



HAL
open science

Partage de l'étayage entre un enseignant et un EIAH lors d'une séance en Biologie

Véronique Brun-Ramousse

► **To cite this version:**

Véronique Brun-Ramousse. Partage de l'étayage entre un enseignant et un EIAH lors d'une séance en Biologie. Education. Université Grenoble Alpes [2020-..], 2020. Français. NNT : 2020GRALS018 . tel-03171946

HAL Id: tel-03171946

<https://theses.hal.science/tel-03171946>

Submitted on 17 Mar 2021

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.



THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES

Spécialité : CIA - Ingénierie de la Cognition, de l'interaction, de l'Apprentissage et de la création

Arrêté ministériel : 25 mai 2016

Présentée par

Véronique BRUN-RAMOUSSE

Thèse dirigée par **Patricia MARZIN-JANVIER**, UBO
et codirigée par **ABDELHAMID CHAACHOUA**, UGA

préparée au sein du **Laboratoire d'Informatique de Grenoble**
dans **l'École Doctorale Ingénierie pour la Santé la Cognition et l'Environnement**

Partage de l'étaiyage entre un enseignant et un EIAH lors d'une séance en Biologie

Scaffolding Share between a teacher and a TEL-system during biology learning situation

Thèse soutenue publiquement le **9 juillet 2020**,
devant le jury composé de :

Madame PATRICIA MARZIN-JANVIER

PROFESSEUR DES UNIVERSITES, UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE, Directrice de thèse

Monsieur JEAN-MARIE BOILEVIN

PROFESSEUR DES UNIVERSITES, UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE, Rapporteur

Monsieur YANN LHOSTE

PROFESSEUR DES UNIVERSITES, UNIVERSITE DES ANTILLES, Rapporteur

Monsieur ABDELHAMID CHAACHOUA

PROFESSEUR DES UNIVERSITES, UNIVERSITE GRENOBLE ALPES, Co-directeur de thèse

Madame MAGALIE GALLETZOT

MAITRE DE CONFERENCES, UNIVERSITE PARIS-SACLAY, Examinatrice

Madame BERTA BARQUERO

PROFESSEUR ASSOCIE, UNIVERSITE DE BARCELONE - ESPAGNE, Examinatrice

Monsieur PHILIPPE DESSUS

PROFESSEUR DES UNIVERSITES, UNIVERSITE GRENOBLE ALPES, Président

Table des matières

TABLE DES MATIERES.....	3
REMERCIEMENTS.....	9
INTRODUCTION.....	13
PARTIE 1. L'ETAYAGE : DE L'ETAT DE L'ART A LA PROBLEMATIQUE.....	17
Chapitre 1. L'étayage : du concept en psychologie à un processus transposé dans un EIAH.....	19
I. Le concept d'étayage : de la psychologie à la didactique des sciences	20
II. La caractérisation de l'étayage en contexte scolaire	25
III. L'étayage et les Environnements informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH)	35
IV. Conclusion du chapitre 1	41
Chapitre 2. Cadre d'analyse.....	43
I. Modéliser les connaissances avec le volet praxéologique de la Théorie Anthropologique du Didactique 45	
II. S'appuyer sur le cadre d'analyse des connaissances professionnelles PCK des enseignants pour alimenter les éléments du <i>logos</i>	54
III. Des éléments concernant l'enseignement de la science par les enseignants pour les PCK _{OrientationEnseignementDesSciences}	65
IV. Conclusion du chapitre 2	73
Chapitre 3. Problématique	75
I. Première question de recherche :	75
II. Deuxième question de recherche	77
III. Troisième question de recherche	78
IV. Conclusion du chapitre 3	79
CONCLUSION DE LA PARTIE 1.....	81
PARTIE 2. METHODOLOGIE : RECUEIL DES DONNEES ET PRODUCTION DES RESULTATS83	
Chapitre 1. Recueil et traitement des données permettant la modélisation praxéologique de la séance d'enseignement.....	85
I. Le recueil de données.....	86
II. Traitement des données.....	87
III. Particularités dans la méthodologie pour approcher le rapport institutionnel de l'objet Démarche scientifique	94

IV. Conclusion du chapitre 1	99
Chapitre 2. Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en place lors de la co-conception de la séance	101
I. Le contexte du milieu de la recherche	101
II. Les données recueillies lors de la co-conception de la mission LabNbook	103
III. Conclusion du chapitre 2	106
Chapitre 3. Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de la séance d'enseignement dans sa globalité	107
I. Le contexte de recueil des données : le contexte d'enregistrement des données	107
II. Le traitement des données enregistrées	112
III. Les données extraites des comptes-rendus des élèves	115
IV. Conclusion du chapitre 3	115
Chapitre 4. Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage lors de la réalisation de deux étapes de la séance : formulation de l'hypothèse et conception du protocole	117
I. L'élément de savoir visé par l'étayage = l'objet d'étayage	118
II. La technique et la fonction d'étayage de l'enseignant	125
III. La caractérisation de l'étayage	130
IV. Conclusion du chapitre 4 :	131
CONCLUSION DE LA PARTIE 2	131
PARTIE 3. CONCEPTION DE LA SEANCE D'ENSEIGNEMENT ET TRANSPOSITION DANS LA PLATEFORME NUMERIQUE LABNBOOK	133
Chapitre 1. Choix des deux objets d'étude	135
I. La plasticité cérébrale	135
II. La démarche scientifique	137
Chapitre 2. Modélisation praxéologique des deux objets d'étude par la praxéologie : Plasticité cérébrale et Démarche scientifique dans la filière scientifique du lycée	139
I. Construction de la praxéologie institutionnelle concernant le concept de plasticité cérébrale	140
II. Construction de la praxéologie institutionnelle concernant l'objet Démarche scientifique	162
III. Conclusion du chapitre 2	179
Chapitre 3. La construction de la praxéologie de la séance	181
I. L'objectif général de la séance et les difficultés conceptuelles <i>a priori</i>	182
II. Proposition d'une séance portant sur la plasticité cérébrale en classe de Première S	183
III. Praxéologie institutionnelle de la séance d'enseignement	191
IV. Conclusion du chapitre 3	202
Chapitre 4. Transposition de la séance dans LabNbook et choix des étayages	203
I. Un énoncé de la situation pour tenter de bousculer les conceptions sur le cerveau	205

II.	Une gestion complexe de la démarche scientifique étayée par la structuration du rapport expérimental	210
III.	Un étayage dédié aux difficultés liées à la conception expérimentale	212
IV.	Difficulté lié à l'implémentation informatique	219
V.	Etayer des difficultés propres à notre séance en choisissant les actions et les paramètres de l'éditeur de protocole	221
VI.	Les versions des missions proposées aux enseignantes	225
VII.	Conclusion du chapitre 4	228
CONCLUSION DE LA PARTIE 3.....		231

PARTIE 4. RELATION ENTRE LOGOS DE L'ENSEIGNANT ET ETAYAGE MIS EN PLACE LORS DE LA CO-CONCEPTION DE LA SEANCE 233

Chapitre 1.	Résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes	235
I.	Construction et analyse de la praxéologie didactique de la professeure A	236
II.	Construction et analyse de la praxéologie didactique de la professeure B	250
III.	Construction et analyse de la praxéologie didactique de la professeure C	257
IV.	Construction et analyse de la praxéologie didactique de la professeure D	263
V.	Bilan concernant les connaissances mobilisées	271
VI.	Conclusion du chapitre 1	272

Chapitre 2.	Discussion des résultats : L'étayage, produit d'un équilibre entre demandes institutionnelles et exigence épistémologique individuelle	275
I.	Relation entre attentes institutionnelles et connaissances professionnelles concernant l'apprentissage et l'enseignement des sciences lors de la mise en place d'étayage	275
II.	Les connaissances professionnelles non reconstruites dans les organisations praxéologiques didactiques	278
III.	Conclusion du chapitre 2	279

CONCLUSION DE LA PARTIE 4..... 281

PARTIE 5. PARTAGE DE L'ETAYAGE ENTRE EIAH ET ENSEIGNANT LORS DE LA MISE EN ŒUVRE DE LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE PENDANT UNE SEANCE D'ENSEIGNEMENT..... 283

Chapitre 1.	La gestion de l'étayage lors du début de la séance	287
I.	Résultats : les caractéristiques du début de la séance	287
II.	Analyse et discussion : l'organisation de l'étayage entre l'enseignant et la plateforme LabNbook lors du début de la séance.....	293
III.	Conclusion du chapitre 1	294

Chapitre 2. Le partage de l'étayage EIAH/enseignant durant la progression dans la démarche	297
I. Résultats et début d'analyse : l'étayage de la gestion de la démarche scientifique	297
II. Discussion des résultats et proposition d'un nouvel étayage : un partage de l'étayage entre EIAH et enseignant pour la conduite de la démarche scientifique	312
III. Conclusion du chapitre 2	313

Chapitre 3. Efficacité du partage de l'étayage LabNbook/Professeure : exemple avec l'étape de la prévision des résultats	315
I. Résultats : mise en relation du temps d'étayage avec le taux de réussite à la tâche	315
II. Analyse des résultats et discussion	319
III. Conclusion du chapitre 3 :	319

CONCLUSION DE LA PARTIE 5..... 321

PARTIE 6. ANALYSE DU CO-ETAYAGE ENTRE EIAH ET ENSEIGNANT ETABLIES LORS DE L'ANALYSE DE DEUX ETAPES : LA FORMULATION DE L'HYPOTHESE ET LA CONCEPTION DU PROTOCOLE..... 323

Chapitre 1. De l'identification des techniques d'étayage à la description du co-étayage	325
I. Résultats et analyse : La caractérisation du co-étayage des quatre enseignantes avec l'EAH	326
II. Discussion des résultats : un étayage spécifique à chaque enseignante irrigué par le <i>logos</i> de l'enseignante	364
III. Conclusion du chapitre 1 :	367

Chapitre 2. Les relations entre caractéristiques d'étayage et éléments du savoir :	369
I. Résultats : Des caractéristiques de l'étayage en lien avec des éléments du savoir	370
II. Analyse et discussion des résultats et proposition de nouveaux étayages	374
III. Conclusion du chapitre 2 :	378

CONCLUSION DE LA PARTIE 6..... 379

PARTIE 7. DISCUSSION GENERALE : RETOUR SUR NOTRE CADRE DE TRAVAIL. 381

Chapitre 1. Retour sur notre cadre théorique	383
I. Une position hiérarchique des $PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}$ discutable	383
II. Le contenu des $PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}$	384
III. Identification d'une nouvelle catégorie de connaissances : les communautés à l'origine de connaissances partagées : les $K_{Communauté}$	385
IV. Le double cadre théorique : praxéologie/PCK : clarification des deux dimensions d'une connaissance	386
V. Conclusion du chapitre 1	386

Chapitre 2. Organisation de l'étayage entre Professeur et EIAH	389
I. Les différents modes de co-étayage	389

II. L'étayage, une des trois préoccupations principales de l'enseignant au service du savoir	391
III. Un effet inattendu : un étayage à destination des élèves impactant la pratique de l'enseignant	391
IV. Conclusion du chapitre 2	392
CONCLUSION DE LA PARTIE 7	393
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	395
BIBLIOGRAPHIE	399
TABLE DES FIGURES	413
TABLE DES TABLEAUX	417
TABLE DES EXTRAITS	419
RESUME	420
ABSTRACT	420

Remerciements

Faire une thèse, c'est entrer dans un univers, découvrir un système de fonctionnement, se confronter avec des idées et surtout, rencontrer des personnes.

C'est ainsi que je remercie très chaleureusement Patricia Marzin-Janvier qui m'a accompagnée pendant ces années de recherche avec diligence, gentillesse et efficacité. J'avais pu apprécier ses compétences lors de la réalisation du mémoire en Master II et cela s'est confirmé avec la thèse : Patricia sait écouter et peut trouver une solution aux problèmes rencontrés qu'ils soient conceptuels ou techniques.

Je te remercie, Patricia, pour avoir organisé un suivi de thèse régulier, sérieux et attentif.

Un grand merci aussi à Hamid Chaachoua qui m'a initiée à la Théorie Anthropologique du Didactique, cette théorie si puissante qu'elle en est polymorphe : on peut la retrouver partout !

Merci Hamid pour les moments que tu as accepté de me consacrer malgré ton emploi du temps surchargé.

Je remercie aussi beaucoup les membres du jury, Yann Lhoste et Jean-Marie Boilevin qui ont accepté d'être les rapporteurs de cette thèse ainsi que Berta Barquero, Philippe Dessus et Magalie Gallezot d'avoir pris part au jury de thèse et d'avoir accepté les contraintes liées à la crise sanitaire.

J'avais assisté à la soutenance d'une thèse en didactique des sciences le premier mois de mon inscription en thèse et Monsieur Boilevin en était le président. Il a prononcé ces mots en ouverture : « la soutenance de thèse correspond à l'aboutissement d'un travail, une soutenance doit être une fête ! ». Ces mots n'ont pas quitté mon esprit durant toutes ces années et, peut-être ai-je regretté que la soutenance n'ait pas pu être, à cause de cette crise sanitaire, cette « fête », ce moment de partage avec ma famille proche, mes cousins, mes amis. Peut-être auraient-ils eu ainsi quelques réponses à leurs interrogations quant à la teneur de mon travail et la raison du temps si long qu'a nécessité l'écriture de cette thèse.

Merci aussi à l'équipe MeTAH du LIG qui m'a accueillie durant ces quelques années ; j'ai pu ainsi observer, approcher, prendre conscience de la façon dont la science fonctionne. Cela a été très enrichissant.

Enfin, des pensées pleines d'affection pour « mes » trois doctorantes, Hang, Dany et Rosa. Le hasard a fait que mon congé formation ait lieu au moment où toutes les trois, vous commenciez votre thèse. Nous étions ainsi, nous quatre, baignant dans une chaleureuse amitié,

dans le plus beau bureau du quatrième étage du LIG, travaillant, échangeant sur nos travaux, comparant les forces et les failles des systèmes politiques de nos pays respectifs, partageant nos angoisses, plaisantant bien évidemment. Nous nous étions bien trouvées. Heureusement que vous étiez là, j'ai passé une formidable troisième année de thèse grâce à vous.

Merci aussi à Catherine et Sébastien. Je vous souhaite de tout cœur de réussir dans la voie que vous avez choisie.

Parmi les rencontres que l'on fait pendant une thèse, il en est qui se font par papiers interposés. Parfois, la lecture d'un article est fondatrice ; le style, la façon de présenter la démarche, les conclusions, tout nous plaît. C'est cette publication et celle-là que l'on aime citer avec tendresse, ce sont les réflexions de cette publication que l'on cherche à poursuivre et c'est avec l'auteur de ces articles que l'on entretient des monologues. Alors, je les remercie ces chercheurs qui ne me connaîtront jamais mais qui ont eu pour moi une grande importance. Il s'agit surtout d'Alain Jameau et de Dominique Bucheton.

Pour réaliser cette thèse, je me suis appuyée sur des données que j'ai recueillies au cours des séances menées par quatre professeures. Si elles ne m'avaient pas autorisé à les filmer pendant leur séance, il n'y aurait pas eu de thèse. Je les remercie d'autant plus que je sais combien il est difficile de faire entrer un « étranger » dans l'intimité de sa classe et d'autant plus lorsque cet individu est justement là pour analyser, décortiquer, disséquer.

J'adresse mes plus chaleureux remerciements à, par ordre alphabétique, Carine, Maryse, Nicole et Sandrine.

Faire une thèse, construire cet objet d'un point de vue conceptuel mais aussi au niveau matériel a été passionnant. Rechercher la cohérence entre les idées, les notions développées dans la thèse entre la première et la dernière page a été captivant. Mais, ce qui a été magique, c'est le moment où apparaît la logique de la démarche. Lorsque l'on rédige, tous les différents éléments de l'étude qui étaient jusqu'alors disposés de façon anarchique, se placent miraculeusement en un ordre logique, à la manière des pièces d'un puzzle qui s'emboîtent et finissent par former un paysage lisible. C'est ainsi, que c'est *à la toute fin*, lors de la rédaction, moment de réécriture de la démarche, qu'apparaît, linéaire, logique, implacable, le cheminement.

Ce travail de la thèse est aussi irrémédiablement associé aux journées de travail passées seule dans la chambre, en haut, à Gap, chambre que je quittais vivement lorsque j'entendais Pierrot, mon oncle, ou l'une de mes cousines entrer. Ils se sont bien demandé, tous ces Gapençais, ceux du Noyer compris, ce qui m'avait pris de me lancer dans un travail qui me prenait pratiquement tout mon temps de vacances.

Ce temps de travail à Gap est aussi attaché à ces jours tristes d'avril 2019 où je rédigeais la thèse à côté de Mémé exceptionnellement dans son lit. Je croyais, nous croyions, qu'elle allait se relever, survivante, comme d'habitude, comme elle nous avait habitué.

Nous nous trompions.

Mais, faire une thèse avec un métier qui nécessite beaucoup d'énergie et de temps, faire une thèse avec une famille nombreuse et large dont on veut s'occuper, des amis qui sont précieux, avec une maison que l'on veut entretenir, avec des jardins que l'on veut travailler, c'est dur, c'est exténuant¹.

Ma famille a été, sans le désirer, sans avoir son mot à dire, embarquée dans cette thèse qui a empiété sur notre vie quotidienne même si j'ai essayé de limiter ceci au maximum.

Je les remercie beaucoup de leur patience.

Merci à Christophe, mon époux, et ses fabuleuses compétences en tableur Excel sans qui je serais encore en train de compter à la main le nombre des différents types de tâches pour chaque séance. Christophe m'a souvent supportée alors que j'étais « sur les dents » !

Un merci immense à Claire, Céline et Elise qui ont accepté la situation avec philosophie, humour et entrain, s'adaptant avec dynamisme et bonne humeur². Je me souviendrais de la façon dont elles répondaient à leurs amis qui demandaient ce que je faisais. Avec une pointe d'ironie, sourire en coin, espiègles, elles répondaient « Pfff, elle fait sa thèse. », un peu comme si elles toléraient un petit caprice venant de ma part.

Un clin d'œil malicieux et complice à Laurent, mon frère. Nous avons finalement soutenu tous les deux notre thèse à une semaine d'intervalle ! Et que l'avenir te sourit maintenant !

Enfin, je termine par ma BFF, ma Best Friend For ever, ma mère. Ma mère, qui est de tous les projets, de toutes les aventures, ma mère dont la gentillesse n'a d'égale que son intelligence et son dévouement, ma mère qui fait partie de la catégorie rare des gens lumineux, intelligents de cœur et d'esprit.

Ma mère a été la seule qui a vraiment lu ma thèse, de la première à la dernière page. Elle m'a accompagnée dans cette aventure, me réconfortant lorsque cela était nécessaire, marchant à mes côtés toujours, aventure qui aujourd'hui se termine. Il est temps maintenant pour nous de passer à autre chose, il est temps d'aller soigner nos terres.

¹ Même si régulièrement je chantais « la didactique, c'est fantastique ! ».

² J'ai envie de dire : comme toujours !

Introduction

Face à une difficulté rencontrée par un élève, un enseignant peut adopter différentes façons de faire, par exemple réaliser la tâche à la place de l'élève ou énoncer les éléments de connaissances qu'il ignore. Le professeur adapte, en général, son enseignement pour permettre à l'élève de surmonter cette difficulté. L'analyse de l'activité de l'enseignant dans sa façon d'aider l'élève s'est nourrie à partir des années 90 du concept d'échafaudage construit en psychologie par Bruner (1983). Ce dernier décrit comment un adulte peut aider un enfant dans la réalisation d'une tâche qui n'est pas à sa portée, en utilisant la notion d'échafaudage, notion plutôt mobilisée jusqu'alors dans le domaine du bâtiment (échafaudage de la charpente, d'un mur, ...). Dans le cadre de l'analyse de la pratique d'un enseignant, l'échafaudage permet de considérer ce qui est pris en charge par un enseignant pour aider l'élève dans la réalisation d'une tâche que ce dernier ne peut pas faire tout seul (Bucheton & Soulé, 2009; Lavoie et al., 2006; Vallat, 2012). Dans un contexte de développement du numérique à l'école, il est tentant de penser qu'une partie de l'échafaudage d'un enseignant peut être transposée dans une application numérique afin de l'automatiser. C'est ce qui a sous-tendu les travaux de l'équipe MeTAH (Modèles et Technologies pour l'Apprentissage Humain) du LIG (Laboratoire Informatique de Grenoble), composée de didacticiens de la biologie, de la chimie et de la physique, ainsi que de chercheurs en informatique. Ils ont développé la plateforme numérique collaborative LabNbook³ pour soutenir l'activité des élèves lors de la rédaction d'un compte-rendu expérimental et en particulier lors de la conception d'un protocole expérimental. (Marzin et de Vries, 2013 ; D'Ham et al. 2019).

Le fait pour l'équipe METAH d'axer leur recherche sur l'échafaudage de la pratique expérimentale en classe a été initié par deux constatations. D'abord, la mise en œuvre de l'enseignement scientifique dans le système scolaire s'appuie depuis le milieu des années 2000 sur les démarches d'investigation. Celles-ci s'inscrivent à la fois dans le courant didactique français promouvant des situations mettant l'élève au centre des activités mais aussi dans un contexte international de renouveau de l'enseignement scientifique (Calmettes, 2012; Calmettes et Boilevin, 2014). Ces démarches d'investigation scientifique sont en quelque sorte la transposition au sein des salles de travaux pratiques des classes, des démarches scientifiques mises en œuvre dans un laboratoire de recherche (Calmettes, 2012). L'accent porté sur la mise en œuvre des démarches d'investigation fait suite à des constats montrant le bénéfice apporté par ces pratiques d'enseignement : elles semblent permettre un apprentissage efficace des concepts scientifiques (Zacharia et al., 2015) et le développement de l'apprentissage des méthodes scientifiques (Etkina et al., 2010) ce qui, *in fine*, pourrait limiter la désaffection des jeunes des pays occidentaux pour les domaines scientifiques (Rocard, 2007; Rolland, 2006, p. 12). Cependant, la mise en œuvre de cette démarche d'investigation n'est pas une chose aisée. Reiser (2004) en identifie quelques difficultés : 1) certaines des connaissances nécessaires pour concevoir des stratégies expérimentales sont implicites et ne sont donc pas connues des élèves, 2) les élèves se concentrent d'abord sur l'obtention de résultats et occultent l'aspect conceptuel 3) les

³ <https://labnbook.fr/>

Introduction

interprétations des résultats sont souvent trop superficielles, 4) le travail de groupe peut être difficile du fait des interactions sociales 5) et les règles cadrant la communication scientifique sont souvent ignorées. Face à ces difficultés, il convient alors d'établir des stratégies permettant de pallier ou du moins limiter l'impact de ces difficultés. Or, étayer les démarches d'investigation peut être porté par un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH) (Quintana & Fishman, 2006). Ainsi, l'équipe MeTAH a conçu la plateforme numérique LabNbook qui permet de formaliser les différentes parties d'un rapport expérimental et de proposer des étayages adaptés. Le concepteur de la séance peut en effet organiser le compte-rendu en y inscrivant les différentes étapes du rapport et en permettant pour chacune des étapes d'inscrire un texte, dessiner ou renseigner une image, compléter un tableau. L'apprenant prend connaissance de la succession des étapes qu'il a à réaliser et des modalités lui permettant d'y répondre (par un texte à écrire, un graphique à construire,...). Il est aussi possible d'utiliser un module particulier (un éditeur de protocole) qui permet de soutenir la réflexion lors de la conception d'un protocole expérimental. Avec celui-ci, le concepteur de la séance inscrit les différentes étapes d'un protocole de même qu'il constitue une liste de tâches pour chacune de ces étapes, à charge pour l'apprenant de choisir les différentes tâches qu'il souhaite inscrire dans son protocole. Ainsi, dans la plateforme LabNbook a été embarqué un étayage spécialement dédié à la conception expérimentale. Elle a déjà été testée dans l'enseignement supérieur et secondaire pendant la réalisation de séance d'enseignement (Bonnat, 2017; D'Ham, 2016; D'Ham et al., 2019; Marzin-Janvier, 2013; Saavedra, 2015).

Cependant, lors d'une séance d'enseignement transposée dans LabNbook et mise en œuvre par un enseignant, il coexiste alors deux tuteurs : l'EIAH et l'enseignant, ce qui oblige ce dernier à composer avec l'outil numérique dans sa stratégie d'étayage. On peut alors penser qu'il existe des éléments d'étayage qui sont pris en charge par l'enseignant et d'autres qui le sont par l'environnement informatique (c'est d'ailleurs ce pour quoi il a été conçu). Ce partage de l'étayage a été brièvement mentionné dans les travaux de Girault et al (2012) lors de recherche mettant en jeu un EIAH étayant la production d'un protocole expérimental dans une séance de travaux pratiques de chimie avec des étudiants mais, ces auteurs n'ont pas réellement pu établir les relations entre l'étayage apporté par les deux types de tuteurs.

Notre travail de thèse consiste à analyser la façon dont l'étayage du travail et de la réflexion de l'élève s'organise entre un EIAH et un enseignant. L'étude du partage de l'étayage doit pouvoir établir les éléments d'étayage pris en charge par l'enseignant, ceux pris en charge par l'EIAH et, aussi pourquoi pas, ceux pris en charge par les deux acteurs. Il convient aussi de comprendre quels sont les caractéristiques des éléments pris en charge par l'un ou par l'autre.

Nous avons choisi d'analyser ce co-étayage par le prisme d'un modèle que nous présentons dans la première partie de ce manuscrit. Cette première partie s'organise en trois chapitres : le premier chapitre propose une revue de littérature concernant le concept de l'étayage, revue de littérature à l'issue de laquelle nous établissons les éléments permettant de caractériser un étayage qu'il soit mis en œuvre par un enseignant ou embarqué par un EIAH. Nous voulons analyser l'étayage grâce à un modèle théorique qui combine le volet praxéologique de la Théorie Anthropologique du Didactique (Chaachoua, 2018; Chevallard, 1992) et le modèle des Pedagogical Content Knowledge (PCK) de Shulman (1986). Nous construisons dans le deuxième chapitre ce modèle permettant de formaliser les praxéologies didactiques d'un enseignant en renseignant les tâches didactiques (la *praxis*) justifiées par un savoir (le *logos*) qui est alimenté par les connaissances professionnelles du professeur dont une partie est influencée par son épistémologie. Enfin, le troisième chapitre expose notre problématique. Les trois questions de recherche sont explicitées. Elles portent sur 1) la façon dont l'étayage est choisi par un enseignant lors de la conception de la séance, 2) la manière dont celui-ci est mis en œuvre pendant la réalisation de la séance et enfin 3) la proposition d'éléments d'étayage nouveaux à transposer dans l'EIAH LabNbook.

Pour répondre à nos questions de recherche, nous prévoyons une expérimentation dont la méthodologie est présentée dans la deuxième partie de ce manuscrit. Pour chacun des trois chapitres la composant, nous expliquons la façon dont nous avons procédé pour recueillir des données et construire des résultats. Le premier chapitre explique la façon dont nous avons procédé pour concevoir la séance d'enseignement et son implantation dans l'EIAH LabNbook en nous appuyant sur l'analyse praxéologique des objets d'enseignement. Le deuxième chapitre décrit comment nous avons procédé pour établir des éléments de l'organisation praxéologique didactique de chaque enseignant participant à notre expérimentation lors de la co-conception de la séance d'enseignement. Les troisième et quatrième chapitre expose comment nous avons analysé l'étayage mis en œuvre par chaque enseignante lors de la réalisation de la séance d'enseignement transposée dans LabNbook, une analyse portant sur l'ensemble de la séance (chapitre 3) et une analyse plus fine portant sur deux étapes de la séance (l'étape de formulation de l'hypothèse et de la conception du protocole par les élèves) (chapitre 4).

Pour analyser l'étayage mis en œuvre pendant une séance, il a été nécessaire de construire une séance d'enseignement pour laquelle nous identifions l'étayage *a priori* nécessaire pour le transposer dans la plateforme LabNbook et l'étayage activé lors de la réalisation par l'enseignant. Nous avons choisi comme séance d'enseignement, une séance de biologie portant sur la plasticité cérébrale en classe de Première S. Le scénario en est le suivant : Madame X est une patiente qui a un AVC dans la partie occipito-temporale gauche du cortex visuel qui correspond à la zone permettant de lire. Donc, après son AVC, elle ne sait plus lire les mots écrits mais elle recouvre cette capacité six mois après une rééducation adaptée. Des comparaisons d'images IRM par un logiciel de lecture d'IRM (Eduanatomist) permettent de faire construire l'idée que la zone de lecture qui est normalement du côté occipito-temporal gauche du cortex visuel se trouve six mois après son AVC, au niveau du cortex occipito-temporal droit. La fonction de lecture a été prise en charge par les neurones fonctionnels de

Introduction

l'hémisphère droit vu que les neurones de la zone occipito-temporal gauche ont été détruits par l'AVC. Ceci est permis par la plasticité cérébrale du cerveau. La transposition de la séance dans LabNbook et notre modèle d'analyse s'appuient sur le modèle praxéologique de la Théorie Anthropologique du Didactique. Il a fallu donc construire la praxéologie institutionnelle de cette séance. Celle-ci est explicitée dans le chapitre 3. Or la construction de cette praxéologie institutionnelle a nécessité d'établir les praxéologies institutionnelles des deux objets d'enseignement de la séance : la plasticité cérébrale et la démarche scientifique. Celles-ci sont présentées dans le chapitre 2. Enfin, en nous appuyant sur la praxéologie institutionnelle de la séance mais aussi sur les difficultés établies *a priori*, la séance a été transposée dans la plateforme LabNbook. La façon dont nous avons procédé pour réaliser cette transposition est présentée dans le chapitre 4.

Les trois parties qui suivent, la partie 4, la partie 5 et la partie 6 correspondent à l'analyse de l'étaillage mis en œuvre pendant la séance. Dans chacune de ces trois parties, nous présentons les résultats obtenus avec leur analyse et aussi nous discutons des résultats obtenus ce qui amènera parfois à énoncer les limites de notre méthodologie. Lorsque cela est judicieux, nous proposons également à la suite des propositions de nouveaux étaillages. Quatre enseignantes ont accepté de participer à notre expérimentation. Elles sont intervenues en aménageant la séance transposée puis en la réalisant avec leur classe. Dans la partie 4, c'est l'analyse de l'étaillage de ces quatre enseignantes lors de la co-conception de la séance qui est présentée tandis que dans les parties 5 et 6, c'est l'analyse de l'étaillage qu'elles mettent en œuvre lors de la réalisation de la séance. La partie 5 expose le partage de l'étaillage lors de l'analyse de la séance entière ; il n'a pas été nécessaire de différencier l'étaillage de l'une ou l'autre enseignante. Au contraire, la sixième partie présente la caractérisation de l'étaillage pour chacune des enseignantes au cours de deux étapes de la séance : la formulation de l'hypothèse par les élèves et leur conception du protocole. Cette caractérisation permet d'analyser la façon dont l'étaillage embarqué par LabNbook et celui mis en œuvre par l'enseignante s'organise.

Enfin, dans la dernière et septième partie du manuscrit, nous discuterons de notre cadre théorique d'analyse au regard de notre travail. Et ceci, avant de conclure.

Partie 1. L'étayage : de l'état de l'Art à la problématique

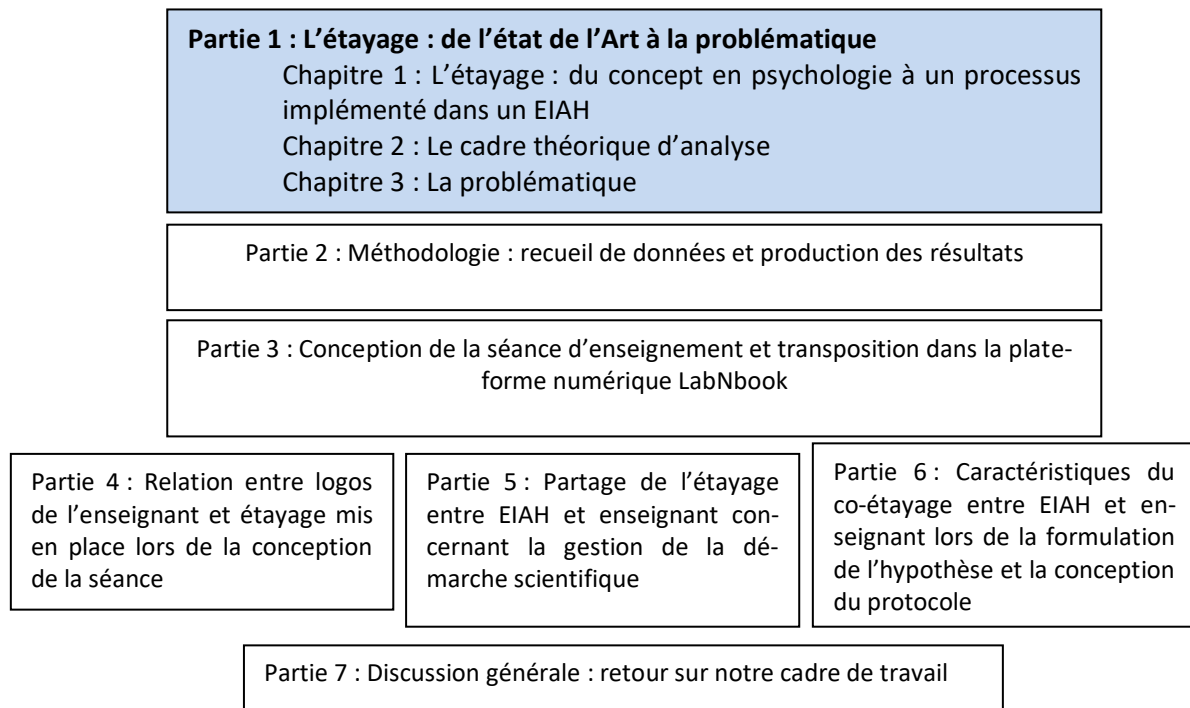


Figure 1 : Plan de la thèse.

L'objet de notre travail est l'analyse du partage de l'étayage entre un enseignant et un EIAH. Il s'agit alors de préciser ce que l'on entend par étayage : comment est né ce concept ? Comment est-il actuellement pris en compte dans l'analyse des pratiques enseignantes ? Comment peut-on caractériser l'étayage mis en œuvre par un enseignant mais aussi lorsqu'il est embarqué dans un EIAH ? C'est à ces questions que nous allons chercher à répondre dans cette partie.

L'action d'étayer fait suite à une décision prise par un enseignant et est lié à un savoir. Pour analyser l'étayage, il doit être possible de modéliser cette décision et cet objet de savoir. Cette analyse s'appuiera sur notre cadre théorique que nous présenterons ci-après. Le cadre théorique choisi est une articulation entre deux modèles, le volet praxéologique de la Théorie Anthropologique du Didactique (Bosch & Chevallard, 1999; Chevallard, 1992) et le modèle des connaissances professionnelles (PCK) (Magnusson et al., 1999; Shulman, 1986).

Enfin, à l'issue de cette partie, nous exposerons notre problématique. En nous appuyant sur notre cadre théorique, nous nous questionnerons sur la façon dont nous pouvons établir l'organisation de l'étayage mis en œuvre par un enseignant dans une séance dans laquelle est mobilisé un EIAH.

Chapitre 1. L'étayage : du concept en psychologie à un processus transposé dans un EIAH

Table des matières détaillée du Chapitre 1

I.	Le concept d'étayage : de la psychologie à la didactique des sciences	20
I.1.	A l'origine du concept d'étayage : les travaux de Lev Vygotsky	20
I.2.	Le concept d'origine développé par Bruner.....	21
I.3.	La place du concept d'étayage en didactique des Sciences	24
I.3.1	L'étayage dans le franchissement d'un obstacle	24
I.3.2	L'étayage dans la théorie des situations didactiques.....	24
I.4.	Bilan	25
II.	La caractérisation de l'étayage en contexte scolaire	25
II.1.	Les caractéristiques identifiables d'un étayage en contexte scolaire	26
II.1.1	Des configurations différentes du public auquel est destiné l'étayage	26
II.1.2	Les temps des choix de l'étayage : lors de la préparation de la séance et en séance	27
II.1.3	Le démantèlement du processus d'étayage.....	28
II.1.4	Les supports de l'étayage	28
II.1.5	La fonction de l'étayage.....	29
II.1.6	Les modalités mises en place pour l'étayage.....	30
II.1.7	Bilan	31
II.2.	L'importance de l'étayage dans la pratique d'un enseignant.....	33
II.3.	Bilan	35
III.	L'étayage et les Environnements informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH)	35
III.1.	Un support d'étayage en réponse à une difficulté lors d'un apprentissage	36
III.2.	L'élaboration d'un cadre d'analyse des étayages transposés dans les EIAH.....	36
III.2.1	Le cadre d'analyse établi par Zacharia et al (Zacharia et al., 2015).....	36
III.2.2	Le cadre d'analyse développé par Quintana et Fishman (Quintana & Fishman, 2006).....	37
III.2.3	La mise en relation ente les deux cadres théoriques	38
III.3.	Bilan	39
IV.	Conclusion du chapitre 1	41

Dans le langage commun, étayer correspond à l'action de soutenir transitoirement une construction. Par exemple, lors de la mise en place d'une charpente, des pièces de bois, appelées étais, sont utilisées pour soutenir provisoirement une charpente (Lavoie, Lévesque, & Léger, 2006).

L'objet de notre thèse est d'analyser la façon dont s'organise l'étayage lorsqu'il est partagé entre celui mené par un enseignant et celui implémenté dans un EIAH lors de la réalisation d'une séance en Biologie au lycée. Une synthèse des travaux portant sur le processus d'étayage est proposée ci-après.

C'est en psychologie du langage, en 1983, que Bruner, psychologue américain, travaillant sur l'acquisition du langage, introduit la notion d'étayage. Il s'appuie sur les travaux de Vygotsky et Piaget qui lui ont, d'ailleurs, donné le goût pour « étudier le développement de l'esprit » (Barth, 1985, p. 56).

Dans nos travaux, nous cherchons à analyser la façon dont s'organise l'étayage entre un enseignant et un EIAH. C'est ainsi que dans le premier paragraphe qui suit est présenté le concept de l'étayage et le contexte dans lequel cette notion a émergé, puis un deuxième paragraphe propose de montrer la façon dont l'étayage peut être pris en compte dans un contexte scolaire avant de nous intéresser à ce concept dans le domaine des EIAH.

I. Le concept d'étayage : de la psychologie à la didactique des sciences

I.1. A l'origine du concept d'étayage : les travaux de Lev Vygotsky

C'est Lev Vygotsky (1934) qui introduit dans la théorie de l'apprentissage le facteur social, c'est-à-dire « autrui », dans les années 1930. L'importance de « l'interaction entre l'enfant et l'adulte » dans la construction des connaissances n'était alors pas prise en compte (Hébrard, 1997, p. 7). Il s'agissait d'une position plutôt novatrice. En effet, à cette époque, deux principaux courants concernant l'apprentissage dominaient alors ; il s'agissait du behaviorisme et du constructivisme (Carré, 2015).

Le courant béhavioriste (de *behavior* du psychologue américain Watson), apparu au début du XX^{ème} siècle, est parfois confondue avec le conditionnement (Barnier, 2012). En effet, l'apprentissage, la construction mentale sont souvent présentés comme se faisant grâce à une accumulation de réflexes conditionnés, avec des renforcements positifs (encouragement, bonne note par exemple) ou négatifs (punition par exemple) permettant de produire le comportement attendu en réponse à un certain stimulus (Kozanitis, 2005). Dans ce cadre du béhaviorisme, l'esprit « est une cire molle sur laquelle s'inscrivent les apprentissages » (Fournier, 2019, p. 12). Cependant, et Vygotsky l'avait critiqué en son temps, l'apprentissage n'est pas un acte mental simple ou constitué d'une succession d'étapes simples et cette théorie occulte les relations sociales ainsi que l'environnement culturel dans lesquels baignent l'enfant.

A l'inverse, pour le constructivisme de Jean Piaget, « l'individu construit ses connaissances par ses propres actions » (Fournier, 2019, p. 12). L'apprentissage se fait en fonction des expériences passées, des connaissances déjà intégrées. Ainsi, devant un problème posé, l'apprenant cherche à le résoudre avec ses connaissances. S'il n'y parvient pas, il se trouve alors face un conflit cognitif qu'il va résoudre

en adaptant ses connaissances (Astolfi et al., 1998; Barnier, 2012; Piaget, 1970). Pour Piaget (1970), qui a surtout étudié l'apprentissage chez les jeunes enfants, le niveau d'apprentissage est limité par le stade de développement, c'est-à-dire que l'apprentissage n'est possible que si le stade de développement est atteint. Pour Vygotsky (1985), cependant, la notion de stade de développement n'est pas toujours pertinente. En effet, il donne l'exemple d'enfants pouvant réaliser des exercices dans certaines disciplines scolaires alors que d'après la théorie de Piaget, ils n'ont pas encore atteint le stade de développement nécessaire. Ainsi, pour Vygotsky, c'est l'apprentissage qui précède le développement alors que pour Piaget, c'est le développement qui devance l'apprentissage (Lecomte, 1998).

Pour expliquer les mécanismes de l'apprentissage, Lev Vygotsky définit la notion de zone proximale (ou prochaine) de développement (ou ZPD) (Demerval & White, 1993). Pour présenter cette notion, il décrit cet exemple : « Admettons, que nous ayons déterminé chez deux enfants un âge mental équivalant à huit ans. Avec l'aide d'un adulte, l'un résout des problèmes correspondant à l'âge de 12 ans, tandis que l'autre ne peut résoudre que des problèmes correspondant à l'âge de 9 ans. C'est précisément cette différence qui définit la zone prochaine de développement. Elle est de 4 pour le premier enfant et de 1 pour le second » ; ainsi, il conclut « ce que l'enfant sait faire aujourd'hui en collaboration, il saura le faire tout seul demain » (Lecomte, 1998, p. 3). Ces travaux montrant l'importance du lien social et les relations interpersonnelles dans l'apprentissage ont depuis été exploitées et correspondent à l'approche socio-constructiviste de l'apprentissage qui provient donc de l'approche de, entre autres, Vygotsky (*ibid.*).

Ainsi, pour l'auteur russe, le développement de l'enfant se fait grâce à autrui et « ses liens avec autrui font partie de sa nature même » (Vallat, 2012, p. 36).

Du fait du contexte historique, les travaux de Vygotsky n'ont été connus dans le monde occidental que dans les années 1960 et c'est Bruner qui a grandement contribué à leur diffusion (Lecomte, 1998).

I.2. Le concept d'origine développé par Bruner

Pour Bruner (1983), « apprendre, c'est construire du sens » (Kozanitis, 2005) et ainsi, si Bruner participe, parallèlement à Piaget, à l'élaboration du modèle constructiviste de l'apprentissage, il s'oppose à Piaget sur, au moins, deux aspects⁴ : pour lui, les comportements ne sont pas le résultat de réflexes

⁴ Mais, il s'en rapproche du fait d'une progression dans la connaissance par stades. Pour Bruner, il s'agit des trois modes de représentation : le mode enactif ou sensori-moteur (correspondant à des actions, des manipulations), le mode iconique (permettant de se représenter quelque chose sans l'avoir sous les yeux) et le mode symbolique (qui correspond à une représentation abstraite, en codes) ; et, pour l'autre auteur, Piaget, il s'agit des stades de l'intelligence : le stade sensori-moteur, le stade préopératoire de la représentation, le stade des opérations concrètes et le stade des opérations formelles. Pour Barth (1985), le stade enactif correspondrait au stade sensori-moteur, le mode iconique aux stades préopératoires et opératoires concrets et le mode symbolique au stade opératoire formel.

mais d'intentions (Lestage, 2008)⁵ et les interactions sociales sont primordiales pour l'apprentissage. C'est ainsi que l'on peut dire que Bruner se rapproche de Vygotsky. En effet, il considère que l'on ne peut apprendre seul. La progression au cours de l'apprentissage n'est pas simplement basée sur l'individu seul mais sur les interactions sociales, sur son environnement (Dortier, 2009). Ainsi, « l'apprentissage se réalise dans un contexte qui est principalement culturel » (Vallat, 2012, p. 39).

