on fait. Ce qu'on fait aujourd'hui c'est très important, c'est un travail préparatoire, pourquoi préparatoire ? Parce que ça vous permet, les connaissances que vous avez, les expériences que vous avez fait aujourd'hui, [...]elles vont vous permettre d'utiliser le carton, j'ai envie de dire de manière plus intelligente, d'accord ? En comprenant comment on peut obtenir une plus grande résistance du carton, d'accord ?* » (séance 3).

Sur six séances du projet de construction d'un pont en carton, deux séances, « préparatoires », comme le dit l'enseignant, sont entièrement destinées à la découverte de contenus permettant aux élèves de relever le défi proposé. Il s'agit d'aborder des contenus qui aideront les élèves à construire un pont résistant au poids d'un dictionnaire. Ces contenus « préparatoires » qui émergent du dispositif ASTEP sont essentiellement de connaissances. La structure du carton avec les notions de carton ondulé à plusieurs épaisseurs sont abordées en séance 2. La relation entre épaisseur et résistance du carton est évoquée comme le montre l'extrait suivant :

GER : « *d'accord. Alors lequel est le plus solide ?* »

E: « *monsieur le plus solide c'est le gros qu'on a démonté.* »

GE :: « *il y avait combien d'épaisseur ?* »

E : « *trois.* »

²⁷ En Technologie, dans le paragraphe objets techniques, les programmes de 2008 abordent les « circuits électriques alimentés par des piles », les « règles de sécurité » et les « dangers de l'électricité », les « leviers et balances » et les « la transmission de mouvements » (MEN, BO n°3, 2008).

En séance 3 c'est la relation entre direction des cannelures du carton et résistances du carton qui est abordée. Il s'agit de tester expérimentalement la résistance du tablier du pont, constitué d'une bande de carton de 70 cm de long sur 10 de large. Les cannelures orientées longitudinalement permettent une résistance plus grande du tablier que si elles sont orientées transversalement.

Ces contenus de connaissances à propos de la structure et des propriétés du carton (résistance), mais aussi les conditions et processus de sa fabrication ainsi que ses utilisations en séance 2, s'inscrivent dans les prescriptions de l'ASTEP qui, dans la charte, précise que les élèves abordent de nouvelles connaissances. Ces contenus émergent du dispositif et sont induits par le projet de construction du pont.

4.2.1.2 Des contenus transmis induits par la fonction réflexive de l'enseignant

L'extrait présenté dans le paragraphe 2-2-2 porte sur le problème de l'assemblage du tablier et des piliers à l'aide d'attaches parisiennes (figure 109). La médiation réflexive de l'enseignant met les élèves devant la nécessité de résoudre seuls le problème posé. Les élèves placés en posture d'élèves-chercheurs produisent des performances didactiques originales et inventent une nouvelle manière d'utiliser l'attache parisienne. L'attache est utilisée comme un clou qui perce transversalement le tablier et les piliers dans leur épaisseur (figure 130). Trois attaches parisiennes sont utilisées pour assembler un pilier (Figure 130). C'est par conséquent la médiation à fonction réflexive qui permet l'émergence d'une performance didactique technique nouvelle exprimant un contenu original : assembler des pièces de carton en utilisant l'attache parisienne comme un clou.



Figure 130. Contenu émergent de la médiation réflexive de l'enseignant (Assembler en utilisant une attache parisienne comme un clou)

4.2.2 Des contenus induits par les accompagnateurs

4.2.2.1 Des contenus induits par le statut construit des experts

Au cours de la séance 1, les élèves sont invités à réaliser entièrement un projet de pont en carton imposé par l'enseignant. En début de séance le projet de pont est présenté comme un défi à réussir avec un certain nombre de contraintes :

GER : « très important également l'objectif sera rempli quand, le défi sera réussi quand à la fois vous aurez bien respecté les mesures, (*GER* montre le dessin au tableau du pont), d'accord, et puis également, il y a une contrainte, ici (*GER* dessine et montre) au milieu du pont, vous devrez, on devra pouvoir poser un dictionnaire sans évidemment que le pont ne s'effondre. » Le registre employé en début de séance appartient au monde de l'enseignant avec un objectif, un défi et des contraintes. En revanche au cours du bilan, en fin de séance, l'enseignant change de registre et utilise le vocabulaire du monde de l'ingénieur. En effet, l'enseignant confronte les caractéristiques du pont présenté par chaque groupe et à ce qu'il nomme alors le « cahier des charges » :

GER: « Très bien votre pont est stable c'est bien les garçons. Est ce que ça fait bien une trentaine de centimètre [*GER* mesure], ça fait, ils ont fait un peu plus. On va pas se fâcher pour ça , ça reste bien. Est ce que là ? [*GER* vérifie la hauteur], ils ont respecté le cahier des charges [montre le croquis du tableau] ».

Nous interprétons ce changement de registre comme un changement de référence induit par le dispositif ASTEP dont l'accompagnement est réalisé par des élèves ingénieurs. Seul en classe l'enseignant, définit des objectifs et propose des défis à ses élèves en employant un registre pédagogique. En présence des accompagnateurs l'enseignant définit un cahier des charges comme le ferait un ingénieur. L'intégration de la culture des élèves ingénieurs a pour effet l'émergence de contenus inscrits dans la culture des ingénieurs telle que, par exemple, la démarche de réalisation. Au cours des interventions l'enseignant structure ses interventions selon une démarche de réalisation qui comporte 5 étapes (Figure 131).

Plan du pont

(Croquis réalisé au tableau au cours des consignes)

Dimensionnement des pièces à découper

Traçage des pièces de carton

Découpe des pièces de carton

Assemblage des pièces de carton

Figure 131. Démarche de réalisation effective

Cette démarche de réalisation, qui n'est pas explicitement exprimée par l'enseignant au cours de la séance, émerge par conséquent au sein du dispositif d'accompagnement par des élèves ingénieurs.

4.2.2.2 Des contenus transmis induits par la médiation explicative des experts

Les accompagnateurs introduisent de nouveaux contenus par une médiation explicative. Dans le paragraphe 2.2.1 nous montrons que les accompagnateurs utilisent des outils d'expert exprimant des contenus originaux. Par exemple, JAEl décrit une démarche technique de traçage pour aligner deux points à assembler (figure 107). Il s'agit de superposer les deux pièces, percer la pièce supérieure, pointer au travers de la pièce supérieure, tracer une marque sur la pièce inférieure et la percer. Ce contenu « démarche de traçage » émerge de la médiation de l'accompagnateur à fonction explicative. Suite à cette explication, les élèves utilisent cette technique pour assembler toutes les pièces superposées.

4.2.3 Des contenus induits par les élèves

4.2.3.1 Par leur action sur la médiation de l'enseignant

L'action des élèves sur la médiation de l'enseignant est illustrée dans l'extrait suivant. Lors de la discussion à propos des propriétés physiques du pont, un contenu non attendu par l'enseignant est introduit par un élève :

GER: « *très important également l'objectif sera rempli quand, le défi sera réussi quand à la fois vous aurez bien respecté les mesures, d'accord, et puis également, il y a une contrainte, ici au milieu du pont, vous devrez, on devra pouvoir poser un dictionnaire sans évidemment que le pont ne s'effondre.* »

E1: « *bin monsieur le carton ça va se plier.* »

GER: « *Comment tu dis ?* »

E1: « *le carton ça va se plier en deux.* »

GER: « *c'est pour ça que c'est un défi.* »

E2: « *c'est pour vérifier.)*

GER: « *pour vérifier que le pont est bien solide. d'accord ?* »

E3: « *et stable.* »

GER: *« et stable, très bien E3. C'est dommage que tous le monde n'ai pas écouté E3, elle a parlé de pont solide et stable, tu as raison. »*

La « solidité », présentée comme une condition pour que le défi soit relevé, constitue un contenu attendu par l'enseignant. En réaction à la médiation à fonction explicative de l'enseignant, une nouvelle notion est introduite par l'élève. En effet, l'élève ajoute la nécessité de « stabilité » du pont. Ce constat ne préjuge pas de ce que l'élève met derrière la notion de stabilité mais, il s'agit bien d'un contenu qui émerge à l'initiative de l'élève. L'enseignant se l'approprie au même titre que celui qu'il attendait. De solide, le pont doit être solide et stable. En comparant les conditions de réussite de la réalisation du pont, annoncés au moment des consignes, avec celles évoquées dans le bilan de fin de séance, force est de constater que la solidité n'est plus évoquée par l'enseignant, seuls deux élèves y reviennent. La « stabilité » devient un contenu central si l'on reprend les propos de l'enseignant. En plus d'émerger dans l'interaction le contenu « stabilité » s'impose à l'enseignant. L'enseignant valorise explicitement ce contenu qui devient la contrainte essentielle au respect du cahier des charges et à la réussite du pont. Cette interprétation prend en compte le point de vue de l'enseignant pendant l'entretien d'auto-confrontation :

C [Chercheur] : *« pourquoi tu as repris ce propos de E3 ?*

GER : *« c'est le parfait complément de solide, il doit être solide, il doit, elle complète, ce que je disais était incomplet... 'Fin elle dans sa tête elle a déjà pris en compte la dimension, la donnée, la dimension de la stabilité du pont, qu'il doit pas tomber. »*

C : *« donc ce terme de stabilité c'est quelque chose que tu découvres à ce moment là ? »*

GER : *« bin en l'occurrence je n'ai pas pensé à le dire, peut être parce que pour moi c'est la solidité qui primait [...], c'est un apport important la stabilité, je trouvais ça important. »*

L'enseignant fait bien la différence entre solidité et stabilité et reprend cette dernière à son compte et la considère comme une notion importante.

4.2.3.2 Par la construction des contenus par les élèves.

En fin de projet, en séance 6, un temps d'échange, entre les élèves et les accompagnateurs, est organisé par l'enseignant pour permettre aux élèves de mieux connaître le métier d'ingénieur. Parmi les interventions d'élèves qui portent spécifiquement sur le métier d'ingénieur, une remarque d'élève montre que les contenus construits par les élèves ne correspondent pas entièrement à ceux envisagés par l'enseignant et les accompagnateurs.

E: « ouais je veux dire que j'ai bien aimé [...] parce que vous nous apprenez des choses que on a pas appris [...] et que moi je connaissais pas ça avant et que, comment placer pour que ça tienne j'arrivais pas à faire ça. Et puis ça nous aide à, bin heu, dans les mathématiques. Voilà. »

A coté des apports des accompagnateurs en terme de contenus technologiques en relation avec le projet, tels que l'agencement des pièces de carton pour obtenir un pont stable (E : « comment placer pour que ça tienne »), l'élève évoque des apprentissages en mathématiques (E : « ça nous aide à, bin heu, dans les mathématiques. »). Ces contenus mathématiques construits par l'élève émergent du dispositif.

5 Synthèse

Le dispositif ASTEP constitue un ensemble, dont le but est l'enseignement et l'apprentissage de contenus scientifiques et technologiques, hétérogène à différents niveaux : une hétérogénéité des acteurs, enseignant et accompagnateurs, à culture différente, mais aussi élèves, qui construisent les contenus et leur enseignement de manière différente ; une hétérogénéité de transmission des contenus construits en situation de manière personnelle au travers des médiations à fonctions différentes impliquant des modes d'engagement des élèves dans l'activité différents, d'outils de médiation différents, de modalités de langages différentes ; une hétérogénéité d'action, enseignant seul ou en présence des accompagnateurs, qui influence la transmission des contenus ; une hétérogénéité de construction du statut des acteurs qui implique des formes d'accompagnement différentes. La construction et la transmission des contenus impliqués dans le dispositif ASTEP, soumis à de multiples influences, impliquent des pratiques d'enseignement diverses s'opposant à la tendance à l'uniformisation de l'enseignement par investigation.

Chapitre 7. Discussion et conclusion

Discussion

La discussion est organisée selon différents axes. Pour chaque paragraphe, les principaux résultats de l'étude sont rappelés puis soumis à la discussion. Les résultats sont ensuite confrontés à ceux issus de différentes recherches antérieures et les choix méthodologiques et conceptuels sont discutés afin de montrer la variabilité des pratiques en éducation scientifique et technologique qui s'oppose à une tendance d'uniformisation dans la prescription.

5.1 Une variabilité des modes de construction des contenus

5.1.1 Des contenus de connaissances et des contenus de pratique scientifique

L'éducation scientifique et technologique en tant que pratique culturelle, comme nous le concevons dans ce travail de thèse, nous conduit à identifier deux types de contenus : les contenus de connaissances sur le monde (concepts et notions) et les contenus de pratique scientifique permettant d'agir sur le monde en vue de découvrir des connaissances.

Ce que nous désignons par contenus de pratique scientifique (cf chapitre 3, sous-section 7.2), sont des contenus référés à des compétences scientifiques, déjà relevés par Katz (1974), Schauble (2003), Lemke (1998), Kirch (2007) et Etkina et al. (2010). Les compétences scientifiques identifiées par Etkina et al. (2010) ont été reprises et combinées avec les tâches épistémiques (Ohlsson, 1996 ; Malkoun, 2007) par Tiberghien (2011). Nous considérons les tâches épistémiques (Tiberghien, 2011) en ce qu'elles permettent l'enseignement des contenus de pratique scientifique et de connaissances et en ce qu'elles peuvent « *susciter un apprentissage par les apprenants du fait d'un enseignement* » (Daunay, 2014). Nous considérons, par exemple, que la tâche « mesurer » permet l'apprentissage d'un contenu technique, les tâches « interpréter, décrire, comparer » permettent l'apprentissage de contenus techno-conceptuels, les tâches « critiquer / évaluer » permettent l'apprentissage de contenus d'un éthos scientifique (Kirch, 2007a, 2007b).

Concernant les contenus de connaissances, en suivant Astolfi (1997), nous distinguons concept et notion. Cette distinction nous permet d'appréhender les contenus de connaissances selon deux orientations : selon que les connaissances soient visées par l'enseignant lors de la séance et constituent ses attendus (les notions) ou selon qu'elles soient mobilisées pour faire

face à un problème en tant qu'outils cognitifs au sein d'une pratique scientifique scolaire (les concepts). Sur ce point, nous nous écartons de Lemeignan et Weil-Barais (1993) qui considèrent deux types de concepts (catégoriels et formels). Les concepts *catégoriels* correspondent à des catégories d'objets dont on peut fournir des exemples à partir d'une expérience personnelle tels qu'une pile, une ampoule, un estomac ou un suc digestif. Il nous semble que les connaissances « pile » et « ampoule » peuvent être envisagés comme concepts catégoriels à l'école dans la mesure où ils peuvent faire l'objet d'une rencontre réelle de l'élève avec ces objets. Les concepts *formels* font référence à des contenus théoriques « *qui de ce fait ne peuvent pas être perçues* » (Jimenez-Valladares, Perales-Palacios, 2002) (tels que la force, le travail, la chaleur, la température, l'énergie, les atomes et les molécules ou les théories scientifiques). Nous considérons que cette distinction semble difficile à identifier à l'école par le fait, comme l'avancent Jimenez-Valladares, et Perales-Palacios, (2002), que les « *concepts peuvent être représentés graphiquement par des symboles, des diagrammes ou des illustrations. Ces représentations, ainsi que le contexte où les concepts sont introduits ou le langage utilisé pour les décrire, peuvent leur octroyer un caractère catégoriel qu'ils ne possèdent pas* ». Nous considérons que les interventions de l'enseignant, qui mobilisent divers langages scientifiques, visuels (dessin, croquis, schémas, etc.) ou procéduraux, donnent aux concepts formels des propriétés catégorielles. Par exemple, le concept *formel* de « stabilité » mobilisé par les élèves dans le cadre de l'ASTEP prend un caractère *catégoriel* au travers des gestes que l'enseignant fait pour signifier aux élèves que le pont est stable et au travers des activités que vivent les élèves lors de la construction du pont. La frontière entre concept *catégoriel* et concept *formel* nous semble floue à l'école. Par conséquent notre position rejoint celle d'Orange qui envisage les « savoirs opérants » en ce qu'ils « *permettent la maîtrise de véritables problèmes scientifiques* » (Orange, 1997). Néanmoins, nos résultats montrent que peu de contenus de connaissances peuvent être envisagés comme des concepts tel que nous les définissons, en tant que savoirs opérants, c'est-à-dire tels des connaissances mobilisées par les élèves pour résoudre des problèmes. C'est dans le contexte de l'ASTEP que quelques concepts sont mobilisés par les élèves pour résoudre le problème de la construction d'un pont en carton posé par l'enseignant sous forme de défi. Ces concepts (stabilité, résistance) ne sont ni explicités ni justifiés lorsqu'ils sont mobilisés par les élèves. Tout se passe comme si ces concepts étaient naturellement maîtrisés par les élèves afin de résoudre le problème posé. Dans tous les autres cas, les contenus de connaissances sont de nature notionnelle, c'est-à-dire sont des connaissances attendues de l'enseignant telles que les notions d'espèce, d'attribut, d'actions digestives chimiques, de volume d'air expiré, etc.

La diversité des contenus à enseigner se retrouve également dans les interrogations qui ont structuré les réformes de l'enseignement des sciences aux États-Unis (American Association for the Advancement of Science, 1993) : quand et qu'est ce qu'on enseigne en sciences ? (Pélissier et Venturini, 2016). Pélissier et Venturini (2016) reprennent Bell (2009) et Hodson (2014), qui évoquent un ensemble de quatre domaines interdépendants pouvant faire l'objet d'une éducation scientifique : « *un corps des connaissances scientifiques [...], des méthodes et processus que les scientifiques utilisent pour élaborer les connaissances scientifiques [...], la nature de la science (NOS) [...], les questions socio-scientifiques : la confrontation des aspects personnels, sociaux, économiques, environnementaux, moraux et éthiques que le traitement de ces questions exige* » (Pélissier, Venturini, 2016). Ces domaines peuvent être rapprochés de ce que nous appelons, d'une part, les contenus de connaissances (le premier domaine) et, d'autre part, les contenus de pratique scientifique (les trois autres domaines). Ces contenus se combinent au sein de moments scolaires à visée scientifique, moments entendus dans le sens de Bisault (2010).

5.1.2 Des contenus différenciés dans le discours et en situation

L'analyse de la construction des contenus par les enseignants en éducation scientifique et technologique met en évidence une constante : que ce soit au niveau du discours lors des entretiens, sur leurs fiches de préparation ou en situation, les enseignants distinguent deux types de contenus, à savoir, les contenus de connaissances et les contenus de pratique scientifique. Les contenus en éducation scientifique et technologique sont reconstruits à partir des discours des enseignants, en amont de la situation et en situation, et plus particulièrement, à partir des énoncés explicités mais aussi au travers des activités envisagées et réalisées. Ce choix rejoint celui d'Orange qui envisage les savoirs, qu'il nomme « savoirs opérants », en tant que connaissances qui vivent en classe parce qu'elles peuvent être « *explicitées et justifiées par l'élève* » (Orange, 1997, p.4). Nous considérons les contenus en tant qu'ils sont exprimés et mis en œuvre par les enseignants, c'est-à-dire en ce qu'ils sont construits à la fois par les acteurs et en situation. Sans vouloir catégoriser, dans la mesure où notre étude n'est basée que sur quelques cas, nous montrons que, d'une part, les enseignants étudiés accordent une grande importance aux connaissances scientifiques construites par leurs élèves dans les domaines des sciences physiques, biologiques, etc. et de la technologie et, d'autre part, qu'ils envisagent les apprentissages au travers d'une pratique nécessitant de tester ses idées et de les discuter. Nous relevons ici une distinction nette entre deux types de contenus à enseigner

correspondant aux prescriptions (MEN, 2008, MEN 2012) comme nous les avons présentés dans notre introduction. Néanmoins, nous interprétons le fait qu'ils apparaissent dans deux modalités de discours différenciées comme la marque d'une difficulté de positionnement entre enseigner des connaissances scientifiques et/ou enseigner des pratiques scientifiques.

Lors des entretiens, dans une modalité du discours décontextualisée, c'est-à-dire une modalité exprimée de manière générale indépendante des situations vécues, ce sont les contenus de pratique scientifique avec l'expérience (c'est le cas des enseignants interrogés : PE2S, PE4S, PE5H, PE6H) et la posture critique, (« à remettre tout en question » PE1S, « j'ai tout versé d'un coup, ça va pas » PE4S), qui sont exprimés le plus souvent. Cette modalité traduit une vision empiriste de l'éducation scientifique, telle une matière où les contenus de connaissances ne sont pas tenus pour vrais mais soumis au test et discutés. Parmi les contenus de pratique scientifique, la démarche d'investigation est identifiée de manière plus précise par les enseignants de notre étude ayant une culture universitaire scientifique. En effet, la démarche scientifique évoquée se présente comme une succession d'étapes proches de la méthode OHERIC (« on apprend à observer, à émettre des hypothèses, à imaginer, à tester, à confronter, à remettre tout en question. », PE1S). Chez les enseignants à culture universitaire en sciences humaines, la démarche d'investigation, est évoquée de manière plus générale (« une méthodologie », « c'est chercher », PE3H, « une démarche scientifique », « la démarche scientifique pure » PE6H). Nous interprétons cela comme une difficulté à opérationnaliser cette démarche en situation et considérons qu'une difficulté de l'enseignement et de l'apprentissage des démarches en sciences réside dans « la nécessité d'explicitier et mettre en discours des processus et procédures qui sont internalisées pour le scientifique et que l'enseignant n'a pas ou peu eu l'occasion d'explicitier pendant sa propre formation. » comme le note Tiberghien (2011).

Dans une modalité du discours contextualisée, c'est-à-dire liée à la présentation de situations vécues par les enseignants et traduisant leur expérience, ce sont les contenus de connaissances qui sont mis en avant. L'importance de ces contenus apparaît dans les bilans et les synthèses exprimés de diverses manières (« la synthèse », PE1S ; « la leçon », PE4S ; « la partie théorique », PE4S ; « le résumé », PE5H ; « la conclusion collective », PE7H ; « l'écrit avec les mots qui doivent apparaître », PE3H ; « la trace collective », PE2S).

La distinction que nous faisons, à propos des contenus énoncés dans le discours selon deux modalités, rejoint celle de Tiberghien et al, (2007), à propos de l'analyse des « savoirs » en

jeu en classe de physique au secondaire. Les auteurs considèrent le « savoir » comme un ensemble de contenus, de savoir-faire et de compétences, etc. et interrogent la manière dont « *le savoir est construit dans la classe* » (Tiberghien et al., 2007). Pour Tiberghien et al.(ibid.), un contenu est identifié par une étiquette énoncée en classe (tel que l'étiquette digestion (HER) ou volume expiratoire (DES)) et par sa signification. En suivant Bange (1992), Tiberghien et al. distinguent la signification conventionnelle dont la référence est extérieure à la situation de classe et la signification en situation construite par un acteur. Un contenu est par conséquent, comme nous l'envisageons également, construit hors de la classe et en situation. La modalité du discours décontextualisé exprime des contenus extérieurs à la situation de classe et la modalité de discours contextualisé exprime les contenus d'une situation de classe vécue par l'acteur. La signification des contenus est différente d'une modalité de discours à l'autre. Les contenus de pratique scientifique sont exprimés dans un sens conventionnel et les contenus de connaissances sont construits en référence à une situation de classe.