L'objet des travaux de Bruner est, comme pour Vygotsky, l'acquisition du langage par l'enfant. En observant des mères lisant un livre avec un enfant, il émet l'idée que l'apprentissage du langage ne vient pas de l'enfant lui-même mais des interactions construites avec les adultes experts l'entourant.

Ainsi, dans la situation où une mère lit un livre avec son enfant, Bruner (1983) remarque que la mère, en prenant appui sur ce que l'enfant a repéré dans les images, lui demande ce qui est montré ; la mère reprend le mot de l'enfant, le répète, le fait répéter et ainsi, de cette façon, l'enfant apprend à parler. Pour Bruner, l'acquisition de cette compétence se fait grâce à deux forces : la push force et la pull force. La première a une origine interne à l'enfant et c'est elle qui le pousse à apprendre le langage ; c'est l'intention d'apprendre ; tandis que le deuxième type de force a une origine externe ; elle correspond aux personnes et aux structures avec lesquelles l'enfant apprend à parler (Vallat, 2012, p. 12).

L'intention d'apprendre qui provient de l'enfant, le novice, doit être perçue par l'adulte, le tuteur ; alors des interactions peuvent se mettre en place entre les deux acteurs (*ibid.*). Ainsi, c'est par les interactions avec l'adulte que l'enfant peut apprendre à parler. « Il s'agit d'accompagner l'enfant dans son développement langagier pour le faire progresser par lui-même » (Marzin-Janvier, 2013, p. 152).

De même, en observant des mères aidant leur enfant à construire un puzzle, Bruner explique que lorsque pour réaliser une tâche, il y a des éléments qui dépassent les capacités du débutant, ils sont pris en charge par l'adulte qui accompagne l'enfant. Ainsi, ce dernier peut se centrer sur les tâches à sa portée. Il s'agit pour l'adulte d'établir l'écart entre ce qui doit être fait pour réussir la tâche proposée et ce que l'enfant est en train de réaliser pour lui apporter l'aide qui est nécessaire (Pea, 2004) .

Ainsi, pour Bruner, l'adulte/le tuteur est le médiateur de la culture qui « donne forme à l'esprit » (Barnier, 2012, p. 11), le tuteur étant celui qui sait, qui est « plus compétent » et qui n'occupe donc pas la même place que le novice qui lui ne sait pas (Bucheton & Soulé, 2009; Quintana & Fishman, 2006, p. 2).

Les travaux de Vygotsky et ceux de Bruner se rapprochent par l'importance donnée dans l'apprentissage aux interactions sociales. Cependant, la zone proximale de développement (ZPD) de Vygotsky et l'étayage de Bruner ne sont pas deux notions identiques même si elles sont liées (Lestage, 2008). En effet, la ZPD est « une notion théorique » correspondant à la distance existant entre

⁵ Support de cours de l'année 2008-2009 de Philippe Lestage, professeur à l'IUFM du Limousin.

ce que le novice est capable de faire seul et ce qu'il est capable de faire accompagné d'un tuteur ; « cette notion s'approche plus des compétences de l'enfant » (Vallat, 2012) tandis que l'étayage correspond au « soutien » mis en place par le tuteur c'est-à-dire qu'ici, on s'intéresse plus aux « processus d'instruction » (*ibid*, p. 44), l'étayage permettant de faire fonctionner les novices au plus haut de leur zone de niveau prochain (Lavoie et al., 2006).

Selon Bruner (1983), six fonctions de l'étayage peuvent être identifiées (Demerval & White, 1993) et peuvent être organisées selon les aspects socio-affectifs et cognitifs d'après Barnier (2012, p. 11), organisation que nous conservons :

- Aspects socio-affectifs : présentation de la tâche de façon « agréable à réaliser avec [l'aide du tuteur] »,
 - Enrôlement : éveiller l'intérêt du novice,
 - Maintien de l'orientation : éviter de s'écarter du but, maintenir l'intérêt avec sympathie et entrain,
 - Contrôle de la frustration : faire en sorte que les échecs soient bien vécus et que ce ne soit pas trop éprouvant pour le novice.
- Aspects cognitifs : présentation de la tâche pour qu'elle soit à la portée du novice sans pour autant qu'elle soit réalisable sans soutien,
 - Réduction des degrés de liberté : simplifier la tâche par diminution du nombre des actes nécessaires à la réalisation de la tâche en fractionnant la tâche en sous-objectifs.
 - Signalisation des caractéristiques déterminantes : mettre en valeur des caractéristiques de la tâche qui sont déterminantes pour l'action.
 - Démonstration ou présentation de modèles : présenter par le tuteur un modèle, un essai de solution, « une standardisation de la production souhaitée » (Demerval & White, 1993, p. 38).

L'étayage correspond, donc en psychologie, à « l'ensemble des interactions de soutien et de guidage mises en œuvre par un adulte ou un autre tuteur pour aider l'enfant à résoudre seul un problème qu'il ne savait pas résoudre au préalable » (Lestage, 2008, p. 2). Ces interactions sont transitoires et durent le temps nécessaire pour que le novice passe du statut de la réalisation de la tâche avec étayage au statut où il la réalise seul, les procédures nécessaires étant alors maîtrisées.

I.3. La place du concept d'étayage en didactique des Sciences

Lorsqu'il prend connaissance du concept d'étayage de Bruner, Astolfi repense le rôle du professeur et l'envisage à partir de ce moment comme « un facilitateur, un médiateur du savoir en train de s'acquérir » (Cariou, 2009, p. 16). Ainsi, même si des travaux antérieurs (Henri Wallon, par exemple), avaient commencé à modifier l'image d'un enseignant jusque-là simplement considéré comme « transmetteur » de connaissances, les travaux du psychologue américain entraînent une reconsidération du rôle de l'enseignant (Hébrard, 1997). Le concept d'étayage ayant été « conçu » dans le domaine de l'analyse de l'apprentissage de la langue, il est naturellement pris en compte dans les didactiques du français ou des langues étrangères mais aussi, et nous allons le voir, dans le domaine de la didactique des sciences.

I.3.1 L'étayage dans le franchissement d'un obstacle

En 1993, Astolfi et Peterfalvi utilisent le concept d'étayage pour expliquer les étapes de franchissement d'un obstacle. Ces auteurs analysaient alors les difficultés rencontrées par les élèves lors de leurs apprentissages en biologie. La notion d'obstacle, concept construit par Bachelard (1938), correspond à la « résistance » de l'esprit au développement d'une connaissance à cause d'un savoir préexistant, l'obstacle étant constitué d'idées structurées de façon cohérente pour un sujet donné et qui, pour être déstabilisées, nécessite un étayage (Marzin-Janvier, 2013). Selon Astolfi et Peterfalvi (1993), le franchissement d'un obstacle nécessite plusieurs étapes : il y a d'abord prise de conscience de son propre mode de pensée, puis déstabilisation de ce dernier grâce, entre autre, à des conflits sociocognitifs surgissant de la confrontation entre les différentes représentations, et enfin, reconstruction d'un concept alternatif et automatisation du nouveau mode d'explication. Pour ces deux auteurs, l'étayage, transitoire, intervient lors de la reconstruction du concept et avant l'automatisation. Pour eux, l'enseignant soutient, par ses actions, l'activité de l'élève après qu'il y ait eu déstabilisation de son cadre intellectuel afin de le transformer pour qu'il prenne en compte les nouvelles données.

Le concept d'étayage a ensuite voyagé jusqu'en didactique des mathématiques avec notamment sa prise en compte dans la théorie des situations didactiques de Brousseau (1997).

I.3.2 L'étayage dans la théorie des situations didactiques

La notion d'étayage est replacée dans le cadre de la théorie des situations didactiques. Ainsi, il peut être associé à la dévolution du problème comme le proposent Astolfi et al (1998) mais Soury-Lavergne (1998) explore un peu plus la relation entre la tutelle de l'enseignant et cette théorie des situations didactiques. En effet, pour Brousseau (1997), l'enseignant construit une situation qui devrait être adidactique c'est-à-dire que ce sont les rétroactions du milieu (ce dernier constitué par les connaissances, les informations et le matériel fournis) qui permettent la construction par l'apprenant de nouvelles connaissances. L'enseignant construit le milieu en prévoyant les interactions élève-milieu. Le professeur ne devrait pas intervenir car les nouvelles connaissances doivent, dans une

situation idéale, se construire logiquement par interactions entre l'élève et le milieu. Cependant, pour Soury-Lavergne (1998) et pour Calmettes (2010), l'action du maître lors de la réalisation de la séance ne peut pas être oubliée. Si l'élève ne parvient pas à résoudre seul le problème, les aides apportées par le maître modifient en partie le milieu avec lequel interagit l'élève même si elles n'entraînent pas de changement dans les connaissances à construire (*ibid.*). De plus, s'il y a sur-étayage, c'est-à-dire lorsque le professeur fait à *la place de* l'élève alors la situation est dénaturée et perd son sens pour l'élève ; on observe alors l'effet Topaze⁶ (Soury-Lavergne, 1998). Saavedra (2015) se place lui aussi dans la théorie des situations didactiques pour l'analyse de l'étayage en l'associant à la notion de contrat didactique permettant ainsi d'identifier le partage de la responsabilité entre l'élève et le professeur, concernant le dépassement des difficultés. Ainsi, dans la situation analysée par Saavedra, la prise en charge des difficultés concernant les connaissances scientifiques était répartie entre professeur et élève tandis que celle liée à la conception expérimentale était uniquement le fait de la responsabilité du professeur.

I.4. Bilan

L'étayage correspond à tout ce qui est fait par un tuteur, qui est celui qui sait, pour qu'un novice, celui qui ne sait pas, puisse acquérir de nouvelles compétences (Bruner, 1983). Devant une tâche, le novice peut ne pas être en mesure de la réaliser seul. Mais l'étayage apporté par le tuteur influence les aspects socio-affectifs et la présentation de la tâche ce qui fait qu'il est possible de réaliser la tâche avec l'aide apportée.

En didactique des disciplines, la notion d'étayage permet d'analyser les interactions entre enseignant et élèves et de comprendre comment les difficultés d'apprentissage permettent d'être atténuées. L'étayage a été reconnu comme jouant un rôle à des moments clés de la situation d'enseignement (Astolfi & Peterfalvi, 1993). Il est actuellement associé à la plupart des actions de l'enseignant et est considéré comme une préoccupation principale de l'enseignant (Bucheton & Soulé, 2009).

Pour nos travaux, nous devons analyser l'étayage d'enseignants or cette analyse nécessite de le caractériser. C'est ce que nous allons voir dans le paragraphe suivant.

II. La caractérisation de l'étayage en contexte scolaire

A la suite des travaux de Vygotsky (1985) et de Bruner (1983), le concept d'étayage a été utilisé dans l'analyse des pratiques enseignantes. Ce sont d'abord les séances d'enseignement portant sur l'apprentissage de la langue orale et dans des classes d'enfants (maternelle et élémentaire) qui sont

⁶ L'effet Topaze a été identifié par Brousseau lorsque le maître prend en charge une large partie de la tâche celle-ci étant alors dénaturée ; lorsque Topaze, le maître d'école dans la pièce éponyme de Marcel Pagnol dicte « des moutons, ... des moutonss » en prononçant le s à la fin du mot, les élèves n'ont pas à réfléchir pour mettre un s à mouton mais ils ont juste à transformer le son [s] prononcé par leur maître en la lettre « s » à la fin de mouton.

analysées, dans la lignée des travaux qui ont donné naissance à cette notion (Bucheton & Soulé, 2009; Grandaty, 2011; Lavoie et al., 2006); le concept d'étayage est aussi utilisé pour l'analyse de la fonction enseignante dans l'apprentissage oral d'une seconde langue, par exemple, par Charlotte Vallat (2012). L'analyse du rôle de l'enseignant par le biais de l'étayage conquiert aussi les disciplines scientifiques (Astolfi & Peterfalvi, 1993; Bonnat, 2017; Calmettes, 2010; Marzin-Janvier, 2013; Saavedra, 2015; Soury-Lavergne, 1998). Ainsi, l'étayage, dans le contexte scolaire, « recouvre toutes les manières dont l'enseignant (l'expert) accorde ses interventions aux capacités des novices, les apprenants »⁷ (Vallat, 2012, p. 13) c'est-à-dire tout ce que fait le maître pour aider « à faire, à dire, à comprendre » (Bucheton & Soulé, 2009, p. 33).

Depuis l'identification des six fonctions de l'étayage par Bruner en 1983, de nombreux auteurs ont cherché à déterminer les paramètres de cette fonction de tutelle. Plusieurs modèles existent avec des variantes dans le vocabulaire utilisé. Or, nous devons faire pour nos travaux l'analyse d'un étayage mis en œuvre par un enseignant. Pour ce faire, nous allons construire un modèle qui doit nous permettre de caractériser l'étayage mis en place par un enseignant.

II.1. Les caractéristiques identifiables d'un étayage en contexte scolaire

II.1.1 Des configurations différentes du public auquel est destiné l'étayage

La situation dans laquelle a été construit le concept d'étayage correspondait à l'apprentissage de la langue maternelle par un novice, l'enfant, avec l'aide d'un tuteur, l'adulte. Dans une classe, c'est l'enseignant qui, par ses actions, va « donner des indications aux élèves ou des points de repères pour réaliser la tâche en les mettant sur la voie», (Marzin-Janvier, 2013, p. 153). Ainsi, en classe, face à l'enseignant, le tuteur, se trouve non pas un seul enfant mais une assemblée de novices aux profils variés tant au niveau de leurs compétences que de leurs représentations des concepts étudiés.

Si Saavedra (2015) souligne, dans un premier temps, que l'enseignant soutient l'ensemble de la classe et qu'il ne peut individualiser ses aides ; mais, par ses travaux, il met par la suite en évidence le fait qu'une interaction entre un enseignant et un élève permet à ce dernier d'accéder à la notion visé par l'apprentissage (gène polymorphe). Ainsi, l'enseignant peut individualiser son aide. Dans l'étude de Grandaty (2011), c'est cette fois-ci un épisode durant lequel un maître interagit avec un groupe d'une dizaine d'élèves à propos du fonctionnement de l'élevage de grillons que les enfants gèrent dans leur classe ; donc, l'étayage du maître peut concerner un groupe d'élèves de la classe. Enfin, le professeur peut décider de transmettre des informations à l'ensemble de la classe, comme par

⁷ Grandaty, M., & Chemla, M.T. (2004). Médiation de l'enseignant dans l'apprentissage : les étayages. In C. Garcia-Debanco, & S. Plane (Eds), Comment enseigner l'oral à l'école primaire ? (pp. 173-214). Paris : INRP, Hatier pédagogique. Et Grandaty, M. (2006). Place et rôle des conduites discursives orales dans le système des médiations en classe. In B. Schneuwly & T. Thévenaz-Christen (Eds), Analyses des objets enseignés- Le cas du français (pp. 93-110). Bruxelles : de Boeck. In (Vallat, 2012, p. 13).

exemple dans les moments de classe de l'enseignement du français en tant que langue étrangère dans une université chinoise répertoriés par Vallat ; ces informations correspondant aussi à une forme d'étayage (Vallat, 2012).

Ainsi, le public auquel l'étayage est destiné, dans une situation de classe, diffère au cours des séances et au cours d'une séance ; il peut être un seul élève, un groupe d'élèves ou une classe entière.

II.1.2 Les temps des choix de l'étayage : lors de la préparation de la séance et en séance

Grandaty (2011, p. 134) identifie l'étayage de l'enseignant comme permettant le bon fonctionnement de son « scénario pédagogique préconstruit » pour l'ensemble des élèves. Or cette prévision de la séance est basée sur ce que sait déjà le maître, sur les situations déjà vécues. D'autre part, comme le souligne Vallat (2012), des imprévus surviennent au cours de la séance et provoquent la mise en place d'étayage de la part de l'enseignant.

Ainsi, il y a deux temps pour la décision et l'élaboration de l'étayage : avant la séance, lors du temps de la préparation de la séance et pendant la séance, lors de sa réalisation.

L'étayage pensé lors de la préparation de la séance a une logique qui est fondée sur les connaissances professionnelles de l'enseignant (Bucheton & Soulé, 2009), les propres conceptions de l'enseignant, celles-ci étant en fonction de la tâche, de l'image qu'il a des élèves, de leurs connaissances, de leurs difficultés (Saavedra, 2015). Lors de l'élaboration de la leçon, l'enseignant peut choisir telle ou telle ressource à mettre à disposition des élèves ; ces ressources sont considérées alors comme des étayages fixes (Bonnat, 2017), fixes car à disposition de tous les élèves même de ceux qui n'en ont pas besoin et ne sont donc pas adaptables ou ajustables en fonction de l'avancement dans la tâche de l'apprenant⁸.

Lors de la réalisation de la séance, la tutelle de l'enseignant s'exercera lors des « imprévus » cités par Vallat (2012). Et, il s'agira alors pour l'enseignant d'adapter ses actions pour que l'écart entre ce qui doit être réalisé et ce qui est en train d'être fait se réduise sans pour autant qu'il fasse à la place de l'élève. Cet ajustement permanent de l'étayage nécessite un diagnostic continu de la situation dans laquelle se trouve l'apprenant par l'enseignant. C'est une régulation fine et délicate car, dans le cas des imprévus, le maître n'a pas pu prévoir des arguments ou des ressources pour y faire face. Il doit réagir immédiatement, en prise avec une réalité soudaine, qui ne lui laisse pas un temps long de réflexion.

Il y a donc deux temps dans la décision et l'élaboration de l'étayage : avant et pendant la séance, impliquant de choisir le caractère fixe ou ajustable de l'étayage.

⁸ D'Ham (2016) nomme ce caractère l'individualisation de l'étayage.

II.1.3 Le démantèlement du processus d'étayage

Barnier (2012) précise les deux effets du processus d'étayage : un effet à court terme qui est la réalisation de la tâche par celui qui est aidé et un effet à long terme par rapport au réinvestissement des procédures de résolution de la tâche ; cette seconde dimension est reprise par Reiser (2004) pour lequel la tutelle n'est pas là seulement pour faire accomplir une tâche à un apprenant mais pour lui apprendre à résoudre un problème en utilisant des procédures qu'il pourra utiliser à l'avenir. Ainsi, de la même façon que les échafaudages dans une charpente sont indispensables lors de la construction du toit mais doivent être enlevés une fois la construction réalisée, l'étayage en classe est indispensable pour générer les apprentissages nécessaires à la réalisation de la tâche (D'Ham, 2016) et doit pouvoir être supprimé lorsqu'il y a eu chez l'apprenant « automatisation du nouveau modèle d'explication » selon Astolfi et Peterfalvi (1993, p. 118). Ces auteurs notent bien le caractère « transitoire » de l'étayage. Ainsi, on peut dire avec Bucheton et Soulé (2009, p. 36) que l'étayage est « indispensable, mais voué à disparaître ». C'est ce à quoi correspond « le démantèlement » (« fading ») de l'étayage comme le nomme Pea (2004, p. 431). En effet, une fois, la compétence acquise par l'apprenant grâce à l'étayage, le tuteur limite sa propre participation, ses rétroactions, afin que l'apprenant réalise la tâche de façon complète, seul. Il y a eu transfert de la responsabilité de la tâche (Van de Pol et al., 2010).

En classe, l'identification du démantèlement du dispositif d'étayage peut se faire sur plusieurs séances -si l'on considère la façon dont est organisée l'aide pour des tâches semblables- ou sur une seule séance en prenant garde aux remarques faisant appel à l'histoire didactique ; en effet, si l'enseignant rappelle qu'une procédure a déjà été utilisée par le passé sans pour autant donner plus d'indications, cela signifiera qu'il n'est plus nécessaire alors d'activer la tutelle pour la mobiliser ; l'étayage aura été démantelé.

II.1.4 Les supports de l'étayage

Le support du processus de l'étayage correspond à ce qui va être concrètement perçu par l'élève. Ce peut être les paroles de l'enseignant ou des pairs, une organisation réfléchie d'une activité ou de la classe (Lavoie et al., 2006); les moyens para-verbaux (intonations de la voix accentuées, par exemple), la gestualité co-verbale (mimiques, gestes accompagnant les paroles) peuvent aussi être considérés comme des supports d'étayage (Vallat, 2012).

Les EIAH, nous y reviendrons, participent à l'étayage en apportant plusieurs types de supports d'étayage. Enfin, bien sûr, de façon classique, les documents ressources (texte, schéma, croquis, tableau, ...) qu'ils soient sur un livre, feuille de papier, tableau ou numérisés peuvent soutenir l'action des élèves.

Ces supports peuvent être fixes c'est-à-dire qu'ils peuvent être présents tout au long de la séance ou au contraire être adaptables, ajustables et être proposés en fonction de l'avancée de l'apprenant sous forme de rétroactions ; pour cela, un diagnostic de la position de l'élève dans son cheminement doit se faire en continu.

II.1.5 La fonction de l'étayage

Pour nous, la fonction d'étayage est définie lorsqu'est regardé l'effet du dispositif sur l'apprentissage de l'élève. Marzin-Janvier (2013, p. 158) propose une caractérisation de l'étayage en fonction des trois grandes fonctions établies par Bange, Carol et Griggs et qui sont : une fonction d'incitation et de motivation, une fonction d'aide à la réalisation de la tâche et une fonction de feedback. Vallat (2012) propose, elle, une classification de six principales fonctions d'étayage lors de la mise en œuvre d'une situation d'enseignement : fonction de maintien et de guidage de l'attention, fonction de finalisation, fonction de prise en charge des éléments de la tâche hors de portée des élèves, fonction de contrôle de la frustration, fonction de démonstration ou de « présentation de modèles » et fonction de feedback.

Comme ces auteurs mobilisent la notion de feedback, il nous semble nécessaire d'y revenir car il s'agit « d'une notion souvent implicite voire méconnue » (Bosc-Miné, 2014, p. 316). Un feedback est une « information donnée par un enseignant à un étudiant suite à l'évaluation d'un travail écrit et oral » (Lambert et al., 2009, p. 11). Mais selon ce qui est dit par l'enseignant, les feedbacks n'auront pas la même fonction. Les feedbacks simples comme par exemple : « c'est juste » ou « c'est faux » et les feedbacks complexes portant, par exemple sur la tâche à accomplir, n'ont pas le même effet sur l'élève qui le reçoit, tant au niveau cognitif qu'au niveau affectif (Georges & Pansu, 2011). Un feedback complexe peut aussi apporter une fonction d'aide à la réalisation de la tâche ou inciter et motiver l'élève. Ainsi, en fonction de leur caractère simple ou complexe, la fonction d'un feedback ne sera pas la même et pour un feedback complexe, c'est le contenu mais aussi le moment où il a été émis qui décidera de sa fonction. Vallat (2012) relève que les fonctions de l'étayage peuvent correspondre à trois dimensions, socio-affective, cognitive et métacognitive⁹ ; ce dernier aspect est aussi relevé par Marzin-Janvier (2013) lorsque la tutelle permet « l'élaboration d'habilités cognitives et de processus réflexifs » concernant un savoir. Nous choisissons pour notre travail de prendre en compte uniquement les feedbacks simples pour que leur effet sur l'apprentissage soit facilement identifiable. Ainsi, un feedback simple positif conforte un élève dans ce qu'il dit ou ce qu'il fait tandis qu'un feedback simple négatif initie une remise en question de ce qui est fait ou de ce qui est dit par l'élève.

Maintenant que nous avons clarifié la façon dont nous considérerons les feedbacks dans nos travaux, revenons à l'identification des différentes fonctions d'un étayage. Bucheton et Soulé (2009) considèrent eux que l'étayage est « à la croisée des chemins du didactique et du pédagogique ». Il s'agit là d'une dimension essentielle à l'étayage car ces auteurs estiment que les gestes d'étayage « sont toujours didactiques » car l'enseignant ne perd jamais le but à atteindre et ils sont pédagogiques car ils sont des « instruments » grâce auxquels le but didactique peut être atteint ; et l'effet du geste d'étayage peut être : « faire dire, faire faire ou faire comprendre » (Bucheton & Soulé, 2009, p. 36).

⁹ Le niveau métacognitif correspond à la faculté de réfléchir sur son propre processus d'apprentissage, le niveau cognitif correspond au stade de réflexion quant à l'apprentissage d'un savoir et le niveau socio-affectif correspond aux interactions sociales.

Pour Bucheton et Soulé, il n'y a pas prise en compte des aspects socio-affectifs ni les aspects de feedbacks dans l'étayage.

En faisant la synthèse de la façon dont peuvent être considérées les fonctions d'un étayage, nous pouvons proposer maintenant un cadre d'analyse des fonctions de l'étayage :

- Aspects socio-affectifs : inciter et motiver
 - Fonction de maintien et de guidage de l'attention
 - Fonction de contrôle de la frustration
- Aspects cognitif et métacognitif : faire dire, faire faire ou faire comprendre en aidant à la réalisation de la tâche :
 - Fonction de finalisation (faire comprendre de façon explicite aux apprenants la tâche à effectuer et le but à atteindre)
 - Fonction de prise en charge des éléments de la tâche hors de portée des élèves (par exemple en simplifiant la tâche)
 - Fonction de démonstration ou de « présentation de modèles »
- Fonction d'évaluation pour les feedbacks simples.

Voyons maintenant la façon dont peut être mis en œuvre un étayage en considérant ses différentes modalités.

II.1.6 Les modalités mises en place pour l'étayage

Deux auteurs en particulier ont analysé avec précisions l'étayage construit par un professeur. Ainsi, Vallat (2012) observe différentes stratégies, différentes modalités d'actions comme par exemple : simplifier, poser des questions, ne pas considérer le silence après une question comme un échec etc. ... Elle se place en observant les actions fines d'un professeur de langue. Saavedra (2015) analyse lui aussi finement les interactions entre un professeur de SVT et une classe. Il établit les modalités du processus d'étayage et les classe en six catégories : questionnement, modélisation, explication, instruction, indication, validation.

Ainsi, caractériser un étayage nécessite donc aussi de définir les différentes modalités qui sont choisies par l'enseignant lors de la mise en œuvre de l'étayage.

II.1.7 Bilan

La caractérisation de l'étayage mis en œuvre dans le contexte scolaire nécessite donc d'identifier :

- le moment où la décision d'étayer est prise,
- le public visé par l'étayage,
- le ou les support(s) choisis,
- la ou les modalité(s) choisis,
- les fonctions de l'étayage mis en œuvre pour l'apprentissage,
- et éventuellement le démantèlement de l'étayage.

La Figure 2 en page 32, ci-dessous récapitule les différents éléments intervenant dans la caractérisation d'un étayage.

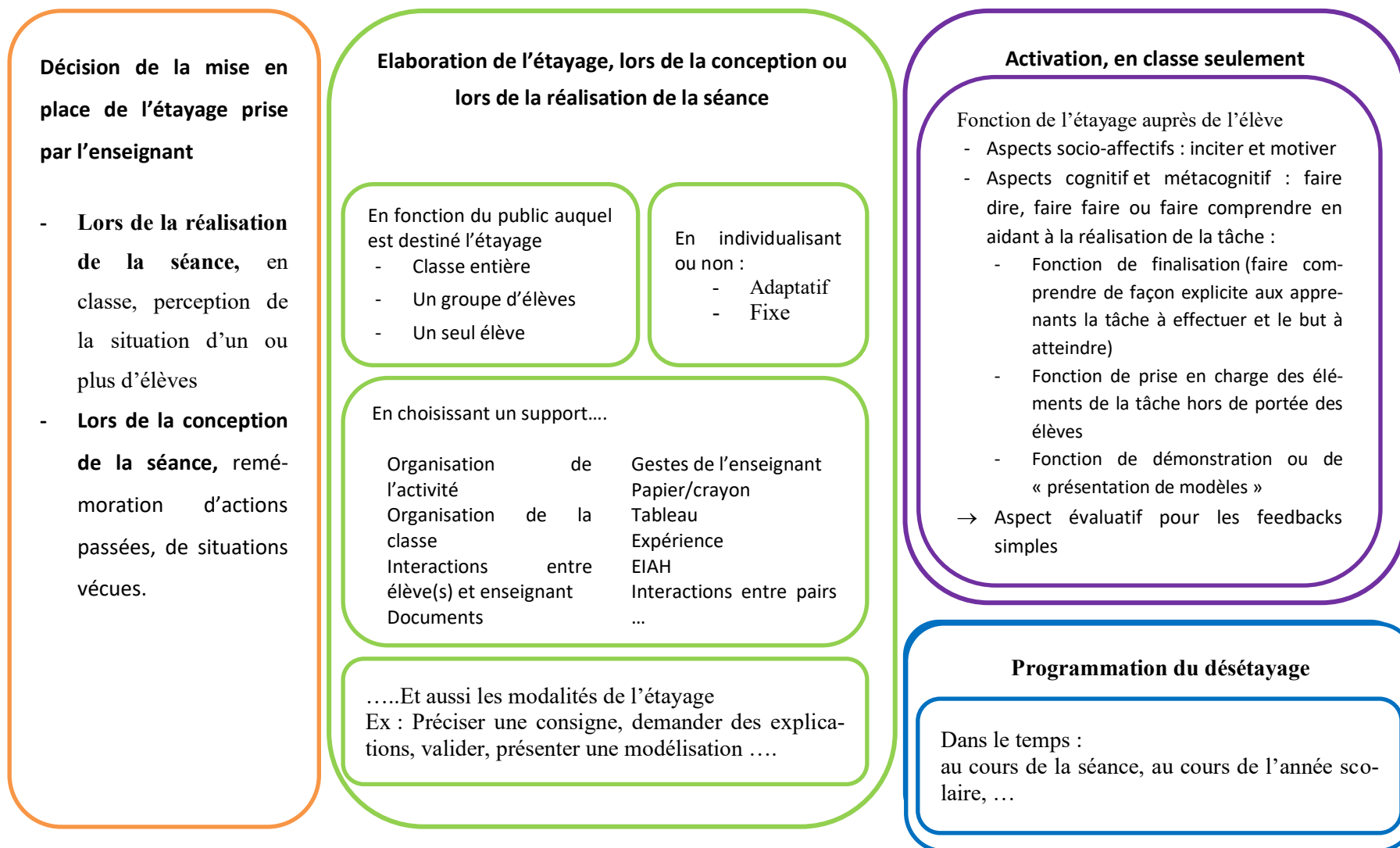


Figure 2: Synthèse : les caractéristiques du processus d'étayage (construit à partir de (Bucheton & Soulé, 2009; D'Ham, 2016; Georges & Pansu, 2011; Marzin-Janvier, 2013; Vallat, 2012)

II.2. L'importance de l'étayage dans la pratique d'un enseignant

Nous venons de voir comment identifier les caractéristiques des gestes d'étayage pendant une séance. Et, cette caractérisation de l'étayage a permis d'analyser la pratique de différents enseignants. Cela a mis à jour des façons différentes dans la mise en œuvre de l'étayage avec des niveaux différents d'étayage (Bucheton & Soulé, 2009; Lavoie et al., 2006).

Une situation est remarquée, celle durant laquelle c'est le maître qui réalise la tâche destinée à l'apprenant, qui fait à sa place. L'étayage est alors qualifié de contre-étayage ou de sur-étayage (Bucheton & Soulé, 2009) ou d'étayage de petit niveau car pour Lavoie et al. (2006, p. 6), avec ce type de tutelle, il y a « support maximal de l'enseignant et l'engagement et la participation de l'élève sont minimaux ». Nous considérerons nous, dans nos travaux, que plus le support de l'enseignant est élevé et plus l'étayage qu'il produit est important et de haut niveau.

Pour Bucheton et Soulé (2009), l'analyse ne se fait pas en fonction de niveaux chiffrés mais par rapport à des postures : postures de contrôle, d'accompagnement, d'enseignement, de lâcher-prise, de magicien. Ces deux auteurs, dans leur souci de construire un modèle fonctionnant pour une séance dans son intégralité, décrivent les postures d'étayages s'inscrivant dans la globalité du comportement de l'enseignant en prenant en compte trois facteurs : le pilotage (gestion du temps, des différents acteurs, des gestes et outils pédagogiques), l'atmosphère (création et maintien d'un espace de travail et de collaboration) et le tissage (création du sens à la situation et au savoir en mettant en relation ce qui est fait en classe avec ce qui a été fait, ce qui se fait en dehors de la classe, de l'école). Par exemple, dans la posture d'accompagnement, l'enseignant organise une situation où : 1) l'enseignant peut s'adresser à l'ensemble de la classe comme à un seul élève ou à un groupe d'élèves en fonction des besoins (« pilotage souple et ouvert »), 2) l'enseignant permet des échanges avec lui-même mais aussi entre pairs et ceci afin de faire progresser chacun dans son apprentissage (« atmosphère détendue et collaborative ») ou 3) l'enseignant fait de nombreuses relations entre ce qui doit être fait, compris avec ce qui a déjà été fait en classe, ce qui a pu être vécu par les élèves même en situation extrascolaire (« tissage très important et multidirectionnel »). Ainsi, chacune des postures d'étayage définies par Bucheton et Soulé correspond à une combinaison d'état des trois facteurs, pilotage, atmosphère et tissage.

Le Tableau 1 ci-après propose la mise en relation entre les postures d'étayage et les états des trois facteurs.

Tableau 1 : les postures d'étayage d'après Bucheton et Soulé (2009, p. 41)(modifié)

Posture d'étayage de l'enseignant	Pilotage	Atmosphère	Tissage
Accompagnement	Souple et ouvert	Détendue et collaborative	Très important Multi directif
Contrôle	Collectif Synchronique Très serré	Tendue et hiérarchique	Faible
Lâcher prise	Confié au groupe, autogéré	Confiance, refus d'intervention du maître	Laisser à l'initiative de l'élève
Enseignement Conceptualisation	Le choix du bon moment	Concentrée, très attentive	Liens entre les tâches Retour sur
Magicien	Théâtralisation, mystère, révélation	Devinette, tâtonnement aveugle, manipulation	Aucun

Ainsi, apparaît des caractéristiques dans la mise en œuvre de l'étayage permettant d'établir des niveaux d'étayage. Cependant, un enseignant ne reste pas durant toute une séance, pendant toute une année scolaire et pendant toute sa carrière dans le même niveau d'étayage. Il existe une circulation qui se fait au cours du temps :

- **La circulation entre niveau d'étayage peut se faire lors d'une séance** : Un enseignant ne se cantonne pas à une seule posture ou un seul niveau d'étayage pendant la réalisation d'une séance. Il « circule » entre les différents niveaux et cela dépend, d'après Lavoie, Lévesques et Léger (2006), de l'objet de l'intervention ou d'après Bucheton et Soulé (2009), des indices que le maître perçoit de la dynamique du groupe. Or d'après ces deux auteurs, il existe des interactions entre l'attitude du maître et celles des élèves ; ainsi si la première provoque un comportement de refus de la part des élèves, les indices envoyés par leur attitude peuvent provoquer une posture de contrôle de la part de l'enseignant et ainsi conduire par ce cercle vicieux à une situation fermée.
- **La circulation entre des niveaux d'étayage différents dépend de l'expérience professionnelle** : pour Bucheton et Soulé (2009), ce sont les postures de contrôle et d'enseignement qui sont le plus souvent occupées par les enseignants stagiaires. Cette observation est confirmée par l'étude réalisée par Lavoie, Lévesques et Léger (2006), qui montre que les enseignantes de première et deuxième année après leur entrée dans la fonction procurent un support important à leurs élèves. Ces auteurs expliquent cette tendance des jeunes enseignantes par leur moins grande confiance dans les capacités de leurs élèves et une moindre tolérance à leurs erreurs.

Ainsi, des profils d'étayage différents existent, différents entre chaque enseignant ou différents en fonction du moment de la séance pour un même enseignant et ce, en fonction de ce qui est perçu de la situation et des conceptions que chaque professeur a concernant la façon de gérer une classe, d'appréhender les difficultés de chaque élève et de ce qu'il pense de leurs difficultés.

II.3. Bilan

Finalement, l'étayage mis en œuvre pendant une séance peut être décrit par des caractéristiques telles que moments de mise en place de l'étayage, supports utilisés, modalités choisies, moment d'activation de l'étayage et public auquel est destiné l'étayage (Cf. Figure 2 en page 32) :

Il est donc possible de dire qu'un étayage

- se décide lors de la conception de la séance (en fonction des situations déjà vécues ou idées que l'enseignant a sur cette séance) ou lors de sa réalisation (en fonction de ce qui est perçu de l'activité des élèves par l'enseignant),
- s'élabore de façon plus ou moins spontanée (la construction de supports fixes, par exemple, se fait lors de la conception de la séance tandis que les échanges entre un enseignant et un élève se construisent directement lors de la réalisation de la séance),
- et s'active toujours en situation pour accomplir une fonction et accompagner chaque élève afin qu'il intègre des procédures que celui-ci pourra ensuite réutiliser, à bon escient, seul.

Après avoir émergé dans le domaine de la psychologie et avoir été mobilisé dans les sciences de l'éducation, le concept d'étayage a été utilisé pour analyser les EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) ; c'est l'objet du paragraphe suivant.

III. L'étayage et les Environnements informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH)

Si les technologies informatiques sont utilisées depuis les années 70 en France dans l'enseignement, leur intégration dans la classe n'a pas été aussi aisée qu'en Amérique du Nord (Bruillard et al., 2012). Aux USA, dès les années 1990, des projets utilisant les technologies de l'information et de la communication pour la mise en œuvre de la démarche d'investigation dans les classes ont été mis au point, projets adossés à des travaux de recherche (Bruillard et al., 2012; Quintana & Fishman, 2006). Cela est sans doute une des raisons pour laquelle les travaux portant sur les relations entre étayage et EIAH sont particulièrement développés outre-Atlantique.

III.1. Un support d'étayage en réponse à une difficulté lors d'un apprentissage

Un EIAH est un logiciel¹⁰ conçu « pour susciter ou accompagner un apprentissage » (Tchounikine & Tricot, 2011, p. 168), non pas pour remplacer un professeur mais pour le soutenir dans sa tâche. Un environnement informatique est développé afin d'aider un apprenant à atteindre un objectif d'apprentissage précis, c'est-à-dire que l'EIAH apporte un étayage pour que l'élève réalise une tâche qui lui permette d'apprendre.

Les étayages transposés dans l'EIAH permettent « d'aider les élèves à surmonter un obstacle déterminé » par exemple lors de la confrontation à une démarche d'investigation (Saavedra, 2015, p. 19), c'est-à-dire que l'élaboration et la transposition d'étayage dans un EIAH est réalisé par rapport à une difficulté qui existe de façon récurrente chez les élèves (Reiser, 2004), difficulté identifiée par exemple dans la détermination de l'objectif de la tâche (Bonnat, 2017) ou dans la gestion des étapes de la démarche d'investigation (Saavedra, 2015). La mise en place d'un étayage pour la réalisation d'une tâche fait que cette dernière devient réalisable par l'apprenant. Cependant cette tâche a été transformée car sans la tutelle informatique, la tâche n'aurait pas pu être accomplie (Reiser, 2004).

III.2. L'élaboration d'un cadre d'analyse des étayages transposés dans les EIAH

Plusieurs revues d'articles dans la littérature anglophone ont été effectuées afin de proposer un cadre d'analyse théorique aux étayages (« scaffolding ») dans les EIAH ; celui de Quintana et al (2006) est régulièrement cité, de même que celui de Zacharia et al (2015) ; ces derniers auteurs proposent un travail récent et prennent appui sur une classification déjà éprouvée en 2006, celle de De Jong (2006). Nous nous proposons donc d'étudier le cadre d'analyse établi par Zacharia et al et de le comparer à celui de Quintana et al.

III.2.1 Le cadre d'analyse établi par Zacharia et al (Zacharia et al., 2015)

Zacharia et al (2015) font une revue de littérature correspondant à trente travaux de recherche portant sur l'utilisation d'EIAH lors de la mise en œuvre d'une démarche d'investigation en classe. Les travaux analysés ont été publiés à partir de 2006 et Zacharia et al prennent comme référence les travaux de De Jong (2006).

Voici la classification de Zacharia et al (2015) :

- « **process constraint** » ou **réduction des procédures** : permettant aux élèves peu familiers des démarches d'investigation de « se centrer sur les données et activités utilisables » (Bonnat, 2017, p. 38), en n'autorisant que les activités nécessaires pour l'accomplissement de la tâche. Par exemple, le nombre d'options disponibles pour la démarche peut être réduit.

¹⁰ en simplifiant, ainsi que Tchounikine et Tricot l'ont fait ... (Tchounikine & Tricot, 2008)

- « **performance dashboard** » ou **indication du niveau de performance** : correspondant à l'existence de rétroactions (feedback) donnant des indications concernant les résultats et la progression de l'étudiant. Par exemple, les variables de l'expérience déjà testées par l'apprenant et celles qui ne l'ont pas été sont présentées à l'écran ou il est possible de relancer la simulation d'une expérience en changeant la valeur d'une variable.
- « **prompts** » ou **notifications concernant la direction à prendre** : rappelant à l'apprenant la direction qui doit être prise et qu'il a peut-être négligée. Par exemple, des notifications peuvent indiquer à l'élève les actions à effectuer et celles qu'il a négligées.
- « **heuristics** » ou **instructions sur la marche à suivre**¹¹ : correspondant à des instructions qui vont suggérer à l'étudiant novice ce qu'il doit faire (Bonnat, 2017), et ce, de façon précise.
- « **scaffolds** » ou **soutiens structurants**¹² : fournissant la structure et /ou les données d'une tâche précise, qui est hors de la portée de l'élève. Par exemple, les relations possibles entre des variables ou la structure d'une hypothèse peuvent être proposées.
- « **Direct presentation of information** » ou **communication d'informations** qui sont indispensables à la poursuite de la démarche et que l'étudiant n'a pas et ne peut pas obtenir seul.

Ce cadre d'analyse peut être mis en relation avec celui développé par Quintana que nous présentons dans le paragraphe suivant.

III.2.2 Le cadre d'analyse développé par Quintana et Fishman (Quintana & Fishman, 2006)

Quintana et Fishman (2006) proposent un cadre d'analyse des étayages dans les EIAH autour de trois pôles :

- L'apport de sens (**making sense**) : l'EIAH offre des modèles dans des représentations ou langages différents accessibles aux novices, permettant de construire des liens entre ces modèles¹³ (Bonnat, 2017).
- L'aide à la gestion de la démarche (**process managment**) : les novices ne connaissant pas la nature des tâches et leur succession, il est possible de leur offrir une « structuration » de la tâche en indiquant les principales tâches de la démarche scientifique. Ainsi, il est possible de

¹¹ Traduction par Cédric d'Ham (2016).

¹² Nous nous permettons de traduire le terme « scaffolds » par soutiens structurants car la description de ce type d'outils correspond à une proposition d'architecture de la tâche à réaliser à l'apprenant. Reiser (2004) a décrit que l'étayage pour les EIAH correspondait à un équilibre entre deux pôles : une structuration de la tâche et une complexification de la tâche, le premier fournissant un étayage de haut niveau tandis que le deuxième pôle proposant une tâche peu étayée.

¹³ L'exemple donné par Quintana et Fishman (2006) est extrait du logiciel Model-It avec lequel les étudiants apprennent à construire des modèles. Ici, au lieu de donner immédiatement la relation mathématique entre la teneur en SO₂ et le taux d'asthme dans la population, c'est une simple relation qualitative qui est fournie.

choisir les tâches à établir par l'étudiant, les autres tâches ayant été indiquées. Ou bien, il est aussi possible de supprimer les tâches secondaires non nécessaires à l'apprentissage en automatisant l'enregistrement du fichier, par exemple.

- L'aide à la mise en relation et à la réflexion (**Scaffolding Reflection and Articulation**) qui aide dans la planification des tâches, compte tenu de ce qui a déjà été fait.

III.2.3 La mise en relation entre les deux cadres théoriques

Les deux cadres d'analyse ne se placent pas du même point de vue selon nous. En effet, il semble que Zacharia et al (2015) identifient des supports d'étayage mis en place par le concepteur de la séance tandis que Quintana et Fishman (2006) , eux, établissent la fonction des supports d'étayage lors de l'apprentissage.