Ces résultats sont étayés par notre analyse des situations de classe où il apparaît que les contenus de connaissances sont valorisés par les enseignants. La pratique de l'éducation scientifique passe principalement par l'acquisition de connaissances, explicitement énoncées au cours des séances, et au travers d'activités de manipulation sur le monde. Les contenus liés à la pratique scientifique, en situation, n'apparaissent que de manière indirecte comme objet d'apprentissage. C'est ce que nous montrons, par exemple, chez l'enseignant MOR pour qui la démarche est une démarche pédagogique, dans une logique d'activité, que nous modélisons ainsi : rappel / règle à respecter / application de la règle au travers d'activités / bilan orienté vers un attendu / structuration de connaissances induites. La démarche d'investigation telle qu'elle est prescrite n'est pas mise en œuvre mais la séquence s'inscrit dans les prescriptions en ce qui concerne les contenus de connaissances. De même, notre analyse du moment du questionnement montre comment l'enseignant HER fait face à la double contrainte des prescriptions qui demandent que les élèves construisent leur raisonnement au travers d'une démarche d'investigation et qu'ils abordent divers connaissances au sujet de la digestion. La contradiction, révélée à partir des discours sur la pratique, se retrouvent en situation. HER répond à cette contrainte en construisant en situation le moment du questionnement de deux manières. Il lance un débat qui amène à un premier questionnement puis il l'ajuste en posant lui même les questions manquantes et en sélectionnant des questions parmi celles que les élèves se posent individuellement. De la même façon, la notion d'absorption intestinale est

traitée à deux moments dans la séquence. D'une part, par une investigation réalisée par les élèves en séance 2 et d'autre part, en séance 3, par une lecture documentaire aboutissant à une explication modélisante sur le mode transmissif (bilan S3). Il apparaît que le registre empirique, du ressort des élèves, n'est pas mis en relation avec le registre des modèles, du ressort de l'enseignant. En effet, à aucun moment l'enseignant n'aborde la notion d'absorption lors de ses actions de médiation pendant le travail en l'atelier et au cours de la mise en commun (séance 2). De même il ne fait pas référence aux investigations réalisées par les élèves lors de ses explications en séance 3. Là encore, la tension que nous révélons précédemment apparaît en situation. La notion d'*absorption* ne peut se construire pleinement qu'au travers d'une référence documentaire faisant autorité et non par la seule expérience vécue par les élèves *proprio motu*. Les deux types de contenus ne sont pas associés.

D'autres recherches ont mobilisé des distinctions des contenus en éducation scientifique et technologique proche de la distinction entre contenu de connaissance et contenu de pratique. Ainsi, Bisault distingue « *les sciences pensées à partir de leurs savoirs et les sciences pensées à partir de leurs pratiques* » (Bisault, 2010). Il envisage les connaissances scientifiques en tant que « *construction théorique produite "par" les sciences* » et les contenus tels que l'hypothèse, la preuve empirique, la mesure et la démarche scientifique, que nous nommons contenus de pratique scientifique, en tant que « *construction théorique produite "sur" les sciences* » (Bisault, 2010, p. 68). De même Goffard et Dumas-Carré (1998), dans une étude des transactions en cours de physique dans une classe du secondaire, dévoilent une tension entre l'objectif des élèves qui est de construire des contenus de connaissances sous la forme de réponses définitives au problème posé et l'objectif de l'enseignant qui est de construire contenu de pratique scientifique « *en engageant les élèves dans une réflexion métacognitive à propos de la résolution de problème* » (Goffard, Dumas-Carré, 1998, p. 174). Nos résultats différents dans la mesure où l'objectif de construction de contenus de connaissances est bien marqué à la fois dans le discours des enseignants interrogés et dans les pratiques observées. Seuls quelques moments chez les enseignants DES, HER et GER marquent la volonté de construire des contenus de pratique scientifique. Pour sa part, Ledrapier (2010) décrit la diversité des contenus en jeu en éducation scientifique, cette fois en maternelle, selon trois logiques. Une logique « *scientifique* » scindée en une logique centrée sur la démarche scientifique qui se traduit par des pratiques de résolution de problèmes et une logique centrée sur « *les connaissances scientifiques à acquérir et leur justesse* » (Ledrapier, 2010, p. 96). Une troisième logique est centrée sur les acquisitions langagières, sur « *l'usage de mots justes* » (Ledrapier, *ibid*). Certains moments des séances analysées (séances en électricité de

BOI en CE1/CE2 et de BED en CM2) ont porté sur l'acquisition langagière, mais sans que celle-ci ne constitue une logique centrale comme le décrit Ledrapier. En effet au cours des séances menées par BOI et BED, il est question de maîtriser et de mobiliser le vocabulaire scientifique spécifique pour décrire les circuits électriques étudiés. Ledrapier (ibid.) décrit également une tension entre les déclarations sur la pratique dominée par la démarche d'investigation et la pratique effective observée dominée par l'acquisition de connaissances. Cette tension est mise en évidence ici pour les enseignants des classes de l'école élémentaire à la fois dans le discours et dans la pratique.

5.1.3 Une construction de la démarche d'investigation variable

Notre étude montre que la pratique d'enseignement en éducation scientifique au travers de la DI est diverse et ce quel que soit le grain d'analyse. En effet, à partir de l'analyse des fiches de préparations, deux logiques différentes sont mises en évidence dans la construction du déroulé de la démarche ou de certaines étapes de cette démarche, l'une très guidée voire imposée par l'enseignant, la logique cumulative, l'autre, la logique de cheminement, laisse plus de place aux élèves. La logique de cheminement (PE1S, PE2S), marquée par l'irrégularité des profils qui ne suivent pas l'ordre des étapes la démarche prescrite, traduit la volonté de l'enseignant de laisser les élèves suivre, en partie, leur logique de construction des contenus. La construction des contenus, selon une logique cumulative, peut être centrée sur la construction des connaissances pour l'élève selon un ordre préétabli par l'enseignant (PE6H, PE7H), centrée sur les connaissances pour l'enseignant (PE4S) où articulée autour d'une série d'activités (PE5H).

Nos résultats obtenus par l'analyse de la DI en situation confirme et complète celle faite à partir des fiches de préparation. En situation, nous retrouvons deux cas de logique cumulative de la DI : une logique cumulative centrée sur la construction des connaissances pour l'élève et sur le questionnement ; une logique cumulative d'activités articulée autour d'une série d'activités. Les résultats concernant l'enseignant MOR, qui structure ses séances par des séries d'activités imposées puis corrigées, sont en accord avec ce que montrent Furtak, E. M. et Alonzo, A. C. (2010) à propos d'un enseignement scolaire des principes de flottabilité des objets. Ces auteurs notent que les enseignants « *are prioritizing activity over understanding, trying to get students involved in doing and liking science almost to the exclusion of more cognitive or content-related goals* ». En revanche, notre étude met en évidence, également, une logique cumulative centrée sur la construction des connaissances pour l'élève dans le cas

des enseignants BOI, BED, DES et HER et une logique de cheminement lors de certains moments pour les enseignants DES et GER. Par exemple pour DES, dans la première partie de la séance, l'expérimentation est envisagée comme une pratique personnelle de l'élève qui propose ses propres idées, son propre dispositif expérimental, son propre cheminement. Chez GER, dans le cadre de l'ASTEP, nos résultats mettent en évidence que la DI, lors de la première séance, est construite sur le modèle de l'enquête guidée, avec un défi à relever, qui correspond davantage à une logique de cheminement laissant les élèves construire leur pont selon leur choix.

Nous retrouvons en partie les logiques que nous décrivons dans les travaux de Ledrapier (2009) et Bisault, Boyer, Degret et Leprapier (2009). Ces auteurs questionnent, chez les enseignants de l'école maternelle, l'adéquation de la fiche de préparation avec la pratique effective lors de « *moments scolaires à visée scientifique* » (Bisault, 2012). Les auteurs dégagent trois logiques qui structurent les écrits : une logique d'activités centrée sur l'acquisition de savoir-faire scientifiques par les élèves, une logique de savoirs centrée sur l'acquisition de contenus de connaissances par les élèves et une logique de démarche centrée sur la démarche d'investigation. Les deux logiques que nous décrivons (logique cumulative et logique de cheminement) semblent proche de la logique de démarche de Ledrapier (2009) (Tableau 7-1). Il apparaît, à l'école élémentaire, que cette logique centrée sur la démarche soit également construite par les enseignants de l'école élémentaire et de différentes manières. Ces logiques font également écho aux travaux de Watters, Brownlee et Lupton (2011) qui étudient les conceptions de professeurs d'école élémentaire à propos de leur pratique d'enseignement par l'investigation. Cette étude a été réalisée auprès de 20 professeurs d'école élémentaire au travers d'entretiens. Les résultats ont montré trois conceptions de l'enseignement par investigation. La conception « *Expérience-centered* » où les professeurs proposent des expériences sensorielles intéressantes aux élèves et la conception « *Problèm-centered* » où les professeurs confrontent les élèves à des problèmes scientifiques. Ces deux conceptions semblent proches de la logique cumulative que nous décrivons dans la mesure où l'enseignant propose soit une succession d'investigations pour construire un savoir, soit des problèmes aux élèves qu'ils doivent résoudre, pour conduire son enseignement. Enfin, la conception « *Question-centered* » où les professeurs aident les élèves à poser et à répondre à leurs propres questions est proche de la logique de cheminement que nous décrivons dans la mesure où les élèves semblent plus impliqués (Tableau 50).

Ledrapier (2009)	les logiques de notre étude	Watters, Brownlee et Lupton (2011)
Logique de démarche	Logique de cheminement (PE1S, PE2S, DES, HER, GER)	Conception « <i>Question-centered</i> »
	Logique cumulative (PE6H, PE7H, BOI, BED)	Conception « <i>Expérience-centered</i> » Conception « <i>Problèm-centered</i> »
Logique d'activités	Logique cumulative d'activité (PE5H, MOR)	
Logique de savoirs		

Tableau 50. Comparaison des logiques de construction de la DI

La logique cumulative, où l'enseignant guide pas à pas les élèves que nous décrivons, est également proche de la modélisation par succession de tâches de Boilevin et Morge (2007). Ces auteurs, au travers d'une étude de diverses situations en sciences physiques dans le secondaire, décrivent une grande diversité de séquences d'enseignement : « *séquence de type PACS (Prévision Argumentation Confrontation Synthèse), situation problématique ouverte, situation adidactique, situation-problème, activité de modélisation* » (Boilevin, Morge, 2007) qui diffèrent par la nature et l'ordre des tâches proposées aux élèves mais présentent une structure commune que les auteurs nomment structure par « *enchaînement de tâches* » dont ils proposent une modélisation en 7 étapes (notées de A à G) dans laquelle, pour chaque tâche, la place de l'enseignant est omniprésente. Il définit le but de la tâche (A), il définit avec les élèves la successions des tâches pour atteindre le but (B), il présente chaque tâche (C), Il contrôle la validité des productions des élèves en cours (D) puis publiquement avec les élèves (F), il institutionnalise et synthétise les connaissances (G). La place réduite des élèves, consiste à élaborer et justifier une production en relation avec la tâche décrite par l'enseignant.

Notre étude montre que la démarche d'investigation est le plus souvent envisagée, par les enseignants que nous étudions, comme une manière d'atteindre des contenus visés. Sans que nous ayons fait notre étude dans la perspective qui considère le caractère mixte de la DI (démarche pédagogique déclinée en sciences vs démarche scientifique déclinée à l'école) relevé par Bisault (2010), dans la plupart des cas, nous observons que la DI est vue comme une démarche pédagogique permettant l'apprentissage de contenus de connaissances. La DI est plus rarement envisagée comme un contenu explicitement enseigné. Seuls quelques « moments », pour reprendre Bisault, ou quelques propos d'enseignants, laissent à penser que la DI est considérée comme un contenu à enseigner et par conséquent comme une démarche scientifique déclinée à l'école. C'est le cas en particulier dans le cadre de l'ASTEP où l'enseignant à plusieurs reprises en présence des accompagnateurs précise ce qu'est faire des

sciences et ce que sont les caractéristiques, selon lui, de la démarche scientifique. Malgré le fait que les situations proposées s'inscrivent dans le découpage temporel des moments de la démarche prescrite (GER, DES) ou en présentent simplement quelques moments (BOI et BED), les intentions des enseignants sont principalement orientées vers la construction de notions ou les contenus de communication comme c'est le cas chez BOI et BED. Les contenus de pratique scientifique sont envisagés comme moyens pour construire ces contenus particuliers. Nos résultats viennent par conséquent en complément de ceux de Bisault qui montrent que « *la réalisation matérielle, au-delà les résultats empiriques eux-mêmes, ne sont qu'un moyen dans une démarche de preuve* » (Bisault, 2010, p. 67). Nous sommes également en accord avec les conclusions de Bisault (2010) pour considérer que la pratique d'enseignement en sciences est déterminée par de multiples influences et est soumise à de multiples « ajustements » et « bricolages » de la part des enseignants.

Concernant l'authenticité des situations étudiées, nous montrons également une grande variabilité que ce soit en termes de critères d'authenticité (Cariou, 2010) que de mode expérimental (Coquidé, 2003). Coquidé (2003) distingue trois modes didactiques de l'expérimental. Le mode de familiarisation pratique (*expérimentation ou expérience-action*) envisage la pratique de l'expérimental comme une exploration empirique avec mise en œuvre de techniques, l'emploi d'instruments et développement du questionnement. Il s'agit pour l'élève d'entrer dans la pratique scientifique par des essais afin de « *constituer un référent empirique* » (Coquidé, 2003, p. 15). Il s'agit selon ce mode de construire des contenus techniques et des contenus procéduraux tel que le questionnement. Le mode d'investigation empirique (*expérimentation ou expérience-objet*) consiste pour l'élève en une initiation à la pratique de la démarche d'investigation au travers de mini projets que l'élève mène en tout ou partie. L'élève doit mettre en œuvre une « *réelle démarche d'investigation* », s'accompagnant de la « *conception et la réalisation de protocoles* » et l'engagement dans des moments de communication et de discussion des résultats obtenus. Par conséquent l'accent est principalement porté sur la maîtrise de contenus que nous nommons méthodologiques, procéduraux et de communication. Le but principal de ce mode didactique est la construction de contenus de pratique scientifique. Enfin le mode d'élaboration théorique (*expérience-validation ou expérience outil*) qui consiste à la fois en la construction de concepts théoriques et leurs domaines de validité. Il s'agit dans ce mode de construire des contenus de connaissances et des contenus éthiques dans la mesure où les « *constructions théoriques doivent être explorées pour en éprouver leur pertinence* » (Coquidé, 2010). Même si Coquidé

envisage une répartition curriculaire des trois modes didactiques de l'expérimental, réservant le mode de familiarisation pratique au primaire et le mode d'élaboration théorique au secondaire, l'auteur considère que « *c'est la façon de raisonner l'articulation de ces trois modes didactiques à chaque niveau scolaire qui [...] définit une formation scientifique authentique* » (Coquidé, 2010, p15). Ces trois modes, que nous appliquons à la démarche d'investigation, cohabitent à l'école et au sein d'une même situation. En effet, les situations que nous étudions ne peuvent être caractérisées que par un seul mode didactique de l'expérimental. Par exemple, certaines situations que nous étudions sont typiques du mode de familiarisation pratique et ont pour but la construction de contenus autres que les seuls contenus techniques. C'est le cas de BOI et BED qui proposent des situations variées, sous forme de montages électriques afin d'aborder les modes de représentations visuelles du circuit électrique, soit l'apprentissage d'un contenu de communication (croquis, schéma). En d'autres termes, ce mode de familiarisation pratique est mis en œuvre comme moyen de construire les concepts de schéma et de croquis et par conséquent peut être également envisagé comme mode d'élaboration théorique si l'on considère ces contenus comme des concepts que les élèves remobiliseront dans d'autres situations. Dans le cas de HER, la démarche d'investigation est mise en œuvre comme un mode d'élaboration-théorique où les investigations sont mises en œuvre dans le but de construire des contenus de connaissances de nature notionnelles à propos de la digestion. En revanche dans le cadre de l'ASTEP, pour GER et lors de la séance 1, la démarche de réalisation constitue un objectif d'apprentissage et les contenus notionnels sont secondaires. Le mode didactique correspondant ici davantage à l'expérience-objet, ou mode d'investigation empirique, pour lequel les contenus de pratique scientifique constituent des objets d'apprentissage que l'enseignant explicite lors de la synthèse.

Nos résultats confirment ceux des recherches évoquées en mettant en évidence la grande diversité de construction, qu'elle soit pré-active ou interactive de la démarche d'investigation, que ce soit dans le secondaire pour Boilevin et Morge (2007), Coquidé (2003, 2010) ou à l'école maternelle pour Ledrapière (2009) et Bisault et al. (2009, 2010).

5.1.4 Une construction influencée par les prescriptions

Si les prescriptions influencent la mise en œuvre de la démarche d'investigation par l'enseignant, cette influence est elle aussi diverse. En effet, l'intervention enseignante est précisée de manière explicite dans le document de cadrage de la démarche d'investigation

(MEN, 2001). Ces interventions, d'ordre pédagogique et didactique sont prescrites en début de démarche, pour lancer les élèves sur une « bonne » piste, et en fin de démarche, pour s'assurer qu'ils atteignent les attendus des programmes. Les prescriptions font place aux élèves pour l'émission d'hypothèses, la conception et la réalisation de l'investigation. Mais la pratique d'enseignement effective peut prendre au moins deux formes. D'une part, en tant qu'action « adressée » sous contraintes (Sensevy, Mercier 2007, Pautal, Venturini, Schneeberger, 2013), la pratique d'enseignement de la démarche d'investigation semble être fortement influencée par les prescriptions (MEN, 2001). C'est ainsi que pour faire des sciences, malgré certains profils de déroulé marqués par des retours en arrière (logique de cheminement) il apparaît que les enseignants reconstruisent la DI en adoptant un plan déterminé qui va de la situation de départ jusqu'à la synthèse. La reconstruction du déroulé de la démarche par les enseignants de l'école consiste en une méthode à suivre, pas à pas, *ligne par ligne* telle qu'elle apparaît dans l'écrit de prescription. De même, HER emprunte deux investigations prescrites aux documents d'accompagnement des programmes de 2002 (Maquette du phénomène de déglutition et expérience sur le péristaltisme). D'autre part, nos résultats montrent que la construction pré-active de l'éducation scientifique et technologique amène les enseignants à se détacher des prescriptions par une construction en situation variable et personnelle. Les enseignants procèdent, par exemple, à des réarrangement de contenus qui traduisent cette distance prise avec les prescriptions. En effet, la DI peut être construite selon une logique de cheminement (DES, GER, HER), certains contenus sont empruntés à d'autres cycles et sont adaptés (BED adapte en situation des contenus du cycle 2 à ses élèves du cycle 3), certains contenus sont regroupés dans une même séquence (MOR regroupe l'adaptation des êtres vivants et la classification), ou encore certains contenus sont extrapolés (BOI extrapole la notion de volume expiratoire, non présent explicitement dans les programmes, à partir de la notion d'expiration). Il apparaît ici encore une grande diversité au niveau du rapport aux prescriptions chez les enseignants étudiés.

5.2 Une variabilité des modes de transmission des contenus

5.2.1 Des médiations différentes selon les contenus

La variabilité de la pratique d'enseignement en éducation scientifique et technologique s'exprime également par une variabilité de la médiation exercée par les enseignants. Nous montrons que la médiation varie selon les moments de la démarche d'investigation et les

contenus associés. Notre étude montre, par conséquent, que les contenus, en modelant la pratique d'enseignement, sont sources de variabilité, en opposition avec une tendance d'uniformisation de l'enseignement des contenus.

Nous montrons, en particulier, que la médiation est spécifiée par les contenus. En effet, chez les enseignants BOI et BED qui enseignent dans deux niveaux de classe différents, la médiation injonctive dominante dans les deux cas indiquent que c'est le contenu (circuit électrique) qui uniformise la médiation. Les différences de médiation que nous décrivons néanmoins, tiennent davantage au niveau de classe qu'à une différence de médiation des deux enseignants pour ce même contenu. Nous considérons, par conséquent, que la médiation ne fonctionne pas à vide mais en vue de l'apprentissage d'un contenu contrairement au modèle de médiation cognitive de Feuerstein (1990), qui comprend deux dimensions dont l'une concerne les « *principes d'intervention de la part du médiateur* » (Weil-Barais, Resta-Schweitzer, 2008) et qui envisage les activités cognitives de manière transversale et non spécifiquement à un contenu. De même, chez Bruner (1983, 1991), Les fonctions d'étayage consistent à agir de manière, entre autres, à réduire le degré de liberté de l'élève, à maintenir l'orientation vers un but attendu, à contrôler l'activité, à signaler les caractéristiques déterminantes qui amènent vers le but et à modeler pour montrer à l'élève comment réaliser la tâche, indépendamment du contenu envisagé. Nous montrons, dans certains cas, que la médiation consiste en une série d'actions qui orientent fortement l'élève mais en direction d'un attendu spécifié par un contenu. En effet, chez l'enseignant HER, la médiation didactique réflexive dans le moment de questionnement s'exerce en direction des attendus envisagés lors des séances suivantes. De même lors des moments d'investigation, de manipulation et documentaire, la médiation d'HER est injonctive en vue d'aborder les contenus de connaissances visés par l'enseignant en relation les questions posées. L'enseignant circule dans les rangs, guide, oriente, relance, précise la consigne, etc. Enfin, lors du moment du bilan, HER exerce une triple médiation, informative, réflexive et explicative, en vue de, mettre en commun, d'amener les élèves à réfléchir et d'expliquer. Ce contenu moléculaire organise un ensemble de contenus procéduraux, de communication et techno-conceptuels au service des contenus de connaissances. La médiation, au cours du moment du bilan, s'exerce pour que les élèves découvrent les contenus de connaissances visés. Chez l'enseignant DES, dans la seconde partie de la séance, la médiation à fonction injonctive a pour but d'amener tous les élèves à découvrir et à réaliser la même expérience qu'il a imposée. Ces résultats s'inscrivent dans un ensemble d'études qui considèrent l'action

de l'enseignant sur l'élève comme centrale. La notion d'étayage est ainsi envisagée, et de manière spécifique aux contenus, dans de nombreuses recherches en sciences synthétisées dans l'ouvrage dirigé par Dumas-Carré et Weil-Barais (1998). Par exemple, Janvier et Lapointe (1998) étudient l'action de tutelle du point de vue conceptuel, à partir du savoir initial des élèves, comme un guidage consistant à « *organiser, structurer ou simplifier la réalité sur laquelle l'élève agit* » et à « *confronter, ébranler, transformer* » (Janvier, Lapointe, 1998, p. 125) ses conceptions (Giordan, De Vecchi, 1987). En s'inspirant de la médiation sociale gérant les conflits conjugaux ou de voisinage, Weil-Barais et Dumas-Carré (1998) envisagent la médiation comme un système « *visant à prévenir et/ou résoudre un conflit ou une difficulté cognitive* » (Weil-Barais, Dumas-Carré, 1998) existant entre les connaissances préalables des élèves et les concepts scientifiques et qui peut « *être source d'obstacle, voire de rejet de la part des élèves* » (Weil-Barais, Resta-Schweitzer, 2008). Les auteurs proposent un modèle synthétique comprenant un modèle précurseur, pensé à partir des connaissances préalables des élèves et leur permettant d'accéder à un niveau de conceptualisation, « *ce qui revient à aménager une zone de proche développement* » (Weil-Barais, Resta-Schweitzer, *ibid*), des artefacts matériels et symboliques, des représentations sémiotiques (dessins, croquis, collages, etc.), une organisation sociale (travail individuel, en groupe ou collectif) et des interventions de tutelle sous la forme d'un ensemble de questions à poser aux élèves, construit en amont de la situation, que l'enseignant utilise pour orienter les élèves dans l'activité. Pour les auteurs, les actions de l'enseignant lors des transactions sont conçues comme des interventions de tutelle, organisées autour de questions, et font partie de la médiation.