Ainsi, la mise en relation entre les deux cadres théoriques peut être effectuée :

- L'apport de sens de Quintana et Fischman peut correspondre à des étayages où des modèles sont présentés ; ces modèles peuvent être considérés comme une source d'informations indispensables à l'apprenant sans pour autant que celui-ci les possède, un guidage selon Zacharia et al.
- L'aide à la gestion de la démarche identifiée par Quintana et Fischman peut être apportée par différents supports d'étayage. Par exemple, une réduction des procédures simplifie celles-ci, l'indication du niveau de performance donne des informations sur les étapes qu'il reste à accomplir ; de même, les notifications, précises ou non, fournissent des indications sur le chemin à suivre. De plus, en donnant l'architecture d'une tâche, la structuration fournit une aide à l'activité de l'apprenant dans l'accomplissement de cette tâche.
- Enfin, l'aide à la mise en relation et à la réflexion peut être réalisée lors de la présentation d'un tableau de performances, de la prise en compte des notifications mais aussi de soutiens structurants.

Ainsi, le cadre d'analyse de Zacharia et al (2015) permet de définir des supports tandis que celui de Quintana et Fischman (2006) offre une classification des fonctions des étayages, c'est-à-dire ce que les supports apportent à l'apprenant pour qu'il accomplisse la tâche.

Le Tableau 2 ci-dessous permet de rendre compte des relations entre le cadre théorique de Quintana et Fishman (2006) et celui de Zacharia et al (2015) en prenant ce dernier comme référence :

Tableau 2 : Correspondance entre le cadre d'analyse des étayages d'un EIAH de Zacharia (2015) et celui de Quintana (2006)

Cadre d'analyse de Zacharia et al. (2015) : Les supports d'étayages	Cadre d'analyse de Quintana et Fishman (2006) Les fonctions de l'étayage
« process contraint » ou réduction des procédures	L'aide à la gestion de la démarche (process management)
« performance dashboard » ou indication du niveau de performance	L'aide à la mise en relation et à la réflexion (Scaffolding Reflection and Articulation)
« prompts » ou notifications concernant la direction à prendre	L'aide à la mise en relation et à la réflexion (Scaffolding Reflection and Articulation) L'aide à la gestion de la démarche (process management)
« heuristics » ou instructions sur la marche à suivre	L'aide à la gestion de la démarche (process management)
« scaffolds » ou soutiens structurants	L'aide à la gestion de la démarche (process management)
« Direct presentation of information » ou communication	L'apport de sens (making sense)

Enfin, ces supports d'étayages se traduisent par des modalités précises lors de leur mise en œuvre pendant les séances. Quelques une de ces modalités ont été identifiées par Saavedra (2015) lors de l'analyse de la séance d'enseignement à laquelle il avait assisté. Par exemple, il remarque que la tâche peut être décomposée en ses constituants, il peut y avoir modélisation ou les options disponibles peuvent être réduites. Pour D'Ham (2016), les rétroactions embarqués dans l'EIAH correspondent à un étayage adaptatif et participent au caractère individualisant de l'étayage.

III.3. Bilan

Les EIAH sont conçus dans le but de soutenir un apprentissage (Tchounikine & Tricot, 2011). Or le concept d'étayage a été établi pour analyser la façon dont un tuteur peut soutenir un apprentissage. Ainsi, il est possible de prendre en compte la notion d'étayage pour analyser un EIAH. Pour caractériser celui-ci dans le contexte scolaire, nous avons élaborée une grille dans le paragraphe précédent (Figure 2 , page 32), nous adaptions cette grille à l'étayage implémenté dans un EIAH.

Les étayages sont implémentés dans l'EIAH dès lors de sa conception par les développeurs qui « embarquent » alors leurs conceptions (Tchounikine & Tricot, 2011). De plus, l'enseignant peut aussi jouer sur les étayages et leur niveau en modifiant des options lorsque cela est possible, et sa conception de la démarche se traduira alors dans les étayages. La grille d'analyse de l'étayage des EIAH est présentée en Figure 3 : synthèse concernant le processus implémenté dans un EIAH, en page 40.

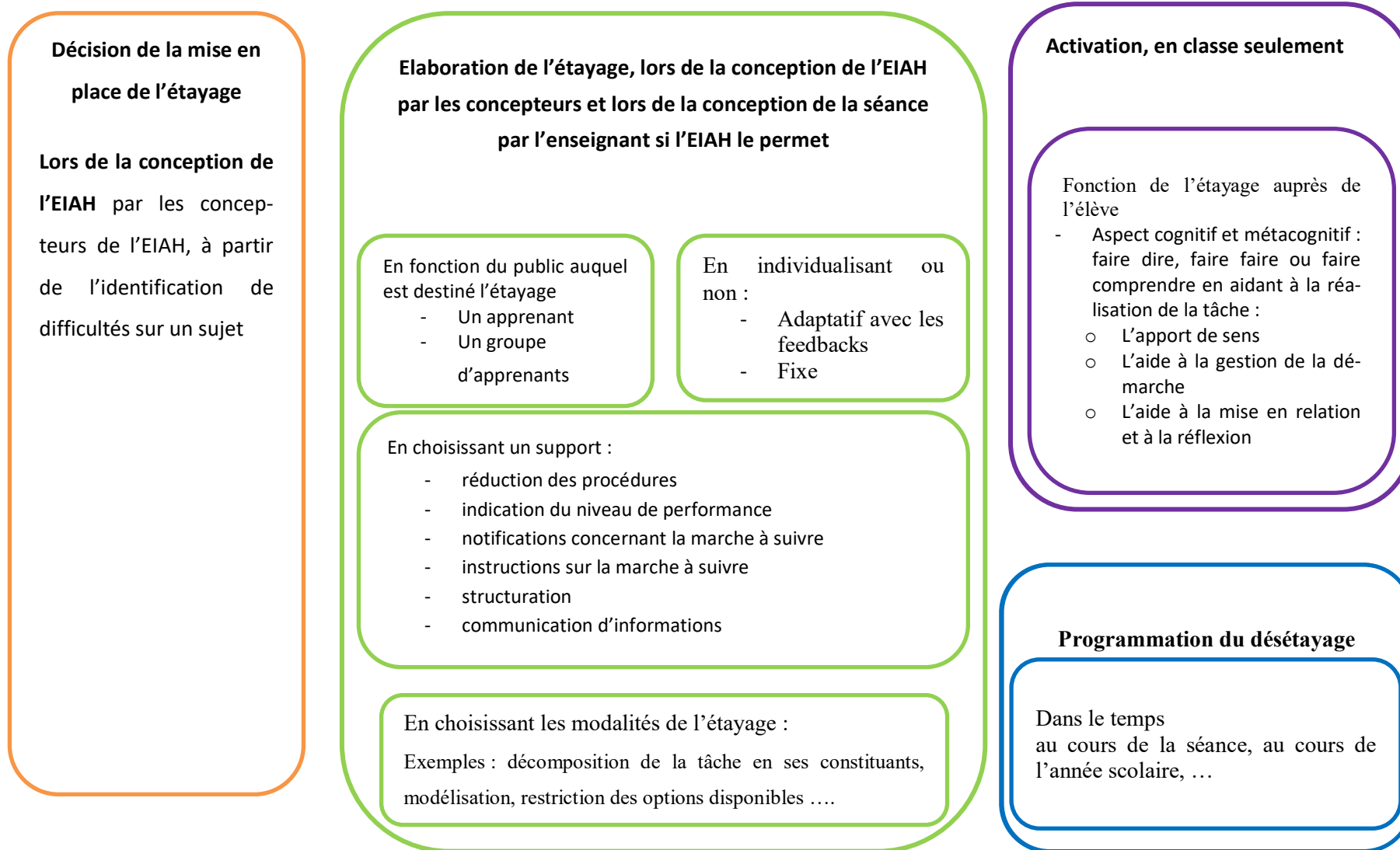


Figure 3: synthèse concernant le processus d'étayage implémenté dans un EIAH d'après (D'Ham, 2016; Quintana & Fishman, 2006; Reiser, 2004; Zacharia et al., 2015)

IV. Conclusion du chapitre 1

Le concept d'étayage a émergé dans le domaine de la psychologie puis a été utilisé pour l'analyse de l'enseignement et de l'apprentissage, que ce soit dans un système traditionnel enseignant/élèves ou lors de l'intégration dans la séance d'enseignement d'un EIAH.

La revue de littérature que nous venons de faire nous a permis d'élaborer deux cadres, l'un permettant l'analyse de l'étayage proposé par un enseignant et l'autre celui de l'étayage implémenté dans un EIAH.

Dans les deux cas, l'étayage peut être caractérisé par des supports et des modalités de mises en œuvre de même que par la fonction que cet étayage remplit dans l'apprentissage. Il semblerait que les caractéristiques du soutien apporté par un professeur et celles apportées par un EIAH ne soient pas *a priori* identiques puisque les supports, les modalités, les fonctions n'ont pas été perçues comme identiques par les auteurs que nous avons consultés.

Trois moments du processus de l'étayage ont été identifiés : le moment de la décision de la mise en place de l'étayage, le moment de l'élaboration de l'étayage et enfin le moment de l'activation de celui-ci. Pour un EIAH, tous les étayages sont pensés et élaborés avant la séance, qu'ils soient fixes ou adaptables alors que pour un enseignant, une part des étayages est prévue avant la séance et une autre est élaborée lors de la réalisation de la séance ; cette dernière part étant alors ajustable.

Il semble alors séduisant de penser que lorsqu'une difficulté conceptuelle récurrente est identifiée, un étayage palliant à cet écueil peut être embarqué dans un EIAH libérant alors l'enseignant de cette tâche. Cependant les travaux de Bonnat (2017) montre que face à une difficulté répertoriée pour laquelle un étayage spécifique a été transposé dans l'EIAH LabNbook, il restait un nombre non négligeable d'élèves qui n'avait pas répondu de façon adéquate. Aussi, il semble intéressant d'explorer la façon dont s'organise le partage de l'étayage entre un enseignant et un EIAH pendant une séance d'enseignement.

L'analyse de l'étayage qu'il soit le fait d'un enseignant ou embarqué dans un EIAH nécessite un cadre d'analyse. Le chapitre suivant expose les éléments considérés pour constituer ce cadre.

Chapitre 2. Cadre d'analyse

Table des matières détaillée du Chapitre 2

I.	Modéliser les connaissances avec le volet praxéologique de la Théorie Anthropologique du Didactique	45
I.1.	Formaliser le rapport institutionnel par la praxéologie et l'extension T4TEL	46
I.2.	Expliciter le rapport personnel par la praxéologie personnelle	50
I.3.	Modéliser les praxéologies didactiques	51
I.4.	Bilan	53
II.	S'appuyer sur le cadre d'analyse des connaissances professionnelles PCK des enseignants pour alimenter les éléments du <i>logos</i>	54
II.1.	Le modèle des connaissances professionnelles utilisé	56
II.1.1	Les connaissances professionnelles d'un enseignant	56
II.1.2	Les connaissances professionnelles liées au contenu ou Pedagogical Content Knowledge (PCK)	57
II.2.	Le fonctionnement du modèle	60
II.2.1	L'explicitation des connaissances professionnelles	60
II.2.2	Discussion concernant les PCK _{Stratégies}	61
II.2.3	L'importance hiérarchique entre les types de connaissances professionnelles	62
II.3.	Bilan	63
III.	Des éléments concernant l'enseignement de la science par les enseignants pour les PCK _{OrientationEnseignementDesSciences}	65
III.1.	Une vision de la science fondée sur une appréhension immédiate du monde par l'observation	66
III.1.1	Une science en classe empiriste	66
III.1.2	Une conception réaliste naïf du monde	67
III.1.3	L'induction comme représentation du raisonnement scientifique	67
III.1.4	Une démarche scientifique standardisée Bernardienne	68
III.1.5	Bilan	68
III.2.	Des connaissances professionnelles qui légitiment un enseignement linéaire comme un chemin à suivre	69
III.2.1	Une appréhension devant la perte de la maîtrise du groupe ou du cheminement intellectuel	7
III.2.2	Aller dans le sens des élèves	70
III.3.	Une idée de l'apprentissage négligeant l'importance des conceptions initiales des élèves	71
III.4.	Un enseignement de la Science, reflet d'une société	72
III.5.	Bilan	72
IV.	Conclusion du chapitre 2	73

En classe, l'étayage est le fait de l'enseignant ou, de façon plus large, de tous les intervenants dans la conception d'une séance.

Les travaux auxquels nous avons fait référence dans le chapitre précédent cherchent à établir les relations existant entre le savoir et l'action d'étayage de l'enseignant (Lavoie et al., 2006; Vallat,

2012) et pour certains dans le domaine de l'enseignement des sciences (Bonnat, 2017; Saavedra, 2015; Marzin-Janvier, 2013 ; Soury-Lavergne, 1998). A la suite des travaux de Marzin-Janvier (2013), de Saavedra (2015) et de Bonnat (2017), nous poursuivons les recherches portant sur l'analyse de l'étayage lors de la mise en jeu d'un savoir en biologie en présence d'un EIAH ; cependant, la spécificité de notre travail est de nous axer sur l'étayage du professeur. Aussi, nous voulons dans notre travail de thèse analyser l'étayage en prenant en compte la spécificité du savoir dans ses dimensions épistémologique et institutionnelle en relation avec l'action de l'enseignant et avec l'EIAH.

Pour parvenir à nos fins, nous utilisons le cadre de la praxéologie développée au sein de la Théorie Anthropologique du Didactique (Bosch & Chevallard, 1999). En effet, le volet praxéologique est utilisé pour expliciter le rapport à un objet de savoir au sein d'une institution, en prenant en compte les attentes institutionnelles, les contraintes (*ibid.*). S'il a été développé et bien utilisé en mathématiques, ce cadre a aussi été utilisé en sciences expérimentales (Achiam & Marandino, 2014; Bonnat, 2017; Brun-Ramousse, 2015; d'Ham et al., 2014; Girault et al., 2016; Marzin-Janvier, 2015; Morge, 2003; Pélissier & Venturini, 2016). Prolongeant les recherches concernant la Théorie Anthropologique du Didactique, les membres de l'équipe METAH du LIG ont développé une extension à la praxéologie, le cadre T4TEL (Chaachoua, 2018; Chaachoua et al., 2013; Chaachoua & Bessot, 2016). Celui-ci propose une formalisation de la description des éléments praxéologiques, un découpage du savoir qui est nécessaire à son implémentation dans un EIAH. S'appuyant sur les travaux de Reiser (2004), un des axes de recherche de l'équipe METAH est l'implémentation d'un étayage sous forme d'une structuration de la tâche à accomplir et l'extension T4TEL permet cette structuration du savoir indispensable à l'implémentation au sein d'un EIAH. Bonnat (2017) a établi la praxéologie institutionnelle d'un objet de biologie en utilisant T4TEL et a implémenté une partie de cette praxéologie dans l'EIAH LabNbook ce que nous devons faire aussi pour notre travail de thèse. Il semble donc opportun d'utiliser ce cadre T4TEL pour notre travail. Le volet praxéologique de la Théorie Anthropologique du Didactique permet aussi d'explicitier les connaissances de chaque individu (et donc de chaque élève) en décrivant les praxéologies personnelles (Croset & Chaachoua, 2016). Cette notion est pertinente pour notre travail pour modéliser les connaissances des élèves, connaissances pas toujours conformes au savoir institutionnel. Les praxéologies personnelles permettent alors de modéliser les connaissances de ces élèves. Enfin, pour notre travail de thèse, nous voulons analyser finement l'action d'étayage de chaque acteur et en particulier celle du professeur. La praxéologie permet ce type d'analyse ; en effet, dans le cadre de la Théorie Anthropologique du Didactique, Morge (2003), Calmettes (2010), Pélissier et Venturini (2016) ont modélisé l'action d'un enseignant en sciences expérimentales (sciences physiques) en s'appuyant sur les praxéologies didactiques. Ainsi, la Théorie Anthropologique du Didactique et en particulier le volet praxéologique (Chevallard, 2002) ainsi que l'extension T4TEL sont des outils efficaces pour montrer clairement l'articulation entre l'étayage de l'enseignant et celui de l'EIAH avec d'une part le savoir institutionnel et d'autre part les connaissances des élèves mobilisées.

D'autre part, dans la modélisation praxéologique, est formalisé le savoir, le logos. Concernant les praxéologies didactiques, ces connaissances correspondent au savoir que l'enseignant mobilise pour

mettre en œuvre sa praxéologie. Nous avons choisi d'analyser ces connaissances en utilisant le cadre des connaissances professionnelles (PCK) (Grossman & Shulman, 1994; Magnusson et al., 1999; Shulman, 1986). Ce cadre a été plusieurs fois utilisé pour l'analyse de pratiques enseignants et en particulier des enseignants de sciences expérimentales (Bécu-Robinault, 2007; Brun-Ramousse & Marzin-Janvier, 2018; Cross, 2010; Jameau, 2017) ; c'est pourquoi il nous a semblé pertinent de l'utiliser.

Pour alimenter ce pôle des connaissances, nous avons choisi de nous appuyer sur l'abondante littérature portant sur les conceptions qu'ont les enseignants de science expérimentales sur la Science (Abd-El-Khalick, 2012; Lederman, 1992; Péliissier & Venturini, 2016 entre autres).

Dans la partie qui suit, sont présentés le volet praxéologique et son extension T4TEL nous ayant permis de modéliser le savoir à la fois institutionnel et individuels par rapport à un objet d'étude ainsi que les praxéologies didactiques que nous utilisons pour modéliser l'action enseignante. Le cadre des connaissances professionnelles est aussi décrit avec également les conceptions concernant l'enseignement des sciences les plus couramment décrites chez les enseignants.

I. Modéliser les connaissances avec le volet praxéologique de la Théorie Anthropologique du Didactique

La Théorie Anthropologique du Didactique, cadre établi par Chevallard (1992), se propose d'étudier les rapports à un objet, rapports qui se construisent au sein d'une institution ou pour une personne.

Dans la Théorie Anthropologique du Didactique, un objet est défini ainsi :

« [Un objet est] toute entité, matérielle ou immatérielle, *qui existe pour au moins un individu*. Tout est donc objet, y compris les personnes. Sont ainsi des objets le *nombre sept*, et aussi le *chiffre 7*, la *notion* de père et aussi ce jeune père qui promène son enfant, ou encore l'*idée* de persévérance (ou de courage, ou de vertu, etc.), et le concept mathématique de dérivée, et aussi le symbole ∂ , etc.» (Chevallard, 2003, p. 81).

Il s'agit donc là d'une définition plutôt large de la notion d'objet et, en faisant un parallèle avec l'écologie¹⁴, Chevallard (1994) propose d'associer à un objet de savoir les notions de niche et d'habitat en énonçant :

« Pour le dire en un langage volontairement anthropomorphe, l'habitat, c'est en quelque sorte l'adresse, le lieu de résidence de l'organisme. La niche, ce sont les fonctions que l'organisme y remplit » (Chevallard et al., 1994, p. 139).

¹⁴ L'écologie est une science qui étudie les organismes dans leur milieu de vie et les interactions qui existent entre ces organismes d'une part et entre chacun des organismes et leur milieu de vie.

Ainsi, au sein d'un curriculum, un objet d'étude est soumis à différentes conditions et contraintes, à la fois internes – son épistémologie – et externes, liées au milieu, l'environnement social et culturel dans lequel il existe. Et, c'est leur combinaison qui va déterminer son existence au sein du curriculum.

L'analyse écologique correspond à l'étude dans le temps d'un objet de savoir. Sa position dans le curriculum, ses relations aux autres concepts existant dans le curriculum sont alors étudiées. La praxéologie institutionnelle nous renseigne sur la façon dont chaque niche est occupée par l'objet d'étude concerné.

I.1. Formaliser le rapport institutionnel par la praxéologie et l'extension T4TEL

L'objet d'étude choisi existe dans un niveau d'étude et une filière qui correspondent à l'institution dans laquelle vit l'objet d'étude. Chevallard (2003, p. 82) définit ainsi une institution :

« Une institution I est un dispositif social « total », qui peut certes n'avoir qu'une extension très réduite dans l'espace social (il existe des « micro-institutions »), mais qui permet – et impose – à ses *sujets*, c'est-à-dire aux personnes x qui viennent y occuper les différentes *positions* p offertes dans I , la mise en jeu de *manières de faire et de penser propres* ».

Ainsi, les personnes qui entrent en relation avec l'objet au sein de cette institution sont les sujets de celle-ci mais ils ne sont pas libres dans leur rapport à cet objet car comme Chevallard (2003, p. 82) l'énonce : « Dès sa naissance, tout individu est ainsi *assujetti à* – c'est-à-dire à la fois *soumis à* et *soutenu par* – de multiples institutions, telle *sa famille*, dont il devient le *sujet* ».

Les sujets de l'institution qui peuvent être, dans des classes de lycée, le professeur ou les élèves sont soumis à l'institution qui pose ses attentes, ses contraintes, ses conditions dans la construction du rapport à l'objet d'étude. Au sein d'une institution, la description de l'organisation du savoir passe donc par la délimitation du rapport institutionnel à l'objet que décrit ainsi Chevallard (2003, p. 82):

« Étant donné un objet o , une institution I , et une position p dans I , on appelle *rapport institutionnel à o en position p* , et on note $RI(p, o)$, le rapport à l'objet o qui devrait être, idéalement, celui des sujets de I en position p ».

Donc, les acteurs, occupant la même position dans une institution, devraient chercher à atteindre le rapport institutionnel à un objet de savoir.

L'explicitation du rapport institutionnel à un objet peut être fait par la praxéologie (Bosch & Chevallard, 1999). Les éléments constituant la praxéologie sont précisés par Chevallard (2002, p. 3) :

« Toute activité humaine consiste à *accomplir une tâche t d'un certain type T , au moyen d'une certaine technique τ , justifiée par une technologie ϑ qui permet en même temps de la penser, voire de la produire, et qui a son tour est justifiable par une théorie Θ* ».

Ainsi, toute activité humaine correspond à une tâche qui est modélisable sous une forme de type de tâches ; ce type de tâches est réalisé à l'aide d'une technique qui nécessite des connaissances ou technologies. Cette technologie fait partie d'un système cohérent d'idées nommée théorie. Le modèle praxéologique permet donc de mettre en lien un savoir-faire (la *praxis*) et un savoir (le *logos*).

Au modèle praxéologique, s'est ajoutée une formalisation des éléments du quadruplet praxéologique par le modèle T4TEL (Chaachoua, 2018; Chaachoua et al., 2013; Chaachoua & Bessot, 2016). Cette extension du volet praxéologique a été réalisée dans un premier temps dans le but de préparer un savoir afin de l'implémenter dans un EIAH ; ce cadre est maintenant utilisé de façon plus générale pour structurer un savoir. Le cadre T4TEL permet en effet de rendre un savoir découpé, structuré, calculable (Chaachoua & Bessot, 2016). Grâce à cela, des praxéologies différentes peuvent être structurées au travers d'une seule formulation en utilisant un jeu de variables ; il s'agit d'un générateur de type de tâches.

« Un *générateur* de type de tâches est défini par un type de tâches et *un système de variables*. Nous parlons de système de variables pour désigner une liste de variables avec des valeurs qu'elles peuvent prendre » (Chaachoua, 2018, p. 11).

L'écriture de plusieurs types de tâches peut être ainsi harmonisée : le verbe d'action étant le même et les valeurs des variables différentes. Nous pouvons ainsi modéliser un générateur de types de tâches :

[Générateur de Types de Tâches] = verbe d'action + complément + variable 1 + variable 2 etc....

Les variables sont des compléments pris dans la discipline qui peuvent avoir plusieurs fonctions. Chaachoua et Bessot (2016) précisent les fonctions des valeurs de ces variables :

- Une fonction épistémologique : la valeur de la variable rend compte des techniques possibles dans les différentes institutions dans laquelle existe l'objet,
- Une fonction institutionnelle : la valeur de la variable intègre les contraintes et les conditions de l'institution pour le type de tâche donné,
- Une fonction didactique : les valeurs des variables sont à la disposition du professeur au sein d'une institution donnée.

Par exemple, en mathématiques, un générateur de type de tâches peut être par exemple (Chaachoua, 2018):

[GT] = Résoudre une équation de degré 1 à coefficient entier du type $a + x = b$

En Biologie, un exemple de générateur de type de tâche a été mis au point lors de l'élaboration de la praxéologie institutionnelle et est présenté ci-dessous (Brun-Ramousse, 2015) :

[GT_{contrôle-génétique}] : Montrer qu'une mutation de l'information génétique d'une cellule modifie le métabolisme par un raisonnement réalisé à partir de données.

Les variables de ce générateur de tâches sont :

- v1 : type de mutant,
- v2 : type de cellule,
- v3 : type de métabolisme,
- et v4 : type de ressources

Et, les valeurs de ces variables identifiées dans les différents manuels sont :

Manuels	Valeurs de v1	Valeurs de v2	Valeurs de v3	Valeurs de v4
Belin	mutant SNF	levures	fermentation	graphique
Bordas	mutant rho ⁻	levures	respiration	graphique
Hatier	mutants rho ⁰ , S152P, Y279C	levures	respiration	Electronographies de mitochondries tableau
Nathan	mutant Ade2	levures	biosynthèse de l'adénine	tableau

Concernant la technique, Chaachoua (2018) propose dans le modèle T4TEL que l'écriture d'une technique soit formalisée sous la forme d'une suite de type de tâches. Cet auteur précise la nature du type de tâches appartenant à la technique : elle peut être « intrinsèque » lorsque sa mise en œuvre est nécessaire mais n'est pas prescrite par l'institution ou « extrinsèque » lorsque le type de tâche est prescrit par l'institution. Ainsi, il est possible de détailler chaque élément de la technique par un ensemble de type de tâches et chacun d'eux a sa propre technique qui peut être décrite à son tour par un ensemble de type de tâches ; c'est au chercheur de déterminer jusqu'à quel niveau de granulométrie il est nécessaire de détailler les techniques ce qui a conduit à introduire la notion de types de tâches élémentaire. Il s'agit de types de tâches pour lesquels il n'est pas nécessaire de détailler la technique. Par exemple, la technique liée à la lecture d'un graphique lors de l'exploitation d'un document en biologie peut ne pas être détaillée en types de tâche lorsque l'on travaille à un niveau de lycée si l'on estime que cette technique est normalement maîtrisée à ce niveau. On considère donc le type de tâches « lire un graphique » comme élémentaire.

Ainsi le modèle T4TEL permet une structuration du bloc *praxis* permettant une explicitation formalisée. Nous utilisons cette structuration dans notre travail de thèse lors de la formalisation du rapport institutionnel à l'objet de savoir. L'homogénéisation proposée permet la formulation d'un générateur de type de tâche proposant un panel de valeurs de variables. Le choix des valeurs des variables est réalisé lors de la construction de la séance d'enseignement et ces variables impliquent alors les techniques mobilisées.

Partie 1 : L'étayage : de l'état de l'Art à la problématique

Dans le quadruplet praxéologique, justifiant le bloc pratico-technique [T ; τ] existe le bloc technologico-théorique [θ ; Θ].

La technologie correspond à « un discours descriptif et justificatif des tâches et techniques » (Bosch & Chevallard, 1999, p. 85). Crozet et Chaachoua (2016) précisent que :

« une technologie, [...] ne se réduit pas à un ensemble de théorèmes ou de règles mathématiques. C'est un discours qui permet de justifier, de produire, de rendre intelligible, de contrôler et d'adapter une technique. Elle est constituée de plusieurs ingrédients qui peuvent relever des mathématiques, des théorèmes en acte, des définitions en acte, des règles du contrat didactiques ou institutionnelles... »

Toujours dans le cadre T4TEL, Chaachoua (2018, p. 408) précise aussi qu'une structuration de la technologie est envisageable :

« La technologie [est modélisée] par un ensemble d'énoncés E_i qui ont un statut et un domaine de validité. Le statut peut être : définition, propriété, règle, croyance... Le domaine de validité précise la validité de l'énoncé par rapport à un domaine de référence. »

Et, la théorie justifiant la technique répond au même type de principe, c'est-à-dire que la théorie permet de justifier la technologie.

Nous nous sommes appuyés sur ces propositions pour établir les technologies et théories de nos praxéologies institutionnelles. Cependant, il est nécessaire de préciser qu'en Biologie, s'il est possible de structurer la technologie justifiant une technique en plusieurs énoncés, il est plus difficile d'associer un statut à un énoncé. Les objets de la biologie (le gène, la cellule, l'organe,...) existant dans le temps, ils appartiennent à une histoire évolutive ; la biologie est donc une science historique or il n'y a ni loi ni théorie en histoire (Gayon, 2005). Et la modélisation du savoir en biologie ne se fait pas sous une forme mathématique comme en sciences physiques mais par des mots (Jacrot et al., 2006). Ainsi, ce que l'on peut appeler lois en biologie sont des généralisations qui par ailleurs souffrent presque toujours d'exceptions et qui, en plus, semblent issues d'un processus contingent (Gayon, 2005, p. 55). Ainsi, on n'enseigne pas de théorèmes ou d'axiomes biologiques. Si le *logos* en biologie est bien un ensemble d'énoncés qui justifie, contrôle, régule ... la *praxis*, il n'est pas possible de donner un nom à leur statut.

Finalement, la structuration apportée par le cadre T4TEL permet d'explicitier le rapport de l'institution à l'objet d'étude. Par la détermination des variables, il est possible d'homogénéiser les différentes praxéologies se rapportant à ce même objet d'étude. Et, les énoncés du bloc technologico-théorique nécessaires à la réalisation de la technique des praxéologies peuvent être identifiés.

Cependant, si l'on peut supposer que les sujets cherchent à avoir un rapport conforme à celui qui est demandé par l'institution lorsqu'ils s'y trouvent, ces individus construisent un rapport personnel à cet objet tout au long de leur existence que Chevallard (2003, p. 82) définit ainsi :

« on désigne le système, noté $R(x, o)$, de toutes les interactions que x peut avoir avec l'objet o – que x le manipule, l'utilise, en parle, en rêve, etc. ».

C'est en cherchant à expliciter ce rapport personnel que Croset et Chaachoua (2016) ont proposé la notion de praxéologie personnelle, praxéologie permettant alors de structurer les connaissances d'un individu.

I.2. Expliciter le rapport personnel par la praxéologie personnelle

Bosch et Chevallard (1999, p. 82) explique la façon dont se modèle le rapport personnel à un objet :

« C'est ainsi l'accomplissement des différentes tâches que la personne se voit conduite à réaliser tout au long de sa vie dans les différentes institutions dont elle est le sujet successivement ou simultanément qui conduira à faire émerger son *rapport personnel* à l'objet considéré. »

Comme chaque institution définit son propre rapport institutionnel, le rapport personnel à un objet se construit au fur et à mesure des visites dans des institutions différentes et il se forme par une « intégration, au fil du temps, des influences exercées par les divers rapports institutionnels auxquels elle a été assujettie » (Chevallard, 2003, p. 83). Donc, toutes les relations que cet individu a eu et a avec cet objet forment son rapport personnel à l'objet ; et comme la manipulation, le contact avec cet objet peut se faire pendant toute la vie, le rapport personnel évolue dans le temps et avec l'expérience.

Parfois, le rapport personnel surgit au détour d'une activité par exemple lorsqu'un élève fait une erreur. Croset et Chaachoua (2016) montre que le modèle praxéologique est assez puissant pour modéliser ces erreurs réalisées par les élèves. Ces auteurs (2016, p. 179) proposent alors une organisation praxéologique qui permet de rendre compte du rapport personnel à un objet d'un sujet appartenant à une institution. Ils (2016, p. 179) proposent ainsi :

« le quadruplet d'organisation praxéologique de l'activité d'un sujet institutionnel constitué de quatre composantes :

- Un type de tâches personnel correspondant à un ensemble de tâches que le sujet perçoit comme similaires et qui provoque l'application d'une même technique. [...]
- Une technique personnelle utilisée par l'élève permettant de résoudre un seul type de tâches personnel. La technique personnelle peut être erronée, correcte, légitimée par l'institution de référence ou non. [...]

Partie 1 : L'étayage : de l'état de l'Art à la problématique

- Une technologie personnelle, explicite ou non, gouverne et légitime l'utilisation de *praxis* personnelles. Ces technologies personnelles peuvent être liées à des énoncés incomplets, des utilisations hors de leur portée de validité, ou à des énoncés non conformes. [...]
- Une théorie personnelle qui [...] justifie la technologie personnelle. »

La praxéologie institutionnelle, lorsqu'on prend une institution scolaire, est construite à partir des textes des programmes et des manuels (Chaachoua, 2010), tandis que la praxéologie personnelle est, elle, réalisée à partir des productions de chaque individu. Ainsi, Bonnat (2017) dans ses travaux de thèse propose une modélisation de la praxéologie des élèves en caractérisant les techniques personnelles de ceux-ci. Le diagnostic de ces *praxis* personnelles se fait sur les différentes étapes des protocoles conçues par chaque élève et le chercheur interprète chaque erreur technique par une technologie personnelle erronée. Mais, que ce soit une praxéologie institutionnelle ou une praxéologie personnelle, elles sont toutes deux des constructions, résultats de choix et d'interprétation de chercheurs (Chaachoua et al., 2013).

Donc, chaque institution, famille, classe, établissement, ... a ses objets d'étude et un rapport institutionnel se construit vis-à-vis de chaque objet. Un individu au sein d'une institution prend la position de sujet et cette institution demande à ses sujets de lui être soumis. Donc, un bon sujet est un sujet dont le rapport personnel tend vers le rapport institutionnel de l'objet.

I.3. Modéliser les praxéologies didactiques

Dans le cadre de la Théorie Anthropologique du Didactique, Chevallard (2002, p. 3) énonce que

« toute activité humaine *met en œuvre* une organisation qu'on peut noter $[T/\tau/\theta/\Theta]$ et qu'on nomme *praxéologie*, ou *organisation praxéologique* ».

Si, jusqu'à maintenant, nous avons considéré comme organisation praxéologique, des organisations liées à un objet disciplinaire, il est possible de considérer une praxéologie portant sur l'activité du professeur lui-même, sur son activité didactique. L'activité du professeur étant une activité humaine, elle peut être modélisée par le quadruplet praxéologique. Bien sûr, ceci implique que le professeur, comme tout sujet d'une institution, y soit assujéti et qu'il doive composer avec les contraintes et les conditions inhérentes à cette institution (Ravel, 2003). Ainsi, l'activité que nous voulons modéliser est ici non pas liée à un type de tâche disciplinaire mais à un type de tâche professorale.

Chevallard (1998, p. 106) en analysant des pratiques enseignantes annonce alors :

« Les praxéologies didactiques ou organisations didactiques sont des réponses (au sens fort) aux questions du type « Comment étudier la question $q = \tau_T ?$ », ou « Comment étudier l'œuvre O ? » »

Les praxéologies didactiques permettent donc d'établir les organisations praxéologiques professorales ayant permis de répondre à des questions correspondant à la façon de faire réaliser un type de tâche disciplinaire.

Pour illustrer son propos, Chevallard (1995, p. 27) propose un exemple :

« considérons le type T de tâches *didactiques* consistant, pour le professeur y , à faire une dictée en CM2, en supposant ici que la technique τ mise en œuvre se laisse décrire grossièrement ainsi : y dicte le texte lentement, en s'arrêtant sur certains points qu'il juge plus délicats ; puis, cette première lecture-dictée achevée, il reprend la lecture, les élèves ayant alors l'autorisation de l'interrompre pour lui poser des questions ; enfin, il effectue une troisième lecture, les élèves devant cette fois rester silencieux. »

La technique de la tâche didactique est énumérée sous la forme d'une succession de tâches qui forment une séquence dont l'ordre ne doit pas être changé. Ce type d'analyse de l'activité du professeur nous a paru pertinent pour notre travail d'analyse de l'étayage pour qui le type de tâche essentiel à modéliser est : $T = \text{étayer une activité de l'élève}$.

Chevallard (1997) établit deux grands types de tâches appartenant à la praxéologie professorale. Il les décrit ainsi :

« L'une des premières tâches auxquelles s'affronte le professeur en tant que directeur d'étude d'une classe donnée consiste à déterminer, à partir des indications du programme d'études officiel, les organisations mathématiques à étudier, en précisant, pour chacune d'elles, son contenu précis et en particulier le socle des types de tâches mathématiques qu'elle contient, ainsi que le degré de développement à donner aux composantes technique, technologique, théorique. »

La sélection des praxéologies à étudier en classe est donc la première tâche de l'enseignant. Il s'agit de choisir quel type de tâche sera soumise à l'étude.

Chevallard poursuit :

« Le second grand type de tâches au cœur de l'activité du professeur consiste évidemment à diriger l'étude d'une organisation mathématique déterminée, c'est-à-dire à conduire la reconstruction, ou transposition, dans la classe, de cette organisation. »

La conduite de la mise en œuvre des praxéologies en classe correspond au deuxième grand type de tâche de l'enseignant¹⁵.

¹⁵ Chevallard (2002b, p. 11) identifie durant cette phase des étapes qui sont des passages obligés de l'action enseignante ; il s'agit des moments didactiques qui sont ainsi définis : « On appellera donc *moments de l'étude*, ou *moments didactiques*, [certains types de situations ... nécessairement présents], parce qu'on peut dire que, quel que soit le cheminement suivi, *il arrive forcément un moment* où tel ou tel geste didactique devra être accompli. » Les moments didactiques sont : la première rencontre avec l'organisation mathématique étudiée, le moment de l'exploration du type de tâches T et de l'élaboration d'une technique τ (relative à T), le moment de l'élaboration de l'environnement technico-théorique $[\theta/\Theta]$, le moment du travail de la technique, le moment de l'institutionnalisation et le moment de

Ce cadre des praxéologies didactiques a été utilisé par Morge (2003), Calmettes (2010) et Pélissier et Venturini (2016) dans des travaux visant à analyser l'activité d'un enseignant de sciences physiques. Dans ces travaux, l'identification des éléments de la praxéologie a été réalisée avec un objectif particulier : Morge cherchait à mieux connaître les connaissances professionnelles des enseignants, Calmettes souhaitait modéliser l'activité d'enseigner tandis que Pélissier et Venturini voulaient explorer l'enseignement de l'épistémologie à travers la notion de modèle. Dans notre travail, nous souhaitons modéliser l'activité de l'enseignant lors de ses gestes d'étayage. Or comme le précise Pélissier et Venturini (2016, p. 69)

« Cette formalisation permet de questionner à la fois ce qui est mis à l'étude par le professeur (praxéologies disciplinaires) et comment, dans le cadre d'interactions avec les élèves, le professeur met en œuvre cette étude (praxéologies didactiques) ».

Ainsi, ce cadre est tout à fait indiqué pour montrer l'articulation entre le savoir et la façon dont les enseignants permettent l'étude de ce savoir en classe c'est-à-dire l'étayage qu'ils mettent en place.

Une organisation praxéologique didactique présente la même formalisation qu'une organisation praxéologique disciplinaire à savoir un bloc pratico-technique [T, τ] justifié par le bloc technologico-théorique [θ, Θ]. Les travaux de Morge (2003), Calmettes (2010) et Pélissier et Venturini (2016) ont permis d'établir des éléments des praxéologies didactiques des enseignants analysés. Les tâches didactiques sont facilement identifiées car les séances ont été choisies par les chercheurs. Le recueil des techniques se fait en répertoriant ce que dit de faire le professeur dans l'échange avec ses élèves et aussi en prenant en compte les déplacements de l'enseignant. Les éléments technologiques sont identifiés en usant de moyens différents : Calmettes (2010) par des entretiens recueille les justifications des enseignants sur leurs pratiques, ces justifications correspondant aux technologies. Morge (2003), Pélissier et Venturini (2016) identifient les éléments technologico-théoriques en analysant ce qui est fait et dit par le professeur.

Les praxéologies didactiques permettent donc de modéliser l'activité d'un enseignant en classe en explicitant la *praxis* et son *logos* ; les travaux que nous avons cités permettent une analyse de l'activité de l'enseignant en sciences expérimentales ; comme nous travaillons en biologie, il nous semble opportun d'utiliser ce cadre théorique pour expliciter l'activité d'un enseignant de biologie.

I.4. Bilan

Une partie de notre travail de thèse porte sur l'analyse de l'étayage apporté par un EIAH. Or le cadre T4TEL prolongement de la praxéologie de la Théorie Anthropologique du Didactique développée par Chevallard permet une explicitation du rapport institutionnel d'un objet d'étude avec un apprêtement propre à un EIAH.

l'évaluation. Cependant, lors de travaux réalisés par des didacticiens en sciences physiques en utilisant le cadre des praxéologies didactiques, la notion de moments didactiques n'a pas été mentionnée Morge (2003), Calmettes (2010), Pélissier et Venturini (2016). Nous suivons ces derniers auteurs.

Une autre partie de notre travail est l'analyse de l'étayage apporté par un professeur. Les praxéologies didactiques permettent une modélisation de l'activité de l'enseignant.

Au cours de son activité, l'enseignant fait émerger ou modifie le rapport personnel d'un élève à un objet d'étude ; de même qu'il peut laisser s'échapper des éléments de son propre rapport personnel. Le cadre des praxéologies personnelles que nous utiliserons permet d'explicitier ces différents rapports personnels.

Ainsi, le cadre identique entre modélisation du rapport à un objet d'une institution, d'une personne (élève ou professeur) et modélisation de l'activité de l'enseignant explicite l'articulation entre l'activité du professeur et sa volonté de rendre conforme les praxéologies personnelles avec les praxéologies institutionnelles.

Dans les travaux modélisant l'activité professorale par les praxéologies didactiques, le type de tâche et les ingrédients de la technique semblent être assez aisés à identifier alors que l'explicitation des éléments technologiques et théoriques paraît plus délicate. Pélissier et Venturini (2016) indiquent qu'ils ne parviennent pas à délimiter ce qui est technologie et ce qui est théorie dans les justifications offertes par les enseignants ; pour Calmettes (2010), le *logos* se rapporte au cadre épistémologique et institutionnel du professeur ainsi que les façons de gérer l'avancée de la séance ; enfin, Morge (2003) cherche à établir une relation entre le cadre des praxéologies didactiques et les connaissances professionnelles locales des enseignants lors de la validation de la construction d'un modèle par des élèves.

Nous cherchons nous à expliciter nettement les différents ingrédients du *logos*. Or, les éléments se rapportant au *logos* dans les travaux suscités se rapprochent du cadre des connaissances professionnelles des enseignants déjà évoqué par Morge (2003). Ce cadre théorique est issu d'un mouvement de recherche né aux Etats Unis dans les années quatre-vingt et initié par le psychologue américain Shulman (1986, 1987). Nous pensons que la catégorisation des connaissances professionnelles proposées dans ce courant de recherche permet de compléter l'explicitation d'un modèle d'une activité d'un enseignant telle que nous souhaitons le faire.

II. S'appuyer sur le cadre d'analyse des connaissances professionnelles PCK des enseignants pour alimenter les éléments du *logos*

Dans la partie précédente, nous avons présenté le cadre théorique de la praxéologie et son extension T4TEL. Ce cadre permet de modéliser par les praxéologies institutionnelles et personnelles, à la fois, le savoir institutionnel et les connaissances de chacun, élève et professeur, pour un objet d'étude. Il permet aussi par les praxéologies didactiques de modéliser l'activité d'un enseignant lors de l'enseignement de cet objet d'étude.

Un problème se posait à la fin de la partie précédente quant au contenu du bloc technologico-théorique (la technologie et la théorie) concernant ces praxéologies didactiques. Pour résoudre cette difficulté, nous avons choisi de nous rapprocher du courant de recherche portant sur les connaissances professionnelles des enseignants (Cross, 2010; Grossman, 1990; Jameau, 2012; Magnusson et al., 1999; Shulman, 1986, 1987).