Nous montrons, en revanche, que certaines médiations laissent une place aux élèves. C'est par exemple le cas de l'enseignant DES, dans la première partie de la séance à propos d'un contenu procédural (le contenu *expérience*), dont la médiation est à fonction informative. Les propositions d'expérience des élèves sont exposées et soumises à la critique de l'ensemble de la classe. Les contenus procéduraux sont centraux et les connaissances mineures. C'est le cas également de l'enseignant HER lors du moment de questionnement, où sa médiation réflexive traduit sa volonté de laisser les élèves initier la séquence en construisant les questions à partir des productions écrites traduisant leurs conceptions au sujet de la digestion. Les contenus associés sont de connaissances (tube digestif, absorption, digestion chimique) et procéduraux (questionnement).

Notre approche de la médiation comme action sur les performances didactiques des élèves et la performance didactique comme manifestation de l'expression du rapport qu'entretient l'élève avec un ou des contenus, c'est-à-dire comme l'expression de son engagement dans l'apprentissage du ou de ces contenus, nécessite, par conséquent, de bien distinguer la nature de l'action de l'enseignant de celle du « faire » de l'élève vu comme une performance didactique. En effet une description, une explication, etc. de l'enseignant est fondamentalement différente d'une description, d'une explication, etc. de l'élève au sein de la transaction.

Notre approche de la médiation est globale et considère toutes les actions de l'enseignant sur la médiation cognitive de l'élève. Nous considérons que toutes les actions de l'enseignant, de quelque nature qu'elles soient, sont des actions de médiation en ce qu'elles agissent sur le rapport d'objectivation entre l'élève et le contenu (Lenoir, 1997) qui se manifeste par la mobilisation des performances didactiques. Ainsi, une injonction ou une explication sont des actions au même titre qu'une question en ce qu'elles agissent sur les performances didactiques des élèves. Notre analyse se distingue des travaux de Lemke qui considère la transaction comme une triade selon un schéma « question-réponse-évaluation ». Réduire les actions aux seules questions est selon nous réduire le champ des actions possibles de l'enseignant. Envisager les actions sous la seule forme des questions, c'est envisager la transaction sous une seule dimension langagière verbale : l'enseignant pose une question à l'oral (ou à l'écrit) et l'élève formule sa réponse à l'oral (ou à l'écrit). Notre approche consiste à ne pas limiter l'intervention de l'enseignant à la seule formulation d'une question mais à l'étendre à toutes les actions possibles sur les performances didactiques des élèves, que ce soient des questions, des injonctions, des explications, des descriptions etc. en rapport avec les contenus en jeu qu'ils soient de connaissances ou de pratique scientifique. Nous considérons que les formes d'actions et de « réponses » à l'action peuvent être de nature très diverses. Par exemple, une injonction peut être vue comme une forme d'action unilatérale de l'enseignant vers l'élève ayant pour but la mise au travail sans intention pour l'enseignant d'entrer en relation avec l'élève. Nous la considérons comme inscrite dans une relation bilatérale, avec d'une part l'action, verbale (vous allez allumer une ampoule avec une pile et deux fils), de l'enseignant sur la médiation cognitive de l'élève et d'autre part la manifestation d'une performance didactique de l'élève qui s'engage dans l'activité (en manipulant le matériel électrique proposé). En revanche les performances didactiques, manifestées par les élèves et évaluées par l'enseignant, peuvent être variables selon le rapport

qu'établit l'élève avec le contenu et peuvent ne pas correspondre aux attentes de l'enseignant. Nous sommes, sur ce point, en accord avec Lemke (1990) pour envisager la transaction comme un dialogue triadique « question-réponse-évaluation » (Lemke, 1990, p. 8) et non comme une structure dyadique de type action de l'enseignant - réaction de l'élève. Nous considérons également le troisième temps de la transaction dans une dimension évaluative qui conduit l'enseignant à agir de nouveau. Par conséquent, nous envisageons les transactions selon un schéma constitué d'une triade comprenant : actions de l'enseignant caractérisées par des fonctions et la mobilisation de langages scientifiques - manifestation d'une performance didactique par l'élève - interprétation et évaluation de la performance didactique de l'élève par l'enseignant.

Chaque action étant différente, la médiation est, par conséquent, caractérisée par la fonction de chaque action et chaque fonction traduit les intentions de l'enseignant. Nous croisons notre analyse avec celle de Tiberghien et Malkoun (2007) qui proposent la notion de tâche épistémique (Ohlsson, 1996) pour décrire les transactions entre enseignants et élèves. Les auteurs distinguent des tâches simples telles que : « *décrire, sélectionner, interpréter, calculer ou faire des opérations formelles* » (Tiberghien, Malkoun, *ibid*) et des tâches plus complexes telles que : « *argumenter, prédire ou expliquer* » (Tiberghien, Malkoun, *ibid*). Les auteurs envisagent chaque tâche épistémique selon qu'elle soit « *suscitée ou réalisée* » d'une part et d'autre part selon « *qui est l'acteur, le professeur ou l'élève* » (Tiberghien, Malkoun, *ibid*). L'approche par les performances didactiques permet de distinguer la fonction des tâches épistémiques proposées par les auteurs dans la transaction. Nous envisageons les tâches épistémiques lorsqu'elles sont *suscitées* ou *réalisées* par l'enseignant comme des actions de médiation à fonctions distinctes. Les fonctions descriptive et explicative, par exemple, sont *réalisées* par l'enseignant pour institutionnaliser un contenu. La fonction réflexive agit sur les performances didactiques des élèves pour *susciter* l'expression de tâches épistémiques chez les élèves comme l'avance Tiberghien et Malkoun (*ibid*). Nous considérons les tâches épistémiques *réalisées* par les élèves comme des performances didactiques, c'est-à-dire comme la manifestation du rapport de l'élève aux contenus. Ces contenus peuvent être techno-conceptuels (*décrire, sélectionner, interpréter, argumenter, prédire, expliquer*), techniques (*calculer, mesurer*) ou procéduraux (*faire des opérations formelles*). Notre approche par les performances didactiques permet d'enrichir l'approche par les tâches épistémiques en proposant d'autres tâches (telles que récapituler, énoncer, faire réfléchir, etc.), en précisant le rôle de chaque tâche, qu'elle soit *suscitée* ou *réalisée*, par l'un ou l'autre des acteurs, et leur

lien au sein de la transaction. A titre d'exemple, la description réalisée par l'enseignant d'un protocole expérimental amène les élèves à produire une performance didactique de silence (les élèves écoutent la description). En revanche, une action de médiation de l'enseignant à fonction informative (*dites-nous quelle expérience vous avez réalisé*) suscite chez les élèves la description de leur protocole. Nous considérons que dans les deux cas, le contenu procédural (savoir ce qu'est un protocole) et le contenu techno-conceptuel (savoir décrire) est présent dans la transaction. Néanmoins, l'action de la médiation informative et la manifestation d'une performance didactique (décrire son protocole) permettent à l'enseignant d'évaluer de manière plus objective l'engagement de l'élève dans un apprentissage tout autant que peut le faire le chercheur qui reconstruit la transaction. Décrire les situations d'enseignement apprentissage par une succession de couplage entre l'action de médiation de l'enseignant et la mobilisation de performances didactiques de l'élève nous semble pertinent pour inférer les intentions des acteurs.

Notre étude rejoint également celle de Delannoy-Courdent, et Delcambre, (2007), en référence à Espéret (1984), qui envisagent le langage comme un outil dépendant des tâches et des contenus. Les auteures considèrent les conduites discursives en tant « *qu'elles participent au processus d'élaboration du discours, en même temps qu'elles permettent de mieux s'approprier les objets de savoir* » (Delannoy-Courdent, Delcambre, 2007, p. 118). Là encore parmi les conduites discursives proposées par les auteures, il convient de distinguer si la conduite est suscitée ou réalisée. Les auteures proposent une série de conduites discursives et les illustrent par des exemples tirés de leur corpus. Deux exemples peuvent illustrer notre propos. La conduite discursive intitulée « *la description* » est illustrée par l'exemple : « *de quoi est il fait ?* » et la conduite discursive « *la désignation* » est illustrée par l'exemple : « *c'est un appareil qui permet de lever des objets* ». Le premier cas de conduite discursive montre que la description est suscitée par l'enseignant pour amener les élèves à décrire (ici la structure du cœur) alors que dans la seconde la description est réalisée par l'enseignant pour désigner aux élèves la fonction d'un dispositif technique qui permet de lever des objets. Notre approche de l'action de l'enseignant sur les performances didactiques des élèves combine ces deux types de conduites discursives en les considérant, qu'elles soient suscitées ou réalisées, comme des moyens d'agir sur la médiation cognitive des élèves en vue d'un apprentissage.

Néanmoins selon le type de médiation, l'engagement des élèves dans l'activité diffère. Par exemple, une médiation à fonction explicative engage l'élève en tant qu'élève-récepteur, une

médiation à fonction informative l'engage en tant qu'élève-chercheur et une médiation à fonction réflexive l'engage en tant qu'élève-trouveur ou élève-chercheur selon les modalités d'évaluation des performances didactiques exercées par l'enseignant pour amener, ou pas, l'élève vers un contenu attendu. C'est ce qu'étudient Goffard et Dumas-Carré (1998) en montrant les rôles respectifs de l'enseignant et des élèves dans les transactions. Les auteurs décrivent des actions de l'enseignant qui engagent les élèves dans une posture d'élève-trouveur que nous décrivons également dans notre étude. Leurs résultats montrent que l'enseignant adopte une position dominante lorsqu'il « *organise, dirige les discussions, les oriente en fonction de ses objectifs* » (Goffard, Dumas-Carré, 1998, p. 173) et « *utilise le dire des élèves, les productions des groupes pour construire un savoir scientifique* » (Goffard, Dumas-Carré, *ibid*). Les élèves pour leur part sont « entendus » c'est à dire que leurs propositions sont discutées et aboutissent à des réponses, qu'elles viennent de l'enseignant ou des pairs, en relation étroite avec le problème posé. Pour leur part Mortimer et Scott (2003, 2011) dans une vision socioculturelle des pratiques d'enseignement, envisagent les interactions entre l'enseignant et les élèves comme centrale et proposent un modèle à deux dimensions. L'une considère le degré de directivité de l'enseignant (dialogique - autoritaire) et l'autre le degré d'interactivité entre les acteurs (interactif - non-interactif) (figure 132).

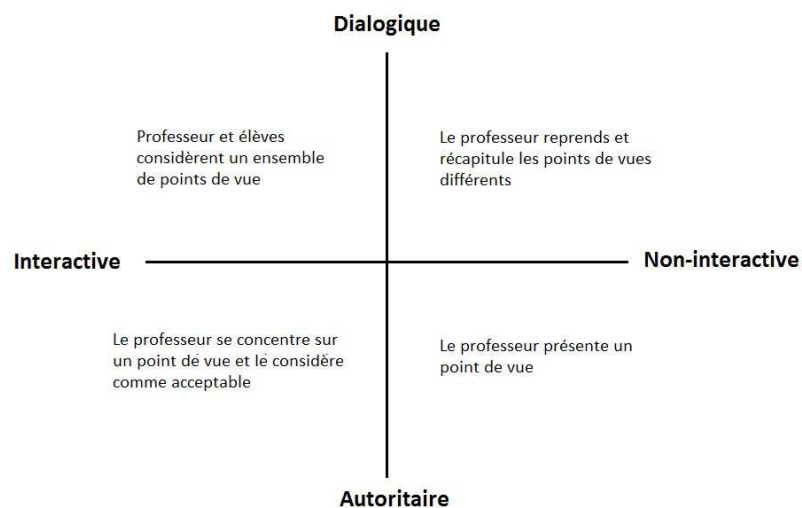


Figure 132. Modèle d'interaction de Mortimer et Scott (2011) (selon notre traduction)

Reprenant ce modèle Watters et Diezmann (2016) montrent que la pratique d'un enseignant débutant à l'école élémentaire est caractérisée par une communication de type dialogique / non-interactive guidée par l'enseignant dans laquelle « *students were encouraged to share their knowledge, the teacher then selected key content from the students' communication and shaped it in a way that illustrated the content for the whole class* » (Watters, Diezmann,

2016). Les auteurs ajoutent que l'enseignant étudié « *may have been influenced by the context of primary classrooms in contrast to secondary science classrooms* ». (Watters, Diezmann, *ibid*). Ces résultats contrastent avec ceux de McGrégor (2011) qui montrent que les enseignants débutants adoptent davantage une communication directive et, c'est nous qui l'ajoutons, laissent peu de place aux élèves. Les résultats de notre étude montrent que les transactions s'opèrent selon les quatre modes. Par exemple la médiation injonctive de BOI et BED correspond au type autoritaire / interactif dans la mesure où c'est l'enseignant qui agit sur les performances didactiques des élèves en vue d'atteindre ses attendus. L'attendu est le contenu acceptable sur lequel sa médiation se concentre. Néanmoins, nous considérons que chaque enseignant ne peut être caractérisé que par un seul type de transaction. En effet selon les contenus un même enseignant peut exercer différents types de transaction. C'est le cas d'HER dont la médiation et les types de transaction dépendent des moments de la DI. HER adopte un style dialogique / interactif au moment du questionnement lorsque la fonction est réflexive et au moment du bilan lorsque la fonction est informative et que les élèves sont en posture d'élève-chercheur. HER adopte un style autoritaire / interactif lorsqu'il agit lors des investigations et place les élèves en posture d'élève-trouveur. HER adopte enfin lors des bilans un style dialogique / non interactif lorsque sa médiation est récapitulative et autoritaire / non interactive lorsque sa médiation est explicative. Nous considérons que ce sont les contenus qui induisent le style de transaction au sein de la médiation de l'enseignant.

Notre approche de la médiation caractérisée également par les langages scientifiques (Lemke, 1998) mobilisé par l'enseignant, rejoint l'approche de Tiberghien et al. (2007) qui envisagent l'analyse des situations d'enseignement de concepts physiques, au niveau microscopique, en mobilisant la notion de facettes (Minstrelle, 1992 ; Galili et Hazan, 2000). Notre approche de la médiation considère quatre langages : le langage verbal (oral et écrit) que l'on peut rapprocher de ce que les auteurs nomment facettes « *conceptuelles* » prenant la forme d'un énoncé du contenu de connaissances et facettes « *langagières* » spécifiques à la discipline enseignée, le langage mathématique que l'on peut rapprocher des facettes de « *représentations symboliques* » liées au mode de représentation des concepts (ex : la longueur d'une flèche représentant l'intensité d'une force), le langage visuel (représentation visuelle des contenus) que les auteurs nomment facettes « *utilisation de représentation* ». Notre approche considère en revanche d'autres actions de médiation sur les performances didactiques techniques liées à des contenus de pratiques scientifiques qui mobilisent le langage procédural (réaliser des actions, des gestes).

D'un point de vue méthodologique, notre approche nous amène à considérer les transactions de manière différente que certaines études sur la pratique d'enseignement ayant pour cadre théorique la TACD (Tiberghien et al., 2007 ; Tiberghien, Malkoun, 2007 ; Tiberghien, 2011 ; Tiberghien, Venturini, 2015 ; Tiberghien, Venturini, 2016 ; Santini, 2010 ; Venturini, Tiberghien, 2012).. Nous considérons que la médiation de l'enseignant passe par des actions chronogénétiques, topogénétiques et mésogénétiques intimement liées dans la transaction. Par conséquent notre analyse de la médiation comme action sur les performances didactiques des élèves permet de décrire à la fois le déroulement chronologique de la construction des contenus et les positions respectives des acteurs (enseignant et élèves) vis-à-vis du contenu. Nous effectuons une description intriquée. A titre d'exemple, nous comparons l'analyse et les conclusions de Pautal et al (2008), portant sur des contenus de connaissances à propos de la circulation sanguine (Vaisseaux sanguins, sens de circulation, rôle de pompe) en mobilisant les concepts de chronogénèse, topogénèse et mésogénèse et notre approche afin de montrer ce qu'apporte l'intrication de ces trois points de vue et de voir comment ils se distribuent et sont en relation dans la transaction au sein d'un processus dynamique. Les auteurs analysent quelques extraits « emblématiques » issus de la séance. Nous prenons l'exemple de l'extrait suivant (figure 133)

<p>P : ...pourquoi on a fait là un schéma ? Euh, quelle est la différence avec une radiographie ? Oui, Mélissa Mélissa : beh une radiographie, c'est plus précis et qu'un schéma, c'est vite fait et ça montre pas comme une vraie radiographie P : c'est vite fait, je ne sais pas si c'est vite fait Mélissa : c'est...c'est légendé P : C'est légendé effectivement [...] P : oui, Antoine Antoine : y'a pas assez de précision comme par exemple le doigt si on fait une radiographie y'aura beaucoup de choses enfin beaucoup plus de choses qu'on montre ici P : ouais, Alice Alice : c'est fait pour simplifier P : c'est fait pour ?... Alice : pour simplifier P : c'est fait pour simplifier effectivement...</p> <p><i>Extrait 1 (min 5)(P=Professeur)</i></p>
--

Figure 133. Extrait de corpus (Pautal et al, 2008)

Du point de vue topogénétique, les auteurs décrivent une posture topogénétique haute de l'enseignant qui « *laisse aux seuls élèves la responsabilité de faire avancer le savoir en répondant aux questions posées, se contentant de les solliciter* » (Pautal et al., 2008). Dans l'analyse chronogénétique de l'extrait, les auteurs montrent que c'est l'enseignant qui décide en ouvrant et clôturant les échanges même si la totalité des contenus possibles n'ont pas été abordés. Par notre approche de la médiation nous effectuons une analyse différente et nous considérons que le sens global de la situation se perd par cette analyse en parties. L'enseignant débute la transaction par une question à fonction réflexive (P : *Qu'est ce qu'un schéma? Quelle différence avec une radio ?*) ce qui amène un élève à produire une

performance didactique technique (E: *Radio plus précis, Schéma vite fait, ça montre pas comme* ». Les performances didactiques « *plus précis* » et « *ça montre pas comme* » sont mises sous silence. Seule la performance didactique « *vite fait* » est évaluée de manière positive par l'enseignant qui reprend le propos (P : « *c'est vite fait* »). Au delà de solliciter les élèves comme l'analyse Pautal et al, nous considérons les interventions de l'enseignant comme des sélections des performances didactiques des élèves lui permettant à la fois de contrôler le déroulement chronologique de la transaction et d'adopter une posture topogénétique haute. Nous montrons qu'au-delà d'ouvrir et de fermer la transaction comme le montrent Pautal et al. (2008), l'enseignant agit également d'un point de vue chronogénétique pendant les échanges. Même si une analyse topogénétique laisse à penser que les élèves ont une position haute dans la mesure où ce sont eux qui expriment les contenus et pas l'enseignant, notre analyse par les performances didactiques montre que l'enseignant adopte une position haute dans la conduite des contenus en jeu. Les sélections opérées par l'enseignant et les modalités d'évaluation qu'il déploie (P : « *Je ne sais pas* » (évaluation négative); P : « *légendé effectivement* » (évaluation neutre); P : « *ouais* » (évaluation neutre); P : « *c'est fait pour simplifier* » (évaluation positive); P : « *sim-pli-fier, effectivement* » (évaluation positive renforcée par le découpage du mot), oriente les élèves vers le contenu attendu . C'est le terme *simplifié* qui est attendu en tant que caractéristique d'un contenu de communication (le schéma) comme le montre la figure 134 suivante.

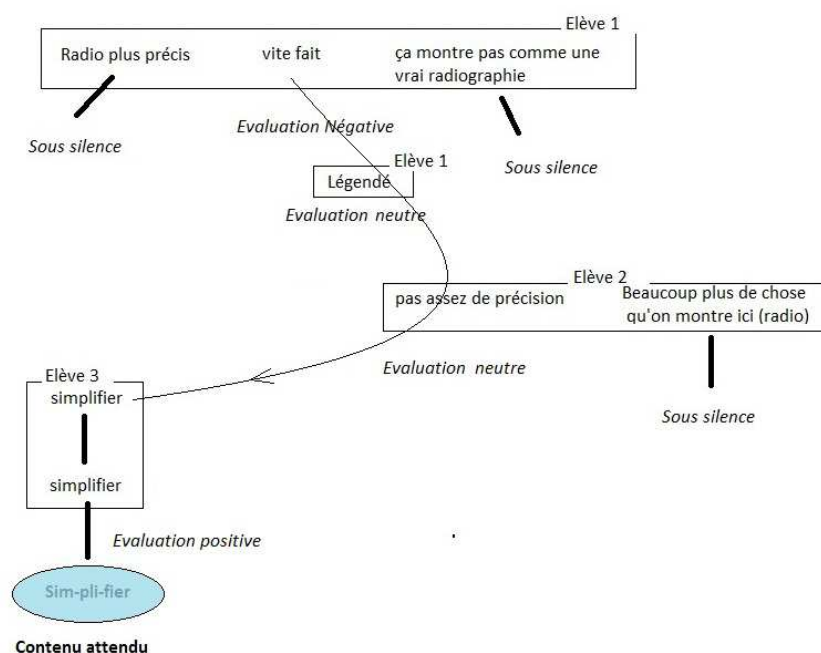


Figure 134. Evaluation des performances didactiques (extrait de corpus Pautal et al., 2008)

L'analyse par les performances didactiques permet un regard à la fois topogénétique et chronogénétique. Les sélections qu'opère l'enseignant, les validations positives ou négatives qu'il formule explicitement ou implicitement et les mises sous silence, montrent comment il oriente le temps didactique vers le contenu attendu en indiquant le chemin à suivre aux élèves qui, par conséquent, sont dans une position topogénétique basse même s'ils formulent le contenu. L'enseignant, dans une attitude constante d'évaluation des performances didactiques des élèves, arrive à ses fins, c'est à dire arrive à ce que les élèves trouvent la caractéristique attendue du schéma. Tiberghien et al. (2007), Venturini et Tiberghien (2012) avancent que l'échelle mésoscopique est « *une structure pertinente et fructueuse pour articuler contenu et topogénèse* » (Tiberghien et al. ; , 2007). Nos résultats, au niveau mésoscopique, sont en accord avec ceux de Tiberghien et al. (2007) dans la mesure où les enseignants de notre étude construisent principalement la DI selon une logique cumulative où c'est l'enseignant qui « *assure l'avancée du savoir pas à pas* » (Tiberghien et al., 2007). Seuls deux enseignants (DES) envisagent la démarche d'investigation selon une logique de cheminement laissant aux élèves une position topogénétique haute. Nous nuancions ces résultats, comme Tiberghien et Venturini (2015) à partir des actes de langage et des facettes. Nos résultats montrent en effet, à l'échelle microscopique et en mobilisant notre manière de voir la médiation, que la position topogénétique de l'enseignant et des élèves varient de manière plus fine au sein de la transaction et que l'échelle microscopique nous semble l'échelle pertinente pour articuler les dimensions topogénétique et chronogénétique et les contenus

5.2.2 Une variabilité de médiation en situation d'accompagnement

Notre étude de la pratique d'enseignement en situation d'accompagnement montre une variabilité de construction de contenus et une variabilité de la médiation de l'enseignant selon les modes d'accompagnement. Nous montrons également que les accompagnateurs exercent une médiation différente de celle de l'enseignant pour un même contenu.

Nous mettons en évidence deux formes d'accompagnement. L'une, collaborative, davantage centrée sur les élèves. Enseignant et accompagnateurs collaborent pour agir sur la médiation cognitive de l'élève. Par cette collaboration, l'accompagnateur endosse un rôle de médiateur didactique comme le fait l'enseignant. Néanmoins, les fonctions des médiations sont distinctes : explicative et descriptive pour la médiation de l'accompagnateur (que nous qualifions de médiation d'expertise scientifique et technologique) et réflexive pour la médiation didactique de l'enseignant. La médiation est directive pour l'accompagnateur et

basée sur le questionnement pour l'enseignant. Même si enseignant et accompagnateur mobilisent des langages communs pour exprimer un même contenu, l'accompagnateur expert utilise une palette plus variée de langages scientifiques (verbal, visuel et procédural) pour développer ses explications que ne le fait l'enseignant qui privilégie le langage verbal. Le rôle de l'élève dans l'interaction est lui aussi différent : davantage chercheur avec l'enseignant et récepteur des explications avec l'accompagnateur. Dans la forme d'accompagnement participative, c'est principalement l'enseignant qui exerce son rôle de médiateur. L'accompagnateur participe à cette médiation en relayant les injonctions de l'enseignant et en apportant une aide matérielle. C'est la nature des contenus et les compétences des accompagnateurs reconnues par l'enseignant qui induisent ces deux formes d'accompagnement. En effet, l'enseignant considère les accompagnateurs comme des ingénieurs, comme des experts de la fabrication d'objets avec lesquels il collabore pour engager les élèves vers l'apprentissage de contenus procéduraux technologiques (démarche de réalisation). En revanche, dans la seconde forme d'accompagnement où les accompagnateurs sont peu sollicités, les compétences des accompagnateurs ne semblent pas être nécessaire à l'enseignant pour enseigner des contenus procéduraux de nature expérimentale. Nous mettons également en évidence le rôle des accompagnateurs au travers des critères d'authenticité pour chaque séance. Lorsque l'enseignant est seul en classe, les activités présentent moins de critères d'authenticité et portent davantage sur des contenus de connaissances que sur des contenus liés à une pratique scientifique mettant en œuvre des méthodes, des procédures, des techniques de recherche. Lorsque les accompagnateurs sont présents (séances 1 et 3), les activités présentent davantage de critères d'authenticité. L'enseignant considère les accompagnateurs comme des ingénieurs experts de la fabrication d'objets. Ces constats mettent en évidence que la construction des contenus varie selon la présence et les compétences estimées des accompagnateurs. La présence de critères d'authenticité de la DI plus nombreux est à mettre en relation avec une place plus grande laissée aux élèves quant à la construction des contenus. La présence des accompagnateurs permet par conséquent davantage aux élèves de suivre leur propre cheminement et de s'engager en tant qu'élève chercheur dans l'activité.

Le peu de recherches francophones qui porte sur ce type de dispositifs s'est intéressé aux effets qualitatifs de l'accompagnement sur les pratiques d'enseignement en sciences. Gardet et Caumeil (2009), par exemple, analysent la collaboration entre enseignant et accompagnateur au travers des interactions langagières lors des moments de préparation des séances de classe

en Sciences et Technologie à l'école primaire. Lafosse-Marin (2004) analyse les interactions langagières en situation de classe. Cette auteure montre, par exemple, qu'il existe différents contextes d'interaction et que les enseignants et les accompagnateurs endossent des rôles différents. L'enseignant est expert de la situation en tant que régulateur des échanges, l'accompagnateur est expert en tant que personne ressource face à un problème scientifique. Lafosse-Marin (2012) étudie, par ailleurs, l'effet de l'accompagnement ASTEP sur les représentations de la vision des scientifiques et les rapports aux savoirs des élèves. Quant à Lacotte et Bruguière (2004), elles étudient les effets de l'intervention d'un expert en classe de sciences à l'école primaire, dans le cadre du dispositif de la main à la patte, sur la mise en place d'une démarche explicative chez les élèves. Elles mettent en évidence que l'expert n'est pas le médiateur idéal dans la mesure où ses interventions introduisent de la complexité préjudiciable à la compréhension des phénomènes en jeu par les élèves. Pommier, Foucaud-Scheunemann et Morel-Neuville (2010) montrent que des enseignants du secondaire, engagés dans une coopération avec des scientifiques, délèguent aux experts (les scientifiques) la responsabilité de l'intervention auprès des élèves. Les scientifiques déclarent agir souvent seul à la fois dans la phase de préparation et en situation de classe. Les enseignants n'apportant qu'une aide matérielle. Notre étude de cas montre quant à elle des résultats assez différents. En effet l'aide matérielle est apportée par les accompagnateurs dans la forme d'accompagnement participatif et lors d'un accompagnement collaboratif, la coopération entre expert et enseignant est équilibrée et orientée vers la construction des contenus et en mobilisant des médiations spécifiques.

Les dispositifs de partenariat enseignant-scientifique-élève (scientifique reprenant ici la désignation utilisée dans la littérature anglophone et qui renvoie à un accompagnateur qui incarne une expertise scientifique en termes de démarches et de concepts) sont très présents dans le monde anglophone, notamment aux États-Unis, car ils sont recommandés par des organismes aussi bien prescripteurs (ex. : National Science Education Standards) que d'expertise et de recherche sur l'éducation scientifique et technologique (ex. : National Research Council). Ces dispositifs s'appuient sur l'idée selon laquelle les sciences et la technologie sont des pratiques culturelles définies par des communautés de scientifiques et d'ingénieurs. Apprendre en sciences et en technologie implique alors la socialisation aux manières de travailler et de connaître spécifiques des pratiques scientifiques et technologiques. Leur pertinence théorique quant à l'apprentissage en sciences et technologie se réfère souvent à la théorie de l'apprentissage situé (Barab & Hay, 2001 ; Collins, 2006) qui

fait de l'engagement dans des activités dites « authentiques » une condition essentielle pour développer des apprentissages significatifs des élèves (Shell, Snow & Claes, 2011). Les dispositifs partenariat enseignant-scientifique-élève (PESE) sont souvent recommandés au regard de leur efficacité à engager les élèves et les enseignants dans des activités en sciences et technologie à côté de scientifiques légitimés dans leurs domaines, ce qui a pour effet, pour les élèves et les enseignants, de prendre conscience des défaillances de leurs connaissances et des alternatives possibles à leur propre compréhension. Néanmoins, la mise en place des dispositifs de partenariat enseignant-scientifique-élève fait face à plusieurs obstacles. Les représentations des enseignants par rapport aux sciences et leur enseignement sont ainsi un obstacle majeur en ce sens qu'elles se traduisent par des résistances et des difficultés à concevoir et à mettre en œuvre des activités en sciences et technologie (Carlsen, 1998). La formation antérieure en sciences est un autre obstacle qui fait que, même à l'école primaire où la « polyvalence » est érigée en marqueur de la professionnalité des enseignants, l'attitude de ceux-ci envers les sciences et le temps qu'ils consacrent à son enseignement dépendent de leur formation antérieure en sciences (Caillé, 1995 ; Monod-Ansaldi & Prieur, 2011). Caillé (1995) parle spécifiquement de l'enseignement des sciences de la nature à l'école primaire et se réfère à une étude de Manning (1982) qui montre « *que les attitudes envers les sciences de la nature, leur confiance à enseigner cette matière et le temps qu'ils consacrent à cet enseignement dépendaient de leur formation antérieure en sciences de la vie* » (p. 338). Tandis que Monod-Ansaldi et Prieur (2011), dans leur rapport d'enquête sur la démarche d'investigation dans l'enseignement secondaire, postulent que « *comme les pratiques de formation et d'enseignement et les cadres institutionnels, tels que les programmes, présentent des spécificités disciplinaires, on peut penser que les représentations professionnelles des enseignants concernant l'objet partagé démarches d'investigation sont également spécifiques de chaque discipline. On pourrait alors parler de représentations disciplinaires* » (p. 8).

Au regard de ces obstacles et des intérêts attendus, les recherches antérieures se focalisent sur les dispositifs de partenariat en sciences et technologie à l'école plutôt dans une perspective évaluative. En tant que dispositifs de formation professionnelle, l'interrogation porte ainsi sur leur capacité à approfondir la littéracie scientifique et technologique des enseignants (Harris-Willcuts, 2009). L'interrogation porte également sur les conditions d'engagement des élèves dans ces activités et leurs apprentissages et leur réussite en sciences et technologie ainsi que sur leurs attitudes vis-à-vis des sciences (Peker & Dolan, 2012). Notre étude didactique du dispositif ASTEP contribue aux recherches sur les dispositifs de partenariat enseignant-

scientifique-élève (notamment celles évoquées précédemment : Bruguière & Lacotte, 2001 ; Carlsen, 1998 ; Harris-Willcuts, 2009), en privilégiant le point de vue du contenu en jeu. Ces résultats sont étayés par les résultats esquissés par des recherches antérieures et viennent les préciser. En ce qui concerne la distinction marquée des rôles, Lafosse-Marin (2004) distingue, en effet, deux statuts pour caractériser les rôles de l'enseignant et de l'accompagnateur : ceux de novice et d'expert. L'enseignant est vu comme un expert en ce qui concerne « la pédagogie et la construction des connaissances dans l'interaction » (Lafosse-Marin, 2004) (mais un novice en matière de savoir scientifique) tandis que l'accompagnateur est vu comme un expert du savoir scientifique (mais un novice en ce qui concerne « la pédagogie et la construction des connaissances dans l'interaction »). La distinction suggérée par cette auteure est néanmoins nuancée dans notre étude : si les rôles de l'enseignant et des accompagnateurs sont différents en termes de contrôle du temps didactique, du type d'intervention auprès des groupes (globale versus locale) et des interactions impliquées avec les élèves, ils ont le caractère commun d'agir sur les performances didactiques des élèves en vue de les aider à construire le contenu en jeu. Peker et Dolan (2014) soulignent cette nuance en avançant que chaque participant endosse un rôle d'autorité différent, une autorité de gestion de classe pour l'enseignant contre une autorité scientifique pour l'accompagnateur. Pour ces auteurs, l'accompagnateur apporte son expertise conceptuelle et épistémologique en abordant les caractéristiques de la recherche scientifique, avec, par exemple, l'importance d'une méthode dynamique du travail de recherche en opposition avec une méthode « lock-step »¹⁰, figée et linéaire ou encore l'effet du hasard dans la recherche scientifique. Sa médiation passe par l'aide des élèves à interpréter leurs données, à tirer des conclusions et à expliquer des phénomènes. L'enseignant, pour sa part, intervient sur les stratégies de gestion de classe et les compétences de communication (Trautmann & Makinster, 2005). Peker et Dolan (2012) concluent que les rôles sont à la fois communs et distincts en ce qui concerne les aspects conceptuels, sociaux, pédagogiques, et épistémologiques. L'approche didactique développée ici explicite, du point de vue des contenus en jeu, le partage des rôles souligné par les recherches antérieures mentionnées.

Notre recherche montre également que si l'enseignant est dans une logique d'incitation de ses élèves à s'engager dans la réflexion et à manifester des performances didactiques (qu'elles correspondent ou non à ses attentes), l'accompagnateur est dans une logique de déploiement de son expertise en vue de faire avancer le projet de réalisation. C'est en cela que la médiation didactique de l'accompagnateur, une expertise scientifique et technologique, introduit de la complexité, au regard de la diversité des solutions proposées et des formes et des supports de

langages utilisés. Lacotte et Bruguière (2004) soulignent un résultat proche en constatant que la présence d'un expert en classe de sciences à l'école primaire fait naître également de la complexité. Contrairement à ces auteurs, notre étude montre que les interactions nombreuses entre expert et élèves ne semblent pas être propices à la création d'un « espace de négociation » dans la mesure où les élèves, en produisant des performances didactiques de silence, sont récepteurs des médiations explicatives de l'expert. Néanmoins, rien ne nous permet d'affirmer, comme le font Lacotte et Bruguière (2004), que cette complexité puisse être préjudiciable aux apprentissages des élèves.

5.2.3 Une médiation soumise à l'action en retour des élèves

Notre étude met en évidence une double relation d'action et d'action en retour que l'on retrouve chez Brousseau (2003) à propos de la notion de milieu. Brousseau considère que « *le milieu regroupe tout ce qui agit sur l'élève, et tout ce sur quoi l'élève agit* » (Brousseau, 2003). De plus dans la théorie des situations didactiques, lorsque Brousseau (1981) écrit à propos du contrat didactique qu'il s'agit de « *l'ensemble des comportements (spécifiques) du maître qui sont attendus de l'élève et l'ensemble des comportements de l'élève qui sont attendus du maître* », la notion de contrat contient l'idée d'un attendu réciproque entre enseignant et élèves.

Sans nier que l'enseignant entre en classe avec un attendu, inspirés des prescriptions, de son expérience, etc., nous ne réduisons pas la pratique d'enseignement à la seule application de ce qui est attendu. Les négociations s'exprimant dans la relation enseignant-élèves en situation impactent les attendus. L'enseignant se trouve confronté, si il tient compte de ce que produit l'élève dans la situation didactique, à la nécessité d'adapter ses attendus, à la marge ou de manière radicale. Nous envisageons par conséquent la double relation entre les effets des actions de médiation de l'enseignant sur les performances didactiques des élèves et les effets des actions en retour de l'élève sur la médiation de l'enseignant.

Nous montrons, par exemple chez HER, que l'action d'un élève modifie profondément la médiation de l'enseignant lors du moment d'investigation et du moment de bilan de la séance 3 et fait émerger un contenu moléculaire original hybride : l'investigation/bilan. Nous montrons également que l'action en retour des élèves provoque l'émergence de contenus de connaissances scientifiques (équilibre alimentaire, HER ; stabilité , GER) en marge des contenus envisagés dans la séance, d'un contenu de pratique scientifique (posture critique, HER) et d'un contenu non scientifique (registre de vocabulaire, HER). Nos résultats sont en

accord avec Delannoy-Courdent et Delcambre (2013) qui avancent que « *quand une pédagogie donne aux élèves l'initiative de la parole, elle a des incidences sur l'élaboration du contenu disciplinaire* », nous considérons que la place donnée aux élèves ou la place qu'ils prennent dans la transaction influence la construction des contenus.

Notre étude rejoint celles de Marlot (2008, 2009a, 2009b, 2012) qui étudie, dans le cadre de la TACD (Sensevy, 2007, 2011), les conditions pour lesquelles les jeux d'apprentissage ne se déroulent pas comme l'envisage l'enseignant. Dans une étude de 2009, à propos d'une situation qui consiste à étudier les préférences des lombrics vis-à-vis des conditions du milieu (la préférence lumière/ombre), Marlot (2009a) montre que certains élèves ne jouent pas le même jeu que l'enseignant en mettant en place « *un autre dispositif d'observation que celui qui a été proposé initialement* » par la classe. Marlot analyse cela comme un glissement de jeu d'apprentissage et pose la question de savoir pourquoi l'enseignant ne « *désambigüise* » pas la situation, que Marlot qualifie de « *dialogue de sourd* » (Marlot, 2009a), pour revenir à ses attendus. Ce glissement de jeu d'apprentissage est interprété comme une déstabilisation de l'enseignant et comme la traduction de son « *épistémologie pratique* » (Sensevy, 2007, 2011) pour lequel faire des sciences c'est poser une question et mettre en œuvre un test pour obtenir une réponse. En d'autres termes, nous dirions que les actions de médiation de l'enseignant sont orientées vers l'apprentissage de contenus de pratique scientifique plus que sur la construction de contenus de connaissances à propos des lombrics. Par conséquent, nous sommes en accord avec l'analyse de Marlot. Néanmoins, nous contestons que l'enseignant soit déstabilisé par la proposition d'un dispositif d'observation différent de ce qui est attendu. Nous analysons cette situation de la manière suivante. Une action de médiation à fonction injonctive impose aux élève la mise en place d'un dispositif de test d'une question. Cette action produit des performances didactiques techniques (les élèves manipulent). Certains élèves produisent des performances didactiques originales en décalage avec la réponse attendue mais en adéquation avec la demande de mise en place d'un dispositif de test. Confronté à ces performances didactiques, l'enseignant effectue une évaluation positive (*Bon, d'accord*, tour de parole 272 du corpus de Marlot) qui l'amène à modifier sa pratique en tenant compte de cette nouvelle proposition des élèves. Nous pouvons dire que le contrat didactique est respecté puisque même si certains élèves identifient des « *comportements de l'élève qui sont attendus du maître* » (Brousseau, 1981) différents des autres élèves, ils sont en accord avec les attendus de l'enseignant en terme de contenus de pratique scientifique. Nous considérons que, plus que d'être déstabilisé, l'enseignant voit dans cette performance

didactique originale, le moyen d'aborder son attendu de manière différente, c'est-à-dire par la mise en place d'un test différent répondant à une autre question et produisant une autre réponse que celle attendue. Cela ne remet pas en cause sa volonté de construire des contenus de pratique scientifique chez les élèves. Nous considérons également que ces « glissements de jeu d'apprentissages » sont caractéristiques d'une construction de la démarche d'investigation selon une logique de cheminement. L'enseignant dans ce cas envisage la possibilité, en amont ou en situation, que seule une analyse de son discours pourrait éclairer à ce sujet, de laisser les élèves suivre leur propre cheminement afin de construire les attendus. Nous ne considérons pas cet événement comme une rupture du contrat didactique ou pour reprendre les propos de Marlot « *un dysfonctionnement de la communication didactique* » (Marlot, 2009a), mais comme l'expression du constant modelage de la pratique d'enseignement en situation et de l'expression de l'expertise didactique de l'enseignant qui évalue, tient compte et accompagne les élèves dans leur propre cheminement d'apprentissage. Dans une seconde étude portant sur la distinction entre le vivant et le non-vivant au CP à partir d'une activité de tri d'objets, Marlot (2009b) montre comment certains jeux d'apprentissages glissent vers d'autres. Marlot montre qu'un jeu initial : *représenter la catégorisation par un schéma*, que les élèves doivent produire pour rendre compte de l'activité de tri demandée par l'enseignant, glisse vers le jeu : *définir les critères de lisibilité du schéma*. Marlot minimise le rôle de l'élève en considérant que pour redéfinir le nouveau milieu de l'action, « *le professeur va s'appuyer sur l'énoncé d'un élève* » (Marlot, 2009b, p.120) comme l'indique l'extrait suivant utilisé par l'auteur :

84 - Fabien : *Je comprends rien comment ils (le groupe qui présente son dessin a la classe) ont rangé leurs objets, c'est tout pareil.*

85-P : *Et voilà tu as raison tout se ressemble ++ Est-ce qu'on arrive à bien voir là...*

86-E (plusieurs) : *Non non.*

87-P : *Tu as raison tous les petits objets sont les mêmes...Et pour montrer comment vous aviez rangé comment vous auriez dû faire pour que les autres comprennent ?*

Même si, comme Marlot, nous considérons que l'enseignant, après une évaluation positive (*tu as raison tout se ressemble*), s'appuie sur la performance didactique technique de Fabien (*comment ils ont rangé leurs objets, c'est tout pareil*), il le fait en procédant à une sélection et une reformulation de ses propos (*tous les petits objets sont les mêmes*). Néanmoins, c'est l'intervention de Fabien qui agit en retour sur la médiation de l'enseignant, lequel agit en réponse par une médiation à fonction réflexive (*comment vous auriez dû faire pour que les*

autres comprennent ?) relance la transaction dans la direction suscitée par Fabien. Nous considérons que c'est la performance didactique de Fabien, en tant qu'elle agit en retour sur la médiation de l'enseignant, qui est le moteur du « glissement du jeu d'apprentissage ».

Nous considérons que voir la situation comme un « glissement de jeu d'apprentissage », même si cela éclaire les déterminants de l'action de l'enseignant, c'est orienter la description des situations didactiques et ne pas envisager en quoi les actions en retour des élèves puissent être prises en compte, en situation, par l'enseignant. Cette prise en compte participe à la construction inter-active de sa pratique. Cette action en retour constitue, pour nous, un élément de variabilité de la pratique d'enseignement construite en situation comme nous l'avons montré dans notre étude (HER, séance 1 ; GER, séance1).

Sensevy (2011) reprenant, l'analyse de Marlot (2008, 2009a), envisage deux causes au glissement de jeu d'apprentissage, d'une part l'insuffisance du milieu à faire sens pour l'élève par rapport au contenu attendu et d'autre part l'inadéquation du contrat didactique. Sensevy conjecture que la qualité d'un enseignant expert « *suppose d'abord une forme de reconnaissances [...] dans la pratique mise en œuvre, de ce à quoi il s'attendait* » (Sensevy, 2011, p. 258). C'est-à-dire qu'il doit « *pouvoir anticiper de manière pertinente sur les productions de l'élève, sur son cheminement, sur les nécessités qu'il va rencontrer, bref, anticiper de manière pertinente sur la logique de sa pratique* » (Sensevy, 2011, p. 258-259). Cette anticipation traduit le pouvoir réservé à l'enseignant qui organise un milieu signifiant et un contrat didactique adéquat. Si on suit Sensevy, la pratique d'enseignement experte, anticipée, oriente l'action de l'élève et néglige le pouvoir d'initiative de l'élève dans la construction des contenus. L'élève nécessairement est amené à trouver l'attendu tissé par l'enseignant autour du contrat et du milieu construit en amont de la situation. Sans nier la nécessaire anticipation de l'enseignant, nous montrons que certaines actions de médiation et certaines actions en retour de l'élève traduisent la possibilité d'engagement de l'élève en tant que chercheur qui produit son propre cheminement d'apprentissage. Ces actions en retour module la pratique de l'enseignant et permettent, dans certains cas, l'émergence de contenus originaux non attendus. Nous ne voyons pas ces actions en retour de l'élève comme des affaiblissements de la situation, comme des glissements, comme la traduction d'une moins grande expertise de l'enseignant, mais comme des éléments de variabilité de la pratique, consentie par l'enseignant, en ce qu'ils enrichissent la situation. (GER, HER)

5.3 Une variabilité des formes d'engagement des élèves dans l'activité

La place de l'élève, quelque soit les logiques de construction de la DI et les caractéristiques de la médiation, est importante tout autant que celle de l'enseignant. Néanmoins les interventions de l'élève posent le problème de l'interprétation par l'enseignant de la « bonne réponse » trouvée par l'élève, mais « *qu'a-t-il trouvé ? Une réponse plausible et satisfaisante ou la réponse convenue* » Désautels et Larochelle (2004). C'est dans cette perspective que nous mettons en évidence trois modes d'engagement des élèves dans l'activité en vue de construire des contenus. Dans le mode d'engagement élève-récepteur, les élèves sont récepteurs des explications, des descriptions de l'enseignant à propos d'un contenu. Ils manifestent des performances didactiques de silence. L'élève-chercheur produit une performance didactique originale, personnelle, non attendue par l'enseignant. La médiation dans ce cas permet à l'élève de suivre son propre cheminement pour construire les contenus. L'élève-trouveur produit une performance didactique attendue par l'enseignant. La médiation, dans ce cas, procède par un ensemble d'actions dont le but est de faire découvrir aux élèves les attendus de l'enseignant. Néanmoins, ce n'est pas tant la fonction de la médiation qui engage les élèves dans l'un ou l'autre des deux modes d'engagement précédent mais la manière dont l'enseignant signifie aux élèves l'évaluation des performances didactiques qu'il effectue.