Le courant de recherche portant sur les connaissances professionnelles des enseignants (PCK, Pedagogical Content Knowledge) est né aux Etats-Unis dans les années quatre-vingt. Les travaux fondateurs concernant ces recherches sont nés d'un problème que se posait Shulman, chercheur en éducation américain qui se demandait ce qui différenciait un professionnel discutant d'une notion et un professeur enseignant cette même notion. Par exemple, quelles différences existent entre le discours d'un médecin de celui d'un enseignant en biologie concernant une notion de physiologie humaine (Shulman, 1986). Il propose alors l'existence de connaissances spécifiques à l'enseignant lui permettant d'enseigner, connaissances dénommées Pedagogical Content Knowledge (PCK) correspondant à l'amalgame entre les connaissances didactiques et pédagogiques. Ce concept a eu un impact très fort dans les communautés de recherche des sciences de l'éducation et a irrigué les travaux d'abord dans le monde anglo-saxon (entre autres (Gess-Newsome & Lederman, 1999; Magnusson, Krajcik, & Boriko, 1999)) et depuis les années 2000 les études francophones (Bécu-Robinault, 2007; Cross, 2010; Cross & Lepareur, 2015; Jameau, 2012; Kermen & Meheut, 2008). A la suite des travaux de Shulman, le modèle des PCK a été affiné et nous utilisons le cadre proposé par Magnusson et al (1999), cadre régulièrement utilisé dans les activités de recherche. Pour nommer dans notre travail, le modèle de Magnusson et al, nous utilisons le vocable de modèle des connaissances professionnelles et non pas seulement PCK car nous répertorions dans notre étude non seulement des PCK mais aussi les autres types de connaissances professionnelles d'un enseignant.

L'articulation entre les deux cadres théoriques choisis, la praxéologie et son extension T4TEL (Chaa-choua, 2018; Chevallard, 2003) et les connaissances professionnelles des enseignants (Magnusson et al., 1999) nous permet de lever quelques interrogations. La première de ces interrogations est celle que nous avons énoncée lors de l'explicitation du bloc technologico-théorique des praxéologies didactiques. L'utilisation du modèle des connaissances professionnelles permet d'apporter des éléments constituant le *logos* des praxéologies didactiques mobilisées par les enseignants pour leur activité professorale. Une seconde interrogation correspond à la confusion existant entre les ressources cognitives et l'action menée par un enseignant, confusion relevée par Kermen et Izquierdo (2017, p. 17) : « Il nous paraît discutable d'englober sous le même terme, PCK [...] les connaissances qui peuvent guider l'action, l'action elle-même et les raisons qui motivent l'action ». Dans notre travail, la *praxis* (type de tâche et technique) des praxéologies didactiques correspond à ce que l'enseignant fait et comment il le fait tandis que le *logos* (technologie et théorie) est alimenté par les connaissances professionnelles des enseignants. Le cadre de la praxéologie permet donc de clarifier les relations entre les connaissances mobilisées pour l'action (*logos*) et l'action (*praxis*), les pratiques reflétant la mise en œuvre de connaissances professionnelle (Venturini & Tiberghien, 2012).

Chercher à expliciter et à catégoriser les connaissances professionnelles des enseignants suppose qu'enseigner nécessite des connaissances spécifiques permettant un enseignement efficace (Chesnais et al., 2017). Il semble donc possible de construire un modèle permettant de modéliser l'activité d'un enseignant, modélisation individualisée, propre à un seul enseignant du fait de la notion même de connaissance. En effet, nous prenons ici « connaissance » dans l'acceptation de Brousseau (Brousseau, 1978), connaissance s'opposant à « savoir » dans la dimension de l'institutionnalisation, une connaissance étant le produit d'un individu tandis qu'un savoir étant celui d'une institution (Margolinas, 2015). En rapprochant cette notion de connaissance avec la praxéologie, l'identification des connaissances implique une modélisation du *logos* de la praxéologie personnelle d'un professeur.

Pour notre recherche, nous avons utilisé un modèle des connaissances professionnelles qui a été construit en nous appuyant sur les travaux déjà réalisés et en particulier sur ceux de la communauté de didactique francophone en sciences physiques, la biologie étant aussi une science expérimentale. Nous avons aussi utilisé l'expérience acquise lors d'une précédente étude (Brun-Ramousse, 2015) lorsque nous avons fait fonctionner ce modèle, présenté ci-après.

II.1. Le modèle des connaissances professionnelles utilisé

Le modèle des connaissances professionnelles le plus utilisé se base sur celui établi par Magnusson, Kracjick et Borko (Aydin & Boz, 2012; Chesnais et al., 2017) car il semble être le plus opératoire (Cross, 2010). C'est celui sur lequel nous nous sommes basées pour notre recherche en tenant compte des enrichissements apportés par les auteurs ayant cherché à expliciter les connaissances professionnelles des enseignants en sciences physiques (Bécu-Robinault, 2007; Cross, 2010; Cross & Lepareur, 2015; Jameau, 2012; Kermen & Meheut, 2008; Mangane, 2014).

II.1.1 Les connaissances professionnelles d'un enseignant :

Quatre types de connaissances permettent de modéliser les connaissances d'un enseignants (Grossman, 1990)¹⁶:

- **les connaissances du contenu (Science Subject Matter Knowledge ou SMK)** correspondant au contenu disciplinaire : le contenu correspond non seulement aux énoncés alors acceptés par la communauté scientifique, mais aussi la façon dont le savoir a été construit, comment chaque énoncé a été validé par cette communauté scientifique (Shulman, 1987).
- **les connaissances pédagogiques générales (Pedagogical Knowledge PK)**, mobilisées lors de la gestion de la classe et son organisation. On peut y distinguer trois grandes catégories : les connaissances pédagogiques mais aussi les connaissances portant sur « l'organisation de la séquence d'enseignement, la gestion du temps et la gestion des activités des élèves » (Bécu-

¹⁶ Cité par (Jameau, 2012)

Robinault, 2007). Ces connaissances sont générales et ne sont pas liées à une seule discipline (Cross, 2010).

- **les connaissances sur le contexte (Knowledge of Context KofC)**, correspondant à des connaissances portant sur les caractéristiques de la communauté, le fonctionnement des financements de l'établissement, ... (Shulman, 1987).
- **les connaissances pédagogiques liées au contenu (Pedagogical Content Knowledge PCK)**. Ces connaissances ont été identifiées par Shulman dans ces travaux des années 1986 et 1987. Les PCK sont les connaissances professionnelles spécifiques aux enseignants (Magnusson et al., 1999) et qui semblent avoir « le plus grand impact en classe » (Jameau, 2012, p. 41). La réflexion portée sur ce type de connaissances a marqué les sciences de l'éducation, c'est pourquoi ces PCK nécessitent un paragraphe particulier.

II.1.2 Les connaissances professionnelles liées au contenu ou Pedagogical Content Knowledge (PCK)

Le domaine de recherche sur les connaissances professionnelles des enseignants existe aux Etats-Unis depuis les années quatre-vingt du fait d'une demande institutionnelle portant sur la professionnalisation du métier d'enseignant (Cross, 2009). Au sein de ce courant, Shulman s'interrogeait sur les connaissances nécessaires, « pertinentes » pour enseigner (Van Driel et al., 1998, p. 675). Il critiquait le fait que jusqu'alors pour étudier les connaissances d'un enseignant, c'était soit le pôle pédagogique soit le pôle disciplinaire qui était pris en compte ; pour lui, un domaine était oublié : il s'agissait de celui correspondant aux connaissances pédagogiques liées au contenu c'est-à-dire des connaissances pédagogiques contextualisées, des connaissances spécifiques pouvant être comprises soit comme des connaissances pédagogiques mobilisées pour l'apprentissage d'une notion particulière soit à l'inverse comme des connaissances disciplinaires adaptées pour l'enseignement. Ce sont des connaissances liées à la didactisation d'un contenu, aux stratégies d'enseignement, aux façons de représenter le savoir ainsi que celles liées à la façon dont les élèves comprennent certains apprentissages (Hu, 2014, p. 412). Shulman (1986) les décrit comme étant un entremêlement, un « amalgame » des connaissances disciplinaires et des connaissances pédagogiques tandis que pour Grossman (1990), ces connaissances sont le résultat d'une combinaison de plusieurs autres types de connaissances.

Plusieurs catégories de PCK ont été identifiées (Grossman, 1990; Jameau, 2017; Magnusson et al., 1999; Shulman, 1987) :

→ **Les PCK curriculum ou connaissances sur le curriculum**¹⁷. Ces connaissances portent sur les « matériaux du curriculum disponibles pour l'enseignement » (Van Driel et al., 1998, p. 675). Cette catégorie de connaissances est subdivisée en deux parties :

- Les connaissances que les enseignants ont sur les buts et les objectifs pour les élèves. Il s'agit non seulement de la partie enseignée mais aussi des relations avec ce qui a été enseigné auparavant au cours de la même année scolaire, au cours des années précédentes et ce qui sera enseigné dans les temps futurs ainsi qu'avec d'autres disciplines.
- Les connaissances portant sur le programme curriculaire entendant par là non seulement les textes de programmes, en France, nationaux, mais également le matériel pouvant être utilisé ainsi que les activités pouvant être conduites. Le choix et la façon d'utiliser le matériel pédagogique est avant tout guidé pour l'enseignement d'un sujet.

→ **Les PCK portant sur la compréhension de la science par les élèves**, catégorie de connaissances qui peuvent être :

- des PCK portant sur les prérequis des élèves correspondant à des connaissances portant non seulement sur les connaissances et les compétences nécessaires pour réaliser l'activité prévue mais aussi sur les façons différentes d'apprendre, de comprendre de chaque élève.
- des PCK portant sur les parties difficiles pour les élèves comme par exemple concernant un sujet trop abstrait, une démarche trop complexe ou des difficultés répertoriées.

→ **Les PCK concernant l'évaluation en science**, pour lesquelles il existe deux sous catégories :

- Les connaissances portant sur les dimensions de la science à évaluer et cela, contextualisées à chaque sujet ; l'évaluation peut porter par exemple sur la compréhension des concepts par les élèves, la mise en œuvre d'une démarche d'investigation. Un professeur doit savoir pour chaque sujet ce qui doit être évalué de façon efficace, si ce sont les connaissances ou la mise en œuvre d'une expérimentation par exemple. Les connaissances professionnelles de cette catégorie permettent la prise de décision concernant ces choix à faire.
- Les connaissances des méthodes d'évaluation existant et pour chaque dispositif, les avantages et les inconvénients.

→ **Les PCK concernant la connaissance des stratégies d'enseignement** : Les PCK des stratégies d'enseignement permettent de mettre au point des stratégies permettant de faire comprendre un concept à un élève (Hammoud, 2012). Elles peuvent être :

¹⁷ Shulman avait placé ces connaissances portant sur le curriculum dans ses premières études comme connaissances générales.

Partie 1 : L'étayage : de l'état de l'Art à la problématique

- Des connaissances pouvant porter sur la façon dont sont représentés les concepts, à la fois les représentations académiques comme les représentations « inventées » par l'enseignant. Les connaissances apportent aussi à quels moments cette représentation supportera au mieux la réflexion des élèves et les limites et les avantages de ce type de représentation.
- Des connaissances pouvant porter sur le choix d'activités appropriées au sujet pour aider l'élève à comprendre comme par exemple, des problèmes, des simulations,

→ **Les connaissances sur les orientations pour l'enseignement de la science** : il s'agit des connaissances à propos des objets et des buts de l'enseignement d'une discipline ou à propos « d'un sujet particulier » (Magnusson et al., 1999, p. 97). Ces connaissances permettent d'expliquer les décisions des enseignants sur les objectifs à atteindre, le contenu à enseigner aux élèves, l'utilisation de manuels scolaires, l'évaluation de l'apprentissage des élèves ou les stratégies d'enseignement (Borko & Putman, 1996, cité par Magnusson et al. 1999). Il s'agit non seulement des idées que possède chaque enseignant sur ce qu'est l'enseignement mais aussi des connaissances concernant l'apprentissage, c'est-à-dire sur ce qu'il croit comment doit se faire l'apprentissage de nouvelles notions (Magnusson et al., 1999).

Friedrichsen et al (2011) proposent une catégorisation des connaissances au sein même de ces PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} constituée de trois dimensions ;

- Connaissance à propos des buts et des objectifs de l'enseignement des sciences : PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_Finalités-Buts},
- Connaissance à propos de la nature de la science : PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_NOS},
- Connaissance à propos de l'enseignement et de l'apprentissage de la science : PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_Conceptions-Enseignement/Apprentissage}.

Ce modèle commence à être utilisé dans les travaux portant sur les PCK (Chesnais et al., 2017; Cross & Lepareur, 2015) et c'est aussi celui que nous utilisons dans notre travail.

→ **Les connaissances techno-pédagogiques nommées TPCK ou TAPCK pour Technological And Pedagogical Content Knowledge** : ce sont les connaissances qui se développent lors de l'intersection des connaissances sur le contenu, sur la technologie et sur la pédagogie (Jameau, 2017). Dans l'étude de Jameau, l'analyse de la pratique d'un enseignant lors de la préparation de la séance d'enseignement met à jour les connaissances d'une enseignante concernant les fonctionnalités d'un logiciel de traitement de texte qu'elle utilise. Le chercheur établit qu'il s'agit là de connaissances techno-pédagogiques.

Ainsi, des travaux de recherche ont permis la mise au point d'un modèle permettant de modéliser les connaissances qui interviennent lorsqu'un enseignant exerce son activité. Cependant les connaissances d'un enseignant ne sont pas simplement des informations intériorisées et « statiques », cons-

tantes mais elles sont dynamiques dans le sens où elles se reconstruisent en permanence par l'adaptation continu de l'enseignant à la situation (Magnusson et al., 1999, p. 111; Mthethwa-Kunene et al., 2015). Ces connaissances professionnelles se construisent à partir du contexte, à partir de textes institutionnels (programmes, compléments de programmes, ...), d'échanges avec les collègues mais aussi à partir de l'expérience professionnelle (Bécu-Robinault, 2007; Cross, 2009; Jameau, 2017; Scheuch et al., 2018) et en particulier lorsque les enseignants prennent conscience de la nature des difficultés des élèves (Jameau, 2017 ; Kermen & Meheut, 2008). Le développement de ces connaissances professionnelles semble cependant demander de posséder les connaissances disciplinaires nécessaires (Kermen & Meheut, 2008; Mangane & Kermen, 2016).

Dans notre travail de recherche, nous cherchons à identifier les praxéologies didactiques mises en œuvre par les enseignants et nous pensons que le bloc technologico-théorique peut être approché en identifiant les connaissances professionnelles des enseignants. Nous présentons maintenant comment ce système de connaissances a pu être identifié.

II.2. Le fonctionnement du modèle

Le modèle de Magnusson et al (1999) est fonctionnel ; il a en effet déjà été mis en œuvre dans différentes études avec succès (Bécu-Robinault, 2007; Cross, 2010; Cross & Lepareur, 2015; Hammoud, 2012; Jameau, 2012; Kermen & Meheut, 2008; Mangane, 2014). Cependant, pour qu'il y ait modèle, il faut recueillir les connaissances des enseignants. Or celles-ci sont en général implicites pour le chercheur.

II.2.1 L'explicitation des connaissances professionnelles :

Les connaissances professionnelles des enseignants sont en général implicites (Hammoud, 2012; Jameau, 2012; Kermen & Izquierdo, 2017) ; il faut donc user de ruses pour les reconstruire et donc établir une méthodologie spécifique pour cela.

L'étude des connaissances professionnelles s'est beaucoup appuyée sur « des questionnaires et des entretiens avec les enseignants » (Cross & Grangeat, 2014, p. 1) mais de cette façon, c'est ce que dit l'enseignant de sa pratique qui est analysé et par cela, l'image qu'il veut (peut-être) donner de lui-même qui est analysée (Cross, 2009). Dans les travaux en didactique francophone, les connaissances professionnelles sont reconstruites à partir de la pratique effective de l'enseignant et de l'analyse de son discours lorsqu'il est confronté à sa pratique, l'accession à la pratique se faisant directement par une capture vidéo d'une séance (Cross, 2009; Cross & Grangeat, 2014; Jameau, 2012) soit indirectement à partir des tâches réalisées par les élèves (Brun-Ramousse et Marzin-Janvier, 2018) soit lors de la confrontation à des copies d'élèves (Kermen, 2007; Mangane & Kermen, 2016) ou enfin en analysant la préparation d'une séance de travaux pratiques (Jameau, 2017). Il n'existe cependant pas de méthodologie idéale pour identifier le système des connaissances professionnelles : si l'on part de ce que disent les enseignants de leur pratique, il est à craindre qu'il nous propose une image de ce qu'ils voudraient faire et non ce qu'ils font réellement et si l'on part de leur pratique, comme les travaux

cités ci-dessus, les connaissances explicitées dans le discours de l'enseignant ne sont pas l'ensemble des connaissances mobilisées (Cross, 2009).

Pour notre recherche, nous avons choisi une méthode mixte pour atteindre les connaissances professionnelles des enseignants : nous avons à la fois analysé leur discours justifiant certaines actions réalisées mais aussi leur pratique en classe ; pour les connaissances $PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}$, nous nous appuyons sur le modèle de l'épistémologie des enseignants que nous avons construit (Cf.III-Des éléments concernant l'enseignement de la science par les enseignants, en page 65, ci-dessous).

Par ailleurs, l'analyse de la pratique des enseignants en usant de ce modèle met à jour non pas des connaissances juxtaposées de façon indépendante mais un système de connaissances formant un tout cohérent et structuré qu'il est difficile d'établir (Chesnais et al., 2017; Grossman & Shulman, 1994; Hu, 2014).

Deux types de PCK sont régulièrement questionnés par les chercheurs ; ce sont les $PCK_{Stratégies}$ et les $PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}$, questionnements que nous abordons ci-après.

II.2.2 Discussion concernant les $PCK_{Stratégies}$

Concernant les $PCK_{Stratégies}$, se posent les problèmes de la spécificité de la connaissance et des relations entre ce type de connaissances et les autres connaissances professionnelles.

Jameau s'interroge ainsi sur la limite entre les deux sous catégories des $PCK_{Stratégies}$: les PCK des stratégies d'enseignement sur des sujets spécifiques et les PCK des stratégies d'enseignement sur des thèmes spécifiques :

« C'est la définition d'une stratégie qui est questionnée. Qu'est-ce qui est stratégique dans l'action du professeur ? Est-ce le dispositif utilisé indépendamment du contenu ou est-ce le tout ? Peut-on distinguer facilement les deux ? » (Jameau, 2012, p. 134).

Jameau se re-questionne en 2017 : pour une connaissance professionnelle explicitée par le professeur dont l'activité est analysée, est-ce une PCK stratégie ou une PK vu que la stratégie est utilisée de façon habituelle et n'est pas inféodée à un seul type de sujet ? Mangane (2014), lui, tranche en affirmant, dans le résumé de sa thèse, que les connaissances concernant les stratégies sont des « connaissances clés des PCK ». Pour notre part, nous avons établies dans notre étude de 2015 que les connaissances liées aux stratégies pouvaient être mobilisées pour un sujet spécifique ou pour plusieurs sujets tout en étant liées à un contenu. C'est ainsi que nous avons abordé notre travail de thèse.

Une deuxième question concernant les $PCK_{Stratégies}$ porte sur les relations entre ces PCK et les autres connaissances. Pour Cross (2010, p. 60), la reconstruction des $PCK_{Stratégies}$ correspond à « une description d'une action effective » qui peut être réalisée en faisant le lien avec d'autres PCK. Ainsi, la relation entre $PCK_{Stratégies}$ et $PCK_{Elèves_Difficultés}$ a souvent été pointée dans les études quand le professeur

justifie une stratégie en invoquant une difficulté d'élèves (Brun-Ramousse, 2015; Jameau, 2017; Mangane, 2014). Mais les connaissances sur les stratégies peuvent aussi avoir d'autres ambitions que de surmonter les problèmes des élèves ; par exemple certains choix du professeur sont faits pour intéresser les élèves (Jameau, 2017) ou à cause des contraintes des textes institutionnels (Brun-Ramousse et Marzin-Janvier, 2018; Mangane, 2014) ou du fait de l'épistémologie du professeur (Brun-Ramousse, 2015) ou encore du fait du matériel disponible (Mangane, 2014). Chacune de ces dimensions peut être modélisée par des connaissances professionnelles ; ainsi le choix de vouloir intéresser les élèves fait partie de la conception de l'enseignement du professeur et donc peut être explicité sous forme d'une PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} ; les contraintes de programmes, de temps, de matériel disponible sont des PCK_{Curriculum_texte} ou PCK_{Curriculum_matériel}. Dans notre recherche, comme nous l'avons déjà dit, nous adossons le cadre des PCK à celui de la Théorie Anthropologique du Didactique. Nous avons postulé que les éléments de la technologie et de la théorie des praxéologies didactiques des enseignants correspondaient aux connaissances professionnelles identifiées. Ces connaissances justifient donc une technique d'enseignement qui est décrite par une suite de types de tâches. Les stratégies didactiques se trouvent donc modélisées par la technique praxéologique qui est justifiée par le *logos*, les connaissances professionnelles.

Les connaissances professionnelles constituent un système dans lequel les différents types sont en interrelation ; nous en avons déjà vu un aspect lors de la discussion sur les PCK_{Stratégies}. Cependant, dire qu'il y a une interrelation n'implique pas obligatoirement une égale importance de chacune des catégories. Le modèle que nous utilisons propose une hiérarchie au sein des PCK puisque la PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} « sert comme une carte conceptuelle »¹⁸ (Magnusson et al., 1999, p. 91). Nous discutons ce point ci-après.

II.2.3 L'importance hiérarchique entre les types de connaissances professionnelles

La catégorie des PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} ne s'ajoute pas simplement aux autres PCK, il est dit qu'elle « chapeaute » les trois autres PCK c'est-à-dire qu'elle influence fortement ces trois autres catégories de PCK (Cross, 2009). Si aucun des auteurs ne remet en cause le fait que l'enseignant mobilise ce type de ressources, par contre le fait que ces PCK ne soient pas liées à un seul contenu fait que leur appartenance aux PCK est discutée, certains auteurs vont même jusqu'à les exclure des PCK (Hammoud, 2012; Jameau, 2012; Mangane, 2014).

Friedrichsen et al (2011) critiquent le fait que les travaux sur les PCK n'explorent pas réellement les relations des PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} avec les autres PCK mis à part le fait de répéter qu'elle « chapeaute » les autres PCK et ils proposent une typologie en trois dimensions de ce type de PCK, typologie que nous avons déjà présentée : PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_Finalités-Buts}, PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_NOS}, PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_Conceptions-Enseignement/Apprentissage}.

¹⁸ “these knowledge and beliefs serve as a “conceptual map”” (Magnusson et al., 1999, p. 91)

Dans notre recherche, nous considérons que les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} appartiennent bien aux PCK ; ces connaissances qui sous-tendent les conceptions de l'enseignement et de l'apprentissage en sciences sont, pour nous, liées au contenu. Et, nous usons de la typologie proposée par Friedrichsen et al (2011) permettant de catégoriser trois types de PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}. Nous considérons qu'elles permettent de modéliser l'épistémologie d'un enseignant.

II.3. Bilan

Nous cherchons à modéliser les praxéologies didactiques afin d'explicitier les actions d'étayage d'un enseignant. Ceci nécessite la formalisation des connaissances (le *logos*) justifiant les techniques didactiques. Ces connaissances sont modélisées dans le cadre des connaissances professionnelles des enseignants initiées par Shulman (1986, 1987), cadre qui a depuis été discuté en dehors de sa sphère originelle et en particulier en didactique des sciences physiques francophones (Bécu-Robinault, 2007; Cross, 2010; Cross & Lepareur, 2015; Jameau, 2012; Kermen & Meheut, 2008; Mangane, 2014). Ce système de connaissances est à la fois confirmé au fur et à mesure des travaux mais aussi complété.

Ce cadre sera utilisé dans notre recherche pour expliciter les connaissances professionnelles de l'enseignant et la Figure 4 (page 58, ci-après) propose une synthèse de nos réflexions concernant le cadre des connaissances professionnelles des enseignants.

Au sein du cadre des PCK, un type de connaissance a une importance particulière, il s'agit des PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}. Or, en prenant la typologie de Friedrichsen et al (2011), ces PCK englobent des éléments d'épistémologie des enseignants. Vu l'importance de ce type de connaissances dans le modèle d'analyse des connaissances professionnelles, il nous semble nécessaire d'apporter des éléments concernant l'épistémologie des enseignants de sciences expérimentales et de biologie en particulier permettant de repérer dans les paroles ou les actes des enseignants ce qui peut informer sur leurs conceptions sur la science ou l'enseignement et l'apprentissage des sciences et donc alimenter leur connaissances professionnelles et par là leur stratégie d'étayage.

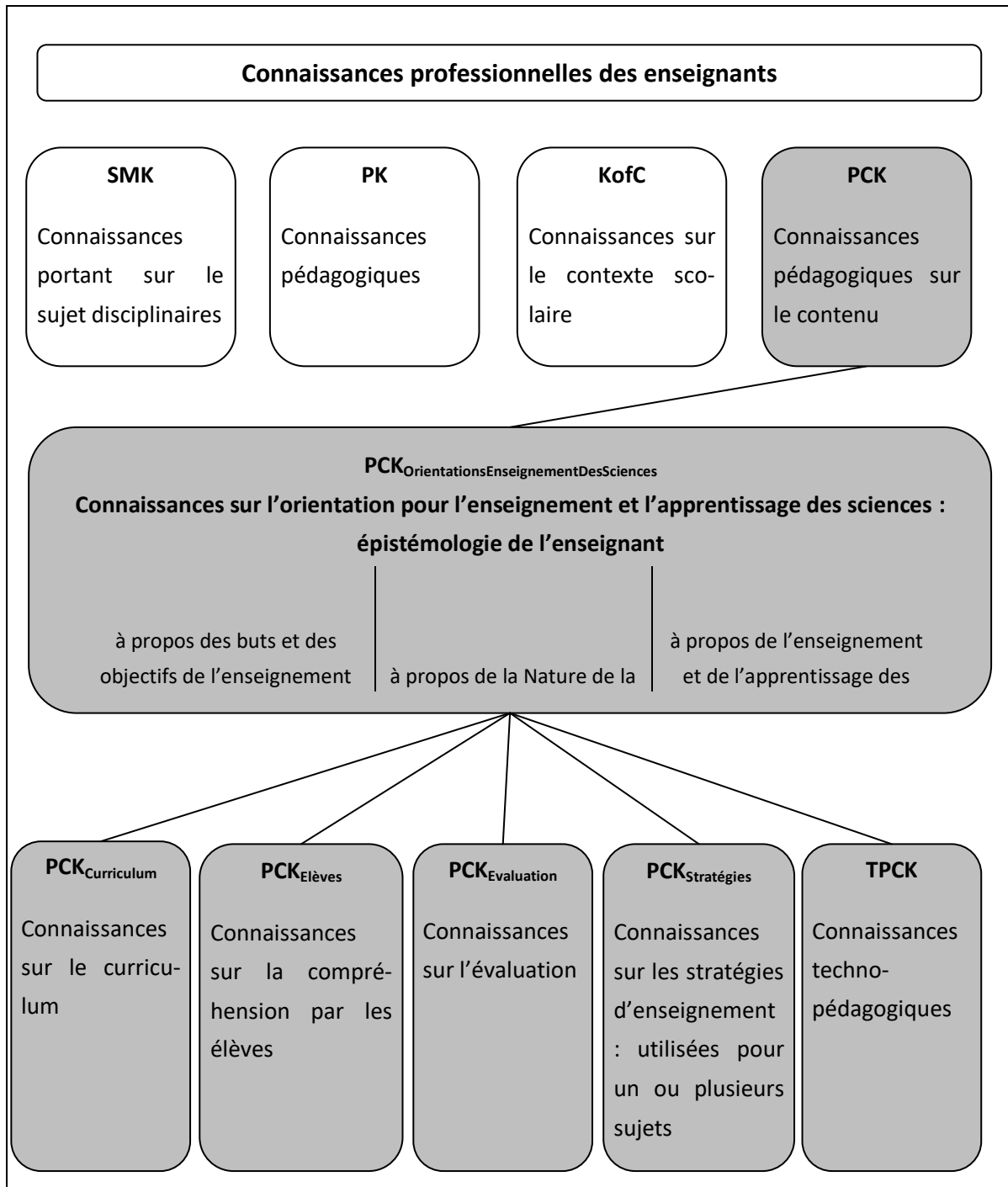


Figure 4 : Le cadre d'analyse des connaissances professionnelles des enseignants

III. Des éléments concernant l'enseignement de la science par les enseignants pour les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}

La modélisation des activités de l'enseignant se fait dans notre étude par les praxéologies didactiques avec un bloc technologico-théorique alimenté par le modèle d'analyse des connaissances professionnelles présentées dans le paragraphe précédent. Dans ce modèle, les connaissances pédagogiques liées au contenu, les PCK (Pedagogical Content Knowledge) ont une importance particulière ; elles correspondent à l'« amalgame du contenu et de la pédagogie » (Shulman, 1987, p. 8). L'une de ces six PCK a un impact supérieur car elle influence les autres PCK, ce sont les PCK liées à l'orientation de l'enseignement de sciences (Magnusson et al., 1999). Pour ces dernières, Friedrichsen et al (2011) ont proposé trois composantes à ces PCK : des connaissances liées aux buts et finalités de la science, celles liées à l'enseignement et à l'apprentissage des sciences et enfin d'autres connaissances liées à la nature de la science.

Les enseignants de sciences expérimentales qui sont volontaires pour notre expérimentation n'ont pas suivi une formation approfondie en philosophie des sciences ; nous pensons donc que leurs connaissances professionnelles liées à l'orientation de l'enseignement des sciences ne diffèrent pas fondamentalement de celles identifiées chez ce type d'enseignant dans les nombreuses recherches menées à ce sujet.

En effet, deux importants courants de recherche conduits de façon parallèle ont exploré l'épistémologie des enseignants en sciences expérimentales : les travaux francophones sur l'épistémologie des enseignants (Joshua, 1989; Robardet et al., 1998; Roletto, 1998 entre autres) et les recherches nord-américaines portant sur la nature de la science (Nature Of Science –NOS-) chez les enseignants de sciences expérimentales (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Désautels & Laroche, 1998; Lederman, 1992). Les connaissances des enseignants portant sur l'orientation de l'enseignement des sciences ont été identifiées à partir des questionnaires, des entretiens (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Lederman, 1992; Roletto, 1998) ou bien en prenant en compte les pratiques en classe (Calmettes, 2010; Péliissier, 2011; Richoux & Beaufils, 2005), les pratiques reflétant la mise en œuvre de connaissances professionnelles (Venturini & Tiberghien, 2012). Ces recherches portant sur l'épistémologie des enseignants de sciences qu'elles soient francophones ou nord-américaines ont mis à jour des tendances communes aux enseignants concernant leur rapport à la nature de la science, l'apprentissage et à l'enseignement des sciences. Elles montrent que la vision de la science des enseignants et de celle qu'ils donnent à voir dans les classes de par les pratiques proposées aux élèves n'est pas conforme avec la science en fonctionnement dans les laboratoires de recherche.

Dans les paragraphes qui suivent sont présentées quelques caractéristiques concernant les conceptions des enseignants vis-à-vis de la science et de son enseignement. Nous les explicitons afin de rattacher, lors de l'analyse des résultats de notre expérimentation, une pratique en classe ou un dis-

cours d'un professeur à une conception de l'enseignement et de l'apprentissage de la science afin d'explicitier des PCK liées à une certaine vision de la nature de la science, de son enseignement et de son apprentissage.

III.1. Une vision de la science fondée sur une appréhension immédiate du monde par l'observation

III.1.1 Une science en classe empiriste

Les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} des enseignants montrent l'idée que la science se suffit d'une pratique empirique. Pour les empiristes¹⁹, ce qui est scientifique « est vérifiable par des perceptions partagées et indiscutables » (Sagaut, 2008, p. 105) ; la connaissance vient directement de la perception du monde²⁰.

Les différentes enquêtes ayant été conduites sur les conceptions des enseignants, futurs enseignants, du Primaire (Blanquet & Picholle, 2016), du Secondaire en SVT (Bomchil & Darley, 1998; Kalali, 1998; Orlandi, 1991) ou en SPC (Hirn, 1995; Roletto, 1998) en France mais aussi aux Etats-Unis (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Lederman, 1992) montrent que les enseignants développent l'idée d'une science étant d'abord une activité d'observation et d'expérimentation et c'est cette activité qui permet l'élaboration des connaissances scientifiques (Cariou, 2009; Désautels & Larochelle, 1998; Hirn, 1995; Porlán Ariza et al., 1998). Ce lien direct entre sens (observation) et connaissance est la manifestation d'une conception empiriste de la science.

Cette tendance à l'empirisme est observée dans les pratiques enseignantes que ce soit chez les professeurs des écoles (Boivin-Delpieu & Bécu-Robinault, 2016; Coquidé, 2000) comme les professeurs de sciences du Secondaire²¹ et également dans l'enseignement agricole (Bazile & Mayen, 2002). Ces pratiques enseignantes privilégient des activités qui font qu'à partir d'«une observation, évidente», il y a apprentissage (Robardet, 1998). Et, l'importance de l'expérimental dans les activités en classe est un symptôme de cet empirisme (Eurydice, 2006; Riopel, 2005). Les séances sont élaborées non pas pour faire construire des concepts (par exemple : le phénomène de la vision) mais pour souligner l'existence d'objets (par exemple : l'œil) (Hirn, 1995). Avec ce style d'enseignement, le raisonnement scientifique n'est pas construit selon une « démarche expérimentale » qui pourrait être source d'incertitudes mais par une « démarche instrumentale » qui implique l'utilisation d'instruments (Rioux & Beaufils, 2005, p. 33).

¹⁹ L'empirisme, est un courant fondé par des savants anglais au XVIIIème siècle comme par exemple Newton (Cariou, 2009).

²⁰ Considérer l'activité scientifique comme empiriste n'est pas conforme au fonctionnement de la science telle qu'elle se fait car si le "fait" scientifique existe « en dehors de nous », la façon de le considérer, de l'observer, de le voir dépend des idées préconçues (Kremer-Marietti & Dhombres, 2006, p. 36) ; ainsi l'observation est « chargée de théorie » (Chalmers, 1976, p. 193). On ne peut donc à aucun moment tabler sur l'obtention d'observations objectives, vraies pour tous, au même moment, car le cadre intellectuel du sujet intervient forcément.

²¹ (Eurydice, 2006).

Avec ce type d'optique, la séance n'est donc pas organisée pour qu'il y ait un véritable engagement intellectuel de l'élève : pas ou peu de recherche de problème scientifique, peu de discussions concernant les hypothèses ou lors de l'analyse des résultats (Richoux & Beaufils, 2005). Ces exemples pris dans le cadre de séances en sciences physiques ne diffèrent pas de ceux pris lors de séance de biologie : les connaissances se déduisent des faits observés (Orlandi, 1991) ou bien l'activité scientifique est représentée comme « une simple collection de faits d'observation » (Gohau, 1992, p. 16).

Ainsi, si l'analyse des pratiques enseignantes permet d'identifier des indices montrant que l'observation suffit à la construction de connaissances, alors il y a l'idée d'une science empiriste. Par exemple, si pour un enseignant voir une image à l'écran d'un ordinateur suffit à en extraire les informations pertinentes ou si l'explicitation du *logos* personnel de l'élève n'est pas indispensable dans la formulation d'une hypothèse, alors cela peut être interprété comme lié à une conception empiriste de l'enseignement de la science en classe.

III.1.2 Une conception réaliste naïf du monde

Certaines PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} se rattachent à une conception du monde réaliste naïve. Pour un réaliste naïf, « chaque nouvel énoncé vérifié est vrai et cela pour toujours » (Sagaut, 2008, p. 141). Ainsi, les connaissances scientifiques deviennent des connaissances objectives, des vérités absolues ; avec ce type de considération, l'activité du scientifique consiste à découvrir des lois qui existent mais qui étaient cachées et le chercheur, selon l'expression consacrée, soulève « le voile » qui faisait écran entre lui et le monde (Jacrot et al., 2006, p. 73). Cependant, le cadre théorique dans lequel se fait cette observation, et la distance établie par les instruments de mesure entre le monde « réel » et ce que l'on en perçoit sont ignorés.

Les enseignants considèrent le monde qu'ils perçoivent comme le monde réel, un monde qui existe et auquel ils ont accès immédiatement par l'observation (Désautels & Larochelle, 1998; Guilbert & Meloche, 1993; Richoux & Beaufils, 2005; Roletto, 1998).

III.1.3 L'induction comme représentation du raisonnement scientifique

Les enseignants ont une conception du processus de raisonnement scientifique qui semble sélectionner l'induction (Goffard & Weil-Barais, 2005; Roletto, 1998; Venturini & Tiberghien, 2012). Leur pratique en classe le montre que ce soit en sciences physiques (Calmettes et al., 2007; Venturini & Tiberghien, 2012) ou en sciences de la vie et de la terre (Coquidé et al., 1999). Ainsi, le modèle théorique est énoncé à partir d'une expérience (Richoux & Beaufils, 2005; Robardet, 1998) et la formulation de l'hypothèse est négligée (Roletto, 1998; Venturini & Tiberghien, 2012).

La pratique du raisonnement en biologie a été analysée par Bomchil et Darley (1998) lorsqu'ils se questionnaient quant à la légitimité de qualifier les pratiques enseignantes d'inductives. Pour cela, ces auteurs prennent en compte l'aide fournie à l'élève lors de l'étape de l'exploitation des résultats en séance de SVT, aide qui est en trois étapes : « je vois que, ... or je sais que, ... donc j'en conclus que ... ». Pour Bomchil et Darley, cette aide fait que le raisonnement ne doit pas être qualifié d'inductif

mais de déductif car le fait de rappeler les connaissances (« je sais que ...») correspond à la mobilisation et l'explicitation du cadre théorique. Cependant, dans leur raisonnement, Bomchil et Darley ne prennent en compte que l'étape de l'exploitation des résultats de la démarche et non pas l'ensemble de la démarche qui, elle, peut être qualifiée d'inductive.

III.1.4 Une démarche scientifique standardisée Bernardienne

Claude Bernard qui a eu l'honneur de faire naître la biologie moderne (Sagaut, 2008) en tant que physiologie (Godin, 2006) est associé à la formalisation de la méthode expérimentale. Cette méthode a été caricaturée dans l'enseignement avec son application en classe par la démarche OHERIC : Observation, Hypothèse, Expérimentation, Interprétation et Conclusion (Giordan, 1978).

Cette démarche est issue de celle que Claude Bernard décrit dans son « Introduction à l'étude de la médecine expérimentale ». Elle a été présentée comme un modèle de la démarche expérimentale pour toutes les sciences quand bien même des travaux ont montré que le texte tant commenté de Claude Bernard était en relation étroite avec sa problématique de recherche du moment (Orlandi, 1991) et que sa méthode avait été reconstruite pour la rédaction²². Les enseignants eux souscrivent à cette méthode (Robardet et al., 1998). Ils en oublient le contexte à la fois scientifique dans lequel se sont constitués les travaux de recherche (Albe, 2011; Coquidé et al., 2009; Maurines & Beaufils, 2011; Rumelhard, 1979) mais aussi le contexte social qui régit ces travaux (Molinatti, 2007; Rocard, 2007). En effet, Rocard (2007) regrette que pour la science, seul soit enseigné le résultat contrairement à l'enseignement des arts, des lettres et de la philosophie dans lesquels systématiquement les idées développées sont replacées dans leur contexte.

De plus, d'après Martinand dans un entretien effectué par Annick Weil-Barais²³, l'épistémologie de la biologie est toujours dérivée de Claude Bernard. Or Claude Bernard donne l'image du savant isolé, seul dans son laboratoire avec ses pensées de génie. On est loin de la description du scientifique réalisé par Latour (2001) dans « Le métier de chercheur, regard d'un anthropologue » durant lequel on assiste à la course effrénée du chercheur s'évertuant à trouver un équilibre entre les différentes institutions auxquelles il doit appartenir.

Ainsi, la science apparaît comme étant constituée par des éléments de savoir qui sont toujours vrais et ont été découverts en dehors de tout contexte.

III.1.5 Bilan

Ainsi, les conceptions et les pratiques des enseignants font que la science qu'ils proposent en classe est une science dont les résultats sont accessibles par une observation simple du monde, à partir de laquelle un modèle théorique, toujours vrai, est construit. Cette représentation mobilise des PCK_{Orien-}

²² Grmek Mirko Draézen (1973) *Raisonnement expérimental et recherches toxicologiques chez Claude Bernard*. Genève, Droz cité par Rumelhard (Rumelhard, 1979).

²³ (Goffard & Weil-Barais, 2005)

tationEnseignementDesSciences appartenant à la catégorie « Nature de la Science » liées à l'idée d'une science empiriste observant un monde directement accessible, dont les résultats sont obtenus par généralisation d'une observation et qui sont toujours vrais. Selon eux, cette science serait élaborée par des savants qui travaillent seuls dans leur laboratoire.

Cette idée de la science est couplée à des conceptions portant sur l'enseignement et l'apprentissage de la science qui fait que les séances proposées sont souvent linéaires. Ceci est lié à la mobilisation de connaissances professionnelles que nous cherchons à identifier. Nous présentons ci-après les travaux de recherche qui permettent de repérer des éléments des PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} de la catégorie « Enseignement et apprentissage des sciences ».

III.2. Des connaissances professionnelles qui légitiment un enseignement linéaire comme un chemin à suivre

Les professeurs de sciences expérimentales proposent en général un enseignement des sciences dogmatique²⁴. Ainsi, les séances sont contrôlées par le professeur pour éviter que l'élève prenne un autre chemin que celui prévu. Comme le montre Calmettes (2010), l'analyse de la pratique en classe de trois professeurs de physique-chimie montre la volonté de ces professeurs de ne pas dévier de l'idée qu'ils ont de leur séance. Il perçoit chez eux une forte volonté de « faire dire », « faire faire » (Bucheton & Soulé, 2009) à leurs élèves ce qui doit être dit, ce qui doit être fait pour acquérir le savoir en jeu de façon guidée (Saavedra, 2015). Ils utilisent des techniques telles que s'appuyer sur des réponses d'élèves maîtrisant les savoirs, s'appuyer sur les observations que le professeur fait afin que la situation soit conclue dans l'heure impartie avec les savoirs énoncés tels que prévus (Calmettes 2010). Les résultats obtenus pendant les séances de travaux pratiques sont ainsi mis en forme pour valider la loi sans qu'il y ait de contestation (Richoux & Beauvils, 2005) ; l'incertitude, le traitement statistique des données ne sont pas souvent mis en œuvre dans les pratiques au lycée (Séré et al., 1998). Les enseignants disent, montrent et ne tiennent pas souvent compte des éventuelles interventions dissonantes d'élèves (Désautels & Larochelle, 1998). Il y a vingt-cinq ans, Orlandi (1991) constatait que, le plus souvent, l'enseignant proposait, ou plutôt imposait sa démarche aux élèves en biologie. Au XXIème siècle, le constat est le même (Hazard, 2010). Pour un professeur, tout doit se dérouler dans le connu et l'incertitude est supprimée.

Il y a mise en œuvre d'une pratique qui ne laisse pas le choix ni de la pensée ni de l'activité à l'élève et propose un savoir qui est vérité absolue. Cette façon de procéder mobilise donc des connaissances professionnelles qui justifient, en partie en tous cas, cette pratique dogmatique.

²⁴ Le dogmatisme fait référence à un enseignement où il existe une vérité absolue. Ainsi, un dogme religieux s'appuie sur un texte religieux, texte révélé qui ne peut être remis en cause.

III.2.1 Une appréhension devant la perte de la maîtrise du groupe ou du cheminement intellectuel

L'enseignement dogmatique ne prend pas vraiment en compte les idées de l'élève. Or, à différents moments de la démarche peuvent s'exprimer ses idées. Mais, que ce soit lors de la formulation des hypothèses (Cariou, 2009) ou de la conception des protocoles (Bonnat, 2017) (par exemple), les élèves sont guidés par l'enseignant. Ceci peut s'expliquer par l'appréhension du professeur quant à ce qu'un élève peut imaginer. Il lui faut, en effet, accepter que l'autre (l'élève) ait une pensée différente de celle qu'il attendait (Vérin, 1998). Pour l'enseignant, il faut pouvoir avoir confiance en ses ressources intellectuelles pour lui permettre de répondre à ce qui est proposé par l'élève (Cariou, 2009). L'enseignant doit à la fois se faire confiance et croire qu'il peut pouvoir faire évoluer la réponse de l'élève ; mais il doit aussi pouvoir reconnaître que la proposition faite par l'élève lui avait échappée et qu'elle peut être valable.