Concernant le rôle de l'enseignant, nos résultats vont dans le sens de ceux de Hengel et Randall (2009), qui dans une recherche à caractère expérimental, questionnent le degré et la nature des actions de l'enseignant dans la transaction dans le cadre d'une activité expérimentale. Le protocole expérimental de recherche prévoit d'étudier deux situations. Dans la première, les enseignants ont la tâche d'aider l'élève à réaliser l'expérimentation en suivant un plan de travail déterminé à l'avance grâce à une fiche de TP, dans la seconde, la tâche donnée aux enseignants consiste à faire découvrir aux élèves les notions et concepts associés à l'expérimentation sans cadre prédéterminé, sans fiche de TP. Les auteurs montrent que dans le premier cas, les enseignants n'autorisent que peu l'élève à dévier de la tâche et restent très directifs. En revanche, dans le second cas, les enseignants valorisent, encouragent les déviations des élèves afin qu'ils empruntent leur propre chemin, la curiosité des élèves est valorisée. Comme nous l'avons présenté précédemment nous considérons que le rôle de l'enseignant est influencé par les prescriptions et nous suivons en cela Hengel et Randall (2009) qui avancent que les enseignants sont sous l'influence des contraintes hiérarchiques et

que sous certaines de ces contraintes, ne donnent pas la priorité aux aspects affectifs et créatifs du programme. Ils n'encouragent que peu la curiosité des élèves pour des contraintes de temps, pour respecter les programmes, sous l'influence des évaluations ou la réalisation des buts éducatifs prescrits. Nous retrouvons l'importance de l'intervention enseignante chez Henderson, Charlesworth et Gamradt (1982) qui montrent qu'un élève laissé en compagnie de ses pairs face à des objets intéressants dans un musée de sciences naturelles manifeste moins de curiosité pour ces objets que si il est accompagné d'un enseignant. Dans la logique cumulative que nous décrivons dans notre étude, il semble que la place de l'enseignant dans le déroulé de la démarche soit importante. L'enseignant impose la situation de départ (SD), choisi, énonce, ou reformule les questions (Q), impose ou oriente l'investigation (I) et détermine les moments de mise en commun des résultats (B) et de synthèse (S). La part de l'élève, réduite, est principalement réservée à l'expression des hypothèses (Hyp) à différents moments et sous différentes formes. En revanche, nos résultats se distinguent de ceux de Coquidé et Al. (2009) qui analyse la démarche de l'enquête (inquiry) de Dewey (1938) dans laquelle « *le rôle de l'enseignant transparait à toutes les étapes. Il apparait dans l'aménagement de l'environnement scolaire. Il se manifeste également dans l'aide à clarifier le problème, les solutions possibles et leurs conséquences, dans l'organisation des mises à l'épreuve successives et des confrontations, dans l'incitation à réaliser différentes traces, et aussi dans la coordination de la réflexion et de la structuration* », mais où l'enseignant apparait comme un médiateur qui aménage, aide, organise, incite et coordonne un travail piloté par l'élève et non comme un pilote qui impose le déroulé de la démarche dans une logique cumulative et dans une moindre mesure dans une logique de cheminement contrôlée.

La place de l'élève dans les activités scolaires et en particulier dans les activités scientifiques est relevée par de nombreux auteurs. Déjà Piaget (1972/1988) évoque la liberté d'initiative des élèves. Brousseau (1998) pour sa part parle du nécessaire « *fonctionnement autonome de l'élève* » lorsqu'il est mis en contact avec le milieu didactique. Dans le cadre de la TACD (Mercier, Sensevy, 2007 ; Sensevy, 2011) Sensevy envisage que l'élève agisse de « *son propre mouvement (proprio motu)* ». Boilevin et Morge (2007) caractérisent une séquence d'investigation au travers de trois critères centrés sur l'élève : « *1) l'élève effectue un ou des apprentissages au cours de la séquence... 2) ...en réalisant des tâches qui ne sont pas uniquement des tâches d'ordre expérimental ... 3) ... et en participant à la recherche de validité des productions des autres élèves, autrement dit en participant au choix argumenté entre plusieurs méthodes, plusieurs hypothèses, plusieurs protocoles expérimentaux, plusieurs*

explications, plusieurs modèles. » (Boilevin, Morge, 2007, p. 6) en mettant en garde sur la nécessité de définir « *ce qui sera à la charge des élèves et ce qui sera de la responsabilité du professeur au cours de la séquence* » (Boilevin, Morge, *ibid*). Grangeat (2013) parmi six dimensions permettant de caractériser l'enseignement scientifique fondé sur les démarche d'investigation envisage « *la responsabilisation des élèves* », comme le fait Calmette (2012) qui décrit aussi la « *responsabilité certaine des élèves (collectivement) et le rôle de l'enseignant plutôt médiateur* ». Boilevin, Brandt-Pomarès, Givry et Pedregosa (2012) évoquent pour leur part la « *participation à l'émission et à la validation ou non validation d'hypothèses* » des élèves rejoint par Cariou (2013) qui envisage l'« *authenticité* » de la démarche d'investigation au travers de deux composantes de l'esprit scientifique, d'une part l'esprit d'initiative des élèves qui peuvent « *inventer, proposer et discuter de solutions possibles cohérentes sous forme d'hypothèses, puis en concevoir des contrôles* » l'enseignant « *veillant à mesurer ses interventions* » et d'autre part l'esprit de contrôle où les élèves « *débattent de leurs propositions, réclament les données supplémentaires qui leur semblent utiles, statuent sur leurs hypothèses et celles des autres* » (Cariou, 2013).

Dans une recherche à propos du contrat didactique en classe de physique, Tiberghien et Venturini (2016) montrent que la responsabilité des élèves vis-à-vis des contenus en jeu est différent selon les modalités d'organisation des transactions. Lors des transactions en petits groupes « *les élèves assurent la responsabilité du savoir* » (Tiberghien, Venturini, 2016) en « *cherchant à comprendre* » et en s'appuyant sur l'aide de l'enseignant. En classe entière lors des mises en commun, « *le professeur assure la responsabilité de la progression du savoir et de sa justesse* » (Tiberghien, Venturini, *ibid*). Les élèves interviennent « *en répondant aux questions du professeur* » (Tiberghien, Venturini, *ibid*). Nous suivons les résultats de ces auteurs pour ce qui concernent les moments de mise en commun où, dans la plupart des cas, c'est l'enseignant qui, par ses actions, guide l'avancée du savoir. En revanche nous nuancions le fait que les élèves assument la responsabilité du savoir lorsque, comme dans les travaux de groupe rapportés par les auteurs, l'enseignant semble en retrait et est considéré comme une aide que les élèves peuvent solliciter. En effet la médiation de l'enseignant, au travers des actions et des modes d'évaluation qu'il opère, peut induire deux modes d'engagement des élèves dans l'activité dont un seul nous semble correspondre à une réelle prise de responsabilité vis à vis du savoir. En effet l'élève-trouveur qui manifeste des performances didactique attendues, suit l'orientation imposée par l'enseignant comme nous l'avons montré précédemment. Nous considérons dans ce cas que les élèves ne *cherchent pas à comprendre*

comme l'avancent les auteurs mais cherchent à trouver ce que l'enseignant attend. Nous considérons que c'est lorsque l'élève, en posture d'élève-chercheur, produit des performances didactiques originales, non atténuées par l'enseignant, qu'il assume réellement la responsabilité du savoir en *cherchant à comprendre*.

Néanmoins il est nécessaire de savoir si ces deux modes d'engagement permettent des apprentissages différents. Hengel et Randall (2009) abordent le lien entre curiosité et apprentissage, pour montrer l'effet bénéfique de la curiosité sur l'apprentissage et qu'un enseignement qui éveille la curiosité augmente la réussite des élèves. Par exemple, une étude à laquelle ils se réfèrent (Maw et Maw, 1972) montre que la curiosité s'accompagne d'une prise d'informations supplémentaire chez des élèves curieux contrairement à des élèves qui le sont moins. Cette prise d'informations supplémentaire leur permettant de mieux réussir certaines tâches. Pour Hengel et Randall (2009) la nature de l'objet proposé aux élèves est source de curiosité, sans que l'on puisse associer un degré de curiosité avec un type d'objet ou avec un élève en particulier. L'expression de la curiosité des élèves est liée à l'accompagnement de l'enseignant ou à la présence d'objet, de matériaux ou d'activités proposées par l'enseignant. Il apparaît que générer la curiosité puisse se faire de différentes manières. Les auteurs, en référence à Hidi et Renninger (2006) et Renninger, Hidi et Krapp (1992), distinguent la curiosité de l'intérêt pour un objet, un sujet ou une matière selon le degré temporel d'implication de l'individu. La curiosité est un état ou un comportement transitoire alors que l'intérêt implique de manière soutenue et durable l'individu. Ces auteurs montrent que l'intérêt d'un élève pour un domaine peut l'amener à être curieux face à un objet nouveau, et qu'à l'inverse un élève curieux d'un objet nouveau peut transformer sa curiosité en intérêt durable pour le domaine. Il semble intéressant de se demander dans quelle mesure les deux modes d'engagement que nous décrivons stimulent la curiosité et l'intérêt des élèves et par conséquent sont sources de réussite dans les apprentissages. Dans la mesure où dans les deux modes d'engagement, les élèves sont mis en présence d'objets, de matériaux et d'activités et dans la mesure où l'enseignant accompagne les élèves dans les deux cas, ces deux modes suscitent-ils une curiosité transitoire sans intérêt ou une curiosité qui peut déboucher sur un intérêt durable et par conséquent qui pourrait s'accompagner d'une réussite durable dans les apprentissages ? Nous considérons que trouver les attendus de l'enseignant pour l'élève-trouveur constitue un moteur de curiosité de l'élève pour l'éducation scientifique. L'élève remplit sa part du contrat didactique dans l'instant de la situation. Alors que la curiosité pour l'éducation scientifique de l'élève-chercheur, qui propose des solutions inédites, peut déboucher sur un intérêt si

l'enseignant encourage les réussites inédites de l'élève. Une médiation qui engage durablement l'élève en tant qu'élève-chercheur constitue un moteur pour déboucher sur une intérêt durable pour l'éducation scientifique et technologique en tant que pratique socioculturelle. Par conséquent une pratique d'enseignement qui valorise autant les contenus de pratique scientifique que les contenus de connaissances, qui considère la DI comme une démarche scientifique au cours de laquelle l'élève suit son propre cheminement en tant qu'élève-chercheur peut, si on suit Hengel et Randall (2009), être une source de réussite dans les apprentissages.

Nos résultats montrent par conséquent une tension que nous considérons comme la manifestation d'une difficulté à enseigner les sciences déjà relevée par quelques recherches (Calmettes, 2009 ; Jones, Eick, 2007 ; Luft, 2001 ; Mathé, Méheut, De Hosson, 2008) citées par Boilevin, Brandt-Pomares, Givry et Pedregosa (2012). Pour ce qui nous concerne il s'agit d'une difficulté à concevoir l'enseignement en éducation scientifique et technologique comme une pratique socio-culturelle. Cette tension s'exprime à trois niveaux en lien. Le premier niveau concerne la construction des contenus. Dans le discours nous montrons que deux contenus s'expriment de manière différente : d'une part les contenus de connaissances et, d'autre part, les contenus de pratique scientifique. Le second niveau concerne la construction de la DI en tant que démarche pédagogique selon une logique cumulative qui privilégie les contenus de connaissances ou une démarche scientifique selon une logique de cheminement qui privilégie les contenus de pratique scientifique. Le troisième niveau concerne le mode d'engagement des élèves. Nous faisons un parallèle entre ces trois niveaux pour distinguer deux constructions scindées de l'éducation scientifique et technologique des enseignants de notre étude (Tableau 51). Une construction où s'exprime la nécessité d'orienter l'enseignement vers des contenus de connaissances inscrits dans les programmes et une construction orientée vers la pratique scientifique qui traduit la volonté exprimée des enseignants de considérer qu'en éducation scientifique et technologique les contenus sont enseignés dans une dimension constructiviste où les élèves sont acteurs de leurs apprentissages. Cette tension renvoie à la question de savoir ce que l'on doit « *enseigner quand on doit enseigner les sciences ?* » (Pélissier et Venturini, 2016).

Contenus de connaissances	Contenus de pratique scientifique.
Logique cumulative de la DI	Logique de cheminement
Élève-trouveur de contenus de connaissances	Élève-chercheur Mobilisant des contenus de pratique scientifique.

Tableau 51. Deux constructions de l'éducation scientifique et technologique des enseignants de notre étude

Conclusion

Ce travail de thèse porte sur la manière dont s'actualise la tension entre diversité des contenus pris en charge par des enseignants eux-mêmes très divers, d'une part, et prescriptions et recommandations tendant à uniformiser les pratiques d'enseignement d'autre part. Un point de vue didactique est mobilisé pour analyser les pratiques d'enseignement déclarées et effectives. En considérant l'enseignement des sciences et de la technologie comme intégration d'une culture spécifique, l'analyse est organisée selon trois axes : comment les enseignants construisent-ils les contenus en éducation scientifique et technologique ? Comment les contenus et leur construction spécifient-ils la pratique d'enseignement et d'apprentissage à l'école élémentaire ? Et comment les contenus interagissent avec le contexte de leur transmission ? Ce travail de thèse propose ainsi trois contributions.

D'un point de vue conceptuel, nous proposons un cadre conceptuel qui articule trois concepts didactiques centraux : *contenu*, *médiation didactique* et *performance didactique*. Le concept de contenu recouvre « *de multiples objets, de natures cognitives différentes : savoirs, savoir-faire, compétences, rapports à, valeurs, comportements, etc.* » (Daunay, 2015, p. 25). Il peut être défini comme « *ce dont un système didactique peut susciter l'apprentissage par les apprenants du fait d'un enseignement* » (*ibid.*, p. 28). Une telle définition permet d'approcher le processus d'enseignement et d'apprentissage, sans préjuger ni de la diversité des réalités que recouvre le contenu impliqué (savoirs, savoir-faire, etc.) ni de son mode d'organisation (disciplinaire ou non). Le contenu en jeu est marqué, voire déterminé, par les rapports sociaux caractéristiques des conditions de sa production. Dans une perspective qui évacue toute appropriation immédiate, le rapport de l'élève au contenu est un rapport d'objectivation (Freitag, 1986 ; Lenoir, 1996). Nous considérons que ce rapport se réalise à travers une double médiation : d'une part, une médiation cognitive interne au processus d'objectivation élève-contenu ; d'autre part une médiation externe, la médiation didactique (Lenoir, 1996). La médiation didactique porte sur le faire de l'élève, et plus spécifiquement sur la manifestation du rapport d'objectivation qui s'établit entre l'élève et le contenu (Lenoir *et al.*, 2007). L'expression manifeste, interprétée par l'enseignant du rapport de l'élève au contenu, est désignée par performance didactique. Reuter définit la performance didactique comme « *le faire de sujet(s) didactique(s) en tant qu'il a été (re)construit par les acteurs déterminés en*

fonction de leurs questions dans une perspective évaluative » (Reuter, 2011, p. 134). Notre travail montre ainsi la pertinence de l'étude des situations d'enseignement et d'apprentissage au travers du concept de médiation conçu comme action sur les performances didactiques des élèves et, en retour, comme action des performances didactiques des élèves sur la médiation de l'enseignant.

D'un point de vue méthodologique, notre travail rend opérationnel le concept de médiation par la définition des fonctions de la médiation et des modalités de langages associées, par la catégorisation des contenus en éducation scientifique et technologique, par la description dense des situations d'enseignement et d'apprentissages à différentes échelles et selon diverses entrées. Il se situe dans une approche compréhensive et exploratoire organisée selon une étude de cas multiple. Deux groupes d'enseignants issus de deux écoles élémentaires sont alors sollicités. La construction des contenus par ces derniers est analysée en se référant, d'une part à leurs discours recueillis par des entretiens semi-directifs et relatés dans leurs fiches de préparation, d'autre part à partir de données issues de l'observation de situations de classe effectives. La méthodologie s'est progressivement constituée et de manière ouverte : sans s'affranchir d'un cadre d'analyse précis, elle s'est adaptée à la situation étudiée, aux contenus et à leur nature, leur spatialisation et leur temporalité. Au risque de se priver de résultats issus de la systématisation d'outils d'analyse, notre approche permet de créer des formes originales d'analyse et des résultats avec le souci de ne pas s'éloigner d'un cadre rigoureux mais sans qu'il ne soit contraignant. Néanmoins cette réflexion méthodologique construite peu à peu au cours de ces années de cheminement lors des cinq années de thèse demande encore à être clarifiée et discutée.

Notre approche considère les situations d'enseignement-apprentissages à partir de trois composants intimement liés : les contenus, le fonctionnement spatiotemporel des contenus et les actions sur les contenus qui les mettent en mouvement en situation. Dans une perspective didactique, étudier une situation d'enseignement-apprentissage c'est avant tout s'intéresser aux contenus, et dans notre cas aux contenus en éducation scientifique et technologique. Nous considérons que les contenus vivent au sein du système didactique et s'expriment selon deux dimensions : une dimension spatiale et une dimension temporelle. Au niveau temporel les contenus s'expriment à différentes échelles temporelles et suivent une évolution dans le temps au sein de la séquence, selon la logique de construction de la DI en ce qui nous concerne, de la séance ou d'un moment de la DI. Les contenus apparaissent, disparaissent, émergent,

évoluent et se transforment. Les acteurs, principalement l'enseignant, opèrent des sélections parmi les contenus vivant dans la situation. Au niveau spatial les contenus prennent place dans l'espace au niveau de la classe et de son aménagement, au niveau du tableau, de l'affichage, de l'organisation spatiale des temps de travail (individuel, par deux, en groupes), de l'organisation matériel lors des activités. Ils s'expriment au travers des outils, des instruments, des objets d'études vivants ou appartenant au monde de la matière et des objets, des objets de réalisation matérielle (carton, attache parisiennes, balles, collants, filtres à café, etc.), des maquettes, des manuels scolaires, des fiches d'activité, etc. Les contenus circulent dans l'espace des transactions entre les acteurs, vivent chez les acteurs de la situation (enseignants, élèves, accompagnateurs ASTEP), etc. Nous considérons que les dimensions spatiales et temporelles sont indissociablement liées, qu'étudier la circulation des contenus dans l'espace ne peut se concevoir qu'au travers de leur circulation temporelle. Étudier les contenus d'une situation d'enseignement-apprentissage, c'est les envisager selon une perspective tridimensionnelle constitué d'un ensemble de plans spatiaux superposés temporellement, pour chacun desquels les contenus occupent une position différente à chaque étape temporelle. Nous considérons que les contenus sont mis en mouvement dans un espace-temps didactique sous l'influence des actions des acteurs. Un contenu dans l'esprit d'un acteur est mis en mouvement dans la transaction enseignant-élèves. Un contenu visé est mis en mouvement au cours des actions de médiations de l'enseignant. Un contenu émerge et vit par l'action en retour d'un élève sur la médiation de l'enseignant. Ce sont les diverses actions des acteurs, actions de médiation didactique de l'enseignant et actions en retour des élèves, qui « déforment » l'espace-temps didactique et mettent en mouvement les contenus. Nous considérons que la mise en mouvement des contenus constitue à la fois un des moteurs d'apprentissage pour les élèves et contribue à la construction des contenus, en situations, chez les enseignants (construction des contenus à enseigner, construction des logiques de la DI, construction des modes d'engagements des élèves dans l'activité). Cette manière de concevoir les situations d'enseignement-apprentissages peut être représentée par le schéma de la Figure 135.

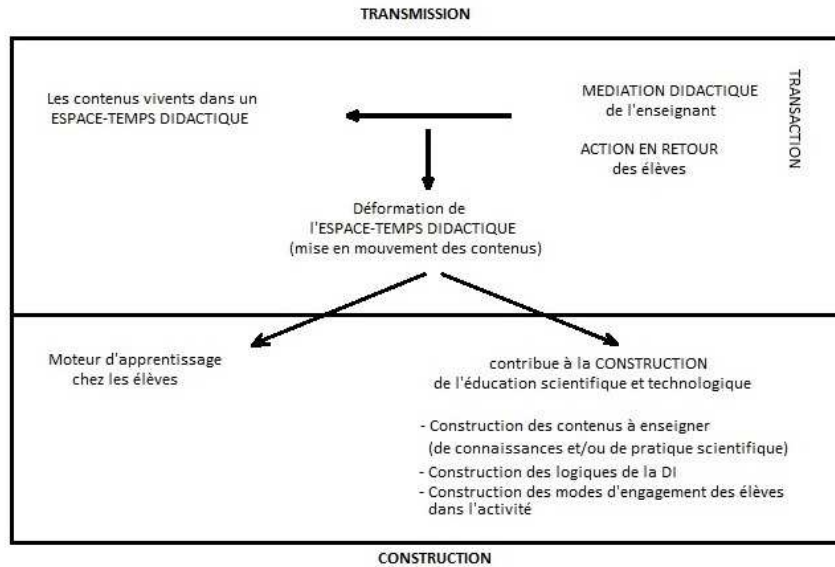


Figure 135. Schéma des situations d'enseignement-apprentissage

Cette approche des contenus s'inscrit par conséquent dans la lignée des travaux qui envisagent les situations d'enseignement et d'apprentissages en tant que dispositif (Zaid, 2015). Nous considérons, en effet, qu'une situation d'enseignement-apprentissage (situation ordinaire, situation ASTEP) constitue un ensemble hétérogène dont la fonction dominante est l'enseignement et l'apprentissage de contenus scientifiques et technologiques à différents niveaux. Elle est caractérisée par une hétérogénéité des acteurs, enseignant et accompagnateurs, des cultures, mais plus particulièrement des élèves, qui construisent les contenus et leur enseignement de manières différentes ; par une hétérogénéité de transmission des contenus construits en situation de manière personnelle au travers des médiations à fonctions différentes impliquant des modes d'engagement des élèves dans l'activité différents, d'outils de médiation différents, de modalités de langages différentes ; par une hétérogénéité d'action, enseignant seul ou en présence des accompagnateurs; par une hétérogénéité de construction du statut des acteurs qui implique des formes d'accompagnement différentes. La construction et la transmission des contenus impliqués dans le dispositif d'enseignement-apprentissage, soumis à de multiples influences, impliquent des pratiques d'enseignement diverses s'opposant à la tendance à l'uniformisation de l'enseignement par investigation.

D'un point de vue des contributions de recherche en tant que telles, notre travail de thèse met en évidence une multiplicité de constructions des contenus de la matière « sciences et technologie » à l'école élémentaire, en tension avec la tendance d'uniformisation prescrite. L'analyse des pratiques déclarées et effectives montre que les enseignants construisent deux types de contenus, d'une part des contenus de connaissances et d'autre part des contenus de

pratique scientifique ; que la démarche d'investigation est construite de deux manières, l'une cumulative où c'est l'enseignant qui dirige la construction des savoirs pas à pas, l'autre où l'enseignant laisse davantage l'élève construire les savoirs selon son propre cheminement. La seconde forme de construction présentant davantage de critères d'authenticité par rapport aux pratiques des scientifiques. L'analyse de la pratique effective montre que les médiations des enseignants varient selon les contenus et les thématiques abordées et impliquent, plus particulièrement, deux types d'engagement des élèves dans l'activité (élèves chercheurs / élèves trouveurs). Du point de vue de l'interaction entre les contenus et le contexte de la pratique d'enseignement, dans le cadre d'un dispositif d'accompagnement des enseignants (l'ASTEP), nous mettons en évidence un partage des rôles caractérisé par une distinction marquée tant par le temps et l'espace occupés que par les types de médiations didactiques mobilisés par l'enseignant et l'accompagnateur.

Les tensions ainsi mises en évidence, pouvant être à l'origine des difficultés à enseigner en cohérence avec le projet de l'éducation scientifique et technologique à l'école élémentaire, permettent d'esquisser des pistes aussi bien de recherche que d'intervention tant en ce qui concerne l'élaboration des contenus de la matière « sciences et technologie » qu'en ce qui concerne la formation à l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire....

Pour ce qui est de la recherche, nos résultats nécessitent d'être systématisés, par une approche quantitative pour mettre à l'épreuve notre cadre théorique et nos résultats en multipliant par exemple, les observations en classe ou en effectuant des études par questionnaire. L'observation de différentes situations de classe à propos de divers contenus en éducation scientifique et technologique mais aussi dans d'autres matières scolaires, à différents niveaux de classe, pour différents enseignants (expérimentés et débutants), dans différents contextes scolaires nous permettrait d'enrichir notre approche didactique de la médiation et la construction interactive des contenus par les enseignants. Enfin l'étude de nouveau dispositif ASTEP faisant intervenir des accompagnateurs à culture différente de celle des ingénieurs de notre étude ainsi que l'étude de dispositifs différents tels que les maisons pour la sciences permettrait l'étude des formes de médiations dans ces dispositifs différents.

Pour ce qui est de l'intervention, notre étude peut amener à réfléchir au choix des contenus à enseigner inscrits dans une vision de l'éducation scientifique en tant que pratique culturelle. En effet, une prescription qui donne aux contenus de pratique scientifique une place centrale permettrait d'amener les élèves à chercher en mobilisant des contenus de pratique scientifique

afin de trouver des contenus de connaissances. Les situations d'enseignement-apprentissage pourrait être construite, dans ce cas, autour d'une démarche d'investigation conçue comme une démarche scientifique scolaire engageant les élèves à suivre leur propre cheminement, à mettre en œuvre leur propre questionnement, leurs propres hypothèses, leurs propre investigations afin de construire des connaissances nouvelles dépendants du questionnement et non de l'attendu des programmes et de l'enseignant. Les contenus de connaissances prescrits prendraient une forme générale au travers de grand thèmes à aborder (biologie humaine, écologie, matière, énergie, électricité, etc...). Au niveau de la formation des enseignants, notre étude suggère de prendre en compte le fait que le public d'étudiants est fait d'individus qui construisent individuellement les contenus (en interaction avec le contexte et autres acteurs) et qu'aborder les contenus de pratique scientifique pourrait se faire en mettant les étudiants face à des situations les amenant à s'engager dans l'activité en tant qu'étudiant-chercheurs.

Références bibliographiques

- Albé, V. et Orange, C. (2010). Sciences des scientifiques et sciences scolaires. *RDST*, (2), 19-26.
- Allain, J. C. (1995_a). Séismes, éruptions volcaniques et intérieur de la Terre : conceptions d'élèves de huit à dix ans. *Aster*, (20), 43-60.
- Allain, J. C. (1995_b). Un dispositif didactique utilisant des images pour faire évoluer les conceptions des élèves de dix ans sur les séismes. *Aster*, (21), 109-135.
- Altet, M. (2001). *Demande de création d'un réseau présentée au ministère de la recherche, MSU-DS7. Réseau OPEN, réseau d'observation des pratiques enseignantes*. Nantes : Université de Nantes.
- Altet M., Bru M. et Blanchard-Laville C. (2012) *Observer les pratiques enseignantes*. Paris : L'Harmattan.
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for science literacy: A Project 2061 report*. New York : Oxford University Press.
- Amossy, R. (2010). *La présentation de soi. Ethos et identité verbale*. Paris : PUF.
- Astolfi, J.P. (1992). *L'école pour apprendre*. Paris : ESF.
- Astolfi, J.P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. et Toussaint, J. (1997). *Mots clés de la didactiques des sciences. Repères, définitions, bibliographie. Pratiques pédagogiques*. Paris, Bruxelles : De Boeck Université.
- Bachelard, G. (1996 [1938]). *La formation de l'esprit scientifique*. (16^{ème} tirage) Paris : Librairie philosophique Vrin.
- Bakhtine, M. M. (1984 [1963]). *Problems of Dostoievsky's Poetics*, Minneapolis : University of Minnesota Press.
- Bakhtine, M. M. (2003 [1979]). *Problemas de la poética de Dostoievski*, (2^{ème} ed.). Madrid : Fondo de Cultura Económica.
- Barab, S. A. et Hay, K. E. (2001). Doing science at the elbows of experts: issues related to the science apprenticeship camp. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(1), 70-102.
- Barth, B. M. (1988). *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris : Retz.
- Bell, R. L. (2009). Teaching the Nature of Science: three critical questions. *Best practices in Science Education*. Repéré à http://www.ngspscience.com/profdev/Monographs/SCL22-0449A_SCI_AM_Bell_lores.pdf
- Bisault, J. (2010). Des moments de sciences à l'école primaire : quelles références pour quelles constructions scolaires ? *RDST*, (2), 53-77.
- Bisault, J. (2012). Contribution à l'élaboration curriculaire d'une éducation scientifique à l'école primaire. Modélisation des moments à visée scientifiques. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches. Ecole normale supérieure de Cachan
- Bisault, J., Boyer C., Degret, P. et Ledrapier, C. (2009). Des moments de sciences à l'école primaire : textes officiels et documents de préparation des enseignants. *Spirale*, (43), 41-73.
- Blanchet, A. et Gotman, A. (2007). *L'enquête et ses méthodes. L'entretien*. Paris : Armand Colin.

- Boilevin, J. M. et Morge, L. (2007). *Repérer et analyser des séquences d'investigation : quels critères ? des exemples*. Actes des 55èmes journées nationales de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie. Paris. Repéré à http://actescongres.udppc.asso.fr/index.php?page=fiche_ev&num_ev=158
- Boilevin, J. M., Brandt-Pomares, P., Givry, D. et Pedregosa, A. (2012). L'enseignement des sciences et de la technologie fondé sur l'investigation. Étude d'un dispositif collaboratif entre enseignants de collège et chercheurs en didactique. Dans B. Calmettes (dir), *Didactique des sciences et démarches d'investigation : Références, représentations, pratiques et formation* (p. 241-259). Paris : L'Harmattan.
- Boillot-Grenon, F. (1999). Clarifier les représentations des partenaires de l'éducation relatives à l'environnement. *Aster*, (29), 61-84.
- Borko, H. et Putnam, R. (1996). Learning to teach. Dans D. Berliner et R. Calfee (dir). *Handbook of educational psychology* (p. 673-708). New york : MacMillan.
- Brousseau, G. (2009). Le cas de Gaël revisité (1999-2009). Repéré à : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00582620/document>
- Bruguière, C. et Lacotte, J. (2001). Fonctions du cahier d'expériences et rôle de la médiation enseignante dans un dispositif la main à la pâte en cycle 3. *Aster*, (33), 135-161.
- Bruner, J. (1991). *...car la culture donne forme à l'esprit. De la révolution cognitive à la psychologie culturelle*. Paris : Editions Eshel.
- Bruner, J. (2008). *L'éducation entrée dans la culture. Les problèmes de l'école à la lumière de la psychologie culturelle*. Paris : Retz.
- Bucheton, D. et Soulé, Y. (2009). Les gestes professionnels et le jeu des postures de l'enseignant dans la classe : un multi-agenda de préoccupations enchâssées. *Éducation et didactique*, 3(3), 29-48.
- Caillé, A. (1995). *L'enseignement des sciences de la nature au primaire*. Sainte-Foy : Presses de l'université du Québec.
- Caillot, M., (2014). Les rapports au savoir des élèves et des enseignants. Dans M. C. Bernard, A. Savard et C. Beaucher, C. (dir.). *Le rapport aux savoirs : une clé pour analyser les épistémologies enseignantes et les pratiques de classe*. Québec : Livres en ligne du CRIRES. repéré à http://lel.crires.ulaval.ca/public/le_rapport_aux_savoirs.pdf
- Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques de classe. *Spirale*, (43), 139-148.b
- Carlsen, W. S. (1998). Engineering Design in the Classroom: Is it Good Science Education or Is it Revolting? *Research in Science Education*, 28(1), 51-63.
- Cariou, J. Y. (2010). Tentative de détermination de l'authenticité des démarches d'investigation. Actes des journées scientifiques DIES. 57-66. Repéré à <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/dies2010/dies-2010-actes-complet.pdf>
- Cariou, J. Y. (2013). Démarche d'investigation : en veut-on vraiment ? Regard décalé et proposition d'un cadre didactique. *RDST*, (7) 137-166.
- Chervel, A. (1988). L'histoire des disciplines scolaires. Réflexions sur un domaine de recherche. *Histoire de l'éducation*, (38), 59-119. Paris : INRP.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique*. Grenoble : La pensée sauvage.

- Cohen-Azria, C., Lahanier-Reuter, D. et Reuter, Y. (dir.) (2013). *Conscience disciplinaire. Les représentations des disciplines à la fin de l'école primaire*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Cohen-Azria, C. (2013). Sciences : configurations et conscience disciplinaire. Dans C. Cohen-Azria, D. Lahanier-Reuter et Y. Reuter (dir.). *Conscience disciplinaire. Les représentations des disciplines à la fin de l'école primaire (75-87)*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Collins, A. (2006). Cognitive apprentice ship. Dans K. Sawyer (dir.), *The Cambridge handbook of the learning sciences*, (47–60). New York : Cambridge University Press.
- Coquidé, M. (1998). L'enseignement scientifique vu par les enseignants. Les pratiques expérimentales : Propos d'enseignants et conceptions officielles. *Aster* (26), 109-132.
- Coquidé, M. (2003). Face à l'expérimental scolaire. Dans J.P. Astolfi (dir), *Education et formation : nouvelles questions, nouveaux métiers* (153-180). Paris : ESF.
- Coquidé, M., Fortin, C. et Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, (49), 49-76.
- Crahay, M., Wanlin, P., Issaieva, E. et Laduron I., (2010). Fonctions, structuration et évolution des croyances (et connaissances) des enseignants. *Revue française de pédagogie*, (172),85-129.
- Daunay, B. (2008). Performances et apprentissages disciplinaires. *Les Cahiers Théodile*, (9), 7-24.
- Daunay, B. (2015). Contenus et disciplines : une problématique didactique. Dans B. Daunay, C. Fluckiger et R. Hassan (dir.). *Les contenus d'enseignement et d'apprentissages. Approches didactiques* (19-41). Pessac : Presse universitaire de Bordeaux.
- Delannoy-Courdent, A. et Delcambre, I. (2007). Pratiques langagières du maître et construction d'un rapport aux pratiques d'enseignement scientifique. *Aster*, (45), 113-138.
- Delcambre, I. (2010, 2013). Contenus d'enseignement et d'apprentissages. Dans Y. Reuter (dir.), C. Cohen-Azria, B. Daunay, I. Delcambre, et D. Lahanier-Reuter. *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques* (41-51). Bruxelles : De Boeck.
- Denizot, N. (2014). Un exercice peut-il être un contenu disciplinaire ? La cas de la dissertation. Dans B. Daunay, C. Fluckiger, R. Hassan (dir). *Les contenus d'enseignement et d'apprentissages. Approches didactiques* (46-59). Presse universitaire de Bordeaux.
- Désautels, J. et Larochelle, M. (2004). Forme scolaire, éducation aux sciences et pratique de la critique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(4), 515-528.
- De Vecchi, G. (1987). Utilisation des représentations enfantines en biologie et formation des maîtres. *Aster*, (3), 223-239.
- De Vecchi, G. et Giordan, A. (2002). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche » ?* Nice : Z'édition.
- DGESCO. (2016). *Bilan national de mise en œuvre de l'accompagnement en science et technologie à l'école primaire - ASTEP*. Repéré à http://cache.media.eduscol.education.fr/file/sciences/98/6/Bilan_ASTEP_2016_MEN_MAP_pour_eduscol_614986.pdf
- Dumas-Carré, A. et Weil-Barais, A. (1998). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne : Peter Lang.
- Hengel, S. et Randall, K. (2009). How teachers respond to children's inquiry. *Journal American Educational Research*, 46(1), 183-202.

- Espéret, E. (1984). Processus de production. Genèse et rôle du schéma narratif dans la conduite de récits. Dans M. Moscato et G. Pierrault-Le Bonniec (dir.). *Le langage. Construction et actualisation*. Rouen : publications de l'université de Rouen.
- Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., David, R., Jordan, R., et Hmelo-Silver, C. E. (2010). Design and Reflection Help Students Develop Scientific Abilities : Learning in Introductory Physics Laboratories. *Journal of Learning Sciences*, 19(1), 54–98.
- Fabre, M. (1993). De la résolution de problème à la problématisation. *Les sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle*, 4(5), 71-101.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF.
- Feuerstein, R. (1990). The theory of structural modifiability. Dans B. Presseisen (dir.), *Learning and thinking styles : Classroom interaction*. Washington, DC : National Education Associations.
- Flageul, R. et Coquidé, M. (1999). Conceptions d'étudiants professeurs des écoles sur l'expérimentation et obstacles corrélatifs a sa mise en œuvre à l'école élémentaire. *Aster* (28), 33-55.
- Fourez, G. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique. Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Freitag, M. (1986). *Dialectique et société*. Paris et Montréal: L'âge d'homme – Éditions coopératives Albert Saint-Martin.
- Furtak, E. M. et Alonzo, A. C. (2010). The Role of Content in Inquiry-Based Elementary Science Lessons: An Analysis of Teacher Beliefs and Enactment. *Research in Science Education*, (40), 425–449.
- Galili, I. et 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(7), 3-15.
- Gardet, G. et Caumeil, J. G. (2009). Étude des conversations lors d'un accompagnement scientifique à l'école primaire. *Aster*, (49), 137-156.
- Gee, J. P. (2008). *Social Linguistics and Literacies Ideology in discourses* (3^{ème} édition). New York and Abingdon : Routledge.
- Giordan, A. et De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir*. Neufchatel et Paris : Delachaux et Niestlé.
- Glomeron, F. et Lebeaume, J. (1996). Étude des représentations de la technologie et de son enseignement chez les étudiants de licence du secteur tertiaire. *Aster*, (23), 43-59.
- Goffard, M. et Dumas-Carré, A. (1998). Résolution de problèmes et interactions professeur-élèves. Dans A. Dumas-Carré et A. Weil-Barais (157-175). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne : Peter Lang.
- Guichard, J. (1988). Représentations des enfants à propos des fourmis et conception d'un outil muséologique. *Aster*, (6), 213-236.
- Harris-Willcuts, M. (2009). *Scientist-Teacher Partnerships as Professional Development: An Action Research Study. Report Prepared for the U.S. Department of Energy Pacific Northwest*. Washington: National Laboratory Richland.
- Harvey, O. (1986). Belief systems and attitudes toward the death penalty and other punishments. *Journal of Personality*, 54(4), 659-675.

- Hassan, R. (2011). Analyser des performances : un examen à partir de la didactique de l'oral, *Recherches en didactiques*, (11), 143-162.
- Hassan, R. (2013). Français : configurations et conscience disciplinaire. Dans C. Cohen-Azria, D. Lahanier-Reuter et Y. Reuter (dir.). *Conscience disciplinaire. Les représentations des disciplines à la fin de l'école primaire* (47-60). Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Henderson, B., Charlesworth, W. R. et Gamradt, J. (1982). Children's exploratory behavior in a novel field setting. *Ethology and Sociobiology*, (3), 93-99.
- Hidi, S. et Renninger, K. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, (41), 111-127.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
- Houseal, A. K., Abd-El-Khalick, F. et Destefano, L. (2014). Impact of a Student-Teacher-Scientist Partnership on Students' and Teachers' Content Knowledge, Attitudes Toward Science, and Pedagogical Practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 84-115.
- Jaipal, K. (2009). Meaning making through multiple modalities in a biology classroom : a multimodal semiotics discourse analysis. Wiley InterScience. Repéré à <http://www.interscience.wiley.com>
- Janvier, C. et Lapointe, Y. (1998). Étude de la tutelle dans des activités de modélisation en optique. Dans A. Dumas-Carré et A. Weil-Barais, *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique* (123-141). Berne : Peter Lang.
- Jewitt, C. (2009). *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis*. London: RoutledgeFalmer.
- Jewitt, C. et Kress, G. (2003). Multimodal research in education. Dans S. Goodman, T. Lillis, J. Maybin et N. Mercer (dir.), *Language, Literacy and Education: A Reader* (277-292). Stoke on Trent : Trentham Books /Open University.
- Jimenez-Valladares, J. D. et Perales-Palacios, F. J. (2002). Modélisation et représentation graphique de concepts. *Bulletin de l'union des physiciens*, (96), 397-417.
- Joigneaux, C. (2008). Forme scolaire. Dans A. Van Zanten (dir), *dictionnaire de l'éducation*, (347-349). Paris : PUF.
- Jones, M.T. et Eick, C. J. (2007). Implementing inquiry kit curriculum: obstacles, adaptations, and practical knowledge development in two middle school science teachers. *Science Education*, 91(3), 492-513.
- Jovenet, A. M. (2008). Rencontre improbable entre deux concepts : silence et performance. *Les Cahiers Theodile*, (9), 79-98.
- Katz, R. L. (1974). Skill of an effective administrator. *Harvard Business Review*, 52(5), 90-102. Repéré à <https://hbr.org/1974/09/skills-of-an-effective-administrator>
- Kirch, S. A. (2007a). Skepticism and open-mindedness for learning, teaching and criticality in science. *Cultural Studies of Science Education*, 2(4), 841-845.
- Kirch, S. A. (2007b). Re/Production of science process skills and a scientific ethos in an early childhood classroom. *Cultural Studies of Science Education*, 2(4), 785-815.
- Koliopoulos, D. et Ravanis K. (1998). L'enseignement de l'énergie au collège vu par les enseignants. Grille d'analyse de leurs conceptions. *Aster*, (26), 165-182.
- Kress, G. (2013, octobre). Multimodal discourse analysis. Communication à l'école thématique Visa, Brest. Repéré à <https://visa2013.sciencesconf.org/resource/page/id/6>

- Lacotte, J. et Bruguière, C. (2004). L'intervention d'un expert en classe favorise-t-elle la construction d'une démarche explicative chez les élèves ? *Aster*, (38), 15-39.
- Lafosse-Marin, M. O. (2004). L'accompagnement scientifique en primaire à travers les interactions langagières. *Aster*, (38), 41-67.
- Lafosse-Marin, M. O. (2012). L'ASTEP - COSTEP : une coopération efficiente entre un étudiant en sciences et un professeur des écoles dans sa classe. Communication aux rencontres Internationales de la Culture Scientifique, Technique et Industrielle, Nancy. Repéré à <http://www.jhc2012.eu/images/partenaires/lafosse.pdf>
- Lahanier-Reuter, D. (2008). Performances et apprentissages en didactique des mathématiques. *Les Cahiers Théodile*, (9), 43-56.
- Lahanier-Reuter, D. (2013). Mathématiques : configurations et conscience disciplinaire. Dans C. Cohen-Azria, D. Lahanier-Reuter et Y. Reuter (dir.). *Conscience disciplinaire. Les représentations des disciplines à la fin de l'école primaire* (61-74). Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Lahanier-Reuter, D. et Reuter, Y., (2007). L'analyse de la discipline. quelques problèmes pour la recherche en didactique, dans E. Falardeau, C. Fisher, C. Simard et N. Sorin (dir.), *La didactique du français. Les voies actuelles de la recherche* (27-42), Québec : Presses de l'Université Laval.
- Lahire, B. (1993). *Culture écrite et inégalités scolaires. Sociologie de l'"échec scolaire" à l'école primaire*. Lyon : Presses universitaires de Lyon (PUL).
- Lakin, S. et Wellington, J. (1994). Qui enseignera l'épistémologie des sciences ? Conceptions d'enseignants sur la science et conséquences pour l'enseignement des sciences *Aster*, (19), 175-193.
- LAMAP (2007). Guide de découverte. L'ASTEP. Repéré à http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/astep/PDF/guide_fr.pdf
- Lebeaume, J. (2000). *L'éducation technologique. Histoires et méthodes*. Issy les Moulineaux, ESF.
- Lebeaume, J. (2011). L'éducation technologique au collège : un enseignement pour questionner la refondation du curriculum et les réorientations des disciplines. *Éducation & didactique*, 5(2), 7-22.
- Lebeaume, J. (2013). Cohen-Azria Cora, Lahanier-Reuter Dominique & Reuter Yves (dir.). *Conscience disciplinaire. Les représentations des disciplines à la fin de l'école primaire. Revue française de pédagogie* (185), 165-167. Repéré à <http://rfp.revues.org/4320>
- Lebeaume, J. et Martinand, J. L. (dir.) (1998). *Enseigner la technologie au collège*. Paris : Hachette Éducation.
- Ledrapier, C. (2009). Découvrir le monde à l'école maternelle : Analyses croisées des préparations de séquences de sciences et de l'observation des pratiques correspondantes. Sixièmes journées scientifiques de l'ARDiST. Nantes. Repéré à http://www.ardist.org/wp-content/textes%20communications/18_Ledrapier%20C
- Lemeignan, G. et Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris : Hachette Education.
- Lemke, J. (1990). *Talking sciences. Language, learning and values*. Collection language et educational processes. Norwood : Ablex publishing corporation.

- Lemke, J. (1998). Teaching all the languages of Science: Words, Symbols, Images, and Actions. Communication présentée à la Conférence of sciences education of Barcelona. Barcelone. repéré à <http://www.jaylemke.com/storage/new-pdfs/Barcelona-Languages-of-science.pdf>
- Lemke, J. (2000). Across the Scales of Time : Artifacts, Activities, and Meanings in Ecosocial Systems. *Mind, Culture, and Activity*, 7(4), 273-290.
- Lenoir, Y. (1996). Médiation cognitive et médiation didactique. Dans C. Raïsky et M. Caillot, *Au-delà des didactiques, le didactique. Débats autour de concepts fédérateurs* (223-251). Paris : Perspectives en éducation, De Boeck Université.
- Lenoir, Y. (2009). L'intervention éducative, un construit théorique pour analyser les pratiques d'enseignement. *Les nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 12(1), 9-29.
- Lenoir, Y., Maubant, P., Hasni, A., Lebrun, J., Zaid, A., Habboub, E. et Mc Connel, A.C. (2007). A la recherche d'une cadre conceptuel pour analyser les pratiques d'enseignement. *Document du CRIE et de la CRCIE (nouvelle série N°2)*. Faculté d'éducation. Université de Sherbrooke.
- Lenoir, Y., Maubant, P., Zaid, A. (2012). L'analyse des pratiques d'enseignement : éléments de cadrage et rationnel sous-tendant le dispositif méthodologique. Dans J. Clanet (dir.), *Pratiques enseignantes. Quels ancrages théoriques pour quelles recherches ?* (117-138). Paris : L'Harmattan.
- Lin, M. Y. (2007). What's the use of «Triadic Dialogic» ? : Acitivity théorie, conversation analysis of pédagogiqueal practices. *Pedagogies : an international journal*, 2(2). 77-94.
- Luft, J. A. (2001). Changing inquiry practices and beliefs: the impact of an inquiry-based professional development program on beginning and experienced secondary science teacher. *International Journal of Science Education*, 23(5), 517-534.
- Maingueneau, D. (2004). *Le discours littéraire. Paratopie et scène d'énonciation*. Paris : Colin.
- Manning, P. (1982). How much Elementary Science is Really Being Thought ? *Science and Children*, (19), 40-41.
- Marlot, C. (2008). *Caractérisation des transactions didactiques : deux études de cas en Découverte du Monde Vivant au cycle II de l'école élémentaire*. Thèse de doctorat. Université Européenne de Bretagne Rennes II.
- Marlot, C. (2009a). 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. Sixièmes journées scientifiques de l'ARDIST. Nantes. Repéré à http://www.ardist.org/wp-content/textes%20communications/21_Marlot%20C
- Marlot, C. (2009b). Glissement de jeux d'apprentissage scientifiques et épistémologie pratique de professeurs au CP. *Aster*, (49), 109-136.
- Marlot, C., (2012) Glissement de jeu d'apprentissage et capital d'adéquation des élèves : une mise en synergie pour penser la relation efficacité/équité dans les pratiques du professeur à l'école élémentaire. *Jeux de savoir*, 131-153. Presses Universitaires de Rennes. Repéré à https://halshs.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/712677/filename/_MARLOT_jeux_de_savoir_version_auteur_pr_A_print.pdf
- Mathé, S., Méheut, M. et De Hosson, C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia*, (32), 41-76.
- Martinand, J. L. (1981). Pratiques sociales de référence et compétences techniques. A propos d'un projet d'initiation aux techniques de fabrication mécanique en classe de quatrième. Dans A.