De plus, la mise en relation entre les hypothèses formulées (« le monde des idées ») et les aspects réels, concrets, observables de l'expérimentation (« le monde des objets et des phénomènes ») peut être difficile pour des élèves alors que présenter un fait et le généraliser comme cela est fait lors d'un raisonnement inductif est plus simple intellectuellement (Goffard & Weil-Barais, 2005). Ainsi, par confort, peut-être, pour donner aux élèves ce qui est plus facile pour eux et donc renvoyer, finalement, une bonne image de l'enseignant à lui-même, les démarches simplifiant le travail intellectuel de l'élève sont proposées.

Enfin, la complexité des facteurs à gérer lors de manipulations avec le vivant pourrait être une explication aux démarches fermées offertes aux élèves (Coquidé et al., 2009; de Hosson et al., 2010). Une liste de tâches à faire est une suite linéaire dans le temps et ainsi la gestion de la classe se fait de façon plus aisée. Coquidé (1998) interprète cette façon d'agir par une peur de la part des enseignants de se frotter au réel.

L'idée d'une séance qui se déroule sans questions gênantes d'élèves tant sur la démarche à suivre que sur le protocole à réaliser réduisant les élèves à de simples exécutants constitue un socle de connaissances qui alimente les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} de la catégorie liée à l'enseignement et à l'apprentissage des sciences.

III.2.2 Aller dans le sens des élèves

Les élèves apprécient la physique chimie car ils peuvent réaliser des expériences²⁵ (Alluin, 2007). Ainsi, lors d'un sondage auprès de lycéens pour connaître l'image des sciences physiques et chimiques au lycée, à la question « Qu'appréciez-vous particulièrement en chimie ? », un des lycéens interrogés répond : « j'apprécie surtout les expériences plutôt que la théorie et les calculs ». On re-

²⁵ Faire des expériences est majoritairement perçu positivement (plutôt en physique pour les garçons et plutôt en chimie pour les filles) (Alluin, 2007, p. 52).

trouve le même genre d'avis dans le rapport Rolland²⁶ où une lycéenne de classe de Seconde indique qu'elle préfère elle aussi manipuler plutôt que faire des calculs de puissance et à aucun moment, elle exprime le besoin de comprendre le sens des actes manipulatoires. Nous pensons pouvoir généraliser ce sentiment à l'enseignement des SVT qui propose aussi des séances de travaux pratiques où il est possible de manipuler. Ainsi, si le professeur veut aller dans le sens des élèves, il aura plutôt tendance à proposer des manipulations, les mettre en action et ce, rapidement plutôt que d'intégrer les actes manipulatoires dans une démarche intellectuelle longue et exigeante.

Ainsi, la mise en œuvre d'une démarche linéaire ne favorisant que rarement l'expression des pensées de l'élève est contrôlée par des connaissances professionnelles liées à la conception de l'enseignement. Ces PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} appartenant à la catégorie « Enseignement et apprentissage des sciences » peuvent être explicitées ainsi : l'enseignant réalise des démarches que l'élève peut suivre facilement et sans s'interroger parce que l'enseignant semble n'avoir qu'une confiance limitée en ses propres ressources pour gérer les réactions des élèves ce qui implique aussi une confiance réduite dans les ressources des élèves.

III.3. Une idée de l'apprentissage négligeant l'importance des conceptions initiales des élèves

L'idée que les résultats de la science sont obtenus par une observation simple du monde a déjà été montrée dans un paragraphe précédent (III.1.2, en page 67, ci-dessus). Ceci peut nous permettre d'explicitier des PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} liées à l'enseignement et à l'apprentissage.

Lorsqu'un enseignant fait appel à la simple observation de l'élève pour extraire des données, il oublie ainsi que le phénomène observé ou interprété ne sera pas perçu ou exploité par l'élève de la même façon que par l'enseignant lui-même (Bächtold, 2012; Giordan, 1978). Le professeur extrait les éléments caractéristiques justifiant l'observation car il observe, avec son cadre intellectuel, lui permettant de reconnaître ce qui est à reconnaître (Giordan, 1978; Veslin, 1991). Pour le novice, son cadre intellectuel diffère de celui du professeur et les éléments de l'observation qui sont repérés ne sont pas forcément ceux qui sont attendus. Pour nous, le fait de penser qu'observer suffit à voir ce qu'il faut voir est surtout le reflet d'une ignorance de l'existence des idées préconçues existant avant (et même après) apprentissage, ignorance de l'existence de conceptions des élèves et de la nécessité, non seulement de les faire expliciter mais aussi de les prendre en compte dans l'apprentissage.

Ainsi, l'idée que ce que le professeur voit, ce que le professeur comprend, peut être vu, peut être compris directement par un élève est liée à des connaissances professionnelles portant sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences concernant la façon dont les élèves « intègrent » les informations délivrées lors d'une séance d'enseignement. Ces connaissances professionnelles cor-

²⁶ Rapport présidé par Jean-Marie Rolland, député, la commission des affaires culturelles, familiales et sociales (Rolland, 2006)

respondent au fait que le professeur ne prend pas en compte les conceptions des élèves lors de leur enseignement.

III.4. Un enseignement de la Science, reflet d'une société

Une des trois catégories des PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} est liée aux buts et finalités de l'enseignement de la science.

Si le but correspond à ce qui doit être atteint, les finalités correspondraient plus à des directions à suivre et ces buts et finalités de l'enseignement de la science sont très influencés par « le projet de société » (Hasni et al., 2006, p. 251). Et, « la finalité première de tout système d'éducation, conçu dans le contexte de l'émergence des États-nations, a été de former des êtres humains libres, émancipés et égaux » (Hasni et al., 2006, p. 253). D'ailleurs les programmes de lycée que ce soit ceux de 2010 ou ceux mis en œuvre à partir de 2019 font référence à la « citoyenneté » et au fait que l'école et l'enseignement/apprentissage des sciences doivent permettre aux élèves de « devenir des citoyens responsables et libres, conscients de leurs droits mais aussi de leurs devoirs »²⁷.

Pourtant, il semble que certains enseignants soient comme Auguste Comte, fondateur du positivisme classique, c'est-à-dire qu'ils n'aiment pas une science inutile. En effet, l'aspect utilitaire de la science se retrouve dans des peuples aussi différents que les américains et les nigériens (Lederman, 1992). Cet auteur, dans sa revue de littérature, note que pour les enseignants américains, la finalité de la science correspond au bénéfice de l'humanité tandis que pour les enseignants nigériens, la science est associée à la production de technologies. De même, dans le discours d'enseignants de sciences expérimentales en formation, Guilbert et Méloche (1993) identifient l'idée d'une science proposant des applications à mettre en œuvre dans la société.

Ainsi, des PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} liées aux buts et aux finalités de la science sembleraient être associées à un aspect utilitaire de la science.

III.5. Bilan

De nombreux travaux de recherche ont permis d'établir les caractéristiques de ce que pensent les enseignants de la science et la façon dont ils l'enseignent. Nous relierons ces caractéristiques aux PCK liées à l'orientation de l'enseignement des sciences.

Ainsi, les enseignants mobilisent des PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} liées à leur épistémologie mais aussi liées à l'apprentissage qui sont liées à une vision et à un enseignement empiristes de la science c'est-à-dire privilégiant l'observation sans prendre en compte le cadre théorique dans lequel se fait cette observation, cadre théorique correspondant à la fois au modèle auquel se réfère de façon implicite l'enseignant mais aussi les conceptions existant chez l'élève.

²⁷ Education.gouv.fr site : <https://www.education.gouv.fr/cid140434/les-nouveaux-programmes-du-lycee-general-et-technologique.html> consulté le 24 août 2019.

Les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} liées à l'enseignement et à l'apprentissage des sciences justifient aussi la mise en œuvre de séances durant lesquelles les démarches sont linéaires et cadrées par un enseignant qui semble appréhender les réactions des élèves qui ne sont pas prévues ; ces séances proposent un savoir construit en dehors de tout contexte, scientifique et social.

Enfin, les enseignants semblent considérer que les finalités de la science sont plutôt axées vers une application des résultats de la science correspondant à un socle de PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} liées aux buts et aux finalités de la science.

IV. Conclusion du chapitre 2

Nous cherchons à comprendre comment se fait le partage de l'étayage entre un enseignant et un EIAH. Pour analyser cette organisation de l'étayage, nous avons choisi de nous appuyer sur deux cadres théoriques en les articulant entre eux : la praxéologie et son prolongement T4TEL et le modèle des connaissances professionnelles (PCK).

Dans notre étude, la modélisation du savoir est réalisée dans le cadre de la praxéologie et son prolongement T4TEL. De même, sont explicitées les connaissances des élèves par les praxéologies personnelles. Les enseignants lors de la préparation de la séance et sa réalisation mettent en place des stratégies d'étayage que nous modélisons en utilisant aussi les praxéologies personnelles ; ce modèle est enrichi en alimentant le *logos* de ces praxéologies par des connaissances professionnelles et en particulier les PCK (Pedagogical Content Knowledge). Parmi ces PCK, l'une apparaît avoir une importance plus grande car influençant les autres PCK, il s'agit des PCK liées à l'orientation de l'enseignement des sciences comprenant trois types. Ces PCK Orientations de l'enseignement des Sciences peuvent être associées à : 1) des connaissances liées à une science en classe empirique, fondée sur une observation du monde accessible directement, observation qui une fois généralisée aboutit à la production de théories, 2) des connaissances liées à une mise en œuvre d'une démarche scientifique linéaire, standardisée et ne laissant que peu de place à l'expression de la pensée de l'élève et 3) des connaissances liées à la l'idée d'une science utilitaire.

La Figure 5 ci-après représente notre cadre, comme l'articulation du modèle T4TEL avec celui des connaissances professionnelles des enseignants.

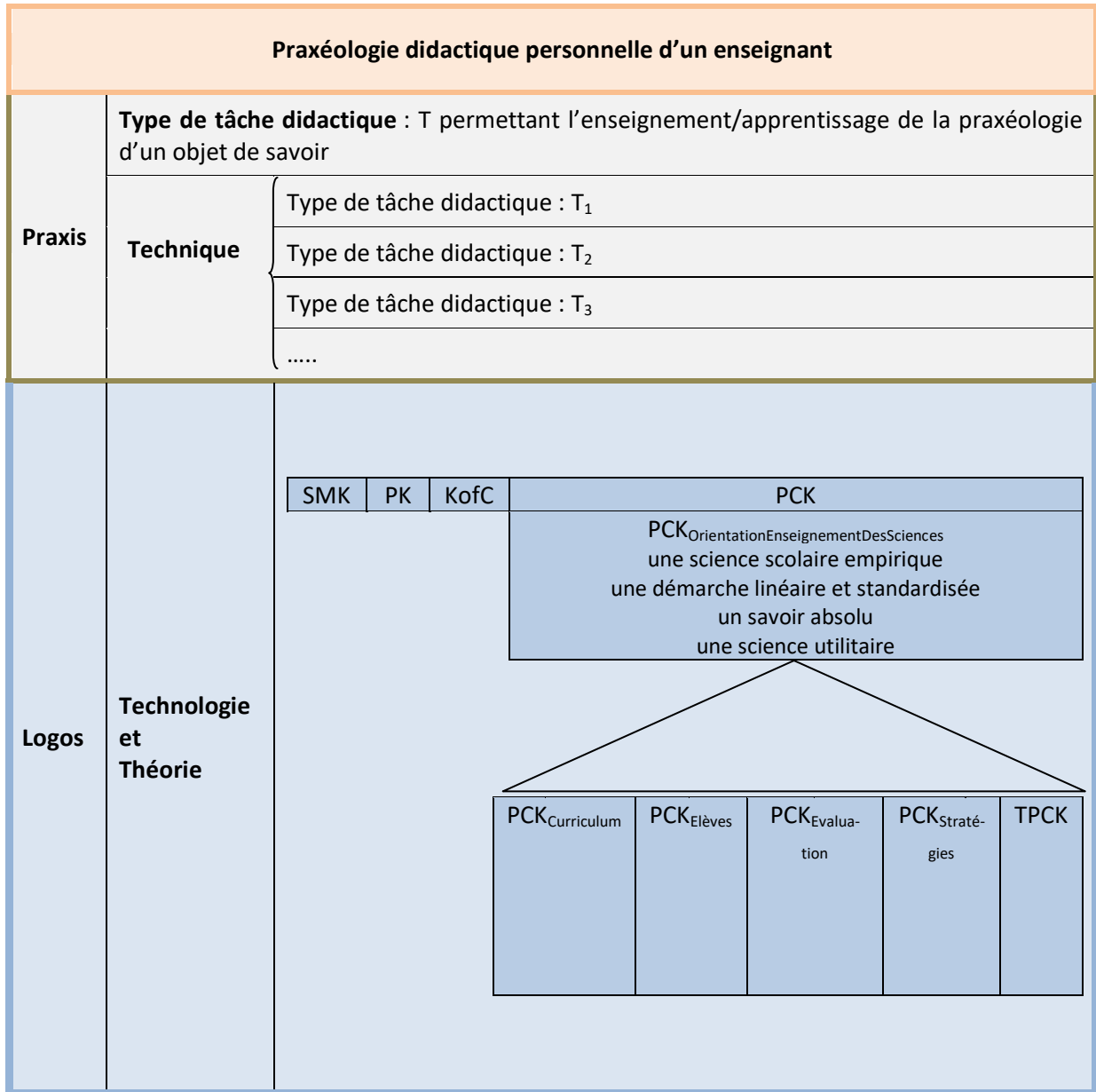


Figure 5 : Modélisation des praxéologies didactiques

Chapitre 3. Problématique

Nous cherchons à établir la relation qui se construit au cours d'une séance entre l'étayage apporté par le professeur et celui apporté par l'EIAH.

L'étayage correspond à tout ce qui est apporté pour aider l'élève à accomplir une tâche qu'il n'aurait pas pu réaliser seul, sans la réaliser à la place de l'élève.

En réponse aux difficultés rencontrées par les étudiants français pour la rédaction d'un compte-rendu d'expérimentation et pour la conception d'un protocole de chimie complet, la plateforme numérique LabNbook²⁸ a été conçue par des chercheurs de l'équipe MeTAH (Modèles et Technologies pour l'Apprentissage Humain) du LIG (Laboratoire Informatique de Grenoble) ; cette plateforme numérique permet, entre autres, de structurer des rapports expérimentaux et de proposer des outils permettant de les rédiger (D'Ham et al., 2019). Nous présenterons plus finement les étayages apportés par la plateforme LabNbook dans le Chapitre 4 de la partie 2.

Notre problématique est de comprendre comment se fait le partage de l'étayage entre l'enseignant et l'EIAH LabNbook lors de la conception et lors de la réalisation d'une séance en présence de cet outil numérique, la séance étant une séance expérimentale de biologie.

Nous avons identifié trois questions de recherche nous permettant de répondre à notre problématique.

I. Première question de recherche :

La conception d'une séance par un enseignant obéit à de nombreuses contraintes institutionnelles et est dirigée par ses conceptions sur l'enseignement et l'apprentissage de sa discipline (Bécu-Robinault, 2007). Lors de la conception de la séance, l'enseignant conçoit celle-ci en ayant en tête un élève générique, image construite à partir de son expérience ; les choix sont faits en fonction de cette image et du déroulement de la séance telle qu'il l'imagine (Jameau, 2012). Ces éléments évoqués (institution, conception sur l'enseignement et l'apprentissage de sa discipline, élève, projection de la séance) peuvent être pris en compte dans le modèle des connaissances professionnelles. Ainsi, les connaissances professionnelles interviennent dans les choix faits lors de la conception de la séance (Brun-Ramousse et Marzin-Janvier, 2018; Cross, 2010; Jameau, 2015).

La plateforme LabNbook permet de préstructurer un rapport expérimental et un protocole expérimental et propose une liste d'actions pour ce protocole. Ces éléments de préstructuration ou d'aide à la rédaction correspondent à des éléments d'étayage.

²⁸ Lien internet : <https://labnbook.fr/>

C'est pourquoi nous pouvons nous demander :

Question de recherche 1 : Comment le professeur choisit-il l'étayage lors de la conception d'une séance transposée dans la plateforme LabNbook ?

En nous appuyant sur le cadre théorique établi dans le 0 ci-dessus, nous pouvons penser que les gestes d'étayage de l'enseignant peuvent être modélisés par le quadruplet praxéologique de ce type de tâche didactique. Et le bloc technologico-théorique de ce quadruplet doit être alimenté par des connaissances professionnelles qui, de ce fait, orientent la technique didactique.

D'autre part, dans le modèle des PCK, les connaissances liées à l'orientation de l'enseignement des sciences ont une importance particulière au sein de l'ensemble des connaissances puisqu'elles « chapeautent » l'ensemble des autres PCK. Cette position « dominante » ne semble pas avoir été remise en cause par les nombreuses études réalisées sur les PCK et c'est ce sur quoi nous basons notre hypothèse de travail :

Hypothèse de travail 1 : les connaissances professionnelles du professeur interviennent dans ses choix d'étayage et d'après le modèle théorique des PCK, ce sont les connaissances liées à l'épistémologie de l'enseignant, c'est-à-dire les PCK_{OrientationEnseignementDesScience}, qui vont orienter ces choix d'étayage.

Une des particularités de l'étayage proposé par LabNbook porte sur la conception d'un protocole expérimental avec la possibilité de préstructurer le protocole et aussi de proposer une liste des actions nécessaires à ce protocole. L'apprenant, lors de la réalisation de la mission, doit choisir l'une après l'autre les actions qu'il pense avoir à faire pour résoudre le problème scientifique. Cependant, la conception du protocole telle qu'elle est prise en compte dans la plateforme (à savoir : formalisation des différentes étapes et proposition d'une liste d'actions par étape du protocole) n'est pas à proprement parler une attente institutionnelle ; en effet, pour l'examen du baccalauréat (avec l'épreuve des Evaluations des Capacités Expérimentales –ECE-), il n'est pas demandé de produire un protocole dans ses actions fines mais d'élaborer une stratégie. Or, la pratique en classe est orientée par l'examen du baccalauréat. Nous allons donc pouvoir analyser la façon dont les enseignants considèrent l'étayage apporté par LabNbook qui ne répond pas à une attente institutionnelle mais qui correspond à un étayage de la pratique scientifique dans les laboratoires de recherche. Des tensions devraient apparaître entre ce qui est attendu par l'institution, institution à laquelle les enseignants sont assujettis, et l'étayage proposé par LabNbook. Ces tensions devraient nous permettre sinon d'identifier en tous cas de nous interroger sur le poids des différentes connaissances professionnelles mobilisées par les enseignants dans leur choix d'étayage. Et, c'est ce à quoi correspond notre hypothèse de recherche :

Hypothèse de recherche 1 : les conditions et les contraintes institutionnelles pèsent sur la conception de la séance et influencent les connaissances professionnelles mobilisées et en particulier celles liées à l'épistémologie des enseignants.

Il s'agit alors d'établir dans le modèle des connaissances professionnelles quelles sont celles qui sont plutôt liées à l'institution et celles plutôt liées à l'épistémologie du professeur. Ainsi, les connaissances concernant le curriculum ($PCK_{Curriculum}$) ou la façon dont doit être évalué un élève ($PCK_{Evaluation}$) peuvent être rattachées à des contraintes institutionnelles alors que d'autres éléments de connaissances sont par contre associés à l'épistémologie de l'enseignant avec bien sûr les $PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}$.

Pour tester cette hypothèse de recherche, nous devons établir les connaissances professionnelles de professeurs lorsqu'ils choisissent les étayages dans la mission LabNbook. C'est ainsi que nous devons mettre en place une méthodologie nous permettant de recueillir des données permettant la construction des praxéologies didactiques et en particulier le *logos* (les connaissances professionnelles). Nous établirons alors le rapport personnel des professeurs à l'objet d'enseignement. L'analyse de ces données devrait nous permettre de comprendre au sein des connaissances mobilisées celles qui sont inspirées par l'institution et celles qui le sont par l'épistémologie de l'enseignant.

II. Deuxième question de recherche

Dans cette deuxième partie de notre travail, nous prenons en compte l'étayage lors de la réalisation de la séance, la séance se déroulant avec la plateforme LabNbook.

Si, lors de la conception de la séance, l'enseignant réalise ses choix d'étayage avec l'idée d'un élève générique, pendant la réalisation de la séance, l'enseignant est confronté cette fois-ci à des élèves réels et le délai entre la prise en compte du besoin d'étayage et de la mise en œuvre de l'étayage est très rapide voire immédiat : « l'enseignant est un tuteur qui exerce une action sur l'élève, c'est le diagnostic de l'état de progression des élèves et l'exécution des tâches de celui-ci qui déterminent ses interventions » (Tiberghien, 2002, p. 89). Or pendant la séance, une partie de l'étayage est pris en charge par la plateforme et nous cherchons à comprendre la façon dont se fait l'organisation de l'étayage de l'enseignant alors qu'une partie de l'étayage est pris en charge par l'EIAH :

Question de recherche 2 : comment le professeur organise-t-il son étayage et prend-il en compte les étayages implémentés dans l'EIAH lors de la réalisation de la séance ?

Durant la réalisation de la séance, le professeur intervient par des gestes, des paroles, des déplacements (Vallat, 2012) avec deux questions principales en tête « qu'est-ce que j'enseigne ? Comment je l'enseigne ? » (Artaud, 2003, p. 1). La réponse à ces deux questions correspond pour la première à une organisation praxéologique du savoir tandis que la réponse à la deuxième question est une organisation praxéologique didactique (*Ibid*). Pour Bucheton et Soulé (2009), cinq éléments forment les principales préoccupations d'un enseignant : la première est le savoir à apprendre, cible de l'activité d'un enseignant, savoir pouvant être modélisé par une organisation praxéologique. Les quatre autres préoccupations principales sont : « le pilotage de la leçon, la mise en place et le maintien d'une atmosphère, la construction de sens (tissage), la mise en œuvre d'un étayage » (Bucheton & Soulé, 2009). Ces deux derniers éléments peuvent permettre d'approcher la réponse à la deuxième question posée par Artaud (« comment je l'enseigne ») modélisée par l'organisation praxéologique didac-

tique. Ainsi, ce que fait, dit un enseignant lors de la réalisation d'une séance en classe participe à la mise en place d'une ambiance propice au travail (gestion de l'atmosphère) dans le cadre de contraintes matérielles institutionnelles (pilotage de la séance) avec comme objectif l'apprentissage d'un savoir (modélisé par l'organisation praxéologique) pour lequel l'enseignant met en œuvre une praxéologie didactique prenant en compte l'étayage.

Nous allons nous appuyer sur ces éléments pour considérer que les paroles prononcées par un enseignant lors de la réalisation d'une séance participent à la constitution d'un cadre propice au travail et permettent l'apprentissage d'un savoir. Ainsi, nous pouvons expliciter l'hypothèse de travail :

Hypothèse de travail 2 : durant la réalisation de la séance, les interventions orales de l'enseignant participent à la mise en place d'une atmosphère propice au travail, travail permettant l'apprentissage d'un savoir.

L'EIAH LabNbook propose un étayage pour la rédaction d'un rapport expérimental ainsi que la structuration d'un protocole. Cet EIAH embarque aussi un étayage correspondant à l'explicitation de ressources. Ainsi, la plateforme prend en charge une partie du savoir en jeu. D'autre part, la structuration du rapport expérimental repose sur la structuration existant dans les épreuves de baccalauréat évaluant les capacités expérimentales (ECE). Cette organisation est imposée par l'institution. Certains étayages transposés dans l'EIAH (par exemple les ressources) sont eux liés au savoir en jeu. Ainsi, de fait, l'EIAH prend en charge une partie des contraintes institutionnelles.

L'enseignant lui organise son étayage en prenant en compte les contraintes institutionnelles et les caractéristiques du savoir en jeu, mais aussi en fonction de son *logos* et, selon notre modèle théorique (Friedrichsen et al., 2011; Magnusson et al., 1999) en particulier en fonction de ses PCK liées à l'orientation de l'enseignement des sciences ; celles-ci devraient avoir un rôle important dans la façon d'organiser son enseignement. Or, lors de la réalisation d'une séance en présence de LabNbook, l'enseignant va devoir gérer son activité en fonction de l'étayage transposé dans LabNbook. Ce co-étayage devrait être pris en compte par l'enseignant dans son organisation praxéologique didactique du fait des étayages embarqués. Ainsi nous pouvons penser que le co-étayage dépendra à la fois des contraintes institutionnelles, du *logos* de l'enseignant et des caractéristiques du savoir en jeu. Ceci correspondra à notre hypothèse de recherche :

Hypothèse de recherche 2 : le co-étayage avec l'EIAH est géré par l'enseignant en fonction des contraintes institutionnelles, des caractéristiques du savoir en jeu et de son *logos*.

Enfin, la finalité de notre travail de thèse est de proposer de nouvelles orientations dans l'étayage embarqué dans l'EIAH LabNbook. Et, c'est ce qui fonde notre troisième question de recherche.

III. Troisième question de recherche

L'efficacité des étayages fixes comme ceux proposés dans LabNbook a été discutée antérieurement (Bonnat, 2017). Une des perspectives de notre travail de thèse est de proposer, au vue de

l'organisation de l'étayage entre l'enseignant et l'EIAH, des rétroactions pouvant être implémentées dans la plateforme LabNbook. Sans avoir une vision pessimiste de l'intervention de l'homme (Rabardel, 1995), il s'agit pour nous de proposer des rétroactions qui pourraient assurer un équilibre entre l'étayage pouvant être apporté par l'EIAH et l'étayage plus complexe apporté par un enseignant. Pourquoi plus complexe ? Car devant s'adapter, exploiter, interpréter tout ce que peut exprimer un élève que ce soit au niveau verbal ou non verbal, le non-verbal fournissant « une information, un jugement ou un sentiment qui peut être pris en compte par celui qui les reçoit » (Bosc-Miné, 2014, p. 318) et y répondre de la façon la plus pertinente qui soit. Ainsi, notre dernière question de recherche est la suivante :

Question de recherche 3 : Quels nouveaux étayages peuvent être proposés pour l'EIAH à partir de ceux identifiés chez l'enseignant lors de la réalisation d'une séance ?

Proposer de nouveaux étayages implique la transposition de nouveaux éléments praxéologiques qu'ils soient techniques ou technologiques d'un des objets d'enseignement. Le choix de ces nouveaux éléments peut être guidé par l'étayage mis en place par les enseignants lors de la réalisation de la séance. En effet, cet étayage est une réponse à des difficultés d'élèves perçues par les enseignants ; ainsi les éléments récurrents de leur étayage permettent d'établir les nouveaux éléments d'étayage à implémenter. Ceci nous amène à formuler notre hypothèse de recherche :

Hypothèse de recherche 3 : les nouveaux éléments d'étayage pouvant être implémentés dans la plateforme LabNbook sont ceux qui sont visés par l'étayage des enseignants pendant la réalisation de la séance.

Et, nous nous appuyons alors sur la même hypothèse de travail que précédemment, à savoir :

Hypothèse de travail : durant la réalisation de la séance, les interventions orales de l'enseignant participent à la mise en place d'une atmosphère propice au travail, travail permettant l'apprentissage d'un savoir.

IV. Conclusion du chapitre 3

L'objet de nos travaux est l'analyse de l'organisation de l'étayage entre un enseignant et un EIAH au cours d'une séance de biologie. L'étude de ce partage de l'étayage entre un enseignant et un EIAH, ici l'EIAH LabNbook, nous amène à nous interroger sur les connaissances professionnelles intervenant dans le choix des étayages par l'enseignant ainsi que sur les relations entre les choix d'étayage et la nature du savoir en jeu.

Conclusion de la partie 1

Lors d'une séance d'enseignement, l'étayage est mis en œuvre par un tuteur, humain ou numérique, pour permettre à un novice, un élève dans un environnement scolaire, d'accomplir une tâche qu'il n'aurait pas pu accomplir seul.

L'étayage peut être caractérisé par le moment de décision où celui-ci est mis en place et le moment d'activation où il est mis en œuvre ; ces deux moments peuvent être simultanés lorsque le moment de décision et d'activation se font lors de la réalisation de la séance ou ils peuvent être décalés dans le temps lorsque l'étayage est décidé lors de la conception de la séance et mis en œuvre lors de la réalisation de la séance. Cet étayage qu'il soit embarqué dans un EIAH ou mis en œuvre par un enseignant peut être décrit par le support employé et les modalités de mise en œuvre ainsi que par la fonction accomplie par l'étayage pour l'apprentissage de l'élève.

Un cadre théorique a été construit pour pouvoir modéliser à la fois la façon d'étayer mais aussi le savoir qui est étayé. Ainsi, la praxéologie (Bosch & Chevallard, 1999; Chaachoua, 2018) est utilisée pour modéliser non seulement, l'étayage mis en œuvre par l'enseignant mais aussi, le rapport institutionnel à l'objet d'étude. Le *logos* correspondant aux connaissances intervenant dans la mise en œuvre de l'étayage peut être catégorisé avec le modèle des connaissances professionnelles et en particulier les PCK (Friedrichsen et al., 2011; Magnusson et al., 1999; Shulman, 1986).

La modélisation de l'étayage et du savoir nous permettront d'analyser la façon dont un enseignant étaye une séance qui a été construite avec un EIAH qui apporte lui aussi un étayage. L'analyse nous permettra de comprendre en quoi les connaissances professionnelles des enseignants interviennent dans les choix d'étayage et s'il existe une relation entre la façon dont sont étayés les objets de savoirs et les différents éléments les décrivant. Enfin, nous proposerons de nouveaux étayages à implémenter dans l'EIAH.

Partie 2. Méthodologie : recueil des données et production des résultats

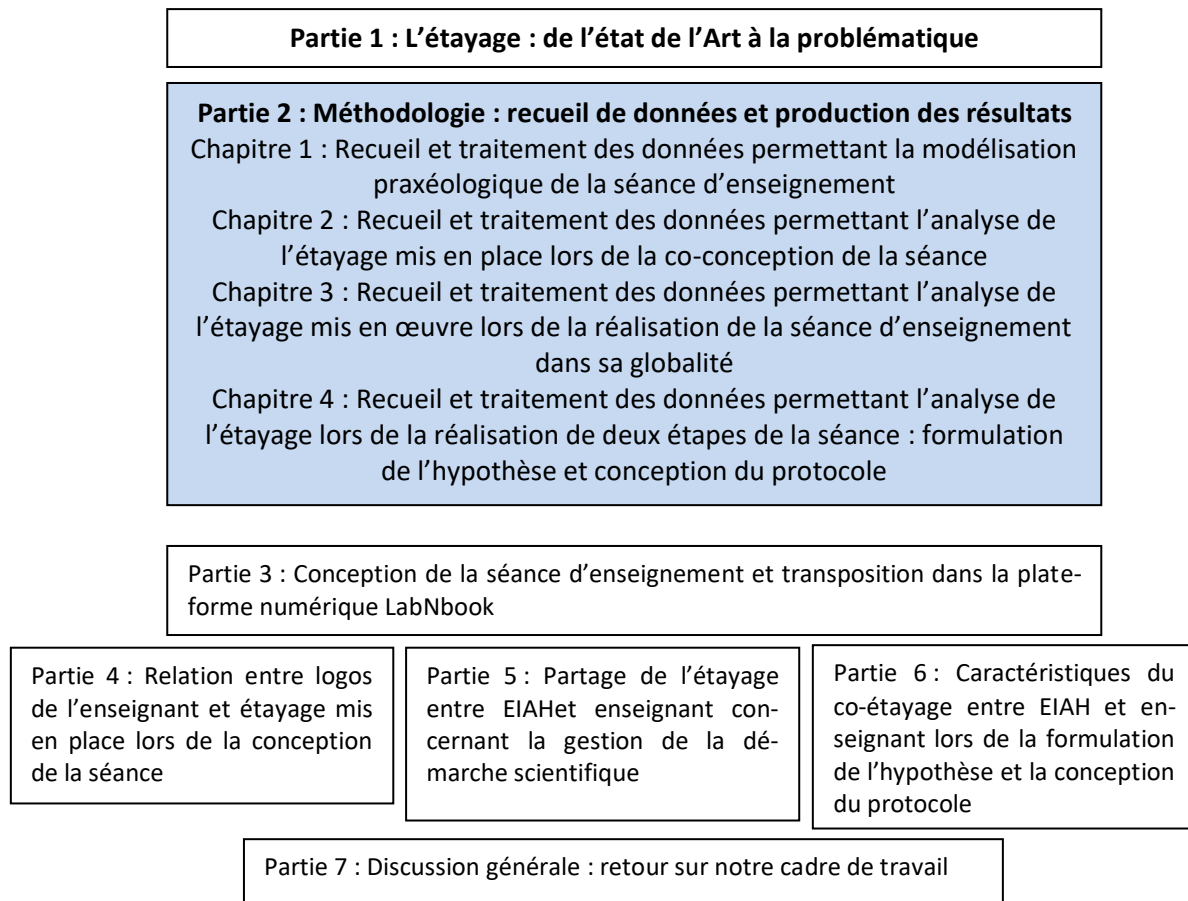


Figure 6 : Avancée dans le manuscrit

Le cadre théorique que nous avons choisi, l'articulation entre praxéologie et connaissances professionnelles des enseignants (PCK), nous oblige à établir le rapport institutionnel d'un objet d'étude pour comprendre comment l'étayage scolaire peut faciliter une mise en conformité du rapport personnel de l'élève avec le rapport institutionnel.

Nous appuyant sur les travaux de Bonnat (2017), une séance d'enseignement portant sur un objet d'étude de biologie, la plasticité cérébrale, a été conçue et les connaissances nécessaires ont été modélisées par la praxéologie après une analyse écologique et praxéologique de cet objet d'étude. Cependant, dans l'enseignement de la biologie, deux objets sont sujets à l'apprentissage : le concept scientifique, la plasticité cérébrale, et la démarche scientifique (Beaufils & Naoum, 1989; Pélissier & Venturini, 2016). C'est pourquoi nous avons aussi construit la praxéologie institutionnelle de l'objet « démarche scientifique ». Nous avons ensuite transposé la séance d'enseignement dans l'EIAH

LabNbook en nous appuyant sur la modélisation praxéologique en prenant en compte les contraintes informatiques pour constituer une mission LabNbook.

Pour établir des connaissances professionnelles d'un enseignant, nous nous sommes appuyées sur la façon dont les enseignants prenaient en compte la mission LabNbook que nous leur proposons et en particulier les modifications qu'ils demandaient. Les enseignants ont ensuite réalisé cette mission LabNbook face à leur classe et leurs paroles ont été interprétées sous l'angle de l'étayage.

Dans les chapitres qui constituent cette partie, nous expliquons comment nous avons utilisé le modèle praxéologique pour construire les praxéologies institutionnelles des objets d'étude de notre mission LabNbook, la façon dont nous avons interprété les demandes de modification de la mission LabNbook comme expression de connaissances professionnelles et enfin, la manière dont nous avons caractérisé l'étayage mis en œuvre par chaque enseignant pendant la réalisation de la séance.

Chapitre 1. Recueil et traitement des données permettant la modélisation praxéologique de la séance d'enseignement

Table des matières du Chapitre 1

I.	Le recueil de données.....	86
II.	Traitement des données.....	87
II.1.	Traitement des données pour l'analyse écologique	87
II.2.	Traitement des données pour l'analyse praxéologique	88
II.2.1	De la tâche au type de tâche.....	88
II.2.2	La technique rattachée au type de tâche	90
II.2.3	Le savoir associé au savoir-faire : technologie et théorie	93
II.3.	Mise en relation entre analyse écologique et analyse praxéologique	94
II.4.	Bilan	94
III.	Particularités dans la méthodologie pour approcher le rapport institutionnel de l'objet Démarche scientifique	94
III.1.	Les éléments permettant de construire la praxéologie institutionnelle de l'objet Démarche scientifique.....	94
III.2.	Un exemple de construction d'un type de tâche : la conception d'un protocole expérimental.....	95
IV.	Conclusion du chapitre 1	99

L'étayage, sujet de notre recherche, qu'il soit proposé par un EIAH ou contrôlé par un professeur doit permettre au rapport personnel d'un élève de s'approcher du rapport institutionnel au même objet. Pour comprendre comment est construit l'étayage, il est nécessaire de connaître le rapport institutionnel de l'objet d'étude. En effet, nous devons connaître ce qui fait la référence dans l'institution scolaire (dans notre cas) pour pouvoir comprendre comment l'enseignant cherche à le faire approcher par les élèves. Le rapport institutionnel à un objet d'étude peut être formalisé en explicitant la praxéologie institutionnelle vue alors comme la « modélisation de ce qui est attendu par l'institution » (Bonnat, 2017, p. 71).

Comme nous l'avons déjà vu dans la construction du cadre théorique (Partie 1. Chapitre 2), l'analyse praxéologique permet de construire la praxéologie institutionnelle d'un objet, celui-ci occupant une niche établie par l'analyse écologique.

Chapitre 1 Recueil et traitement des données permettant la modélisation praxéologique de la séance d'enseignement

Pour modéliser le rapport institutionnel à l'objet Plasticité cérébrale, nous faisons une analyse écologique des programmes afin d'identifier l'habitat et les niches occupées par cet objet. L'analyse écologique des manuels permet d'identifier les niches réellement occupées dans les manuels ; et leur manière de les occuper est modélisée par l'analyse praxéologique de ces manuels.

Pour modéliser le rapport institutionnel à l'objet Démarche scientifique, il n'y a pas à proprement parler des moments explicites où la démarche scientifique est travaillée. C'est pourquoi nous précisons en fin de ce chapitre la méthodologie particulière que nous avons suivie pour approcher le rapport institutionnel de l'objet Démarche scientifique.

Dans ce chapitre, nous détaillons les documents que nous avons pris en compte pour réaliser les analyses écologiques et praxéologiques des objets Plasticité cérébrale et Démarche scientifique ainsi que la façon dont nous les avons utilisés pour en extraire des données.

I. Le recueil de données

La construction des praxéologies institutionnelles se fait à partir de l'analyse des programmes et autres textes produits par l'institution scolaire ainsi que des manuels scolaires (Bonnat, 2017; Chachoua, 2010). Ainsi, c'est l'institution c'est-à-dire les Ministres de l'Education Nationale, les Inspecteurs qui produisent les textes que nous devons analyser. Et Croset (2009, p. 30) précise « Une analyse de plusieurs manuels permet, en quelque sorte, de moyenniser ce qui peut se passer dans l'ensemble des classes ». Les manuels des différents éditeurs appartiennent donc aussi au corpus.

Nous avons constitué deux corpus, l'un permettant d'établir la praxéologie institutionnelle de l'objet Plasticité cérébrale, et l'autre permettant d'établir celle de la Démarche scientifique.

Pour l'objet Plasticité cérébrale, le corpus est constitué des éléments suivants :

- **Texte du programme officiel** correspondant au programme de Première Scientifique de SVT au Bulletin officiel spécial n°9 du 30 septembre 2010
- **Texte du programme officiel** correspondant au programme de Terminale Scientifique de SVT au Bulletin officiel spécial n°8 du 13 octobre 2011.
- **Extraits des manuels scolaires de Première S et de Terminale S de SVT** concernant la plasticité cérébrale, manuels édités lors de la réforme en 2011. Les manuels des éditions, Belin, Bordas et Nathan sont les plus utilisées dans les lycées français.

Tableau 3 : numéros des pages des manuels utilisés pour l'analyse praxéologique

	Maison d'édition	Pages des manuels	
		Partie Activités	Partie Exercices
Manuel de Première S	Belin	314-315	332
	Bordas	330-331	338
	Nathan	356	370, 372, 373
Manuel de Terminale S	Belin	350-353	361
	Bordas	382-385	393
	Nathan	368-373	380-381

Pour l'objet Démarche expérimentale, des éléments ont été ajoutés au corpus précédent. Il s'agit de :

- **Texte du préambule** des programmes de lycée de SVT de 2010²⁹,
- **Texte du préambule** du programme de Première Scientifique de 2010³⁰
- **Les sujets « zéro »** de l'Évaluation des Capacités Expérimentales produits par l'institution en 2013³¹,
- **Les sujets de l'Évaluation des Capacités Expérimentales (ECE)** disponibles sur la banque de données depuis la session de juin 2018³²,
- **Le web séminaire** portant sur l'organisation des ECE proposé par les IPR de l'académie de Grenoble³³.

De ces cinq ressources, trois sont liées à l'évaluation des capacités expérimentales. L'importance que nous donnons à l'ECE est basée sur le fait que l'examen du baccalauréat dicte en grande partie les activités réalisées en classe en formation³⁴ (Armand, 2014; Brun-Ramousse, 2015) et ceci est par ailleurs explicité dans les textes de programme.

Que ce soit pour l'un ou pour l'autre objet, il est nécessaire pour établir les éléments du bloc technico-théorique d'avoir accès au savoir de référence. C'est pourquoi dans notre corpus, il nous a été nécessaire de consulter des publications scientifiques concernant le concept de Plasticité cérébrale mais aussi des articles portant sur la philosophie des sciences, sur l'épistémologie.

II. Traitement des données

II.1. Traitement des données pour l'analyse écologique

Chevallard propose un parallèle entre les objets de savoir au sein d'un curriculum avec les êtres vivants au cœur d'un écosystème. C'est ainsi qu'il énonce :

« Les écologues distinguent, s'agissant d'un organisme, son *habitat* et sa *niche*. Pour le dire en un langage volontairement anthropomorphe, l'habitat, c'est en quelque sorte *l'adresse*, le lieu de résidence de l'organisme. La niche, ce sont les fonctions que l'organisme y remplit ; c'est en quelque façon la *profession* qu'il y exerce. » (Chevallard et al., 1994, p. 139).

²⁹ Edité dans le Bulletin officiel spécial n° 4 du 29 avril 2010.

³⁰ Edité dans le Bulletin officiel spécial n° 9 du 30 septembre 2010.

³¹ Disponibles à : <http://eduscol.education.fr/svt/actualites/actualites/article/sujets-zero-ece-2013.html>

³² Disponible à : <http://eduscol.education.fr/cid48145/annales-des-sujets-examen-banque-situations-evaluation.html>

³³ Disponible à : <http://www.ac-grenoble.fr/disciplines/svt/articles.php?lng=fr&pg=835&mnuid=856&tconfig=0>

³⁴ Programme de Première S dans le Bulletin officiel spécial n° 9 du 30 septembre 2010.

Ainsi, c'est l'analyse sémantique des textes du curriculum qui nous permet d'identifier l'habitat et les niches d'un objet. En nous appuyant sur les travaux de Bonnat (2017, p. 87), les « thèmes des programmes » permettent l'identification des habitats tandis que « les éléments des thèmes d'étude » correspondent aux niches. L'habitat et la niche de l'objet sont donc construits à partir de la localisation de l'objet dans le curriculum ainsi que les relations avec les autres objets d'enseignement définissant ainsi les éléments constituant la niche de l'objet.

II.2. Traitement des données pour l'analyse praxéologique

Construire des praxéologies, c'est identifier un type de tâche, réalisable par une technique, justifiée par une technologie elle-même justifiée par une théorie. Nous avons développé cet aspect théorique dans le chapitre 2 de la partie 1 de ce manuscrit.

D'une façon concrète, lors de la lecture d'un manuel scolaire, c'est l'analyse sémantique des consignes des manuels qui permet de construire les praxéologies. Les consignes des manuels correspondent aux tâches prescrites, tâches étant prises dans le sens de la Théorie Anthropologique du Didactique.

C'est le chercheur qui explicite le type de tâches à partir de la tâche prescrite ; il formalise aussi la technique, de même que les éléments du savoir (technologie et théorie) nécessaires. Donc, l'identification de la praxéologie institutionnelle et, par là l'établissement pour chaque tâche de manuel, d'un type de tâche, d'une technique, d'une technologie et d'une théorie est une reconstruction du chercheur qui fait des choix.

Nous souhaitons structurer les types de tâches de tous les manuels autour d'un générateur de type de tâches en utilisant un jeu de variables (Chaachoua, 2018). L'identification des variables et de leurs valeurs a nécessité un grand nombre d'allers et retours entre les différents manuels et la praxéologie en construction.