- Giordan (dir.), *Diffusion et appropriation du savoir scientifique: enseignement et vulgarisation* (149-154). Actes des Troisièmes Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique. Paris : Université Paris 7.
- Martinand, J. L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- Martinand, J. L. (2003). La question de la référence en didactique du curriculum. *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2), 125-130.
- Martinand, J.-L., (2011). La didactique curriculaire. Eléments d'une problématique. Conférence invitée dans le cadre du séminaire de l'équipe Théodile, Université de Lille 3.
- Martinand, J. L., Reuter, Y. et Lebeaume, J. (2007). Entretien : Contenus, didactiques, disciplines, formation. *Recherche et formation*, (55), 107-117.
- Maw, W. H. et Maw, E. W. (1972). Differences between high- and low-curiosity fifthgrade children in their recognition of verbal absurdities. *Journal of Educational Psychology*, (63), 558-562.
- McGregor, D. (2011). *Researching beginning science, maths and english teachers' pedagogies. Applying learning theory to inform enriched planning and practice. Report to Subject Centre for Education, ESCalate*. York : The Higher Education Academy.
- Mein, M. T. (1988). Les représentations du cerveau : modèles historique. *Aster*,(7), 185-204.
- MEN. (2001). *Repères pour la mise en œuvre d'une démarche répondant au schéma : « du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience »*. Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, Direction de l'enseignement scolaire, Groupe technique associé au Comité de suivi du Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école. Repéré à <http://eduscol.education.fr/cid46578/reperes-pour-la-mise-en-oeuvre-d-une-demarche-%A0duquestionnement-a-la-connaissance-en-passant-par-l-experience%A0.html>
- MEN. (2004). *Accompagnement en sciences et technologie à l'école primaire (ASTEP). La charte*. Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, Direction de l'enseignement scolaire. Repéré à http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/astep/PDF/charte_accompagnement.pdf
- MEN. (2008). *Programmes d'enseignement de l'école primaire. BOÉN hors-série n° 3 du 19 juin 2008*. Repéré à <http://www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/default.htm>
- MEN. (2012). *Programmes d'enseignement de l'école primaire. BOÉN n° 1 du 5 janvier 2012*. Repéré à http://media.education.gouv.fr/file/1/58/7/programmes_ecole-primaire_203587.pdf
- Mérier, P. (1991). *Apprendre... oui mais comment ?* (8^{ème} édition). Paris : ESF.
- Merton, R. K. (1942). The Normative Structure of Sciences. Dans N. W. Storer (dir.), *The sociology of sciences* (267-278). Chicago : university of Chicago Press.
- Migne, J. (1970). Pédagogie et représentation. *Education permanente*, (8), 67-87.
- Miles, M. B. et Huberman, A. M. (2003). *Analyse des données qualitatives*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.
- Minstrell, J. (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. Dans R. Duit, F. Goldberg et H. Niedderer (dir.), *Research in physics learning : Theoretical issues and empirical studies* (110-128). Kiel : IPN.
- Monod-Ansaldi, R. et Prieur M. (dir.) (2011). Démarches d'investigation dans l'enseignement secondaire : représentations des enseignants de mathématiques, SPC, SVT et technologie.

Lyon : IFÉ-ENS de Lyon. Repéré à <http://ife.ens-lyon.fr/ife/ressources-et-services/ocep/dispositifs/DI/rapport-DI>

- Morge, L. et Boilevin, J. M. (Dir.) (2007) *Séquences d'investigation en physique – chimie... recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand : scérén, collection : repères pour agir, CRDP d'Auvergne.
- Mortimer, E. F. et Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Berkshire : McGraw-Hill Professional Publishing.
- Mortimer, E. F., Scott, P. et El-Hani, C. N. (2011). The heterogeneity of discourse in science classrooms : The conceptual profile approach. Dans B. J. Fraser, K. Tobin, et C. J. McRobbie (dir.), *Second international handbook of science education*, (231–246), Dordrecht.
- Moscovici, S. (1961). *La psychanalyse, son image et son public*. Paris : PUF.
- National Research Council [NRC] (1996). *National science education standards*. Washington, DC : National. Academy of Sciences.
- Nunes, T. (1999). Mathématiques learning as the socialization of the mind. *Mind, Culture, and Activity*. (6), 33-52.
- Ohlsson, S. (1996). Learning to do and learning to understand : a lesson and a challenge for cognitive modeling. Dans P. Reiman et H. Spada (dir.), *Learning in Humans and Machine* (37-62). Oxford : Pergamon Elsevier Science.
- Orange, C. (1997). *Problème et modélisation en biologie. Quels apprentissages pour le lycée ?* Paris, PUF.
- Orange, C. (2005a). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, (40), 3-11.
- Orange, C. (2005b). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les sciences de l'éducation- Pour l'Ère nouvelle*, 38(3), 69-94.
- Orange, D. (2003, octobre). Tendances à la « mise en histoire » par les élèves de lycée en sciences de la vie et de la Terre : étude de deux cas. Communication au 3èmes rencontres scientifiques de l'ARDIST, Toulouse. Repéré à <http://ardist.org/wp-content/actes%202003.pdf>
- Orange, D. et Guerlais, M. (2005b). Construction de savoirs et rôle des enseignants dans une situation de " débat scientifique " à l'école élémentaire : comparaison de deux cas. Repéré à http://www.ices.fr/BU/documents/koha_99956/pdf/s4_orange/orange_denise.pdf
- Orlandi, É. (1991). Conceptions des enseignants sur la démarche expérimentale. Analyse de quelques cas à propos de digestion en classe de troisième. *Aster*, (13), 111-132.
- Paccard, M. (1991). Les conceptions comme levier d'apprentissage du concept de respiration, *Aster*, (13), 35-58.
- Pajares, F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332.
- Pautal, E., Venturini, P. et Dugal, J. P. (2008). Prise en compte du rapport aux savoirs pour mieux comprendre un système didactique. Un exemple en SVT à l'école élémentaire. *Didaskalia*, (33), 63-88.
- Pautal, E., Venturini, P. et Schneeberger, P. (2013). Analyse de déterminants de l'action de maitres-formateurs en sciences du vivant. Deux études de cas à l'école élémentaire. *Education & Didactique*, 7(2), 9-28.

- Peker, D. et Dolan E. (2012). Helping students make meaning of authentic investigations: findings from a student–teacher–scientist partnership *Culture Studies of Sciences Education* (7), 223–244.
- Peker, D. et Dolan E. (2014). Guiding Students’ Scientific Practice: Distinct and Common Roles for Teachers and Scientists. *Sage open*, 4(1). Repéré à <http://sgo.sagepub.com/lookup/doi/10.1177/2158244014525413>
- Pélicier, L. et Venturini, P. (2016). Analyse praxéologique de l’enseignement de l’épistémologie de la physique : le cas de la notion de modèle. *Éducation et didactique*, 10(2), 63-90.
- Perrin-Glorian, M. J. (1994). Théorie des situations didactiques : naissance, développement, perspectives. Dans M. Artigue et al, *Vingt ans de didactique des mathématiques en France. Grenoble : La pensée sauvage.*
- Pestre, D. (2006). *Introduction aux Science Studies*. Paris : La Découverte.
- Piaget, J. (1972/1988). *Où va l’éducation ?* Paris : UNESCO (Folio essais).
- Pommier, M., Foucaud-Scheunemann, C. et Morel-Deville, F. (2010). De la recherche à l’enseignement : modalités du partage des savoirs dans le domaine des sciences de la vie et de la Terre ». *RDST*, (2), 217-156.
- Renninger, K. A., Hidi, S. et Krapp, A. (dir) (1992). *The role of interest in learning and development*. Mahwah : Lawrence Erlbaum..
- Reuter, Y. (2003). La représentation de la discipline ou la conscience disciplinaire, *La Lettre de la DFLM*, (32), 18-22.
- Reuter, Y. (2004). Analyser la discipline. quelques propositions, *La Lettre de l’AIRDF*, (35), 5-12.
- Reuter, Y. (2005). Analyser le faire des élèves dans une perspective didactique. *Les cahiers Théodile*, (6), 33-40.
- Reuter, Y. (2007). La conscience disciplinaire : présentation d’un concept. *Éducation & Didactique*, 1(2), 57-72.
- Reuter, Y. (2010, 2013). Conscience disciplinaire. Dans Y. Reuter (dir.), C. Cohen-Azria, B. Daunay, I. Delcambre, et D. Lahanier-Reuter. *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques* (39-42). Bruxelles : De Boeck.
- Reuter, Y. (2011). À propos de la notion de performance en didactiques. Éléments de discussion. *Recherches en Didactiques*, (11), 129-142.
- Rey, B. (2007). Autour du mot “contenu”. *Recherche et formation*, (55), 119-133.
- Robardet, G. (1998). La didactique dans la formation des professeurs de sciences physiques face aux représentations sur l’enseignement scientifique. *Aster*, (26), 31-58.
- Rokeach, M. (1976). *Beliefs, attitudes and values: A theory of organization and change*. San Francisco : Jossey-Bass.
- Roth, W. M. (2005). *Doing qualitative research: Praxis of method*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Rumelhard, G. (1985). Quelques représentations à propos de la photosynthèse. *Aster*, (1), 37-66.
- Rumelhard, G. (1986). *La génétique et ses représentations dans l’enseignement*. Berne : Peter Lang.
- Russell, D. (1997). Writing and genre in higher education and workplaces. *Mind, Culture, and Activity*, 4(4), 224-237.
- Santini, J. (2010). Les systèmes sémiotiques dans l’action conjointe en didactique. Une étude de cas en géologie à l’école élémentaire : la coupe d’un appareil volcanique. *RDST*, (2), 159-191.

- Sauvageot-Skibine, M. (1995). Enseigner les sciences de la terre en tenant compte des représentations. *Aster*, (21), 3-8.
- Schauble, L. (2003). Scientific thinking: More on what develops. *Human Development*, (46), 155-160.
- Shaffer, D. et Resnick, M. (1999). “Thik” Authenticity: New Media and Authentic Learning. *Journal of Interactive Learning Research*, (10), 195–215.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching : foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Siegal, M. (1997). *Knowing children: Experiments in conversation and cognition* (2^{ème} ed.). East Sussex, UK : Psychology Press
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. Dans G. Sensevy et A. Mercier (dir), *Agir ensemble: l'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (13-49). Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe*. Bruxelles : De Boeck.
- Sensevy, G. (2012). Logique de l'action et film d'étude. *Education & didactique*, 6(3), 167-177.
- Sensevy, G. (2013). Filmer la pratique : un point de vue de la théorie de l'action conjointe en didactique. Dans L. Veillard et A. Tiberghien, *ViSA. Instrumentation de la recherche en éducation*. Paris, France : Éditions de la Maison des sciences de l'homme.
- Sensevy, G. et Mercier A. (2007) *Agir ensemble: l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Shell, D. F., Snow, G. R. et Claes, D. R. (2011). The Cosmic Ray Observatory Project: Results of a Summer High-School Student, Teacher, University Scientist Partnership Using a Capstone Research Experience. *Journal of Science Education and Technology*, (20), 161–177.
- Talbot, L. (2005). *Pratiques d'enseignement et difficultés d'apprentissage*. Ramonville-Saint-Agne : Éditions Eres.
- Thépaut, A. (2008). Performance et apprentissages disciplinaires en éducation physique et sportive. *Les Cahiers Théodile*, (9), 25-42.
- Thépaut, A. (dir), Daunay, B. et Reuter Y. (2013). *Les contenus disciplinaires. Approche comparatiste*. Villeneuve d'Ascq : Presse universitaire du Septentrion.
- Thépaut, A. et Léziart, Y. (2013). Performances et apprentissages disciplinaires en éducation physique et sportive. Une étude des performances didactiques en jeux sportifs collectifs à l'école élémentaire. *eJREPS*, (28), 25-60.
- Tiberghien, A. (2011). Conception et analyse de ressources d'enseignement : le cas des démarches d'investigation. Dans M. Grangeat (dir.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (185-212). Lyon: INRP.
- Tiberghien, A., Malkoun, L., Buty, C., Souassy, N. et Mortimer E. (2007). Analyse des savoirs en jeu en classe de physique à différentes échelles de temps. Dans G. Sensevy et A. Mercier (dir.), *Agir ensemble : L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : PUR.
- Tiberghien, A. et Malkoun, L. (2007). Différentiation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir. *Education et didactique*. 1(1), 29-54.

- Tiberghien, A. et Venturini, P. (2015). Articulation des niveaux microscopiques et mésoscopiques dans les analyses de pratiques de classe à partir de vidéos. *RDST*, (11), 53-78.
- Tiberghien, A. et Venturini, P. (2016). Contrat didactique dans une séquence de physique et échelles de temps : comparaison selon l'organisation sociale de la classe. 4eme colloque ARCD.
- Trautmann, N. M. et MaKinster, J. G. (2005). Teacher/Scientist Partnerships as Professional Development: Understanding How Collaboration Can Lead to Inquiry. Communication présentée à l'International Conference of the Association for the Education of Teachers of Science, Colorado Springs.
- Turner, J. H. (2002). *Face to face: Toward a sociological theory of interpersonal behavior*. Stanford, CA : Stanford University Press.
- Tutiaux-Guillon, N. (2008). Apprentissages socioculturels et apprentissages disciplinaires en histoire-géographie. *Les Cahiers Théodile*, (9), 79-100.
- Venturini, P. et Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : étude de cas au collège. *Revue française de pédagogie*, (180), 95-120.
- Vernant, D. (1997). *Du discours à l'action*. Paris : PUF.
- Vernant, D. (2004). Pour une logique dialogique de la véridicité. *Cahiers de linguistique française*, (26), 87-111.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherche en didactiques de Mathématiques*, 10(2-3), 133-170.
- Vincent, G. (1994). *L'éducation prisonnière de la forme scolaire ? Scolarisation et socialisation dans les sociétés industrielles*. Paris : Presses universitaires de Lyon.
- Vuala, J. (1991). Le rôle d'un dessin animé dans l'évolution des conceptions d'élèves sur la respiration. *Aster*, (13), 7-34.
- Vygotski, L. (1934, 1987). *Thinking and speech*. New York : Plenum.
- Vygotski, L. (1978). *Mind in Society: The development of Higher Psychological Processes*. Cambridge : Harvard University Press.
- Vygotski, L. (2004). Psychologie concrète de l'homme (la psychologie historique). Dans M. Brossard (dir.), *Vygotski. Lectures et perspectives de recherches en éducation* (231-255). Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion.
- Watters J., Brownlee Jo., Lupton M., (2012) Elementary Teacher's Conceptions of Inquiry Teaching: Messages for Teacher Development. *Journal of Science Teacher Education* n°23, p.159-175.
- Watters, J. et Diezmann, C. (2016). Engaging elementary students in learning science: an analysis of classroom dialogue. *Instructional Science*, 44(1), 25-44.
- Welch, M. (1997a). Thinking with the hands: Students' use of three-dimensional modelling while designing and making. Dans R. Ager et C. Benson (dir.), *First International Primary Design and Technology Conference (13-17)*. Birmingham : University of Central England.
- Welch, M. (1997b). Year 7 students' use of three-dimensional modelling while designing and making. Dans J. S. Smith (dir.), *IDATER97: International Conference on Design and Technology Educational Research and Curriculum Development (61-67)*. Loughborough, UK : Loughborough University of Technology.

- Weil-Barais, A. et Resta-Schweitzer, M. (2008). Approche cognitive et développementale de la médiation en contexte d'enseignement -apprentissage. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, (42), 83-98.
- Wells, G. (1999). *Dialogic inquiry: Toward a sociocultural practice and theory of education*. New York : Cambridge University Press.
- Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice ? *Sciences teacher Education*, (87), 112–143.
- Wojcieszak, E. et Zaid, A. (2016). L'accompagnement en sciences et technologie à l'école primaire : entre médiation didactique et médiation d'expertise scientifique. *RDST*, (13), 103-132.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research. Design and methods*. Thousand Oaks : California.
- Yin, R. K. (2010). *Qualitative research from start to finish*. New York, London : The Guilford Press.
- Zaid, A. (2012). Étude de l'interaction enseignant - élèves en physique au lycée. Enseigner comme agir sur les performances didactiques des élèves. *Éducation et didactique*, 6(3) , 125-146.
- Zaid, A. (2015). *Élaborer, transmettre et construire des contenus scientifiques et technologiques. Perspective didactique des dispositifs d'éducation et de formation* (Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches). Université de Paris Descartes.
- Zaid; A. et Cohen-Azria, C. (2011, juin). *La pratique d'enseignement conçue comme action sur les performances didactiques des élèves. Exemple d'analyse d'enregistrements vidéo de deux séances en sciences à l'école primaire*. Communication présentée au Symposium International *Recherches sur l'utilisation de la vidéo dans la formation d'enseignants de mathématiques et de sciences*, Lausanne.
- Zaid, A., Boyer, C., Cohen-Azria, C. et Egginger, J. G. (2012). Analyse de l'action d'enseignement du point de vue des performances didactiques des élèves. Faire écrire en « Découverte du monde » à l'école primaire. *Recherches en Didactiques*, (13), 85-105.

Table des matières

Introduction	7
Chapitre 1. Contexte de l'étude et problématique	8
Chapitre 2. Cadre conceptuel	15
1 L'éducation scientifique et technologique en tant que pratique socioculturelle.	16
2 Les contenus d'enseignement et d'apprentissage.....	21
2.1 La notion de contenu	21
2.2 Quels contenus en éducation scientifique et technologique ?.....	22
2.2.1 Les contenus de connaissances scientifiques	22
2.2.2 Les contenus de pratique scientifique	25
2.2.3 L'éthos scientifique	28
2.2.4 Des contenus moléculaires organisateurs de contenus.....	29
2.2.5 Les critères d'authenticité de la démarche d'investigation	30
3 La pratique d'enseignement.....	33
3.1 La pratique d'enseignement, Interaction ou Transaction ?.....	34
3.2 La pratique d'enseignement : une médiation	39
3.2.1 Le rapport d'objectivation et la double médiation	39
3.2.2 Une médiation comme action sur les Performances didactiques	40
3.2.3 Le discours comme outil de médiation	43
3.2.4 Une médiation au travers des langages scientifiques	44
4 Une pratique d'enseignement construite.....	46
4.1 Représentations ou conceptions ?	46
4.2 Les beliefs and knowledges (les croyances et connaissances).....	48
4.3 Un double feed-back entre pratique et interprétation de la pratique.	49
4.4 La relation entre contenus et pratique d'enseignement.....	50
5 Synthèse et questions de recherche	54
Chapitre 3. Méthodologie.....	59
1 Positionnement méthodologique	60
2 Deux niveaux d'analyse	62
3 Une approche infra-disciplinaire spatiale et temporelle.....	63
4 Une population expérimentée à profils divers.....	66

4.1.1	La première population	66
4.1.2	La seconde population.....	67
5	Décrire la construction des contenus dans le discours	69
5.1	Un outil mixte, entre entretien et questionnaire	69
5.2	Un entretien mixte à usage principal et exploratoire.....	70
5.3	Une analyse du discours	70
6	Décrire la construction des contenus en situation de classe.....	71
6.1	Une instrumentation Vidéo	71
6.2	Les choix des différentes situations observées.....	73
6.3	Le synopsis, la chronique et l'intrigue	74
6.4	Les chroniques synoptiques des situations observées	75
6.5	La description des transactions	77
6.5.1	La caractérisation des performances didactiques	78
6.5.2	Les fonctions de la médiation.....	79
6.5.3	Les langages scientifiques et technologiques mobilisés	79
6.5.4	Les modes d'engagement des élèves	80
6.5.5	La transaction vue comme un double jeu.....	81
7	Catégorisations des contenus	83
7.1	La démarche d'investigation (DI).	83
7.1.1	La structure de la DI.....	83
7.1.2	Les critères d'authenticité des moments de la démarche.....	85
7.2	Les contenus de connaissances et de pratique scientifique	86
7.2.1	Les contenus de connaissances	87
7.2.2	Les contenus de pratique scientifique	87
8	Transana un outil d'analyse des situations vidéo-observées.....	89
8.1	Une brève présentation de Transana	89
8.2	L'apport de Transana dans l'analyse des médiations.....	91
Chapitre 4. La construction de la matière <i>Sciences et Technologie</i> par les enseignants.....		93
1	Une construction de la matière sciences et technologie différenciée dans le discours	95
1.1	Des contenus de pratique scientifique dans le discours décontextualisé	95
1.2	Des contenus de connaissances dans le discours contextualisé	98
1.3	Une construction pré-active variable du point de vue des contenus construits.....	102
2	La construction de la démarche d'investigation (DI) par les enseignants	105
2.1	La construction pré-active de la DI dans les écrits de préparation.....	105

2.2	La construction de la DI en situation d'enseignement ordinaire	112
2.2.1	La diversité de contenus	112
2.2.2	La construction de la DI en situation selon des logiques cumulative et de cheminement.	116
2.2.3	La construction des différents moments de la DI.....	122
2.2.3.1	De la situation de départ au questionnement.....	123
2.2.3.2	Le moment d'investigation.....	130
2.2.3.3	Le moment du bilan et de la synthèse	132
2.2.3.4	Les critères d'authenticité et les modalités de l'enquête variables	136
3	Synthèse	141
Chapitre 5. Une pratique d'enseignement spécifiée par les contenus		143
1	Pratique d'enseignement et contenus mobilisés.....	147
1.1	Une pratique qui varie selon les contenus	147
1.1.1	La variation de la médiation et les contenus moléculaires.....	148
1.1.2	Une médiation à fonction réflexive au moment du questionnement.....	151
1.1.3	Une médiation injonctive et pédagogique au moment des investigations	154
1.1.4	Une triple médiation informative, réflexive et explicative au moment du bilan. 157	
1.1.5	Les élèves chercheurs au moment de l'investigation documentaire.	160
1.1.6	La médiation et les langages	161
1.2	Un contenu qui uniformise la pratique	163
1.3	Deux pratiques de l' <i>expérience</i> différentes pour un même enseignant	168
1.3.1.1	Une séance en deux parties à contenus procéduraux communs.....	168
1.3.1.2	Deux médiations didactiques de l' <i>expérience</i> différentes pour un même enseignant.....	173
2	Deux modes d'engagement des élèves dans l'activité.	183
2.1	L'élève-chercheur.....	183
2.2	L'élève-trouveur.....	187
3	Des performances didactiques des élèves qui agissent sur la pratique d'enseignement	191
3.1	Des performances qui agissent sur la médiation	191
3.1.1	Des contenus de connaissances émergents.....	192
3.1.2	Des contenus de pratique scientifique émergents	194
3.1.3	Des contenus non scientifiques émergents.....	196