Pour comprendre comment nous avons procédé, nous illustrons chacune de nos étapes à partir de l'exemple suivant :

Exemple à partir de la question 6a du manuel Nathan, page 360.

II.2.1 De la tâche au type de tâche

Les tâches en praxéologie correspondent aux consignes données aux élèves c'est-à-dire pour les manuels, aux questions écrites dans le livre.

Dans notre exemple, la question inscrite dans le manuel et posée à l'élève correspond à la tâche, t, qui est : $t_{\delta\alpha}$ = Document 3. Montrez que la plasticité cérébrale intervient dans l'apprentissage.

Nous modélisons cette tâche en type de tâche. La formalisation du type de tâche correspond à l'écriture d'une phrase commençant par un verbe, celui-ci suivi de compléments comprenant des variables qui prennent une valeur spécifique reliées à la tâche.

Le verbe ou plutôt ici le groupe verbal est : **argumenter en faveur de l'existence d'une plasticité cérébrale.**

Comme nous l'avons déjà dit, par le jeu des variables, il est possible de rassembler les tâches des manuels sous un même type de tâche.

La première variable porte sur le type de cortex cérébral concerné : est-ce le cortex sensoriel ? Est-ce le cortex moteur ? En Première S, seul le **cortex sensoriel visuel** est abordé, en classe de Terminale S, c'est la plasticité cérébrale du **cortex moteur** qui est étudiée.

Dans notre exemple, cette première variable n'en est pas une si l'on se cantonne, comme nous le faisons dans cette étude, à établir la praxéologie dans l'institution « Classe de Première S ».

La deuxième variable porte sur le moment de la vie de l'être vivant durant lequel il y a les effets de la plasticité cérébrale qui sont analysés. Est-ce pendant le développement après la naissance, chez le jeune ? Est-ce suite à un apprentissage possible toute la vie ? Ou est-ce suite à une rééducation après une lésion ? Donc, trois valeurs de cette deuxième variable existent.

Pour notre exemple, les effets corticaux de l'apprentissage du jonglage s'étudient sur des volontaires adultes sains. La plasticité cérébrale qui permet l'apprentissage est donc qualifiée de comportementale puisqu'elle peut exister tout au long de la vie et n'est pas liée à une rééducation suite à une lésion.

La troisième variable porte sur la fonction cognitive concernée par l'étude.

Dans notre exemple, l'étude relatée porte sur les effets de l'apprentissage du jonglage sur le cortex visuel. D'autres cas portent, par exemple, sur l'acquisition de la lecture ou l'acquisition du braille.

Une quatrième variable a été ajoutée pour nuancer les effets de la plasticité cérébrale dans le temps. En effet, dans le manuel Nathan, à la suite de la consigne que nous avons prise pour exemple, la tâche suivante est celle-ci : *t_{6b} = Document 3. Que constate-t-on lorsque les circuits nerveux liés à cet apprentissage ne sont plus sollicités ?* Ainsi, la notion de réversibilité apparaît. Il existe donc deux valeurs de la quatrième variable : soit il s'agit d'une simple mise en évidence de la plasticité cérébrale, soit il est fait mention de la réversibilité de la plasticité cérébrale. Concernant la notion de réversibilité de la plasticité cérébrale au moment du développement chez le jeune adulte, passé une certaine période, la structure de certains réseaux de neurones n'est plus plastique, lorsque la période sensible est dépassée. Alors, les deux valeurs de variable pour la plasticité comportementale sont soit une mise en évidence de l'existence d'une plasticité cérébrale au moment du développement soit une mise en évidence de l'irréversibilité d'une certaine structure neuronale passé une certaine période, la période sensible.

Chapitre 1 Recueil et traitement des données permettant la modélisation praxéologique de la séance d'enseignement

Dans notre exemple, il n'y a pas mention du temps ; il s'agit donc d'une simple mise en évidence d'une plasticité cérébrale à l'âge adulte.

Enfin, une cinquième variable porte sur les ressources à disposition. En biologie, la technique pour réaliser le type de tâche dépend des ressources à disposition, ressources de nature variable. Il peut s'agir de documents en langue naturelle ou de capture d'images d'un logiciel de modélisation moléculaire par exemple.

Dans notre exemple, plusieurs documents sont à disposition. Ce sont :

- un texte indiquant les conditions d'une expérience concernant les modifications du cortex visuel chez des volontaires apprenant à jongler,
- des IRMf montrant la zone occipitale analysée,
- un graphique indiquant la variation du pourcentage de corps cellulaires avant, pendant et après l'apprentissage du jonglage.

D'autre part et afin de toujours comprendre à quel type de tâche on se réfère, nous indiquons en indice les premières lettres des variables. Ce qui donne pour notre exemple :

$T_{Arg_PC_Mee_Cortex/Visuel_Comp_Jonglage_Texte/Schémas/IRMf}$

Ainsi, pour notre exemple : le type de tâche rattachée à la tâche est :

t_{6a} = Document 3. Montrez que la plasticité cérébrale intervient dans l'apprentissage.
Correspond à :
$T_{Arg_PC_Comp_Mee_Jonglage/vision_Textes/Schémas/IRM}$ = argumenter en faveur de l'existence d'une plasticité cérébrale au niveau du cortex visuel à l'âge adulte lors de l'apprentissage du jonglage à partir d'un raisonnement construit à partir de données issues : <ul style="list-style-type: none">• un texte indiquant les conditions d'une expérience concernant les modifications du cortex visuel chez des volontaires apprenant à jongler,• [d'IRMf montrant la zone occipitale analysée],• un graphique indiquant la variation du pourcentage de corps cellulaires avant, pendant et après l'apprentissage du jonglage.

II.2.2 La technique rattachée au type de tâche

Le type de tâche est réalisé grâce à une technique qui peut être représentée par une suite de types de tâches (Chaachoua, 2018; Chaachoua & Bessot, 2016). Chaque type de tâche est alors appelé ingrédient de la technique.

Ainsi, pour notre exemple, la technique (τ) permettant de réaliser le type de tâche

$T_{\text{Arg_PC_Mee_Comp_Jonglage/vision_Texte/Schémas/IRMf}}$ est :

τ	T= prendre connaissance des conditions expérimentales en extrayant les informations pertinentes d'un texte.
	$T_{\text{Orientation_Cerveau_Sagittale}}$ = orienter l'image de l'IRMf de la coupe du cerveau.
	T_1 = repérer les yeux vers l'avant.
	T_2 = repérer la forme particulière du cervelet indiquant l'arrière du cerveau.
	T_3 = identifier le type de coupe du cerveau.
	T_4 = orienter l'image du cerveau, vers l'avant et vers l'arrière.
	T= associer la zone corticale étudiée à une zone du cortex visuel.
	T= se remémorer la position du cortex visuel.
	T= localiser la zone corticale étudiée.
	T= repérer les variations des pourcentages de corps cellulaires dans la zone cérébrale étudiée aux différents moments de l'expérimentation : avant, pendant ou après apprentissage.
	T= associer les différentes variations (une augmentation ou une diminution) du pourcentage de corps cellulaires dans la zone cérébrale étudiée au moment de l'expérimentation : avant, pendant ou après apprentissage.
	T= identifier le moment où le nombre de neurones a le plus augmenté.
	T= associer l'apprentissage à une augmentation du nombre de corps cellulaires de neurones dans la zone étudiée.
	T= associer l'augmentation du nombre de corps cellulaires de neurones dans la zone étudiée avec la plasticité.
	T= formaliser le raisonnement par écrit.

Parfois un type de tâche intervenant dans la technique est lui-aussi réalisé par une technique pouvant être associée à plusieurs types de tâches.

Dans notre exemple, $T_{\text{Orientation_Cerveau_Sagittale}}$ = orienter l'image de l'IRMf de la coupe sagittale du cerveau est réalisé à l'aide d'une technique constituée par les quatre types de tâches notés ci-dessous :

T_1 = repérer les yeux vers l'avant.

T_2 = repérer la forme particulière du cervelet indiquant l'arrière du cerveau.

T_3 = identifier le type de coupe du cerveau.

T_4 = orienter l'image du cerveau, vers l'avant et vers l'arrière.

La technique de chaque type de tâche est reconstruite jusqu'à parvenir à un niveau de granularité correspondant à un ensemble de techniques qui est celui qu'un élève de Première S doit posséder. Par exemple, pour raisonner à partir d'un graphique, nous ne « descendons » pas au niveau de la prise de données dans un graphique qui doit être maîtrisée en classe de lycée.

Chapitre 1 Recueil et traitement des données permettant la modélisation praxéologique de la séance d'enseignement

L'analyse de l'ensemble des tâches d'un manuel montre que certaines tâches sont des ingrédients d'un type de tâche plus large. C'est pourquoi nous écrivons au-dessus de la consigne du manuel le type de tâche générale auxquelles plusieurs consignes sont associées. Pour illustrer ceci, nous prenons un exemple dans le manuel Nathan toujours.

Les deux consignes suivantes :

t₄ : Document 2. Déterminer les catégories de neurones intervenant dans chacun des cas.

et

t₅ : Document 2. Indiquez en quoi le document 2 permet de mettre en évidence l'existence d'une plasticité cérébrale au cours du développement.

correspondent à des types de tâches qui sont des ingrédients d'un type de tâche plus large qui n'est pas explicité dans le manuel. Nos praxéologies sont notées alors en mettant en indice un ₁ ou _{...} pour indiquer sa place dans la technique :

$T_{\text{Arg_PC_Dvp_Mee_Chat_Vision_Textes/Schémas}}$ = argumenter en faveur de l'existence d'une plasticité cérébrale au niveau du cortex visuel lors du développement chez le chat lors d'un raisonnement à partir de données issues de :

- un texte donnant des informations sur les conditions d'activation des différentes classes de neurones [de la couche IV du cortex visuel],
- un texte donnant les conditions expérimentales concernant les classes de neurones activés chez un chat sain, un chat dont l'œil droit a été suturé les deux premiers mois après la naissance et un chat dont l'œil droit a été suturé pendant environ deux ans mais à l'âge de un an,
- un graphique indiquant le nombre de neurones activés pour chacune des sept classes de neurones [de la couche IV du cortex visuel]
- de schémas illustrant les conditions expérimentales.

t₄ : Document 2. Déterminer les catégories de neurones intervenant dans chacun des cas.

$T_{\text{Arg_PC_Dvpt_Mee_Chat/Vision_Textes/Schémas}_1} = T_{\text{Arg_Org/Commune_Chaton_Textes/Schémas/Graphiques}}$ = argumenter en faveur de la mise en place d'une communication nerveuse entre le cortex visuel et chacun des deux yeux (=identifier les catégories de neurones du cortex visuel activés lors de stimulations lumineuses des deux yeux lors de la suture ou non de l'œil droit, à différents moments de la vie du chaton) lors d'un raisonnement construit à partir de données issues de :

- des documents 1 à 4.

t₅ : Document 2. Indiquez en quoi le document 2 permet de mettre en évidence l'existence d'une plasticité cérébrale au cours du développement.

$T_{\text{Arg_PC_Dvpt_Mee_Chat/Vision_Textes/Schémas}_2}$ = argumenter en faveur de l'existence d'une plasticité cérébrale au niveau du cortex visuel chez le chat au cours du développement à partir d'un raisonnement construit à partir des données issues de :

- $T_{\text{Arg_PC_Comp_Mee_Lect_Gra/schém/texte}}$,
- $T_{\text{Arg_PC_Comp_Mee_Chat/Vision_Textes/Svhémas}_1}$.

II.2.3 Le savoir associé au savoir-faire : technologie et théorie

La technique est réalisée grâce à un savoir qui correspond à la technologie (Chevallard, 2003). La technologie correspond donc aux éléments de connaissances mobilisées pour la réalisation de la tâche.

Lors de l'identification des praxéologies développées dans les manuels, parfois une même technologie est convoquée pour des types de tâches différents. C'est pourquoi en indice du « thêta », le symbole de la technologie, sont indiquées quelques lettres ou mot permettant de repérer quel savoir est apporté.

Dans notre exemple, la technologie associée à la technique est la suivante :

$\Theta_{\text{Morpho_Cerveau_Coupe}}$: le cerveau est contenu dans le crâne osseux. Le cerveau est composé de deux hémisphères cérébraux occupant la grande majorité de la place supérieure du crâne. Dans chaque hémisphère, peuvent être reconnus le lobe occipital, à l'arrière, le lobe temporal, sur le côté dans la partie inférieure, le lobe frontal, correspondant à la moitié avant du cerveau et le lobe pariétal situé sur le dessus et plutôt en arrière, entre les autres lobes. Au sein de chaque hémisphère, se trouve un ventricule, cavité pleine du liquide céphalorachidien. La partie superficielle de chaque hémisphère est composée du cortex, couche fine grise formant de nombreux replis ou circonvolutions.

$\Theta_{\text{Morpho_Cerveau_Coupe_Sagittale}}$: Vers l'avant, se trouvent les deux yeux, ovoïdes et le nez, proéminent. A l'arrière, sous le cortex occipital se trouve le cervelet en forme de « chou-fleur ».

$\Theta_{\text{Cortex-visuel_Généralités}}$: le cortex visuel correspond aux aires cérébrales traitant les informations provenant de la rétine de chaque œil. Le cortex visuel se trouve dans le lobe occipital du cerveau, à l'arrière.

Θ_{PC} : la plasticité cérébrale correspond à la modification des réseaux de neurones sous la contrainte des stimuli environnementaux.

$\Theta_{\text{PC_Comp_Jonglage}}$: la pratique du jonglage provoque un épaissement d'une zone du cortex visuel qui se réduit lorsque l'entraînement cesse. Cet épaissement est un effet des réorganisations au sein des réseaux de neurones, réorganisations provoquées par l'entraînement.

$\Theta_{\text{PC_Comp_Réversibilité_Jonglage}}$: la modification des réseaux de neurones sous l'influence des facteurs environnementaux sont effectifs après les premiers mois d'apprentissage. Si l'entraînement cesse, les modifications corticales s'effacent en partie.

Enfin, la technologie est justifiée par une théorie. Celle-ci a le statut de « théorie » uniquement dans l'institution visitée, ici la classe de 1èreS.

Dans notre exemple, il s'agit de la théorie (Θ) de la communication nerveuse :

$\Theta_{\text{Com_Nerveuse}}$: Communication nerveuse.

A partir de l'ensemble des consignes portant sur la plasticité cérébrale que ce soit dans les activités de cours ou les exercices des manuels de Première S et de Terminale S, sont construites les praxéologies. Ceci fait apparaître des types de tâches communes à toutes ces tâches qui nous permettent de les structurer autour de générateurs de types de tâches (Chaachoua, 2018, p. 11). Il s'agit alors d'identifier les valeurs des variables.

II.3. Mise en relation entre analyse écologique et analyse praxéologique

A l'issue de l'analyse écologique des programmes, les niches colonisées par le curriculum sont identifiées. L'analyse écologique des manuels permet de repérer les niches effectivement colonisées et l'analyse praxéologique permet de comprendre comment ces niches sont occupées c'est-à-dire grâce à quelles praxéologies.

Ainsi, nous avons établi une relation entre les éléments du curriculum analysés d'un point de vue écologique et correspondant au texte du savoir et les éléments praxéologiques qui correspondent à une mise en pratique de ce texte.

II.4. Bilan

La méthodologie utilisée pour établir les niches écologiques occupées par l'objet Plasticité cérébrale dans les programmes et les manuels s'appuie sur une analyse sémantique des textes lus. L'analyse praxéologique des manuels se fait d'abord par un repérage des consignes des manuels ; puis la formalisation de ce qui doit être fait est modélisée sous la forme de types de tâche, de techniques, de technologies et de théorie de la praxéologie. Une dernière étape correspond à la mise en relation entre l'occupation des niches par les praxéologies.

III. Particularités dans la méthodologie pour approcher le rapport institutionnel de l'objet Démarche scientifique

Pour construire la praxéologie institutionnelle de l'objet Démarche scientifique, il a été difficile d'agir comme pour un concept scientifique. En effet, la construction d'une praxéologie institutionnelle d'un concept scientifique est le résultat de la synthèse des praxéologies des textes de programmes et des manuels scolaires. Or pour l'objet démarche scientifique, il n'existe pas beaucoup de tâches dans les manuels liées à cet objet. Il nous a fallu alors déployer une autre stratégie.

III.1. Les éléments permettant de construire la praxéologie institutionnelle de l'objet Démarche scientifique

Pour la construction de la praxéologie de la démarche scientifique, nous nous sommes appuyés sur les travaux menés par Marzin, D'Ham, Sanchez (2007) de l'équipe METAH. Ils avaient établi l'arbre

des tâches qu'un élève de Terminale S devait suivre pour réaliser la mesure de l'angle facial d'un moulage de crâne d'un hominidé.

Nous avons complété cette praxéologie en analysant d'un point de vue sémantique les textes produits par l'institution concernant la démarche à avoir en science comme les textes des programmes ou autre document produit par l'institution. Au sein de ces textes, nous avons cherché à établir ce qui pouvait nous renseigner sur les types de tâches et leur technique d'une part et d'autre part sur les technologies justifiant cette *praxis*. Certains textes produits par l'institution proposent de par leur terminologie des tâches de la praxéologie que nous cherchons à établir. Nous avons donc pris ces consignes « telles quelles ». Par contre, certains éléments concernant le fonctionnement de la science se trouvent dans les textes des programmes. Ces éléments sont plus ou moins explicites. Nous nous sommes appuyés pour les répertorier sur les travaux de Maurines, Gallezot, Ramage, & Beaufile (2013). Ces auteurs avaient, en effet, cherché à établir les éléments de la Nature de la Science dans le programme de SVT et de SPC de la classe de Seconde.

Enfin, les éléments de technologie de la praxéologie ont pu être complétés par des publications portant sur la démarche scientifique (travaux d'épistémologie des sciences, de sciences de l'Éducation et de philosophie des sciences).

III.2. Un exemple de construction d'un type de tâche : la conception d'un protocole expérimental

Pour comprendre comment nous avons procédé, nous vous proposons de présenter la façon dont nous avons établi le type de tâche correspondant à la conception d'un protocole expérimental.

Dans plusieurs textes officiels, se trouvent la demande de l'institution de faire concevoir un protocole aux élèves ; les voici :

Dans le préambule des programmes, à deux endroits est demandée la conception d'un protocole par les élèves. Ce sont les propositions surlignées en jaune dans le document (Figure 7) ci-dessous.

Figure 7 : Les phrases demandant la conception d'un protocole par les élèves dans la page 4 du préambule du programme des Sciences au lycée

L'activité expérimentale offre la possibilité à l'élève de répondre à une situation-problème par **la mise au point d'un protocole, sa réalisation, la possibilité de confrontation entre théorie et expérience, l'exploitation des résultats**. Ainsi, l'élève doit pouvoir élaborer et mettre en œuvre un protocole comportant des expériences afin de vérifier ses hypothèses, faire les schématisations et les observations correspondantes, réaliser et analyser les mesures, en estimer la précision et écrire les résultats de façon adaptée.

Il est d'usage de décrire une démarche d'investigation comme la succession d'un certain nombre d'étapes types :

- une situation motivante suscitant la curiosité,
- la formulation d'une problématique précise,
- l'énoncé d'hypothèses explicatives,
- **la conception d'une stratégie pour éprouver ces hypothèses,**
- la mise en œuvre du projet ainsi élaboré,
- la confrontation des résultats obtenus et des hypothèses,
- l'élaboration d'un savoir mémorisable,
- l'identification éventuelle de conséquences pratiques de ce savoir.

Chapitre 1 Recueil et traitement des données permettant la modélisation praxéologique de la séance d'enseignement

Dans le texte du programme de Première S, sont indiquées les capacités et attitudes à travailler au cours de l'année scolaire en correspondance avec les connaissances scientifiques à aborder. A quatre reprises et à chaque fois associé à des thèmes différents, il est demandé de concevoir un protocole (propositions surlignées en jaune dans la Figure 8).

Figure 8 : Les phrases du programme de Première S demandant la conception d'un protocole

Recenser, exploiter et interpréter des bases de données et/ou concevoir et réaliser un protocole pour :

- mettre en évidence l'influence d'agents mutagènes sur des populations humaines (UV, benzène, etc.) ;
- analyser l'influence de l'irradiation d'une culture de levures par des UV (suivi du taux de mortalité).

Concevoir une modélisation et suivre un protocole pour comprendre comment une structure géologique associée à un recouvrement imperméable constitue un piège à liquide.

Concevoir et réaliser un protocole pour mettre en œuvre une culture et analyser ses caractéristiques et/ou utiliser des logiciels modélisant une culture, ses bilans et sa gestion.

Concevoir et mettre en place un protocole permettant de montrer la sensibilité de microorganismes à différents antibiotiques.

Dans les sujets de l'ECE qui peuvent être consultés, la première étape correspond à : « Concevoir une stratégie pour résoudre une situation-problème (durée maximale : 10 minutes) » (Cf. Figure 9 ci-dessous).

Figure 9 L'intitulé de la première étape

Etape 1 : Concevoir une stratégie pour résoudre une situation-problème (durée maximale : 10 minutes)

Et, enfin, lors du web séminaire des IPR de Grenoble, ont été précisés les attendus de l'étape correspondant à « Concevoir une stratégie » : le matériel qui va être utilisé et comment il va être utilisé, les mesures qui vont être faites, la description de l'expérience témoin et enfin les résultats attendus (Cf. Figure 10, ci-après).

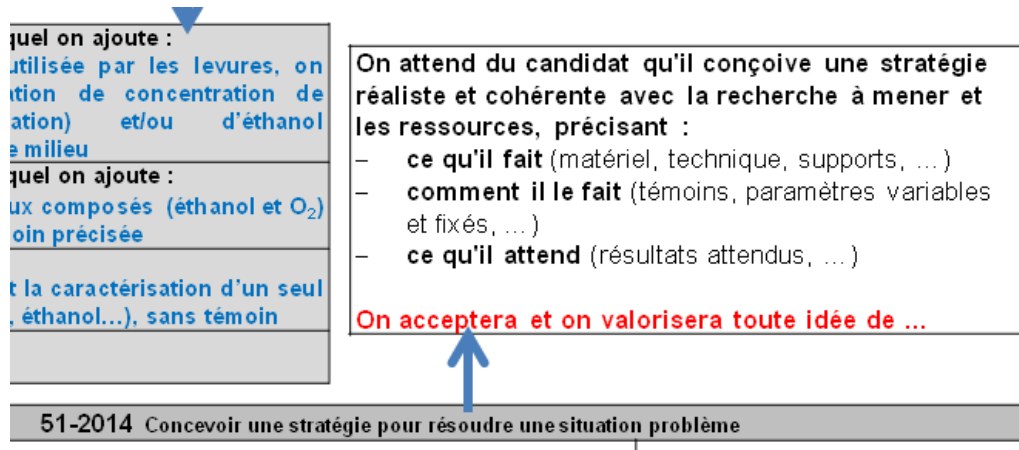


Figure 10 Les indicateurs d'évaluation de l'étape de conception du protocole

Nous mettons en relation les différentes données que nous avons recueillies pour établir la *praxis* de $T_{\text{Conception_Protocole}}$ = concevoir un protocole pour tester une hypothèse.

Les indicateurs d'évaluation de l'ECE nous donnent une partie de la technique : il est nécessaire d'expliquer ce qui va être fait avec ce matériel, les éléments qui vont être mis en présence, ce qui va être mesuré, dans quelles conditions. Il s'agit aussi de préciser ce qui, dans l'expérience, va servir de témoin. Pour concevoir un protocole, il s'agit de faire appel à l'imagination tout en s'appuyant sur les contraintes du réel, par exemple le matériel disponible au lycée. Il est donc nécessaire de se rappeler les différents matériels disponibles au lycée et choisir celui qui est adapté à l'expérimentation avec pertinence.

Pour concevoir un protocole, comme il faut indiquer le matériel que l'on va utiliser, il est nécessaire d'indiquer les conséquences vérifiables de l'hypothèse en tenant compte du matériel mobilisé ; il faut donc faire « tourner » l'expérience en pensée pour prévoir quel en sera le résultat si l'hypothèse testée est valide. Car, cette stratégie n'est pas construite de façon gratuite mais dans l'optique de tester une (ou plus) hypothèse.

De plus, dans l'étape 2 de l'ECE est indiqué qu'il faut obtenir des résultats exploitables. Nous pouvons donc ajouter un ingrédient de la technique de $T_{\text{Conception_Protocole}}$: le fait de prévoir le moyen d'acquérir des résultats. En effet, à quel moment du protocole peut-on penser acquérir des résultats et sous quelle forme ? Ce sont des questions auxquelles il faut déjà répondre lors de la conception du protocole.

Ainsi, la technique de $T_{\text{Conception_Protocole}}$ est constituée de plusieurs types de tâches qui sont représentées dans la Figure 11 ci-après.

Chapitre 1 Recueil et traitement des données permettant la modélisation praxéologique de la séance d'enseignement

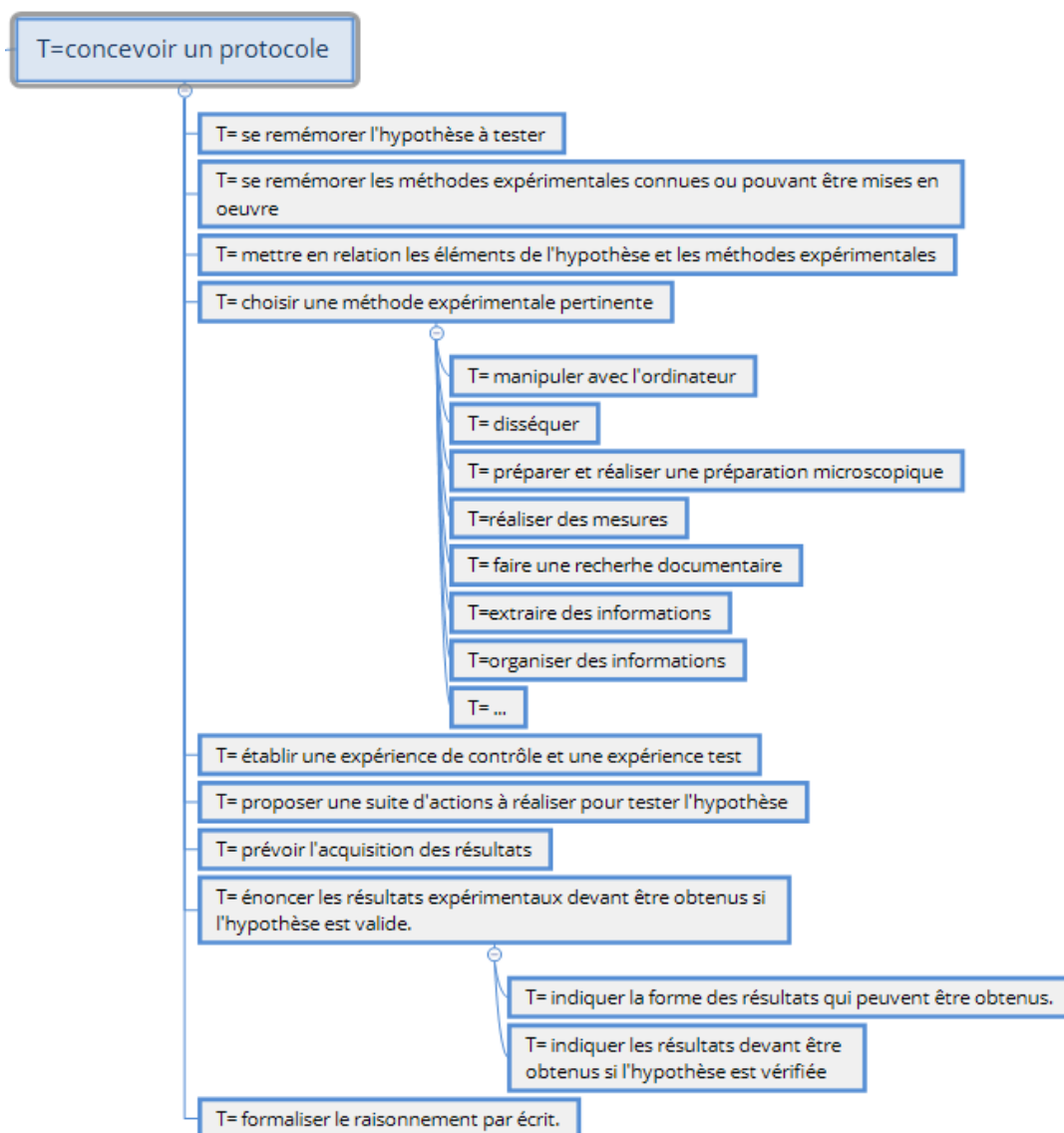


Figure 11 : Technique de $T_{\text{Conception_Protocole}}$

Concernant le *logos* qui justifie l'utilisation de cette technique, il est nécessaire de faire appel à plusieurs éléments de technologie dont des éléments de l'épistémologie contemporaine. Un exemple d'élément de technologie est proposé ci-dessous :

Θ =l'imagination, l'intuition, l'esprit créatif (selon les auteurs) se conjuguent avec la rigueur, l'esprit de contrôle, ce qui est déjà su, pour proposer des hypothèses en réponse à des problèmes et des expériences à réaliser pour tester ces hypothèses (Cariou, 2011, 2015).

La théorie correspond à l'épistémologie contemporaine, celle dont nous définissons quelques traits dans le paragraphe « Partie 3.Chapitre 2.II.1Des éléments d'épistémologie nécessaires pour construire la praxéologie institutionnelle », page 162.

Θ = épistémologie contemporaine.

Ainsi, nous procédons pour l'ensemble des étapes de la démarche et nous sommes parvenus à construire un exemple de praxéologie institutionnelle concernant T_{Démarche_Scientifique}.

IV. Conclusion du chapitre 1

Les éléments des textes produits par l'institution et ceux existant dans les manuels sont les données utilisées pour construire les praxéologies institutionnelles des objets d'étude après une analyse écologique.

Les analyses écologiques et praxéologiques ainsi que la séance conçue et sa transposition dans la plateforme LabNbook sont présentées dans la « Partie 3 Conception de la séance d'enseignement et transposition dans la plateforme numérique LabNbook » en page 133 ».

La transposition de la séance d'enseignement conçue dans LabNbook a conduit à la création de « mission LabNbook ». Des propositions de la mission LabNbook ont été faites à des enseignants volontaires pour participer à l'expérimentation. Nous expliquons dans le chapitre suivant les données recueillis lors de l'expérimentation avec ces enseignants volontaires.

Chapitre 1 Recueil et traitement des données permettant la modélisation praxéologique de la séance d'enseignement

Chapitre 2. Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en place lors de la co-conception de la séance

Table des matières du Chapitre 2

I.	Le contexte du milieu de la recherche	101
I.1.	Les professeurs volontaires.....	101
I.2.	Les élèves des classes	102
II.	Les données recueillies lors de la co-conception de la mission LabNbook.....	103
II.1.	Le contexte du recueil des données	103
II.2.	Le traitement des données	104
III.	Conclusion du chapitre 2	106

Une de nos questions de recherche correspond à s'interroger sur les connaissances professionnelles des enseignants mobilisées lors du choix des éléments de l'étayage, connaissances professionnelles constituant le *logos* de la pratique didactique d'un enseignant. Il s'agit alors d'établir, en partie du moins, le profil didactique de chaque professeur participant à l'étude. Le profil didactique correspond aux « composantes de [la pratique enseignante] et de leurs variations chez un même enseignant » (Bru, 2002, p. 68; Gomez, 1999).

La modélisation de la praxéologie didactique d'un enseignant ne semble pas avoir été déjà réalisée, c'est pourquoi nous avons dû construire une méthode originale permettant de formaliser le quadruplet praxéologique modélisant l'activité d'étayage de chaque enseignant.

Après accord de quatre enseignantes volontaires pour notre expérimentation, nous avons « co-construit » avec chaque professeure la mission LabNbook pour repérer les éléments de la *praxis* (ce qu'il envisage de faire) et les éléments du *logos* (les connaissances qui justifient ces actions). Nous expliquons comment nous avons procédé dans ce chapitre.

I. Le contexte du milieu de la recherche

I.1. Les professeurs volontaires

Il s'agit de quatre professeures enseignant dans la région Auvergne-Rhône-Alpes. Deux enseignantes appartiennent à un lycée de la région grenobloise et les deux autres sont chacune dans un lycée du

Chapitre 2 Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en place lors de la co-conception

département de Savoie. Nous les désignons sous les pseudonymes de Professeure A, Professeure B, Professeure C et Professeure D.

Ce sont toutes des professeures expérimentées dans le sens où ces enseignantes ont toutes au moins vingt ans d'ancienneté. Ces professeures ont été choisies du fait de leur expérience ; nous ne voulions pas en effet que des « bruits » liés à une maîtrise encore débutante de la classe ne viennent parasiter nos observations. Jameau (2012) dans ses travaux étudiant l'évolution des connaissances professionnelles sur deux années avait justifié le fait de ne pas choisir d'enseignants experts pour éviter une trop grande routine dans la préparation de leur séance. Nous n'avons, nous, pas l'écueil de la trop grande maîtrise par nos enseignantes pour deux raisons : elles utilisent LabNbook et réalisent la séance proposée pour la première fois.

Trois de ces professeures, les professeures B, C et D enseignent depuis au moins dix années au lycée. La professeure A venait, au moment de l'expérimentation, d'être affectée en lycée après une dizaine d'années en collège. Nous l'avons acceptée pour notre étude, car l'expérimentation se déroulant au mois d'avril, nous avons pensé que cette enseignante s'était habituée à son public et comme elle préparait le concours de l'agrégation interne depuis trois ans, le curriculum du lycée ne lui était pas inconnu. Cependant, si les professeures C et D enseignent depuis de nombreuses années en classe de Première S, la professeure B en est seulement à sa deuxième année dans ce niveau. Ainsi, les professeures A et B peuvent être considérées comme novices dans la classe de Première S tandis que les professeures C et D seraient plutôt des enseignantes confirmées dans ce niveau de classe.

I.2. Les élèves des classes

Les élèves appartiennent à des classes de Première S des trois lycées.

Deux lycées appartiennent à une agglomération urbaine : le lycée de la région grenobloise recrutant sur des communes appartenant à l'agglomération grenobloise et un lycée de Savoie recrutant sur l'agglomération de Chambéry. Le deuxième lycée de Savoie se situe juste avant la frontière avec l'Italie et recrute sur des communes essentiellement rurales.

Les enseignantes ont toutes dit que la classe qui participait à l'étude était constituée d'élèves en général sérieux et appliqués et faisant preuve de bonne volonté, ce que nous avons pu vérifier lors de nos expérimentations, chaque élève cherchant à faire au mieux lors de la séance.

La première étape de notre expérimentation que nous avons effectuée avec ces professeures a été de recueillir des données lors d'entretiens pour la co-construction de la mission LabNbook. Ceci est décrit dans le paragraphe qui suit.

II. Les données recueillies lors de la co-conception de la mission LabNbook

Des entretiens lors de la co-conception de la mission LabNbook nous ont permis de modéliser la praxéologie didactique de chaque enseignante et en particulier d'établir les connaissances professionnelles mobilisées alors. Voici comment nous avons procédé.

II.1. Le contexte du recueil des données

Après la prise de contact avec chaque enseignante et leur accord, nous leur proposons de se connecter sur la plateforme LabNbook en leur fournissant leurs identifiants et de consulter les différentes versions de la mission proposant un étayage différent, avec ou sans étapes et/ou la liste d'actions paramétrées du protocole (Cf. Conclusion du chapitre 4 en page 228).

Chacune des professeures nous indique ensuite quelle est la version ou quelles sont les versions qu'elle souhaite mettre en œuvre. Les échanges par mail ou par entretien nous permettent de savoir la ou les version(s) choisie(s), les modifications à réaliser pour que la ou les missions LabNbook leur conviennent et de comprendre les raisons de leurs choix.

Les entretiens portant sur la présentation et les modifications éventuelles de la mission LabNbook sont semi-directifs et nous avons utilisé un guide (Combessie, 2007). Notre entretien et a été guidé par le déroulé de la séance d'enseignement.

Après que l'enseignante ait consulté les versions de la mission sur la plateforme LabNbook, les questions initiatrices de l'entretien sont les suivantes :

- Souhaitez-vous une seule version ou plusieurs versions de la même mission à distribuer au sein du groupe ?
- Est-ce que vous souhaitez ajouter ou enlever un document pour la présentation de la situation (consigne et ressources sur LabNbook) ?
- Est-ce que l'organisation du rapport avec les différentes étapes vous convient ?
- Est-ce que la formulation de l'hypothèse vous convient ou souhaitez-vous la modifier ?
- Est-ce que les différentes actions proposées vous conviennent ?
- Est-ce que les questions proposées pour la prévision des résultats vous conviennent ?
- Souhaitez-vous ajouter des consignes pour les étapes de la communication des résultats puis leur exploitation ?
- Souhaitez-vous conserver l'étape individualisée « Valider ou non l'hypothèse » ou la supprimer ?

Chapitre 2 Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en place lors de la co-conception

Lors de cet entretien, nous pouvons proposer de consulter les versions qui ont été réalisées par les autres enseignantes. Par exemple, à une enseignante qui ne s'interroge pas sur l'étape formulation de l'hypothèse, nous lui montrons qu'une autre professeure a fait le choix de proposer deux versions, l'une à destination d'élèves en difficultés sans formulation d'hypothèse et l'autre à destination d'élèves sans difficulté avec formulation d'hypothèses.

Les données recueillies sont alors de deux natures :

- les notes indiquant les acceptations, les modifications des consignes, étapes, ... et les justifications qui les accompagnent lorsqu'elles sont explicitées ;
- la mission avec ses éventuelles différentes versions telle qu'elle a été co-conçue par le professeur et nous-mêmes.

Lors de ces entretiens, nous suivons Hammoud (2012, p. 98) dans le sens où « nous cherchons à jouer le rôle d'un observateur extérieur qui ne s'implique et n'intervient, ni directement ni indirectement, pour juger les choix, individuels ou collectifs, des professeurs ». Les enseignants ne sont pas informés sur le fait que nous travaillons sur l'étayage en classe. Nous présentons la séance en expliquant que nous travaillons avec le laboratoire MeTAH à la mise au point d'environnements informatiques pour aider les élèves dans la rédaction de comptes-rendus expérimentaux. En ne précisant pas que nous travaillons sur l'étayage, nous cherchons à éviter la focalisation des professeurs volontaires sur leurs propres gestes et paroles.

Pour la professeure A et la professeure D, les échanges se sont déroulés par mail et par téléphone. Pour les professeures B et C, les entretiens ont été réalisés en direct. Pour les quatre professeures, nous établissons leur profil didactique à partir du contenu des mails et des notes prises lors des conversations. Les dates des entretiens sont notées dans le Tableau, ci-dessous.

Tableau 4 : Dates des entretiens réalisés avec chaque enseignante

	Conversations
Professeure A	par mail : 9 mars 2017, 10 mars 2017 et 12 mars 2017, par conversation téléphonique : 22 mars 2017 et 29 mars 2019.
Professeure B	par entretiens : 13 avril 2017 et 3 mai 2017
Professeure C	par entretiens : 12 avril 2017 et 17 mai 2017
Professeure D	par mail et conversation téléphonique : 13 mai 2017

Ce sont donc les contenus des mails et les notes prises lors des conversations téléphoniques ou en direct qui constituent nos données.

II.2. Le traitement des données

Le traitement des données recueillies lors de la co-conception de la séance nous permet d'établir l'organisation didactique de chaque enseignante. Nous construisons pour cela la praxis et les con-

naissances professionnelles mobilisées par chaque enseignante et ceci nous permettra de répondre à notre première question de recherche, à savoir quelles sont les connaissances professionnelles mobilisées lors de la conception de la mission LabNbook.

Pour identifier les connaissances professionnelles mobilisées, nous faisons une analyse sémantique du discours de chaque enseignant. Nous comprenons et interprétons le sens du discours. Nous formalisons ensuite le propos sous forme de types de tâche d'étayage lorsqu'il s'agit d'un élément de la *praxis*, l'enseignante fait faire, ou de technologie lorsqu'il s'agit d'un élément du *logos*, l'enseignante explique pourquoi elle fait.

Par exemple lorsque la professeure A énonce : « Moi, je suis conditionnée. On leur a appris que leur hypothèse devait être juste. »

Nous comprenons le sens de ces deux phrases : un professeur, en classe, ne peut que proposer une hypothèse valide. Nous considérons que cette idée correspond à une connaissance professionnelle PCK qui traduit des éléments concernant les conceptions de l'enseignement des sciences.

En nous appuyant sur le cadre théorique que nous avons construit dans la Partie 1.Chapitre 2.II (en page 54), nous considérons que cette connaissance correspond à un élément de la technologie du modèle praxéologique justifiant le type de tâche «Faire tester une hypothèse que l'on sait valide », ingrédient de la technique du type de tâche : $T_{\text{Etayer_FormulationHypothèse}}$ = étayer la conception d'une hypothèse lors de la conception du protocole.

Nous pouvons alors proposer la modélisation de l'idée exprimée par le professeur A sous forme d'éléments de la praxéologie didactique :

$T_{\text{Etayer_FormulationHypothèse}}$ = étayer la conception d'une hypothèse lors de la conception du protocole.
$T_{\text{Etayer_FormulationHypothèse}_1}$ = faire tester une hypothèse que l'on sait valide.
$\theta_{\text{A_PCK_Enseignement des Sciences_Hypothèse}}$ = une hypothèse à tester en classe lors d'une séance expérimentale doit être vérifiée, ce qui implique que le professeur doit faire en sorte que l'hypothèse formulée soit valide.

Nous faisons ceci pour tous les éléments de discours des enseignants. Nous aboutissons alors à l'identification d'une partie³⁵ des connaissances professionnelles mobilisées pour cette phase de conception de la séance. Et nous pouvons déjà mettre en relation les éléments de la praxéologie avec l'étayage choisi.

³⁵ Nous ne pensons pas identifier la totalité des connaissances professionnelles mobilisées car, comme nous l'avons vu dans la partie théorique, il est difficile de les identifier du fait de «leur caractère tacite » (Cross, 2009, p. 13)

III. Conclusion du chapitre 2

La co-conception de la mission LabNbook correspond à l'acceptation des éléments de la mission LabNbook ou à la proposition de modifications par chaque enseignante. Les professeurs en général justifient leur choix.

Les données correspondent alors aux paroles des enseignantes que nous interprétons et modélisons en utilisant à la fois le modèle praxéologique et celui des connaissances professionnelles. Nous construisons alors la praxéologie didactique de chaque enseignante pour cette étape de conception d'éléments d'étayage fixes, décidés en amont de la préparation de la séance.

Les résultats sont présentés dans 0 page 233.

Après cette première phase, les enseignants ont réalisé la séance avec leur classe.

Chapitre 3. Recueil et traitement des données permettant l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de la séance d'enseignement dans sa globalité

Table des matières du Chapitre 3

I.	Le contexte de recueil des données : le contexte d'enregistrement des données.....	107
I.1.	Les moyens d'enregistrement.....	108
I.2.	Les types de données recueillies.....	108
I.3.	La transcription des séances.....	110
II.	Le traitement des données enregistrées.....	112
III.	Les données extraites des comptes-rendus des élèves.....	115
III.1.	L'enregistrement des données sur la plateforme LabNbook.....	115
III.2.	L'évaluation des comptes-rendus.....	115
IV.	Conclusion du chapitre 3.....	115

Savoir comment chaque enseignante organise son étayage avec l'EIAH est l'objet de notre travail. Après les entretiens menés lors de la préparation de la séance qui nous ont permis d'identifier, entre autres, certaines connaissances professionnelles pour chaque enseignante, la mission LabNbook a été réalisée par les élèves de la classe de l'enseignante en sa présence.

Dans ce chapitre, nous décrivons les conditions dans lesquelles nous avons recueilli les données lors de la réalisation en classe de la mission LabNbook et le traitement qui leur a été appliqué.

I. Le contexte de recueil des données : le contexte d'enregistrement des données

L'organisation de l'étayage entre la plateforme LabNbook et l'enseignant est analysée à partir des données recueillies lors de la réalisation de la séance.

Les enseignantes ont prévenu leurs élèves qu'une séance particulière allait être mise en œuvre et allait être filmée et enregistrée. Une autorisation d'enregistrement d'un film a été demandée à chaque élève de chaque classe. Lors de la séance proprement dite, en début de séance, nous nous

sommes présentées comme chercheuses dans le domaine des EIAH souhaitant mettre au point des environnements numériques pour aider les élèves à travailler en travaux pratiques.

Nous ne nous trouvons pas dans le cadre d'une pratique ordinaire telle que décrite dans les travaux de Hammoud (2012) ou Calmettes (2010) par exemple. En effet, la séance qui est mise en œuvre est le produit d'une ingénierie didactique puisque c'est nous qui avons imposé le thème de la séance et son déroulement. Nous avons suivi en cela Bonnat (2017) et Saavedra (2015) avec leur travaux portant aussi sur la plateforme LabNbook.

I.1. Les moyens d'enregistrement

Les séances d'enseignement ont été enregistrées de deux façons : par caméra et par audiophone.

Les travaux portant sur les connaissances professionnelles des enseignants s'appuient le plus souvent sur les enregistrements vidéo des séances (Cross, 2009; Hammoud, 2012; Jameau, 2012; Mangane, 2014) par exemple. Cross (2009) explique pourquoi ces enregistrements sont pertinents pour ce type d'analyse : le film rend compte de la complexité des interactions qui s'établissent pendant la séance, et ce, de façon permanente et ce film peut être soumis à des analyses différentes.

Chaque séance a été filmée en utilisant deux caméras afin de couvrir l'ensemble de la salle³⁶. Les caméras étaient orientées pour pouvoir enregistrer les déplacements du professeur et ses interlocuteurs. Dans les salles classiques avec deux rangées de paillasse, une caméra était placée côté mur et l'autre côté fenêtre. Dans les salles informatiques avec des rangées de bureaux, chaque caméra était orientée vers un côté de la salle en cherchant à couvrir tous les élèves de cette partie.

L'enseignante portait un micro-cravate qui a permis d'enregistrer ses productions verbales. Nous portions aussi un audiophone et pendant le déroulement de la séance, nous avons suivi l'enseignant mais en maintenant une distance afin de ne pas gêner les interactions élèves/professeure. Nous sommes intervenues lorsque nous comprenions qu'un problème lié à l'utilisation de LabNbook survenait pendant la séance ; nous sommes restées, sinon, simple observatrices de la séance.

I.2. Les types de données recueillies

Deux types de données ont été extraits des enregistrements : les productions verbales entre la professeure et les identités des interlocuteurs. Les enregistrements audio ont permis de recueillir aussi les échanges verbaux entre professeure et élèves. Le double enregistrement des échanges verbaux a permis de vérifier ou de compléter les paroles échangées entre professeure et élèves lorsque cela était inaudible dans le film. Nous avons donc cherché à recueillir « des faits » pour nos analyses (Dessus, 2007).

³⁶ Un problème technique lors de la séance de la professeure C a fait que la séance n'a été filmée que par une seule caméra.

Partie 2 : Méthodologie : recueil de données et production des résultats

Six séances d'enseignement ont été enregistrées de cette façon. Les professeures A et D enseignaient à des classes dédoublées donc deux groupes ont pu être filmés tandis que la professeure B avait une classe à petit effectif donc avec un seul groupe et enfin seule la deuxième séance de la classe de la professeure C a pu être filmée.

Les séances des professeures B, C et D duraient deux heures tandis que celles de la professeure A, 1 heure 30. Nous sommes donc en possession d'environ 11 heures d'enregistrement vidéo et autant en audio.

Le nombre de postes informatiques et le nombre d'élèves par classe ont été différents en fonction des conditions matérielles offertes par chaque établissement. Concernant la constitution des binômes ou non par des élèves, nous avons laissé les enseignantes s'organiser comme elles le souhaitent, comme elles le faisaient habituellement afin de limiter notre impact sur leur activité.

Ainsi, pour la professeure A, chaque groupe était constitué de 16 élèves répartis sur 10 postes informatiques. Pour le professeur B, vingt élèves avec chacun un poste informatique. Pour la professeure C, onze élèves répartis sur 9 postes informatiques ont participé à l'expérimentation ; il s'agissait pour eux de la dernière séance de leur année de Première S. Pour la professeure D, un groupe de 14 et un groupe de 10 élèves se sont répartis sur 6 et 5, respectivement, postes informatiques (deux puis trois postes informatiques ne fonctionnant pas dans la salle).

La configuration de la salle peut jouer aussi un rôle important (Lermigeaux-Sarrade, 2018). Les professeures A et D étaient dans une salle que nous qualifions de classique par l'existence de deux rangées de paillasses disposées face au tableau. La professeure B était dans une salle à la configuration particulière dans le sens où les tables avec les ordinateurs étaient toutes accolées les unes aux autres sur quatre rangées formant quatre lignes dont une extrémité était accolée au mur droit de la salle. Ainsi, le professeur pour aller voir des élèves situés au bout de la rangée au milieu de la salle devait s'engager entre les bureaux pour s'y rendre ce qui n'est pas aisé.

L'Annexe 1 présente la configuration des différentes salles et la position de chaque élève pour chacune des séances réalisées.

Chapitre 3 Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de la séance dans sa globalité

Le Tableau 5 ci-dessous résume les conditions matérielles d'enregistrement des six séances d'enseignement :

Tableau 5 : Séances enregistrées

Professeurs volontaires pour l'expérimentation	Professeur A	Professeur B	Professeur C	Professeur D
Séance : date et durée	Le 03-04-2017 1h30 par groupe soit 3 heures de séance.	Le 09-05-2017 2h de séance (un seul groupe)	Le 02-06-2017 2h de séance (un seul groupe)	Le 15-05-2017 2h par groupe Soit 4 heures de séance.
Configuration de la salle	Salle de TP classique, deux rangées de paillasse	Salle informatique, quatre rangées, avec l'extrémité droite accolée au mur	Salle informatique, quatre rangées, les deux extrémités libres	Salle de TP classique, deux rangées de paillasses
Nombre d'élèves et de groupes	Groupe 1 : 16 élèves/10 postes ; Groupe 2 : 16 élèves /10 postes	20 élèves/20 postes	11 élèves/9 postes	Groupe 1 : 14 élèves/6 postes Groupe 2 : 10 élèves/5 postes

I.3. La transcription des séances

L'ensemble des paroles prononcées pendant la séance par chaque professeure et les élèves a été transcrit.

L'acte de transcrire n'est pas neutre comme le souligne Cross (2009) ; il est réalisé dans le but de produire des données pour une recherche. Nous cherchons à établir les praxéologies didactiques des enseignantes, c'est-à-dire à repérer dans leur discours :

- Les moments où elles disent de faire ou qu'elles suggèrent une tâche à réaliser à un élève, et la tâche qui est à réaliser,
- Les moments où elles énoncent une connaissance ou qu'elles font comprendre cette connaissance permettant d'accomplir une tâche, et la connaissance qui est énoncée,
- Les moments quand elles cherchent à comprendre ce que l'élève veut faire, pourquoi et ce qu'il a compris.

Nous avons choisi de nous axer uniquement sur les productions verbales. Nous avons lors d'une première réflexion testé l'idée de modéliser les productions gestuelles mais avec un écran, les gestes sont limités par le professeur à pointer du doigt l'écran or il était difficile de savoir ce qui était pointé du doigt sans gêner l'échange et limiter la spontanéité des réactions. C'est pourquoi nous n'avons pas pris en compte les signaux paraverbaux (« ce qui est relatif à la voix, à la prosodie -ton, intona-

tion et rythme d'un énoncé- ») ni les signaux non verbaux (« ensemble des gestes, postures, mimiques») (Vallat, 2012, p. 55) pour des raisons techniques.

Pour la transcription, nous nous sommes inspirées de la convention ICOR³⁷ de transcription comme l'ont fait des didacticiens qui ont dû transcrire des séances d'enseignement pour leurs travaux (Cross, 2009; Jameau, 2012; Vallat, 2012) par exemple. Comme l'explique Vallat (*ibid.*), les conventions de transcription sont adaptées à chaque étude en fonction des objectifs de recherche.

Dans un tableau à quatre colonnes, avec une police `courrier`, de taille 10, sont indiqués :

- Le moment de la séance en format `hh:mm:ss` où se déroule l'échange,
- Les locuteurs peuvent être la professeure, un élève ou, rarement, la chercheuse.
Les caractéristiques de la voix ou/et l'observation du film permettent d'associer un locuteur à une production verbale
La professeure est notée par deux lettres, la lettre `P` pour professeure et la lettre `A` ou `B` ou `C` ou `D` qui correspond au codage de son identité dans nos travaux.
Les élèves sont notés par la lettre `E` suivie d'un chiffre correspondant à sa position dans la classe. Lorsque les élèves travaillent par binôme, lorsqu'un seul élève de ce binôme intervient, le seul chiffre du binôme le désigne ; par contre, lorsqu'il y a échange entre les deux élèves et que nous voulons individualiser leurs propos alors nous les distinguons par la lettre `E` suivie de deux chiffres. Par exemple, les deux élèves du binôme 1 sont désignés par `E11` et `E12`. Enfin, lorsque l'ensemble de la classe intervient, nous notons `Classe`.
Parfois, il nous a été indispensable d'intervenir au cours de la séance en particulier lors de difficultés techniques avec la plateforme LabNbook, alors nous nous notons `CHE`.
- Les productions verbales : nous écrivons ce que nous percevons en cherchant à être plutôt fidèles et en ne mettant ni majuscule ni ponctuation comme il est recommandé dans la convention ICOR. Nous avons conservé les règles orthographiques.
Parfois, il nous a été impossible de reconstituer les paroles, alors nous notons : `(inaud.)` pour inaudible.
Nous notons les silences avec leur durée de la façon suivante : `(durée du silence)`.
Il ne nous a pas semblé pertinent pour l'objectif de notre analyse d'indiquer les chevauchements de parole.
Enfin, nous avons fait le choix parfois de ne pas transcrire les paroles produites durant des échanges qui nous ont semblé soit peu pertinentes pour notre sujet (lorsqu'il y a discussion entre une professeure et une CPE du lycée par exemple) soit parce que nous n'allons pas analyser les échanges mais plutôt le sujet évoqué. Dans ces deux cas, nous indiquons le dé-

³⁷ Disponible sur : http://icar.cnrs.fr/projets/corinte/documents/2013_Conv_ICOR_250313.pdf

but et la fin de l'échange non transcrit et le sujet de l'échange. Par exemple avec COM : ((00 :32:26)) ((passage non transcrit)) ((COM : position des images dans le serveur)) ((00 :32:58)) signifie que le passage non transcrit correspond à un moment où l'enseignante indique le chemin à suivre pour trouver les images sur le serveur. Nous avons considéré que transcrire les paroles échangées mot à mot n'était pas vraiment intéressant ; par contre ce moment dans la séance correspond à l'étayage du professeur concernant l'étape de réalisation du protocole.

II. Le traitement des données enregistrées

Un premier traitement des données concerne l'ensemble de la séance permettant de construire le scénario global de la séance et d'établir ainsi la succession des étapes de la démarche scientifique étayées par l'enseignant. Ce premier temps de traitement des données permet d'établir comment s'organisent les interventions à la classe entière et les visites de l'enseignante aux différents groupes d'élèves en fonction des étapes de la séance.

A partir de l'ensemble de la transcription de la séance et en tenant compte du sens des paroles échangées, la séance est divisée dans les différentes étapes de la démarche scientifique.

Sur le document obtenu, sont établies en fonction du temps la succession des étapes de la démarche scientifique, la succession des paroles échangées et l'étape de la démarche scientifique à laquelle ces paroles sont rattachées. A divers moments de la séance, des objets d'intervention qui ne sont pas à proprement parler des objets d'étude sont identifiés. Il peut s'agir de la gestion de l'atmosphère de la classe (lorsque le professeur s'enquiert de ce qu'un élève ressent ou cherche à le rassurer ou demande le calme, par exemples) ; il s'agit d'une composante de l'action du professeur pour l'apprentissage des élèves (Bucheton & Soulé, 2009). Certaines interventions de l'enseignant peuvent aussi porter sur la gestion du temps en général pour indiquer aux élèves de se hâter.

Pour illustrer notre propos, voici un très court extrait de la séance 1 de la professeure A qui est présentée dans le document ci-après.

Extrait 1 : Résultats de l'analyse de la transcription d'un extrait de la séance 1 réalisée par le professeur A

Temps	Public	Locuteurs	Productions verbales	Situation	Hypothèse	Conception	Prévision	Réalisation	Communication	Exploitation	Conclusion	Gestion du temps et de l'atmosphère
01:13:27	E6	PA	est-ce que tu peux nous remonter les images (2'') là et là							E6		
01:13:30	E6	E6	il y a en a en plus mais il y a							E6		
01:13:33	E6	PA	ah ouais et celles en plus normalement chez madame x ça voulait dire qu'elles ne travaillaient donc ça veut dire quoi/							E6		
01:13:45	E6	E6	ça veut dire qu'il y en a d'autres qui qui qu'il y en a qui compense la perte de l'autre							E6		
01:13:52	E6	PA	donc est ce que c'est les mêmes zones qui sont réactivées ou pas/							E6		
01:13:54	E6	E6	pas exactement les mêmes mais en partie							E6		
01:13:56	E6	PA	voilà tu vas me dire donc ton hypothèse de départ elle est un petit peu erronée c'est-à-dire c'est des zones effectivement qui étaient attribué à la lecture mais il y a d'autres zones qui ont été mises en place et c'est ça la plasticité c'est qu'il y a des zones qui étaient dédiées à autre chose qui maintenant on la fonction de la lecture d'accord/ tu peux nous expliquer tout ça/								E6	
01:14:15	E9		((passage non transcrit)) ((COM : problème captures des images et enregistrement avec clé usb))						E9			

Chapitre 3 Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de la séance dans sa globalité

A partir de ce document, en utilisant les fonctionnalités du logiciel Excel, nous établissons :

- Pour chaque échange, sa durée par une simple soustraction du temps du début de l'échange et du début d'un nouvel échange ;
- Pour chaque étape de la démarche, la durée totale, le temps d'intervention de l'enseignante (et par déduction celle des élèves) ainsi que le temps d'intervention face à la classe.

Le Tableau 6 ci-dessous propose ce que nous obtenons :

Tableau 6 : Exemple de données obtenues grâce aux fonctionnalités du logiciel Excel, pour la séance réalisée par la professeure A

	Situation	Hypothèse	Conception	Prévision	Réalisation	Communication	Exploitation	Conclusion	Gestion		Total des lignes
									temps	atmosphère	
Durée totale	0:01:20	0:08:14	0:16:35	0:00:04	0:14:29	0:11:46	0:14:11	0:04:01	0:00:04	0:07:31	1:18:15
Durée totale pour le public classe	0:01:19	0:00:41	0:00:11	0:00:00	0:00:55	0:00:00	0:00:03	0:00:07	0:00:04	0:06:00	0:09:20
Temps de parole de l'enseignante	0:01:20	0:06:17	0:13:01	0:00:04	0:06:25	0:02:29	0:09:51	0:02:36	0:00:04	0:06:49	0:48:56

La succession des étapes de la démarche scientifique au cours de la séance ainsi que le temps passé pour chacune sont analysés pour chaque professeure puis comparés à celles des autres professeurs. Comme les deux professeures A et D ont réalisé la même mission avec deux groupes différents, nous comparons aussi l'évolution de leur stratégie pour chacune puis ensuite nous comparons leur évolution.

Nous obtenons ainsi la succession des étapes et la durée totale des échanges pour chacune de ces étapes dont la réalisation est étayée par le professeur et ceci pour chaque groupe d'élèves ou pour la classe.

III. Les données extraites des comptes-rendus des élèves

III.1. L'enregistrement des données sur la plateforme LabNbook

Les élèves complètent leur mission sur la plateforme LabNbook et l'enregistrement se fait de façon automatique. Le concepteur de la séance peut ensuite consulter ces rapports lorsqu'il se connecte sur la plateforme ; ces rapports constituent nos données.

Sauf dans des cas particuliers (liés à des problèmes informatiques), les comptes-rendus de chaque groupe d'élèves intervenant dans l'expérimentation ont été recueillis.

Dans plusieurs cas, des problèmes liés au renseignement des images copiées dans la mission sont survenus et n'ont pas permis de garder traces de cette étape.

III.2. L'évaluation des comptes-rendus

Notre sujet ne portant pas sur l'efficacité de l'étagage, nous n'avons pas cherché à évaluer avec précisions ces comptes-rendus. Cependant, nous avons quand même voulu avoir un regard sur ceux-ci pour mettre en évidence l'influence du co-étagage pour l'étape de la « Prévission des résultat ».

Voici comment nous avons évalué les comptes-rendus pour cette étape. Pour établir un pourcentage de réussite d'un élève (ou binôme), quelques critères simples ont été établis : lorsque la rubrique « Prévission des résultats » est complétée, trois éléments ont été pris en compte : l'idée ou la mention de la consultation d'IRM ou d'images cérébrales d'une part et le fait que cette consultation donne une idée de l'existence de lésion cérébrale chez le sujet atteint d'un AVC (Madame X) ainsi que l'idée de l'existence de zones cérébrales activées différentes lors de l'activité de lecture chez le sujet sain et chez Madame X d'autre part. Lorsque les réponses ne sont pas compréhensibles, nous considérons que ce n'est pas réussi.

Cette évaluation permet d'avoir une idée de l'influence de l'étagage embarqué dans LabNbook et celui de l'enseignant.

IV. Conclusion du chapitre 3

Les données correspondent à la succession des étapes de la démarche qui sont les objets des échanges verbaux ainsi que le temps que dure chaque échange. L'analyse porte alors non seulement sur les durées de chaque étape en fonction de chaque professeur, mais aussi sur la façon dont les étapes se succèdent au cours de la séance.

Les comptes-rendus des élèves constituent aussi une source de données. Nous n'avons pris en compte que les réponses de l'étape « Prévission des résultats » pour établir des critères de réussite.

Chapitre 3 Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de la séance dans sa globalité

Ainsi, nous faisons cette première analyse globale de la séance. Après cette première étape, nous étudions de façon fine les productions verbales lors de deux moments de la séance, lors de la formulation de l'hypothèse et lors de la conception du protocole. Le chapitre suivant explique comment nous avons procédé.

Chapitre 4. Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage lors de la réalisation de deux étapes de la séance : formulation de l'hypothèse et conception du protocole

Table des matières du Chapitre 4

I.	L'élément de savoir visé par l'étayage = l'objet d'étayage	118
I.1.	Les objets d'étude visés par l'étayage	119
I.1.1	Les objets d'étude : La plasticité cérébrale et la démarche scientifique	119
I.1.2	L'objet d'étude LabNbook.....	119
I.1.3	Les objets d'étude « combinés ».....	120
I.1.4	Bilan	121
I.2.	Caractérisation de l'élément praxéologique visé par l'étayage.....	121
I.3.	Bilan de la caractérisation de l'objet d'étayage	124
II.	La technique et la fonction d'étayage de l'enseignant.....	125
II.1.	Identification des types de tâches.....	125
II.1.1	Types de tâches d'étayage établis à partir des travaux de Saavedra (2015).....	125
II.1.2	Types de tâches complémentaires aux travaux de Saavedra (2015).....	126
II.1.3	Bilan des types de tâches utilisés :.....	127
II.2.	La fonction de l'étayage.....	128
III.	La caractérisation de l'étayage	130
IV.	Conclusion du chapitre 4 :.....	131

Pour notre expérimentation, nous avons choisi de nous axer sur les deux premières étapes de la démarche scientifique : la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole expérimental. L'étayage offert par LabNbook pour ces deux étapes est d'importance différente :

- L'étayage est plutôt faible pour la formulation de l'hypothèse : il consiste en une formulation de la consigne ainsi qu'en l'existence d'un espace permettant la formalisation par écrit de l'hypothèse.

Chapitre 4 : Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de deux étapes de la séance : la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole

- L'étayage est plutôt fort pour l'étape de la conception du protocole : il consiste en une pré-structuration du protocole avec les étapes et les actions paramétrées.

Cette différence d'importance d'étayage de LabNbook peut nous permettre d'approcher la façon dont l'étayage de la plateforme est intégré à l'étayage du professeur au cours de la séance d'enseignement.

Les échanges verbaux portant sur ces deux moments de la séance (formulation de l'hypothèse et conception du protocole) ont été repérés lors de l'étape précédente en prenant en compte les différents tours de paroles. Le sens des mots, des phrases et le contexte dans lequel est prononcée une phrase permet de confirmer que l'échange porte bien sur la formulation de l'hypothèse ou sur la conception du protocole. Et, l'analyse des interactions verbales entre professeur et élèves est réalisée afin d'explicitier les éléments d'étayage mobilisés alors.

L'analyse fine des productions verbales nous permet de repérer la façon dont l'étayage est organisé par l'enseignant en présence de la plateforme LabNbook. La praxéologie didactique, comme nous l'avons modélisée dans la première partie de ce manuscrit, correspond à un savoir-faire (la *praxis*), ici, savoir-faire d'étayage justifié par un savoir, le *logos*, connaissances justifiant sur le savoir-faire. Nous acceptons le fait que le *logos* est lié aux connaissances professionnelles des enseignants et par là, à leur épistémologie.

Notre tâche a été de modéliser la praxéologie mise en œuvre par le professeur en interprétant³⁸ les paroles prononcées. Comme l'a fait remarquer Morge (2000, p. 111), les termes utilisés habituellement concernant l'étayage « se sont montrés inopérants pour rendre compte finement des interactions », c'est pourquoi nous avons établi une méthodologie pour établir et modéliser les actions d'étayage du professeur. Pour cela, trois éléments sont identifiés dans les paroles prononcées : 1) l'objet d'étude visé par l'étayage nommé objet d'étayage, 2) la façon utilisée par l'enseignant pour étayer identifié comme le type de tâche d'étayage et 3) la fonction de cet étayage pour l'apprentissage de l'élève.

Dans les paragraphes qui suivent, nous expliquons comment nous avons caractérisé l'étayage et les objets d'étude visés par l'étayage.

I. L'élément de savoir visé par l'étayage = l'objet d'étayage

L'interprétation des paroles s'appuie sur les éléments de la praxéologie institutionnelle qui est présentée dans la Partie 3.Chapitre 2 (en page 139). Nous cherchons à retrouver les éléments de cette praxéologie -l'élément de savoir qui est visé- dans le discours de chacune des professeures. Nous

³⁸ En sciences humaines, les phénomènes ne sont pas toujours « saisissables objectivement » ; nous suivons en cela une démarche constructiviste (Livian, 2015, p. 19).

explicitons alors cet élément de savoir qui devient l'objet d'étayage, objet qui est la raison même de l'existence du discours du professeur en le caractérisant par deux éléments : l'objet d'enseignement et l'élément praxéologique (technique ou technologique) visés par l'étayage.

I.1. Les objets d'étude visés par l'étayage

I.1.1 Les objets d'étude : La plasticité cérébrale et la démarche scientifique

Pour notre séance d'enseignement, deux objets d'étude sont naturellement présents ; il s'agit de la démarche scientifique et de la plasticité cérébrale.

Dans le discours de l'enseignante, nous reconnaissons si l'objet d'étude est la Plasticité cérébrale ou s'il s'agit de la Démarche scientifique. L'Extrait 2 ci-dessous présente un échange entre la professeure A et l'élève E8. L'objet de leur échange correspond à la Plasticité cérébrale. Donc, pour nous, l'étayage de la professeure A à ce moment là de la séance vise le concept scientifique, la Plasticité cérébrale.

Extrait 2 : de la séance 1 de la professeure A

Public auquel est destiné le discours de la professeure A	Moment de la séance	Locuteurs et productions verbales	Objet d'étude
E8	00:39:49	<p>PA: les zones actives, en fait, c'est ça parce qu'elles vont être, c'est les zones où la coloration avec le logiciel va être forte.</p> <p>E8 : donc on met les zones colorées ; c'est ça /</p> <p>PA : donc c'est les zones actives ; ce qui sera remarquable, ce que vous allez chercher ; c'est les zones actives et qui sont marquées par les couleurs rouge, orange, rouge.</p>	Concept scientifique (Plasticité cérébrale)

I.1.2 L'objet d'étude LabNbook

Dans l'extrait présenté ci-dessous, la professeure A corrige un élève qui pense que le fait de choisir et de cliquer sur une action dans la liste proposée par l'éditeur de protocole de la plateforme LabNbook suffit à la faire réaliser automatiquement. La professeure s'empresse de détromper cet élève (Cf. Extrait 3 ci-dessous).

Extrait 3 : de la séance 1 de la professeure A

Chapitre 4 : Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de deux étapes de la séance : la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole

Public auquel est destiné le discours de la professeure A	Moment de la séance	Locuteurs et productions verbales	Objet d'étude
Elève E1	00:24:04	E : En fait il ne faut pas faire [les actions] / P : Ah bon si après vous allez faire [les actions]/	LabNbook

Ici, l'objet d'enseignement qui est au centre de cet échange n'est pas la démarche scientifique, n'est pas la plasticité cérébrale mais correspond à la plateforme LabNbook.

Ainsi, du fait de notre expérimentation, un nouvel objet d'étude apparaît dans notre séance ; il s'agit de la plateforme LabNbook. Il s'agit d'un objet d'étude ponctuel, limité à cette séance d'enseignement.

I.1.3 Les objets d'étude « combinés »

Pour notre étude, il nous a été nécessaire d'établir des objets d'enseignement « combinés ». En effet, lors de l'utilisation de LabNbook, les échanges entre enseignant et élève portent parfois sur des fonctionnalités de LabNbook mais contextualisés soit à la situation scientifique particulière à la séance soit à la démarche scientifique. Alors, ce n'est pas seulement l'objet d'enseignement LabNbook qui est évoqué mais la mission LabNbook construite pour la séance. C'est pour modéliser ce type d'interactions que nous avons établi les objets d'enseignement combinés. Les deux exemples ci-dessous permettent de comprendre la différence lorsque l'objet d'enseignement est LabNbook (le premier exemple) ou un objet d'enseignement combiné la mission LabNbook instanciée à la situation scientifique (le deuxième exemple).

Lors d'un échange (par exemple : séance conduite par la professeure C, lors d'une interaction avec l'élève E4, à 00 :16 :21), l'étayage de l'enseignante vise la réalisation du type de tâche suivant : $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Actions_Paramètres_1}}$ = Choisir parmi les valeurs proposées dans le menu déroulant qui s'affichent celle adaptée à la situation et cliquer dessus. Dans ce cas, la praxéologie reste générale et ce type de tâche peut s'appliquer à toutes les utilisations de la plateforme LabNbook. L'objet visé par l'étayage est donc : LabNbook.

Par contre, lors d'un autre échange (par exemple : séance conduite par la professeure A, lors d'une interaction avec l'élève E9, à 00 :26 :56), l'enseignante vise la réalisation du type de tâche suivant : $T_{\text{LabNbook/PlasticitéCérébrale_EditeurProtocole_Actions_Paramètres_IRM}}$ = Choisir parmi les IRM proposées dans le menu déroulant qui s'affichent celle adaptée à la situation et cliquer dessus. Dans ce cas, il s'agit d'un élément qui va être mobilisé lors de l'utilisation de la plateforme LabNbook lors de l'accomplissement de la mission « Plasticité cérébrale ». Ce type de tâche est contextualisé et deux objets d'enseignement sont alors pris en compte dans la formulation du type de tâche, à la fois la plateforme LabNbook et à la fois des éléments appartenant à un concept scientifique, ici, la plasticité cérébrale. C'est pourquoi nous pensons que lorsque ce type de tâche est visé par l'étayage de l'enseignante, alors l'objet d'enseignement est combiné : la plateforme LabNbook et le concept scientifique.

Un autre exemple montre qu'il existe de la même manière des moments où LabNbook et la démarche scientifique sont en même temps objets d'enseignement. Par exemple, un type de tâche appartenant à la praxéologie institutionnelle de l'objet Démarche scientifique correspond à la formalisation de l'hypothèse qui est le suivant : $T_{\text{Démarche_Formalisation_Hypothèse}} = \text{Formaliser l'hypothèse par écrit}$. Cependant, lorsqu'on utilise la plateforme LabNbook, il y a une contextualisation de ce type de tâche qui devient alors $T_{\text{LabNBook_Formalisation_Hypothèse}} = \text{Formaliser l'hypothèse par écrit dans l'espace libre dans la rubrique Hypothèse du rapport}$. Alors, l'objet d'étude est ici l'objet combiné : LabNbook et Démarche scientifique.

I.1.4 Bilan

Un premier élément de caractérisation de l'objet d'étayage est établi, il s'agit de la nature de l'objet qui peut être :

- Un objet simple : Démarche scientifique, Concept scientifique (Plasticité cérébrale), ou LabNbook, et très rarement Langue française,
- Un objet combiné : LabNbook et Démarche scientifique, LabNbook et Concept scientifique (Plasticité cérébrale).

Lors de la mise en œuvre de l'étayage, l'enseignant vise cet objet en faisant appel à un élément de sa praxéologie. Nous devons pour nos travaux établir cet élément de la praxéologie ; nous vous expliquons dans le paragraphe qui suit comment nous avons procédé.

I.2. Caractérisation de l'élément praxéologique visé par l'étayage

Nous cherchons à retrouver dans le discours de l'enseignant un élément des praxéologies institutionnelles établies dans la Partie 3.Chapitre 2 (en page 139). Pour cela, deux caractéristiques sont identifiées : le domaine (*praxis* ou *logos*) de la praxéologie et l'élément praxéologique précis. Nous expliquons ci-après la façon dont nous avons procédé.

A partir de l'analyse sémantique des productions verbales des locuteurs, nous cherchons à reconnaître un élément praxéologique précédemment construit.

L'exemple ci-dessous, extrait de la séance conduite par la Professeure B, montre comment nous avons procédé :

Extrait 4 : de la séance de la professeure B

Public auquel est destiné le discours de la professeure B	Moment de la séance	Locuteurs et productions verbales
E10	00 :21 :44	P : Par contre l'hypothèse tu peux la valider soit tu ne la valideras pas avec le matériel qui te sera proposé et que tu utiliseras par la suite

Chapitre 4 : Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de deux étapes de la séance : la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole

Le discours de la professeure B correspond à un élément de savoir concernant la mise en œuvre de la démarche scientifique et nous associons ce discours à l'élément technologique de la praxéologie institutionnelle de l'objet d'étude « Démarche scientifique » suivant :

$\theta_{\text{Démarche_Hypothèse_2}}$ = une démarche n'est pas établie pour valider une hypothèse mais pour tester sa validité. En conséquence, qu'une hypothèse soit valide ou non n'est pas l'essentiel, l'important est d'avoir cherché à la valider.

Et la caractérisation complète de l'objet visé par l'étayage est :

Objet d'étude visé	Domaine et nature de la praxéologie visée	Élément praxéologique visé
Démarche scientifique	Technologie institutionnelle	$\theta_{\text{Démarche_Hypothèse_2}}$ = une démarche n'est pas établie pour valider une hypothèse mais pour tester sa validité. En conséquence, qu'une hypothèse soit valide ou non n'est pas l'essentiel, l'important est d'avoir cherché à la valider.

Nous procédons ainsi pour les productions verbales des quatre professeures. Pour retrouver dans leur discours les éléments praxéologiques (qu'ils soient technologiques comme dans l'exemple ci-dessus ou techniques) des objets d'étude, nous nous appuyons sur les modèles praxéologiques institutionnels construits.

Parfois, cependant, nous ne retrouvons pas l'élément praxéologique visé par le discours du professeur ; il s'agit alors d'un élément de la praxéologie personnelle. Si l'élément est produit par l'élève, alors il s'agit de la praxéologie personnelle de l'élève ; s'il est produit par une des professeures alors il s'agit de la praxéologie personnelle de celle-ci.

Deux exemples ci-dessous illustrent chacun des cas.

- Exemple 1 : identification d'un élément de la praxéologie personnelle d'un élève

Dans cet extrait de la séance conduite par la professeure D, un échange a lieu entre l'enseignante et l'élève E6 :

Extrait 5 : de la séance 1 de la professeure D

Public auquel est destiné le discours de la professeure D	Moment de la séance	Locuteurs et productions verbales
E6	00:22:24	PD : Peut-être pas toutes alors on part sur ce principe-là alors ! Alors on part sur ce principe qu'il y a une partie des cellules qui ne sont pas mortes. E6 : Peut-être que l'AVC n'était pas super super PD : Qu'il n'avait pas touché toute l'aire.

L'élève E6 énonce son hypothèse, à l'aide de l'enseignante, quant à la récupération de la capacité de lecture de Madame X après son AVC. Pour lui, la lésion au niveau de la zone cérébrale n'a pas détruit tous les neurones qui se sont ensuite multipliés pour prendre de nouveau en charge la fonction de lecture. Il s'agit d'une connaissance propre à l'élève E6, connaissance que nous formulons ainsi :

$\theta_{\text{Elève_Hypothèse}_1}$ = Les neurones de la zone lésée se sont multipliés, la lésion a été réparée et la fonction de lecture a pu être de nouveau prise en charge par cette même zone.

Cette connaissance constitue un élément technologique de la praxéologie personnelle de l'élève 6.

Aussi, la caractérisation complète de l'objet d'étayage visé par l'enseignant est :

Objet d'étude visé	Domaine et nature de la praxéologie visée	Élément praxéologique visé
Concept scientifique (Plasticité cérébrale)	Technologie personnelle de l'élève	$\theta_{\text{Perso_Hypothèse}_1} = \theta_{\text{Hypothèse}_1}$ = Les neurones de la zone lésée se sont multipliés, la lésion a été réparée et la fonction de lecture a pu être de nouveau prise en charge par cette même zone.

- Exemple 2 : identification d'un élément de la praxéologie personnelle de la professeure C

La professeure C intervient auprès d'un élève :

Extrait 6 : de la séance de la professeure C

Public auquel est destiné le discours de la professeure C	Moment de la séance	Locuteurs et productions verbales
E7	00:26:06	P : Vous on n'est pas obligé de prendre toutes les actions. E : Mais on ne sait pas lesquelles prendre.

La professeure C énonce le fait que toutes les actions LabNbook ne sont pas forcément nécessaires or lors de la transposition de la séance dans LabNbook, nous avons conçu une liste d'actions toutes justement nécessaires. Il ne s'agit donc pas là de la praxéologie institutionnelle mais d'un élément de connaissance propre au professeur C c'est-à-dire d'un élément du *logos* de la praxéologie personnelle de la professeure C que nous exprimons ainsi :

$\theta_{\text{EnseignanteC_LabNbook_Complétude}}$ = Toutes les actions proposées par la plateforme LabNbook ne sont pas nécessairement à prendre en compte ; il faut choisir celles qui semblent pertinentes.

Chapitre 4 : Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de deux étapes de la séance : la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole

Et la caractérisation de cet objet d'étayage est modélisée de la façon suivante :

Objet d'étude visé	Domaine et nature de la praxéologie visée	Élément praxéologique visé
LabNbook et concept scientifique (Plasticité cérébrale)	Technologie personnelle du professeur	$\theta_{\text{EnseignanteC_LabNbook_Complétude}}$ = Toutes les actions proposées ne sont pas nécessairement à prendre en compte ; il faut choisir celles qui semblent pertinentes.

Nous procédons ainsi pour l'ensemble du discours des quatre enseignantes et nous déterminons ainsi le domaine (*praxis* ou technologie) et la nature (institutionnelle, personnelle de l'élève, personnelle du professeur) de la praxéologie visée par l'étayage ; cela peut être : *praxis* et technologie de la praxéologie institutionnelle, *praxis* et technologie de la praxéologie personnelle de l'élève, *praxis* et technologie de la praxéologie personnelle du professeur.

Le terme de *praxis* a été préféré à type de tâches ou technique car les deux types ont justement été identifiés. En effet, certains sont des types de tâches, d'autres par contre évoquent des ingrédients d'une technique ; le terme *praxis* recouvre ainsi les deux cas.

Certains éléments praxéologiques sont émis par les élèves ; cela correspond donc à leur propre praxéologie. Et, ces éléments sont parfois conformes à la praxéologie institutionnelle. C'est pourquoi certains éléments appartiennent à une praxéologie qualifiée de personnelle conforme à la praxéologie institutionnelle.

Quelques 129 éléments praxéologiques (dont 40 lors de la formulation de l'hypothèse et 94 lors de la conception du protocole) appartenant à la *praxis* ou au *logos* des praxéologies institutionnelle, propres à l'élève ou au professeur ont été identifiés. Les discours ont donc été divisés en 129 moments, 129 moments d'étayage.

I.3. Bilan de la caractérisation de l'objet d'étayage

L'étayage qu'il soit mis en œuvre par l'enseignant ou implémenté dans l'EIAH vise un objet d'étayage caractérisé par trois éléments résumés dans le tableau ci-dessous :

Objet d'étude	Démarche scientifique, Concept scientifique (Plasticité cérébrale), LabNbook, Langue française, LabNbook et Démarche scientifique, LabNbook et Concept scientifique (Plasticité cérébrale).	
Domaine et origine de la praxéologie	<i>praxis</i>	de la praxéologie institutionnelle, de la praxéologie personnelle de l'élève,
	technologie	de la praxéologie personnelle du professeur.
Élément de la praxéologie	un parmi les 129 identifiés	

L'objet ainsi caractérisé est visé par l'étayage mis en œuvre par l'enseignant au cours de son activité, activité que nous avons caractérisée. Nous expliquons dans le paragraphe qui suit la façon dont nous avons procédé.

II. La technique et la fonction d'étayage de l'enseignant

Nous souhaitons établir les caractéristiques de la façon dont un enseignant étaye la formulation de l'hypothèse ou la conception d'un protocole.

L'analyse sémantique du discours de l'enseignant permet d'explicitier sous la forme de type de tâches la façon dont agit l'enseignant pour étayer l'apprentissage de l'élève. Ensuite, la succession des types de tâches au cours de la séance ou au sein d'un binôme permet de construire la technique d'étayage avec pour ingrédient les types de tâches.

II.1. Identification des types de tâches

Quinze types de tâches différents ont été identifiés parmi les 129 moments d'étayage pour nos quatre enseignantes volontaires lors des deux étapes de la séance, la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole.

L'identification des types de tâches s'est appuyée dans un premier temps sur les travaux de Saavedra (2015, p. 153). Cet auteur avait analysé l'étayage apporté par un enseignant lors de la réalisation d'une séance transposée dans la plateforme LabNbook. Il avait repéré au cours de son expérimentation que l'enseignante intervenait en classe en validant, en donnant une indication ou une explication, en modélisant ou en questionnant les élèves. Nous adaptons les résultats de Saavedra à notre modélisation praxéologique. Par contre, il nous a été nécessaire d'ajouter des types de tâches d'étayage pour pouvoir modéliser l'ensemble des interventions de l'enseignant.

Nous vous présentons les différents types de tâches d'étayage repérés lors de l'analyse des échanges de l'enseignant au cours de la séance réalisée en présence de la plateforme LabNbook, en partant d'abord des travaux de Saavedra (*ibid.*) puis en les complétant.

II.1.1 Types de tâches d'étayage établis à partir des travaux de Saavedra (2015)

Saavedra (2015, p. 153) propose trois façons utilisées par l'enseignant pour aider l'élève à réaliser la tâche qu'il doit accomplir : en fournissant une indication, en donnant une instruction et en expliquant. Ces trois techniques correspondent pour nous au même type de tâche d'étayage : explicitier un élément de la praxéologie institutionnelle. En effet, en fournissant une indication, l'enseignant énonce un élément qui permet de réaliser une tâche sans dire avec précisions ce qui doit être fait (*ibid.*). L'enseignant, par son discours, fait apparaître de façon explicite un élément de la tâche à accomplir c'est-à-dire, lorsqu'on utilise le modèle praxéologique, l'enseignant énonce un élément appartenant à la praxéologie institutionnelle. Cet élément n'est pas souvent formulé tel qu'il l'est dans

Chapitre 4 : Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de deux étapes de la séance : la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole

le modèle praxéologique cependant il peut être reconnu. Ainsi, pour nous, dans ce cas, l'enseignant explicite un élément de la praxéologie institutionnelle.

De même, Saavedra (2015, p. 153) explique que lorsque l'enseignant indique ce qui doit être fait pour réaliser un protocole, « il donne une instruction ». Pour nous, l'enseignant explicite un élément de la praxéologie institutionnelle permettant de réaliser la tâche ce qui nous semble être un élément de la *praxis* de la praxéologie institutionnelle. Et, lorsque l'enseignant explique, il explicite un élément du savoir institutionnel qui est du domaine du *logos*.

Pour parfaire notre modèle, il nous a été nécessaire de distinguer les moments où l'enseignant explicite un élément de la praxéologie institutionnelle en répondant à l'élève alors le type d'étayage correspondant est répondre en explicitant un élément de la praxéologie institutionnelle.

Saavedra (2015, p. 153) avait repéré l'action de modéliser de la part de l'enseignant quand ce dernier « montre un comportement qui doit être imité par l'élève ». En transposant à notre modèle praxéologique, il s'agit à l'enseignant de réaliser un élément de la praxéologie institutionnelle. Il s'agit alors du type de tâche d'étayage : mettre en œuvre la praxéologie institutionnelle. Ce type de tâche n'existe cependant que lors de l'analyse de la séance 2 (séance réalisée par le professeur A avec son deuxième groupe). Par contre, rarement mais cela a eu lieu, l'enseignante demande lors de la conception du protocole que l'élève réalise quelques tâches du protocole qu'il est en train de concevoir ; il s'agit alors d'un nouveau type de tâche d'étayage qui est Faire réaliser un élément de la praxéologie personnelle de l'élève.

Lorsque l'enseignant pose des questions « afin d'obtenir les réponses souhaitées », il s'agit d'une technique de questionnement (Saavedra, 2015, p. 153). Lors de notre analyse de l'étayage de l'enseignant, nous avons effectivement repéré ces moments durant lesquelles le professeur questionne l'élève pour lui faire exprimer sa propre praxéologie. Aussi, un type de tâche d'étayage est : Questionner pour aider à formuler un élément de la praxéologie personnelle de l'élève.

Enfin, pour Saavedra (2015, p. 153), l'enseignant intervient en validant le travail de l'élève. Pour nous, il s'agit de la réalisation d'un feedback positif, technique d'étayage énoncée ainsi : réaliser un feedback positif vis-à-vis de la praxéologie personnelle de l'élève. S'il ne valide pas le travail de l'élève, le professeur peut réaliser un feedback négatif vis-à-vis de la praxéologie personnelle de l'élève mais aussi parfois un refus d'exercer un feedback. Donc, deux autres types de tâche d'étayage ont été établis : réaliser un feedback négatif vis à vis de la praxéologie personnelle de l'élève et refuser de faire un feedback vis à vis de la praxéologie personnelle de l'élève.

II.1.2 Types de tâches complémentaires aux travaux de Saavedra (2015)

Nous avons complété notre modèle d'étayage en énonçant d'autres types de tâches d'étayage.

Dans le discours de l'enseignant, sont reconnus parfois non pas des éléments de la praxéologie institutionnelle mais des éléments de sa propre praxéologie. Nous considérons qu'il ne s'agit pas de la

praxéologie institutionnelle. Alors, deux types de tâche d'étayage ont été établis : explicitement un élément de la praxéologie personnelle du professeur et répondre en explicitant un élément de la praxéologie personnelle du professeur.

Parfois l'enseignant énonce, pour faire choisir, des éléments appartenant à deux praxéologies différentes, la praxéologie personnelle de l'élève et la praxéologie institutionnelle, ce qui permet d'identifier un nouveau type de tâche d'étayage : explicitement deux éléments de praxéologie, l'une de la praxéologie institutionnelle et l'autre de la praxéologie personnelle de l'élève. Cependant, comme c'est l'enseignant qui se charge d'explicitement la praxéologie propre à l'élève et dans ces cas particuliers l'idée de l'élève devient un élément de la praxéologie institutionnelle.

L'enseignant, aussi, peut simplement décrire ce qu'il a compris de la pensée de l'élève ; dans ce cas là, nous dirons qu'il reformule la praxéologie personnelle de l'élève. Parfois aussi, et ce au cours de la séance 2 lors de sa réalisation par le professeur A, il y a eu reformulation de la praxéologie institutionnelle.