3.2	Des performances qui modifient la médiation de l'enseignant à l'échelle d'une séance	197
3.2.1	La modification des contenus organisés lors du moment d'investigation	197
3.2.2	La modification de la médiation des moments d'investigation et de bilan	198
4	Synthèse:	201
Chapitre 6. Une pratique construite selon le contexte : le cas de l'ASTEP		202
1	Construction des contenus	204
1.1	La reconstruction de la démarche d'investigation (DI) dans le cadre de l'ASTEP	204
1.2	Les critères d'authenticité	208
1.3	Une construction des contenus spécifiée par les accompagnateurs	211
2	Un enseignement des contenus partagé	215
2.1	La mise en évidence du partage des rôles	215
2.2	Les médiations différentes de l'enseignant et de l'expert	219
2.2.1	La médiation des accompagnateurs	220
2.2.1.1	La médiation d'expert pour un même contenu	220
2.2.1.2	Les outils de médiation d'experts	224
2.2.2	La médiation didactique de l'enseignant	229
2.2.3	La médiation didactique et la médiation d'expert	233
3	Deux formes d'accompagnement	235
3.1	La répartition spatiotemporelle des positions et des interventions des accompagnateurs et de l'enseignant en classe	235
3.1.1	Une répartition partagée pour la construction du pont	235
3.1.2	Une répartition inégale pour l'expérimentation des propriétés du carton	238
3.2	Les deux formes d'accompagnement : collaborative et participative	241
3.3	Les médiations dépendantes des formes d'accompagnement	242
3.3.1	La médiation collaborative	242
3.3.2	La médiation participative	243
4	Des contenus émergents du dispositif	251
4.1	Des contenus en accord avec les programmes	251
4.2	Des contenus émergents de manière différente	254
4.2.1	Des contenus induits par l'enseignant	254
4.2.1.1	Des contenus construits associés au projet de réalisation du pont	254
4.2.1.2	Des contenus transmis induits par la fonction réflexive de l'enseignant	255
4.2.2	Des contenus induits par les accompagnateurs	256

4.2.2.1	Des contenus induits par le statut construit des experts	256
4.2.2.2	Des contenus transmis induits par la médiation explicative des experts....	257
4.2.3	Des contenus induits par les élèves	257
4.2.3.1	Par leur action sur la médiation de l'enseignant	257
4.2.3.2	Par la construction des contenus par les élèves.....	258
5	Synthèse	260
Chapitre 7. Discussion et conclusion		261
Discussion		262
5.1	Une variabilité des modes de construction des contenus	262
5.1.1	Des contenus de connaissances et des contenus de pratique scientifique	262
5.1.2	Des contenus différenciés dans le discours et en situation.....	264
5.1.3	Une construction de la démarche d'investigation variable	268
5.1.4	Une construction influencée par les prescriptions.....	272
5.2	Une variabilité des modes de transmission des contenus.....	273
5.2.1	Des médiations différentes selon les contenus	273
5.2.2	Une variabilité de médiation en situation d'accompagnement	283
5.2.3	Une médiation soumise à l'action en retour des élèves	288
5.3	Une variabilité des formes d'engagement des élèves dans l'activité	292
Conclusion.....		298
Références bibliographiques		304
Table des matières		317
Index des auteurs		322
Table des figures		328
Table des tableaux		333

Index des auteurs

A

Allain, 47, 304
Alonzo, 307
Altet, 33, 54, 304
Amosy, 28, 304
Anderson, 93
Astolfi, 15, 22, 25, 46, 54, 80, 87, 304, 306

B

Bachelard, 46, 304
Bakhtine, 43
Barab, 304
Barth, 22
Bell, 304
Bisault, 9, 11, 17, 29, 304
Blanchard-Laville, 33, 54
Blanchet, 69, 70, 74
Boilevin, 305
Boillot-Grenon, 47, 305
Borko, 49, 305
Brandt-Pomares, 305
Brousseau, 36, 305
Brownlee, 315
Bru, 33, 54, 304
Bruguière, 305, 309
Bruner, 36, 305
Bucheton, 28, 305

C

Caillot, 305, 310
Calmettes, 305
Cariou, 30, 54, 85, 86, 112, 122, 123, 136, 208, 305
Carlsen, 305
Caumeil, 307
Charlesworth, 308

Chervel, 7, 16, 29, 305
Chevallard, 305
Claes, 314
Cohen-Azria, 40, 51, 316
Collins, 306
Coquidé, 47, 123, 209, 306, 307
Crahay, 48, 49, 306

D

Darot, 15, 22, 46, 54, 304
Daunay, 3, 15, 16, 17, 21, 24, 29, 31, 40, 52, 54, 55, 83, 89, 143, 306, 314
De Hosson, 310
De Vecchi, 46, 47, 52, 56, 306, 307
Delcambre, 21, 306
Denizot, 29, 54, 86, 145, 147, 306
Désautels, 306
Diezmann, 315
Dolan, 108, 313
Dumas-Carré, 306, 307, 308

E

Eick, 308
Etkina, 307

F

Fabre, 36, 307
Flageul, 47, 307
Foucaud-Scheunemann, 313
Fourez, 16, 307
Freitag, 39, 55, 307
Furtak, 307

G

Gamradt, 308
Gee, 43, 54, 55, 93, 307
Ginsburger-Vogel, 15, 22, 46, 54, 304
Giordan, 47, 52, 56, 306, 307, 311
Givry, 305
Glomeron, 47, 307
Goffard, 307

Gotman, 69, 70, 74
Grangeat, 314
Guerlais, 37, 42, 55
Guichard, 46, 307

H

Harvey, 49, 307
Hassan,, 40, 51
Hay, 304
Henderson, 308
Hidi, 308, 313
Hodson, 308
Huberman, 60

I

Issaieva, 48, 49, 306

J

Jewitt, 72, 308
Jimenez-Valladares, 308
Joigneaux, 18, 308
Jones, 308
Jovenet, 40

K

Katz, 15, 25, 27, 54, 87, 308
Kirch, 15, 18, 27, 28, 37, 38, 43, 54, 87, 95, 308
Koliopoulos, 47
Krapp, 313
Kress, 72, 308

L

Lacotte, 305, 309
Laduron, 48, 49, 306
Lafosse-Marin, 309
Lahanier-Reuter, 16, 40, 41, 51, 309
Lahire, 18, 309
Lakin, 47, 309
Larochelle, 306
Lebeaume, 16, 17, 30, 47, 51, 307, 311

Ledrapier, 304, 309

Lemeignan, 309

Lemke, 15, 17, 18, 19, 22, 23, 26, 27, 30, 38, 41, 42, 44, 45, 47, 54, 55, 63, 64, 65, 73, 79, 83, 87, 89, 143, 231, 309, 310

Lenoir, 15, 33, 34, 39, 40, 51, 54, 55, 56, 89, 143, 145, 191, 310

Léziart, 40

Luft, 310

Lupton, 315

M

Maingueneau, 28, 310

Malkoun, 63, 65, 89, 281, 314

Manning, 8, 310

Marlot, 310

Martinand, 16, 17, 30, 310, 311

Mathé, 310

Maubant, 39, 310

Maw, 311

Méheut, 310

Mein, 46, 311

Mercier, 34, 231, 314

Mérieu, 25, 311

Merton, 28, 311

Migne, 46, 311

Miles, 60

Monod-Ansaldi, 311

Morge, 305

Mortimer, 312, 314

Moscovici, 46, 312

N

Nunes, 18, 312

O

Orange, 36, 304, 312

Orange D., 36, 42, 55

Orlandi, 47, 312

P

Paccaud, 46, 312

Pajares, 49, 312

Pautal, 312
Pedregosa, 305
Peker, 108, 313
Pélissier, 313
Perales-Palacios, 308
Piaget, 33, 46
Pommier, 313
Prieur, 311
Putnam, 49, 305

R

Randall, 306
Ravanis, 47, 308
Resnick, 30, 314
Resta-Schweitzer, 316
Reuter, 7, 9, 11, 15, 16, 17, 40, 41, 50, 55, 78, 98, 143, 183, 202, 309, 311, 313, 314
Rey, 29
Robardet, 47, 313
Rokeach, 49, 313
Roth, 15, 35, 37, 54, 313
Rumelhard, 23, 46, 306, 313
Russel, 43, 54, 55

S

Santini, 281, 313
Sauvageot-Skibine, 46, 314
Schauble, 15, 25, 27, 37, 54, 87, 314
Schneeberger, 312
Scott, 312
Sensevy, 15, 18, 30, 34, 36, 37, 50, 54, 63, 65, 71, 72, 73, 74, 75, 89, 231, 314
Shaffer, 30, 314
Shell, 314
Shulman, 49, 314
Siegal, 27, 314
Snow, 314
Soulé, 28, 305

T

Talbot, 34, 314
Thépaut, 40, 314
Tiberghien, 63, 65, 75, 89, 281, 314, 315

Toussaint, 15, 22, 46, 54, 304

Trautmann, 315

Turner, 38, 315

Tutiaux-Guillon, 40, 315

V

Veillard, 91, 314

Venturini, 281, 312, 313, 315

Vergnaud, 23, 24, 315

Vernant, 35, 54, 231, 315

Vincent, 18, 315

Vuala, 46, 315

Vygotski, 19, 43

W

Wanlin, 48, 49, 306

Watters, 315

Weil-Barais, 306, 307, 308, 309, 316

Welch, 44

Wellington, 47, 309

Wells, 43, 316

Windshilt, 123, 139, 205

Wojcieszak, 43

Y

Yin, 60

Z

Zaid, 3, 15, 30, 39, 40, 42, 43, 54, 55, 62, 78, 80, 93, 143, 191, 310, 316

Table des figures

Chapitre 1. Contexte de l'étude et problématique

Figure 1. Origines universitaires des étudiants inscrits en IUFM (2012, IUFM Nord pas de Calais).....	8
---	---

Chapitre 2. Cadre conceptuel

Figure 2. Caractéristiques d'un concept.....	24
Figure 3. Trois états de construction de la pratique	52
Figure 4. Différents niveaux de construction interactive de la pratique	53
Figure 5. Synthèse du cadre théorique	57

Chapitre 3. Méthodologie

Figure 6. Modélisation de la transaction didactique.	81
Figure 7. Actions et rétroactions dans une transaction (HER, séance 1)	82
Figure 8. Graphe théorique de la DI.....	85
Figure 9. Exemple de profil de séance vidéo-observée (PE5, CM2)	85
Figure 10. Interface principale de Transana.....	90
Figure 11. Base de données de Transana	91
Figure 12. Extrait d'un rapport sur les épisodes (HER, séance 1)	92
Figure 13. Sens de lecture des graphe de répartition des mots clés	92

Chapitre 4. La construction de la matière "sciences et technologie" par les enseignants

Figure 14. Profil théorique de la DI	106
Figure 15. Profil de la DI. PE1S.....	107
Figure 16. Profil de la DI. PE2S.....	107
Figure 17. Profil de la DI. PE6H.....	108
Figure 18. Profil de la DI. PE7H.....	108
Figure 19. Profil de la DI. PE4S.....	109
Figure 20. Profil de la DI. PE5H.....	110
Figure 21. Exemples de tâches simples extraits de la fiche de préparation de PE5H.....	110
Figure 22. Profil de la DI. PE3H.....	111
Figure 23. Répartition des contenus de la séquence de PE5	114

Figure 24. Profil de séance (BOI CE2)	116
Figure 25. Profil de séance (BOI CE1)	116
Figure 26. Profil de séance (BED, CM2)	117
Figure 27. Profil de séance (DES, CE2).....	118
Figure 28. Profil de séquence (HER, CM1)	118
Figure 29. Profil de séance 3 (HER, CM1)	119
Figure 30. Profil de séance 1 (MOR, CM2)	119
Figure 31. Profil de séance 2 (MOR, CM2)	120
Figure 32. Profil de séance 3 (MOR, CM2)	120
Figure 33. Temps d'investigation et temps de bilan (% de la séance).....	122
Figure 34. Questionnement à partir des productions d'élèves (PE4; CM1)	127
Figure 35. Questionnement sollicité par l'enseignant (PE4, CM1)	128
Figure 36. Trace écrite (BOI, CE1).....	132
Figure 37. Vocabulaire technique attendu (BED, CM2).....	134
Figure 38. Trace écrite (BED, CM2).....	134

Chapitre 5. Une pratique d'enseignement spécifiée par les contenus

Figure 39. Questionnement, médiation et nature de contenus	151
Figure 40. Contenus et mode d'engagement des élèves liés à la médiation didactique réflexive lors du questionnement.....	152
Figure 41. Contenus de pratique scientifique, mode d'engagement des élèves et médiation	153
Figure 42. Fonctions de la médiation et contenus (Groupe absorption)	155
Figure 43. Fonctions de la médiation et contenus (Groupe péristaltisme).....	155
Figure 44. Fonctions de la médiation et contenus (Groupe déglutition).....	156
Figure 45. Fonctions de la médiation et contenus (Groupe tube digestif)	157
Figure 46. Contenus du bilan de la séance 2	158
Figure 47. Fonctions de la médiation du bilan de la séance 2.....	158
Figure 48. Médiation réflexive et contenus techno-conceptuels (bilan séance 2)	159
Figure 49. Médiation et contenus lors du bilan en séance 3	160
Figure 50. Médiation et contenus lors de l'investigation documentaire (séance 3).....	161
Figure 51. Langages scientifiques mobilisés (séance 1)	162
Figure 52. Langages scientifiques mobilisés (groupe absorption).....	162
Figure 53. Langages scientifiques mobilisés (groupe péristaltisme)	162
Figure 54. Langages scientifiques (groupe déglutition).....	163

Figure 55. Langages scientifiques mobilisés(groupe tube digestif).....	163
Figure 56. Fonction de la médiation pour BOI (à gauche)et BED (à droite)(pourcentage du nombre total d'épisodes)	165
Figure 57. Fonction de la médiation pour BED (à gauche) et BOI (à droite) (pourcentage de la durée totale des épisodes).....	165
Figure 58. Fonction de la médiation et contenus pour BED	166
Figure 59. Fonction de la médiation et contenus pour BOI	167
Figure 60. Contenus de pratique scientifique partie 1.....	169
Figure 61. Contenus de pratique scientifique partie 2.....	169
Figure 62. Contenus de connaissances partie 1	170
Figure 63. Contenus de connaissances partie 2.....	170
Figure 64. Fonctions de la médiation des deux parties de la séance	173
Figure 65. Mode d'engagement des élèves dans les deux parties de la séance.....	175
Figure 66. Langages mobilisés par l'enseignant au cours de la séance	176
Figure 67. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe1)	177
Figure 68. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 2)	178
Figure 69 Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 3)	178
Figure 70. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 4)	178
Figure 71. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 5)	179
Figure 72. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 6)	179
Figure 73. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 7)	180
Figure 74. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (groupe 8)	180
Figure 75. Médiation, contenus et mode d'engagement des élèves (2ème partie de la séance)	180
Figure 76. Fonction informative et élève-chercheur (extrait 1)	184
Figure 77. Fonction informative et élève-chercheur (extrait 2)	185
Figure 78. Fonction réflexive et élève-chercheur.....	186
Figure 79. Fonction réflexive et élève-trouveur.....	187
Figure 80. Fonction réflexive et élève-trouveur.....	188
Figure 81. Fonction réflexive et élève-trouveur.....	189
Figure 82. Action d'une performance didactique sur la médiation de HER	192
Figure 83. Transaction enseignant élèves (HER, séance1)	193
Figure 84. Médiation et contenus émergents (séance 1, HER)	194
Figure 85. Transaction enseignant élèves (HER, séance 3)	195

Figure 86. Médiation et contenus émergents (séance 3, HER)	195
Figure 87. Transaction enseignant élèves (HER, séance1)	196
Figure 88. Transaction enseignant élèves (HER, séance 3)	197
Figure 89. Médiation et contenus lors du moment investigation/bilan documentaire	199

Chapitre 6. Une pratique construite selon le contexte : le cas de l'ASTEP

Figure 90. Profil de la séance 1 (GER)	205
Figure 91. Profil de la séance 2 (GER)	207
Figure 92. Profil de la séance 3 (GER)	207
Figure 93. Interventions de l'enseignant (GER)	216
Figure 94. Démarche de réalisation énoncée	217
Figure 95. Démarche de réalisation effective.....	217
Figure 96. Interventions de JAHe	218
Figure 97. Interventions de JAEl.....	218
Figure 98. Médiation de JAEl	221
Figure 99. Médiation de JAEl	222
Figure 100. Médiation de JAEl	222
Figure 101. Médiation de JAHe	223
Figure 102. Médiation de JAHe	225
Figure 103. Médiation de JAHe	225
Figure 104. Médiation de JAHe	225
Figure 105. Médiation de JAEl	227
Figure 106. Médiation de JAEl	228
Figure 107. Démarche technique de traçage de deux pièces superposées de JAEl	228
Figure 108. Médiation de JAEl et langages mobilisés	229
Figure 109. Médiation de l'enseignant (GER).....	230
Figure 110. Performance didactique technique élève	231
Figure 111. Performance didactique technique élève (assemblage par clouage).....	231
Figure 112. Médiation de l'enseignant.....	232
Figure 113. Médiation de l'enseignant.....	232
Figure 114. Démarche technique d'assemblage de E1	233
Figure 115. Déplacements de l'enseignant	236
Figure 116. Déplacements de JAEl	236
Figure 117. Déplacements de JAHe	236

Figure 118. Durée des interventions des acteurs cumulée pour chaque groupe.....	237
Figure 119. Positions et interventions de l'enseignant	239
Figure 120. Positions et interventions des accompagnateurs.....	240
Figure 121. Durée des interventions des acteurs cumulée pour chaque groupe.....	241
Figure 122. Langage visuel lors du bilan de l'expérience.....	244
Figure 123. Médiation GER et élèves-récepteurs	245
Figure 124. Médiation GER et élèves-trouveurs.....	245
Figure 125. Médiation GER-élèves trouveurs (séance 3)	246
Figure 126. Médiation GER et élèves-trouveurs (séance 3)	247
Figure 127. Médiation GER et élèves-chercheurs	248
Figure 128. Interventions matérielles des accompagnateurs (séance 3)	249
Figure 129. Traces écrites de l'observation du carton ondulé (séance 2)	253
Figure 130. Contenu émergent de la médiation réflexive de l'enseignant (Assembler en utilisant une attache parisienne comme un clou)	255
Figure 131. Démarche de réalisation effective.....	257

Chapitre7. Discussion et conclusion

Figure 132. Modèle d'interaction de Mortimer et Scott (2011) (selon notre traduction)	279
Figure 133. Extrait de corpus (Pautal et al, 2008).....	281
Figure 134. Evaluation des performances didactiques.....	282
Figure 135. Schéma des situations d'enseignement-apprentissage.....	301

Table des tableaux

Chapitre 1. Contexte de l'étude et problématique

Tableau 1. Compétences prescrites dans les programmes de 2012 en Cycle 2.	10
--	----

Chapitre 2. Cadre conceptuel

Tableau 2. Contenus de pratique scientifique	27
--	----

Tableau 3. Critères d'authenticité de la démarche d'investigation.....	31
--	----

Chapitre 3. Méthodologie

Tableau 4. Découpage temporel de l'analyse.....	65
---	----

Tableau 5. Répartition du nombre d'enseignants par niveau de classe.....	66
--	----

Tableau 6. Ancienneté professionnelle des enseignants de la première population	67
---	----

Tableau 7. Formation universitaire des enseignants de la première population	67
--	----

Tableau 8. Caractéristiques professionnelles des enseignants de la seconde population.....	68
--	----

Tableau 9. Extrait du plan d'entretien (Annexe 15).....	70
---	----

Tableau 10. Exemple de chronique synoptique d'une séance sur l'électricité en CM2 (BED)77	
---	--

Tableau 11. Catégorisation des performances didactiques et indicateurs	78
--	----

Tableau 12. Catégorisation des évaluations des performances didactiques.....	79
--	----

Tableau 13. Catégorisation des fonctions de la médiation.....	79
---	----

Tableau 14. Langages scientifiques et technologiques mobilisés lors de la médiation	80
---	----

Tableau 15. Modes d'engagement des élèves dans l'activité.....	80
--	----

Tableau 16. Codage des moments de la démarche d'investigation pour l'écrit de préparation	84
---	----

Tableau 17. Critères d'authenticité (Cariou, 2010) de la démarche d'investigation	86
---	----

Tableau 18. Contenus de connaissances scientifiques	87
---	----

Tableau 19. Contenus de pratique scientifique	88
---	----

Chapitre 4. La construction de la matière "sciences et technologie" par les enseignants

Tableau 20. Contenus évoqués dans le discours décontextualisé des enseignants interrogés .	96
--	----

Tableau 21. Contenus évoqués dans le discours des enseignants interrogés	99
--	----

Tableau 22. Comparaison entre le discours décontextualisé des enseignants et les compétences du programme de 2008. (Cycle des approfondissements, compétence 3)	101
---	-----

Tableau 23. Codage des moments de la démarche d'investigation	105
Tableau 24. Diversité des contenus abordés et leur adéquation aux prescriptions	115
Tableau 25. Caractéristiques des profils de séance et de séquence en situation	120
Tableau 26. Questionnement et mode de production.....	130
Tableau 27. Descriptif des investigations et relation au questionnement (HER, CM1)	131
Tableau 28. Tableau de répartition des caractères (MOR, CM2)	132
Tableau 29. Forme de langage scientifique et contenus (BOI, CE1-CE2)	133
Tableau 30. DI construite en situation et critères d'authenticité	137
Tableau 31. Caractère erratique de la DI chez DES.....	138
Tableau 32. Caractérisation de la DI pour les 5 enseignants	140

Chapitre 5. Une pratique d'enseignement spécifiée par les contenus

Tableau 33. Contenus moléculaires de la séquence : La digestion (CM1)	147
Tableau 34. Fonctions de la médiation de l'enseignant selon les séances (en pourcentage du nombre total d'épisodes)	148
Tableau 35. Mode d'engagement des élèves au cours de la séquence (en pourcentages du nombre total d'épisodes)	149
Tableau 36. Langages mobilisées par HER au cours de la séquence (en pourcentages du nombre total d'épisodes)	150
Tableau 37. Synthèse de la médiation de HER (séquence digestion)	151
Tableau 38. Caractéristiques comparée des médiations pour les deux parties de la séance ..	181
Tableau 39. Transaction enseignant élèves (HER, séance 3).....	200

Chapitre 6. Une pratique construite selon le contexte : le cas de l'ASTEP

Tableau 40. Critères d'authenticité des trois séances analysées (GER)	209
Tableau 41. Nature des contenus, présence des accompagnateurs et critères d'authenticité .	214
Tableau 42. Répartition spatiotemporelle de l'enseignant et des accompagnateurs.....	235
Tableau 43. Répartition des positionnements spatiotemporels de l'enseignant (séance 3) ...	238
Tableau 44. Répartition des positionnements spatiotemporels des accompagnateurs (séance 3)	240
Tableau 45. Fonctions de la médiation GER (séance 3)	243
Tableau 46. Langages mobilisés lors de la médiation.....	244
Tableau 47. Mode d'engagement des élèves dans l'activité (séance 3).....	245
Tableau 48. Contenus de connaissances de la séance 2 (GER)	251
Tableau 49. Contenus de pratique scientifique de la séance 2 (GER)	252

Tableau 50. Comparaison des logiques de construction de la DI	270
---	-----

Chapitre 7. Discussion et conclusion

Tableau 51. Comparaison des logiques de construction de la DI	252
---	-----

Tableau 52. Deux constructions de l'éducation scientifique et technologique des enseignants de notre étude	270
--	-----