A quelques moments de la séance, un débat existe entre les élèves d'un binôme ; alors l'enseignante ne cherche pas à dire qui a juste, qui a faux ; elle joue le rôle d'un modérateur au sein de ce débat.

Enfin, un dernier type de tâche est mis en œuvre par le professeur D lors de la réalisation de la séance 2. Il s'agit de schématiser un élément de la praxéologie institutionnelle, un élément du savoir.

Lors de la réalisation de la séance, l'enseignante gère l'atmosphère de la classe ou le temps. Ces deux types de tâches sont identifiés lors de la production des résultats mais ne sont ensuite pas pris en compte dans l'analyse car nous considérons que cela ne fait pas partie de l'étayage pour l'apprentissage de l'élève.

II.1.3 Bilan des types de tâches utilisés :

Voici les quinze types de tâches d'étayage que nous avons identifiés :

- Explicitement un élément de la praxéologie institutionnelle
- Explicitement un élément de la praxéologie personnelle du professeur
- Faire choisir entre deux éléments, l'un de la praxéologie institutionnelle et l'autre de la praxéologie personnelle
- Faire réaliser un élément de la praxéologie personnelle de l'élève
- Jouer le rôle de modérateur au sein d'un débat pour laisser s'exprimer un élément des praxéologies personnelles des élèves
- Mettre en œuvre la praxéologie institutionnelle
- Questionner pour aider à formuler un élément de la praxéologie personnelle de l'élève
- Réaliser un feedback négatif vis-à-vis d'un élément de la praxéologie personnelle de l'élève
- Réaliser un feedback positif vis-à-vis d'un élément de la praxéologie personnelle de l'élève
- Reformuler un élément de la praxéologie institutionnelle
- Reformuler un élément de la praxéologie personnelle de l'élève
- Refuser de faire un feedback vis-à-vis d'un élément de la praxéologie personnelle de l'élève
- Répondre en explicitant un élément de la praxéologie institutionnelle
- Répondre en explicitant un élément de la praxéologie personnelle du professeur
- Schématiser pour modéliser un élément de la praxéologie institutionnelle

Chapitre 4 : Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de deux étapes de la séance : la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole

Pour parfaire la caractérisation de l'étayage, il est nécessaire d'identifier l'effet de l'étayage sur l'apprentissage de l'élève c'est à dire la fonction de l'étayage.

II.2. La fonction de l'étayage

Pour chaque moment d'étayage établi, la fonction de l'étayage a été déterminée auprès de l'élève.

Pour établir la fonction d'étayage, nous nous sommes, dans un premier temps, appuyée sur le modèle établi lors de la constitution du cadre théorique (Partie 1.Chapitre 1.II.1.5 en page 29) :

- Aspects socio-affectifs : inciter et motiver
- Aspects cognitif et métacognitif : faire dire, faire faire ou faire comprendre en aidant à la réalisation de la tâche :
 - o Fonction de finalisation (faire comprendre de façon explicite aux apprenants la tâche à effectuer et le but à atteindre)
 - o Fonction de prise en charge des éléments de la tâche hors de portée des élèves
 - o Fonction de démonstration (présenter des modèles)
- Aspect évaluatif pour les feedbacks simples

Ces différentes fonctions d'étayage ont été identifiées dans notre analyse détaillée des 129 moments d'étayage :

- Les aspects socio-affectifs qui ont pour fonction d'inciter et de motiver l'élève ont été reconnus lors de la mise en œuvre des techniques d'étayage de la gestion de l'atmosphère et du temps. Cet aspect n'est pas pris en compte par l'étayage de LabNbook.
- L'aspect évaluatif est également présent. Nous avons cependant éprouvé le besoin de détailler les aspects des feedbacks simples selon qu'ils soient positifs ou négatifs. L'analyse détaillée que nous menons implique que nous nous intéressons aux feedbacks simples (Georges & Pansu, 2011) se focalisant sur la réalisation de la tâche (Bosc-Miné, 2014). Ainsi, lorsque l'étayage consiste à réaliser un feedback positif alors la fonction de cet étayage est de conforter l'élève dans ce qu'il a réalisé ou a pensé c'est-à-dire sa praxéologie personnelle (Georges & Pansu, 2011). Par contre, lorsque le feedback est négatif, la fonction de cet étayage est d'initier une remise en question de l'élève concernant sa praxéologie personnelle (Bosc-Miné, 2014). Parfois, l'enseignant refuse de prendre position, alors l'élève ne peut pas s'appuyer sur l'orientation fournie par le professeur ; cela peut l'amener à rechercher des arguments pour conforter sa praxéologie personnelle.

- Concernant les aspects cognitifs et métacognitifs,
 - o la fonction de présentation de modèles a été visée par certaines techniques d'étayage.
 - o dans la fonction de finalisation de la tâche, nous avons distingué deux fonctions de l'étayage : faire comprendre le but à atteindre qui était explicité et faire comprendre la tâche à réaliser.
 - o concernant la fonction de prise en charge des éléments de la tâche hors de portée des élèves, la fonction provoquant une réduction des possibilités de l'élève a été distinguée ainsi que celle de signalisation de caractéristiques déterminantes.

Cependant, l'analyse complète des échanges verbaux nous a contraintes à ajouter d'autres fonctions à l'étayage :

- La fonction de faire expliciter par l'élève un élément de sa praxéologie personnelle,
- La fonction de chercher à mettre en conformité la praxéologie personnelle de l'élève avec la praxéologie institutionnelle ou avec la praxéologie personnelle du professeur.

Ainsi, nous avons précisé et complété le modèle des fonctions de l'étayage suite à notre analyse. Le tableau ci-dessous montre les apports de notre analyse (**en bleu et en gras**) au modèle que nous avons construit à la suite de notre analyse théorique :

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Aspects socio-affectifs : inciter et motiver- Aspects cognitif et métacognitif : faire dire, faire faire ou faire comprendre en aidant à la réalisation de la tâche :<ul style="list-style-type: none">o Fonction de finalisation :<ul style="list-style-type: none">▪ Faire comprendre le but à atteindre▪ Faire comprendre la tâche à effectuero Fonction de prise en charge des éléments de la tâche hors de portée des élèves<ul style="list-style-type: none">▪ Réduire les possibilités pour l'élève▪ Signaler une caractéristique déterminante▪ Chercher à mettre en conformité la praxéologie personnelle de l'élève avec la praxéologie institutionnelle▪ Faire expliciter par l'élève un élément de sa praxéologie personnelle▪ Fonction de démonstration (présenter des modèles)- Aspect évaluatif pour les feedbacks simples<ul style="list-style-type: none">o Conforter l'élève dans sa praxéologie personnelleo Rechercher des arguments pour conforter sa praxéologie personnelleo Initier une remise en question de l'élève concernant sa praxéologie personnelle |
|---|

Chapitre 4 : Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de deux étapes de la séance : la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole

III. La caractérisation de l'étayage

La description des caractéristiques de l'étayage pour les deux moments de la séance, la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole sont consignées dans un document dont un extrait (de la séance conduite par la professeure C) est présenté ci-dessous :

Extrait 7 : de la séance réalisée par la professeure C

Public	Temps	Productions verbales	Types de tâche d'étayage	Caractéristiques de l'objet d'étayage		
				Type d'élément praxéologique visé	Objet d'enseignement	Élément praxéologique visé par l'étayage
Classe	0:06:14	PC : et de faire des hypothèses	Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle	Praxis institutionnelle	Démarche scientifique	T _{Démarche_hypothèse} = formuler les hypothèses.

E1	0:10:12	PC : ah toi tu le fais directement là-dessus E1: ouais (inaud.) PC : normalement tu le fais là oui tu as pris de bonnes habitudes avec moi mais là il faut changer les habitudes	Réaliser un feedback négatif vis-à-vis d'un élément de la praxéologie personnelle de l'élève	Praxis personnelle de l'élève	Démarche scientifique	T _{Perso_NonIdentifié} = écrire sur un document word.
E1	0:10:16	PC: tu fais modifier, tu cliques sur hypothèse	Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle	Praxis institutionnelle	LabNbook	T _{LabN-book_Hypothèses} = Cliquer sur le mot Hypothèse pour pouvoir compléter la rubrique.
E1	0:10:17	PC: commentaire tu n'utilises pas	Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle	Praxis institutionnelle	LabNbook	T _{LabN-book_Commentaires_1} = Oublier la partie "commentaires".

A partir de ces tableaux, nous établissons le nombre de fois où tel type de tâche d'étayage est mobilisé ainsi que chaque élément caractérisant l'étayage. Cela peut permettre de réaliser une analyse quantitative. Les résultats entre chaque professeur sont comparés ainsi que l'évolution des caractéristiques de l'étayage pour les deux enseignantes ayant fait la séance deux fois.

Une analyse qualitative est aussi menée en considérant la succession des différentes actions d'étayage au cours de la séance. Nous avons analysé la succession des praxéologies d'étayage au sein de la classe mais aussi la succession des praxéologies d'étayage destiné à chaque binôme (ou à chaque élève).

Ces analyses permettent de nous donner des indices concernant la technique d'étayage de chaque enseignante. Nous établissons alors des éléments du modèle praxéologique didactique de chacune.

IV. Conclusion du chapitre 4 :

Les productions verbales de chaque enseignante lors de deux étapes de la démarche scientifique (formulation de l'hypothèse et conception du protocole) constituent nos données. Leur traitement a nécessité la mise au point d'une caractérisation de l'étayage à partir de ces paroles : combinaison à la fois des caractères d'un étayage établis lors de notre revue de littérature et du modèle praxéologique. Nous construisons alors pour chaque élément d'étayage une technique d'étayage visant un objet d'étude.

Conclusion de la partie 2

Quatre enseignantes volontaires de l'académie de Grenoble ont accepté de chacune co-concevoir une mission LabNbook avec nous et de la réaliser en classe avec leurs élèves. La co-conception de la séance consiste à choisir les étayages implémentés dans l'EIAH, étayages qui s'activeront seulement pendant la réalisation de la séance. Il existe donc deux temps permettant l'analyse du partage de l'étayage entre l'EIAH LabNbook et l'enseignant : lors de la co-conception de la séance et lors de la réalisation de cette séance.

Cette analyse se fait grâce à des données recueillies lors de notre expérimentation, données qui correspondent essentiellement aux interventions orales de l'enseignante que ce soit lors d'entretiens pendant la phase de co-conception de la séance ou lors de sa réalisation.

A partir de ces données, nous cherchons à formaliser la façon dont l'enseignante étaye le travail de l'élève en établissant lorsque cela est possible la technique d'étayage et l'objet visé par l'étayage.

Pour identifier les éléments de l'objet visé par l'étayage, l'organisation praxéologique de la séance d'enseignement a été réalisée.

Dans les quatre parties qui suivent sont présentés les résultats et leur analyse : dans la partie 3, nous présentons la construction de la praxéologie de la séance d'enseignement et sa transposition dans la plateforme LabNbook ; dans la partie 4, est analysé le partage de l'étayage entre enseignant et EIAH lors de la co-conception de la séance ; dans la partie 5, il s'agit de l'analyse du partage de l'étayage lors de la réalisation de la séance complète et enfin, dans la partie 6, c'est le partage de l'étayage lors de deux étapes particulières de la séance (formulation de l'hypothèse et conception du protocole) qui est analysé finement.

Partie 3. Conception de la séance d'enseignement et transposition dans la plateforme numérique LabNbook

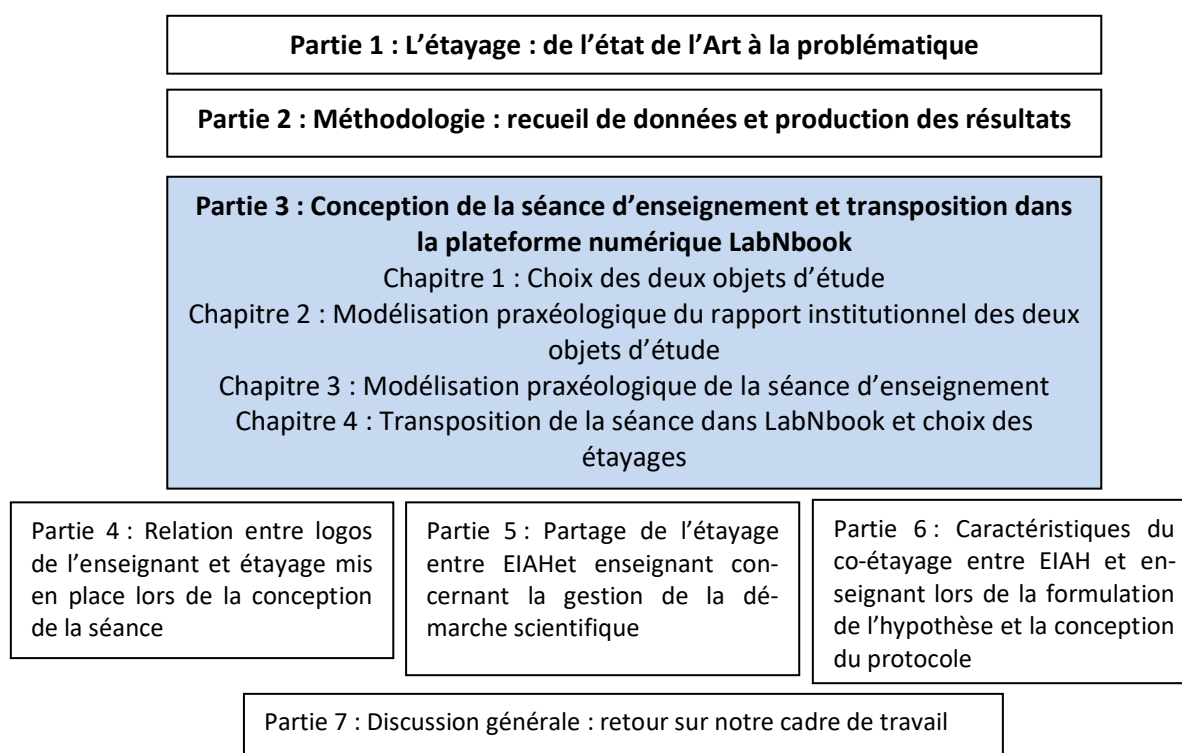


Figure 12 : Avancée dans le manuscrit

L'analyse de l'étayage d'un enseignant dans notre travail de thèse se fait à partir d'une séance d'enseignement conduite par celui-ci, séance portant sur deux objets : la plasticité cérébrale et la démarche scientifique.

Pour analyser l'étayage mis en place par les enseignants, il est nécessaire d'explicitier le rapport institutionnel aux deux objets d'étude pris en compte dans notre séance d'enseignement. En effet, les enseignants dont nous allons analyser les actions en classe appartiennent à une institution et la mise en œuvre de leur étayage se fait au sein de cette institution. Pour analyser avec finesse l'action enseignante, le rapport institutionnel aux deux objets d'étude l'objet « plasticité cérébrale » et l'objet « démarche scientifique » doit être explicité. Or, le rapport institutionnel, nous l'avons vu dans la première partie de ce travail, est approché par la modélisation praxéologique ce qui implique la réalisation de l'analyse écologique et praxéologique de ces deux objets d'étude avant de proposer une séance d'enseignement pouvant être conduite en lycée.

Pour concevoir la séance d'enseignement, nous nous sommes appuyés sur deux ressources : une séance proposée par l'ifé³⁹ pour une classe de Première S, séance disponible en ligne et la praxéologie commune des sujets de l'évaluation des capacités expérimentales.

C'est pourquoi sont présentées tout d'abord et après leur analyse écologique, les praxéologies institutionnelles concernant la plasticité cérébrale et la démarche scientifique au lycée avant de présenter la modélisation de la séance par la praxéologie et sa transposition dans la plateforme numérique LabNbook.

Il s'agit cependant maintenant de justifier notre choix quant aux deux objets d'étude : la plasticité cérébrale et la démarche scientifique.

³⁹ Séance pouvant être consultée sur le site : <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/vision/enseigner/reconnaissance-visuelle-des-mots-et-plasticite/ressources-reconnaissance-visuelle-des-mots/cas-nb01-patient-atteint-dune-hemi-alexie-gauche>

Chapitre 1. Choix des deux objets d'étude

Il s'agit alors maintenant d'énoncer le concept scientifique et les raisons pour lesquelles nous l'avons choisi pour notre étude.

I. La plasticité cérébrale

Pour notre recherche, nous avons choisi un objet scientifique : la plasticité cérébrale en classe de Première S. La notion de plasticité cérébrale n'est apparue dans les programmes de lycée que dans les programmes de 2002 en classe de Première S, l'institution semblant ainsi répondre à Clément⁴⁰ et Cottencin⁴¹ qui s'interrogeaient, en 1998 : « Pourquoi la plasticité cérébrale n'est-elle pas non plus enseignée dans le Secondaire ? » (Clément, 1998, p. 66). Le concept de plasticité cérébrale, au sens moderne du terme, s'appuie en effet sur un article qualifié de fondateur de Raisman paru en 1969 (Droz Mendelzweig, 2010). Il a fallu, comme pour tout concept, que le temps de la transposition didactique⁴² se réalise.

Ce concept de plasticité cérébrale a été choisi pour plusieurs raisons :

Il s'agit d'un concept de Biologie enseigné depuis seulement 2002. Il s'agit de s'opposer à l'idée d'un cerveau figé après l'enfance dont la construction dépend surtout de l'information génétique, conception répandue dans l'opinion (Molinatti, 2007) mais aussi dans les manuels scolaires de début des années 2000 (Forissier & Clément, 2003). La notion de plasticité cérébrale s'appuie aussi sur l'idée qu'après un dommage cérébral, la fonction cérébrale perdue est compensée par une réorganisation du réseau de neurones plutôt que par une multiplication des neurones. Il nous a paru intéressant de comprendre comment l'enseignant pouvait prendre en compte ce que savaient les élèves des neurones (en effet, pourquoi pourraient-ils s'imaginer que des neurones peuvent ne pas se multiplier comme une cellule de la peau par exemple ?) et comment il pouvait aider (ou ne pas aider) à faire comprendre qu'une zone du cerveau pouvait changer de fonction cognitive.

⁴⁰ Clément, P. (1998) Situated conceptions: Theory and methodology. From the collection of data (on the brain) to the analyse of conceptions. In Actes workshop ESERA, Marly-le-Roi, sept. 1998 cité par Clément (1998).

⁴¹ Cottancin, D (1998). Entre connaissances et opinions : les conceptions de futurs enseignants de Lycée sur le cerveau et son épigénèse. Mémoire de DEA. Lyon 1. (1998) cité par Clément (1998).

⁴² le délai de transposition didactique « mesure la durée qui sépare la publication d'une recherche et l'introduction des résultats de cette recherche dans les programmes ou manuels scolaires » (Clément, 2013).

Analyser l'étayage de la démarche expérimentale, étayage prodigué par LabNbook ou par le professeur, nécessite le choix d'une séance pouvant mettre en jeu des étapes de la démarche scientifique et en particulier la conception d'un protocole testant une hypothèse. Or, l'examen du problème amené par la situation d'apprentissage choisie (la récupération de la fonction de lecture après un AVC) nous montrait qu'il ne pouvait y avoir que deux types d'hypothèses testables en classe : soit les neurones lésés par l'AVC étaient régénérés soit leur fonction était prise en charge par des neurones d'une autre zone du cerveau. Nous laissons donc les élèves libres de formuler leur hypothèse tout en sachant que c'était une même manipulation qui pouvait venir les tester toutes les deux.

Nous voulions limiter les bruits liés à l'expérimentation. Deux éléments de la séance et inhérents à l'expérimentation correspondent à des ruptures dans le contrat didactique : l'utilisation pour la première fois de la plateforme numérique LabNbook et la production des étapes fines d'un protocole par les élèves. C'est pourquoi nous avons voulu nous concentrer sur une séance ouvrant sur un protocole proposant des actions uniquement liées à la pratique expérimentale en Biologie. En effet, un écueil auquel s'était heurtée Bonnat (2017) lors de son expérimentation avec LabNbook avait été la difficulté pour les élèves de mobiliser les aspects spécifiques à la chimie (choix de la verrerie, calcul d'un volume). Cette auteure avait alors avancé que l'interdisciplinarité « peut être à l'origine de difficultés » (2017, p. 91) Nous éliminons ce type de difficultés car le matériel expérimental dans la séance correspond au logiciel Eduanatomist ainsi que des images IRM anatomiques et IRM fonctionnelles qui sont du matériel avec lequel les élèves ont l'habitude de travailler en biologie. Ce concept permet donc de travailler avec du matériel « virtuellement biologique ».

Le concept de plasticité cérébrale est enseigné depuis 2012 à la fois en Première S et en Terminale S, ceci étant sans doute révélateur de l'importance prise du concept dans les sciences cognitives très présentes dans l'éducation. Gausse et Reverdy (2013) notent d'ailleurs que les neurosciences sont au goût du jour. Comme cet objet existe en classe de Terminale S et de Première S, il nous a été confortable en début de travail de thèse de pouvoir envisager des expérimentations à la fois en classe de Première et de Terminale. Nous nous sommes finalement axées sur l'étayage en Première S mais le travail préparatoire pour le niveau de Terminale S nous a, bien sûr, nourries.

Enfin, une séance proposée par l'Ifé⁴³ pour la classe de Première S et un sujet récurrent des ECE pour les épreuves de baccalauréat portaient sur la notion de plasticité cérébrale. Nous nous en sommes inspirées ; il était rassurant pour nous de nous appuyer sur des séances déjà éprouvées.

⁴³ La séance peut être consultée à : <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/perception-sensorielle-1/vision/enseigner/reconnaissance-visuelle-des-mots-et-plasticite/accueil-demarche-pedagogique-reconnaissance-visuelle-des-mots-et-plasticite-cerebrale>.

Les responsables de l'équipe Neurosciences entre 2010 et 2012 étaient Guillaume Rami et Rejane Monod-Ansaldi, s'y rajoutent les auteurs Christian Cervoni, Eric Chauvet, Laëritia Dubrocard, Christine Montixi, Frédérique Robert-Luck, Sandrine Beaudin, Yannick Teral et Sandrine LeCoq, Nathalie Noris et Anne Florimond, Sylvie Fanfano, Frédérique Cordier, Denis Michel.

Pour toutes les raisons que nous venons d'évoquer, nous avons choisi le concept de plasticité cérébrale.

Nous expliquons maintenant pourquoi il nous a été indispensable d'explicitier le rapport institutionnel de l'objet Démarche scientifique.

II. La démarche scientifique

Il existe une constante dans l'enseignement des sciences : l'enseignement non seulement de concepts qui sont le résultat de travaux de recherche en laboratoire mais aussi l'enseignement de la façon dont ces concepts ont été construits au sein de ces laboratoires.

Nous voulons, pour notre recherche, comprendre comment s'établit l'étayage des enseignants vis-à-vis de l'enseignement de cet objet d'étude qui est la démarche scientifique. Nous utilisons ce vocable suivant en cela Drouart (2008) et Pélissier et Venturini (2016) ; d'autant plus que dans les programmes de SVT du lycée de 2019, c'est aussi le nom de la démarche scientifique qui est utilisée. L'analyse de l'étayage mis en œuvre par chaque enseignante passe par l'identification dans leur discours des éléments praxéologiques de la praxéologie institutionnelle de l'objet démarche scientifique. Nous devons donc construire cette praxéologie institutionnelle.

La volonté de promouvoir la méthode scientifique au sein de l'École découle de la réforme de 1902 du Secondaire, réforme inspirée par le positivisme d'Auguste Comte et introduisant l'idée que la science en classe doit être expérimentale et que les résultats de la science résultent d'un raisonnement (Belhoste, 1990). Depuis, le positivisme à la française s'est essoufflé : les enquêtes internationales montrent que les élèves français ne sont pas parmi les plus brillants élèves des pays de l'OCDE en mathématiques ni en sciences (Cens et al., 2007; Rolland, 2006) et l'attractivité des études et métiers scientifiques est à la peine (Rocard, 2007). Portés par ces constats, un renouveau de l'enseignement scientifique existe depuis les années 90 (Bonnat, 2017). Des initiatives gouvernementales, en France, (telles que l'option Sciences Expérimentales en 1992, la démarche d'investigation au primaire en 1996 généralisée ensuite dans le secondaire, les TIPE en classes préparatoires scientifiques, les TPE et les ECE en 2001) ou aux USA avec une généralisation de l'Inquiry-Based Science Education (IBSE) au début des années 1990, promeuvent un enseignement scientifique d'investigation basée sur une recherche personnelle à partir d'une problématique émergeant au sein du cadre intellectuel existant. Cet élan, porté parfois par des scientifiques de renom tel Georges Charpak, prix Nobel de Physique (1992) en France pour la démarche d'investigation en Primaire, avec la mise en place de l'association « La main à la pâte », est le résultat de au moins deux constats : l'apprentissage est plus actif et produit du sens lorsqu'il est intégré au sein d'une démarche d'investigation (Zacharia et al., 2015) et d'autre part l'enseignement scientifique actuel est décrit comme trop théorique (Rolland, 2006).

Chapitre 1 : Choix des deux objets d'étude

Fortes de l'abondante littérature portant sur l'enseignement de la démarche scientifique, nous avons établi dans la Partie 3.Chapitre 2.II (page 162) la praxéologie institutionnelle de l'objet d'enseignement : la démarche scientifique en classe de lycée.

Chapitre 2. Modélisation praxéologique des deux objets d'étude par la praxéologie : Plasticité cérébrale et Démarche scientifique dans la filière scientifique du lycée

Table des matières du Chapitre 2

I.	Construction de la praxéologie institutionnelle concernant le concept de plasticité cérébrale	140
I.1.	Des éléments du savoir de référence	141
I.1.1.	La plasticité cérébrale chez l'embryon	141
I.1.2.	La plasticité chez le jeune	142
I.1.3.	La plasticité à l'âge adulte : la plasticité comportementale	144
I.1.4.	Les mécanismes cellulaires de la plasticité.....	145
I.2.	L'analyse écologique des programmes et des manuels concernant l'objet Plasticité cérébrale ..	147
I.2.1.	L'analyse écologique des programmes concernant la notion Plasticité cérébrale	147
a.	L'habitat de l'objet Plasticité Cérébrale	147
b.	Les niches occupées par l'objet Plasticité cérébrale	147
I.2.2.	L'analyse écologique des manuels de Première S et de Terminale S	149
a.	L'habitat occupé par l'objet Plasticité cérébrale dans les manuels de 1èreS	149
b.	Les niches occupées par l'objet Plasticité cérébrale dans les manuels de Première S.....	150
c.	Les niches occupées par l'objet Plasticité cérébrale dans les manuels de Terminale S	151
I.2.3.	Bilan de l'analyse écologique des manuels de Première S et de Terminale S pour l'objet Plasticité cérébrale.....	151
I.3.	Des praxéologies des manuels à la praxéologie institutionnelle	152
I.3.1.	Les types de tâches.....	152
I.3.2.	Les techniques de la praxéologie institutionnelle.....	156
a.	Des valeurs de variables de types de tâches déterminant les techniques et les technologies. 156	
b.	Des techniques inhérentes au mode de fonctionnement de la biologie	157
c.	Des techniques associées recouvrant l'autre objet d'étude, la démarche scientifique	158
d.	Bilan concernant les techniques mobilisées par les praxéologies des manuels	158
I.3.3.	Les technologies mobilisées.....	159
I.3.4.	Les théories mobilisées.....	159
I.4.	Bilan : Synthèse de l'analyse praxéologique de l'objet Plasticité cérébrale.....	160
II.	Construction de la praxéologie institutionnelle concernant l'objet Démarche scientifique	162
II.1.	Des éléments d'épistémologie nécessaires pour construire la praxéologie institutionnelle.....	162

Chapitre 2 : Modélisation praxéologique du rapport institutionnel des deux objets d'étude : Plasticité cérébrale et Démarche scientifique dans la filière scientifique du lycée

II.1.1	Le premier domaine : la considération scientifique du monde.....	163
a.	Une compréhension possible du monde mais qui ne peut répondre à tout	163
b.	Des connaissances stables dans une science normale.....	163
II.1.2	L'enquête scientifique	164
a.	Une combinaison complexe de faits empiriques et de raison.....	164
b.	Des démarches associant « esprit de contrôle » et « esprit créatif »	165
c.	Des démarches pour tester des hypothèses	166
d.	Une science qui explique et qui prédit	166
II.1.3	Une science à la dimension sociale	166
II.2.	L'analyse écologique des programmes concernant l'objet « démarche scientifique »	167
II.2.1	Les zones habitées par l'objet démarche scientifique	167
II.2.2	Les objets associés à l'objet Démarche scientifique	168
II.3.	La praxéologie institutionnelle de l'objet « démarche scientifique » au lycée	168
II.3.1	Les différents ingrédients de la technique du type de tâche $T_{\text{Démarche_Scientifique}}$ et les éléments de la technologie justifiant cette technique	168
a.	T=Formuler un problème scientifique.....	170
b.	T=Formuler une ou des hypothèses.....	171
c.	T=Expérimenter pour tester la validité d'une hypothèse = acquérir des résultats exploitables.....	172
d.	T= Raisonner avec les résultats obtenus	174
e.	T= conclure quant à l'hypothèse testée	177
f.	T= modéliser.....	177
II.3.2	La théorie justifiant les technologies.....	178
II.3.3	Bilan : Synthèse de l'analyse praxéologique de l'objet Plasticité cérébrale	178
III.	Conclusion du chapitre 2	179

Expliciter la praxéologie institutionnelle de l'objet d'étude (ici la plasticité cérébrale et la démarche scientifique) doit être considéré comme mener une « enquête » (Bonnat, 2017, p. 84). La formalisation de la praxéologie institutionnelle nous permettra lors de l'analyse de l'étayage de déterminer les éléments qui sont visés par l'étayage et comment ils le sont.

L'investigation porte sur les textes produits par l'institution, comme les textes des programmes et autres textes d'accompagnement des programmes mais aussi sur les manuels scolaires (Ravel, 2003).

Dans les deux paragraphes qui suivent, nous présentons les praxéologies institutionnelles des deux objets d'étude : la plasticité cérébrale et la démarche scientifique.

I. Construction de la praxéologie institutionnelle concernant le concept de plasticité cérébrale

L'analyse des programmes et manuels et la construction de la praxéologie institutionnelle nécessitent l'explicitation d'éléments de connaissance concernant notre concept, c'est pourquoi une syn-

thèse sur les connaissances actuelles portant sur le concept de plasticité cérébrale est nécessaire. Elle est présentée dans la partie qui suit.

I.1. Des éléments du savoir de référence

Le domaine des neurosciences a actuellement le vent en poupe et le principe biologique opératoire au centre de ces neurosciences est la plasticité cérébrale ou neuroplasticité (Molinatti, 2007). Cette propriété devient un « véritable paradigme dans le champ des neurosciences » dans les années quatre-vingt-dix (Dupont, 2007, p. 60).

La plasticité cérébrale correspond à la capacité du système nerveux à se modifier lui-même sous l'influence du milieu extérieur ou du milieu intérieur (Didier, 2009, p. 15) et ces modifications se font à la fois au niveau fonctionnel et au niveau morphologique (Gandolfo et Grammont, 2005).

Des plasticités différentes sont distinguées en fonction du moment de la vie où se déclenchent ces mécanismes. Il y a la plasticité de développement ou intrinsèque et les plasticités adaptatives ou extrinsèques (Dupont, 2007; Gausse & Reverdy, 2013).

I.1.1 La plasticité cérébrale chez l'embryon

La neuroplasticité du développement correspond au modelage du cerveau pendant la vie périnatale, l'enfance et l'adolescence. Et, si l'on considère que la myélinisation des axones est la dernière étape de maturation du cerveau, alors on peut considérer que cet organe est mature vers trente ans (Dehaene, 2014).

La plasticité cérébrale est déjà à l'œuvre lors de la formation du cortex. Le cortex est la fine couche grise externe de l'encéphale formé des corps cellulaires des neurones. Le cortex est constitué de corps cellulaire de neurones qui appartiennent au tissu nerveux.

Le tissu nerveux se forme dès la troisième semaine après la fécondation à partir de la zone ectodermique située au-dessus de la chorde ; c'est l'induction neurale (Society for Neuroscience et al., 2013). Les neurones formant le cortex cérébral proviennent de la multiplication des cellules qui se déroulent de la quatrième semaine de gestation à la seizième semaine jusqu'à la naissance⁴⁴. Une fois formés au cœur de la structure nerveuse, les neurones migrent en se dirigeant vers la paroi externe. Les premiers neurones formés se déplacent et forment une première couche de cellules. Ils sont dépassés par des neurones plus jeunes ce qui fait que plus les neurones sont formés tardivement et plus ils migrent loin et forment donc la couche la plus externe du cortex (Society for Neuroscience et al., 2013). A l'issue de cette étape, le cortex est formé de six couches. Cette migration est guidée par les cellules gliales et se fait durant le dernier trimestre de la grossesse (Dehaene, 2014). C'est durant cette étape embryonnaire qu'existe une plasticité dans la construction des réseaux de neurones.

⁴⁴Cours d'embryologie mis en ligne par Le Campus Virtuel Suisse <http://www.embryology.ch/>

Alors que le neurone est en train de migrer, l'axone se développe et sa croissance est régulée par des molécules libérées par des cellules, molécules qui l'attirent ou au contraire qui le repoussent ; les dendrites, elles, se développent lorsque la migration du neurone est achevée (Dehaene, 2014). Les connexions entre ces dendrites et les axones d'autres neurones se mettent en place mais leur connexion n'est pas définitive. Cette labilité correspond à une forme de plasticité qui est, durant la vie embryonnaire, très importante. Seules survivent les branches collatérales des axones dont les synapses ont une activité suffisante : les cellules cibles « débranchent » les axones dont les informations ne sont pas suffisantes ou pas cohérentes (Dehaene, 2014; Society for Neuroscience et al., 2013). A ce niveau, la neuroplasticité correspond à cette sélection de connexions efficaces.

Les facteurs environnementaux interviennent dans la conservation des synapses efficaces. Par exemple, lorsqu'une mère mange des aliments avec de l'anis pendant sa grossesse, le nourrisson reconnaît cet arôme ; ceci montre que des connexions neuronales durant sa vie embryonnaire se construisent permettant la reconnaissance de ce stimulus (Dehaene, 2014). Durant la vie embryonnaire, les synapses qui interviennent successivement sont stabilisées du fait de la présence du stimulus.

Cependant, si l'environnement, comme nous venons de le voir, intervient, des facteurs intrinsèques contrôlent aussi la formation et la stabilisation de synapse. Par exemple, des maladies ayant comme origine une anomalie génétique comme le syndrome de Down ou le syndrome de l'X fragile provoquent des altérations du câblage avec pour conséquence des altérations des fonctions cognitives.

Donc, le développement des voies nerveuses et la mise en place des synapses lors de la période périnatale sont contrôlés à la fois par des facteurs intrinsèques et des facteurs environnementaux.

Après la naissance, le système nerveux n'est pas encore mature. Son développement se fait encore une fois sous l'influence des facteurs intrinsèques mais aussi environnementaux.

I.1.2 La plasticité chez le jeune

A la naissance, le cerveau est immature tant au niveau structural qu'au niveau fonctionnel. C'est durant la période post-natale que se mettent en place les grandes fonctions chez les mammifères (Didier, 2009). Après la naissance, l'élimination de certains neurones se poursuit et il y a une augmentation très forte du nombre de synapses dans le cortex jusqu'à environ deux ans (Vidal, 2012). Puis jusqu'à six ans, il y a diminution du nombre de connexions : seules les synapses efficaces sont conservées (Dehaene, 2014). Il s'agit du « processus de raffinement » qui conduit à sélectionner les connexions les plus efficaces avec intégration des informations provenant du milieu extérieur : les stimuli auditifs, visuels.... L'intensité de ce processus est très grande durant l'enfance et l'adolescence.

Ces périodes durant lesquelles les modifications des connexions en réponse à des stimuli extérieurs sont rapides et nombreuses ont été qualifiées d'abord de périodes critiques puis de périodes sen-

sibles, ce dernier adjectif sous-entendant un aspect moins définitif (Gaussel & Reverdy, 2013). Après la fin de ces périodes, les modifications des connexions sont moins faciles.

Des expériences devenues célèbres ont permis de montrer que la réversibilité du câblage dépendait « du moment et de la durée de la privation visuelle » et de l'influence de l'environnement et en particulier, les expériences sur la mise en place du système visuel qui ont été conduites par Hubel et Wiesel ce qui a valu à leurs auteurs l'obtention du prix Nobel de physiologie et de médecine en 1981 (Didier, 2009, p. 40). Dans une première série d'expériences, Hubel et Wiesel (1977) utilisent un marqueur radioactif injecté dans un seul œil d'un singe pour pouvoir suivre la mise en place du câblage entre l'œil et le cortex.⁴⁵ Une autre série d'expériences des mêmes auteurs porte cette fois-ci sur la maturation du système visuel chez le chat (Wiesel & Hubel, 1963)⁴⁶. Toutes ces expériences montrent une influence des facteurs environnementaux (ici la lumière) sur le câblage des voies visuelles. Mais, ces facteurs environnementaux ont, selon le mot de Schiffmann (2001, p. 16) un aspect permissif et non instructif. En effet, c'est d'abord sous influence génétique que se fait le câblage qui peut être modifié sous l'influence des activités neuronales et donc des influences environnementales.

⁴⁵ La grande majorité des axones des neurones ganglionnaires de la rétine (qui sont les fibres nerveuses du nerf optique) est connectée avec les neurones des corps genouillés latéraux. Ceux-ci sont organisés en couches et chacune d'elle reçoit des fibres provenant d'un seul œil. Puis, les neurones des corps genouillés latéraux se projettent dans la couche IV du cortex visuel primaire.

Pour un singe ayant les deux yeux ouverts, les voies visuelles des deux yeux ne se mélangent pas dans la couche IV du cortex et il existe une alternance de colonnes de dominance oculaire, chacune constituée par un ensemble de neurones activés uniquement par un seul œil. Cette organisation nerveuse explique la vision binoculaire et la « perception de la profondeur » (Schiffmann, 2001, p. 15). Pour un singe dont un œil est suturé entre deux semaines et dix-huit mois, les colonnes de dominance oculaire ne sont plus détectées. Les terminaisons axonales de l'œil resté ouvert occupent la place de celles de l'œil fermé. Il y a donc eu compétition entre les axones des neurones et seules les connexions efficaces, apportant une information sensorielle, sont non seulement conservées mais de plus occupent l'espace laissé libre dans le cortex. L'ouverture de l'œil ne modifiera pas cette organisation. Cette même expérience conduite chez un singe plus âgé ne provoque pas une telle désorganisation des colonnes de dominance oculaire. Ceci montre l'existence d'une période, proche de la naissance, durant laquelle les connexions neuronales se réalisent en fonction des facteurs environnementaux ; passée cette période, il n'est plus possible de modifier les connexions.

⁴⁶ Les neurones des couches II et III du cortex visuel peuvent recevoir des informations provenant des deux yeux. Si la microélectrode est implantée verticalement dans le cortex, chaque neurone rencontré réagit à la stimulation du même œil ; par contre, si elle est implantée en suivant un tracé oblique, l'électrode rencontre des neurones qui répondent de façon différente si c'est l'œil droit ou l'œil gauche ou les deux yeux qui sont stimulés (Coquidé & Tirard, 2007, p. 73). Ainsi, sept classes de neurones ont été détectées en fonction de l'œil gauche ou droit ou des yeux qui stimulent ce groupe de neurones : les neurones de classe 1 présentent une activité lorsque c'est l'œil gauche qui est stimulé tandis que pour les neurones de classe 7, c'est lorsque c'est l'œil droit qui est activé. Entre ces deux classes, les autres neurones présentent une activité quand ce sont les deux yeux qui sont stimulés soit de façon égale pour la classe 4 soit si c'est plutôt l'œil gauche de stimulé, ce sont les classes 2 et 3 et si c'est plutôt l'œil droit, alors ce sont les classes 5 et 6.

Lorsque l'œil d'un chaton est privé de lumière par saturation de la paupière durant les 18 premiers mois de sa vie, seule une activité des neurones de classe 7 (c'est-à-dire activés lorsque le seul œil non privé de lumière est stimulé) est enregistrée ainsi que celle de neurones dont il n'a pas été possible de déterminer la classe. L'ouverture de l'œil ne modifiera pas cette organisation. « Pendant une période critique du développement, il y a donc une compétition entre les différentes populations de fibres nerveuses pour maintenir les connexions adéquates dans le cortex visuel » (Schiffmann, 2001).

Donc, pendant l'enfance, la plasticité cérébrale est capitale pour la mise en place de certains réseaux de neurones. Passée une certaine période, la modification de ces réseaux de neurones ne semble plus possible. Par contre, et c'est l'apport de nombreuses études du XXIème siècle, des adaptations du système nerveux existent à l'âge adulte. Nous allons voir maintenant la plasticité cérébrale se déroulant dans un cerveau mature.

I.1.3 La plasticité à l'âge adulte : la plasticité comportementale

Les possibilités de récupération après une lésion ou simplement l'aptitude à apprendre sont les conséquences de la mise en œuvre des processus de la neuroplasticité qui existe encore à l'âge adulte.

Au niveau du système visuel, l'équipe de Dehaene (Laurent Cohen et al., 2000) s'est appuyée sur des IRMf d'adultes lecteurs ou non lecteurs en train de lire pour établir l'existence d'une zone de reconnaissance des mots écrits (Visual Word Form Area - VWFA) d'une zone dans le cortex occipito-temporal gauche. L'invention de l'écriture et donc de la lecture se sont mises en place trop récemment dans l'histoire pour qu'il puisse y avoir mise en œuvre des mécanismes de l'évolution conduisant à une spécialisation de cette zone cérébrale pour la lecture, c'est pourquoi Dehaene a proposé l'hypothèse du recyclage neuronal (Dehaene, 2015). Ainsi, la zone VWFA se développe aux dépens de l'aire responsable de la reconnaissance des visages de l'hémisphère gauche. La nouvelle fonction (ici la lecture) est prise en charge par des neurones existant et accomplissant déjà une fonction (ici la reconnaissance des visages). Le réarrangement des réseaux de neurones permet la modification de la fonction prise en charge. Cette hypothèse du recyclage neuronal a été confirmée par une activité des neurones de la zone VWFA augmentant avec le score de lecture chez des adultes. La compétition entre les connexions fait que si une partie des neurones du cortex visuel occipito-temporal gauche est détournée de sa première fonction à savoir la reconnaissance des visages, cela provoque aussi un réarrangement des connexions des neurones de la zone symétrique de l'hémisphère droit ; en effet, chez les lecteurs, cette zone est plus active lors de la reconnaissance des visages que chez les non lecteurs : il y a eu prise en charge de cette fonction par la zone de l'hémisphère droit. La réorganisation des réseaux avec leur raffinement autorise ces modifications de prise en charge de fonction.

On retrouve ces changements dans l'orientation de l'activité des neurones à la suite d'une lésion cérébrale. Cohen et al (2000) propose un cas clinique : après un AVC, un patient ne sait plus lire alors que le langage, la compréhension, la reconnaissance des mots lorsqu'ils sont épelés sont normaux. L'examen clinique montre que la zone VWFA a été endommagée par l'AVC. Après plusieurs mois de rééducation, ce patient lit de nouveau. L'IRMf de celui-ci en train de lire montre que c'est la zone de l'hémisphère droit qui est activée. Ainsi, cette zone prend en charge la fonction qui était d'abord dévolue à la VWFA. Cependant, la lecture du patient ne correspond pas à une reconnaissance immédiate du mot comme c'est le cas avec la VWFA mais une lecture lettre par lettre qui, du coup, diminue un peu les performances de lecture. Mais, cela ne change pas au fait que la fonction de lecture ne pouvant plus être prise en charge par la VWFA endommagée est prise en charge par la zone symétrique à droite.

Toujours en prenant l'exemple du cortex visuel, l'équipe de Pascual-Leone s'est-elle axée sur la plasticité cérébrale du cortex visuel lors de l'apprentissage du braille que le sujet soit voyant ou non (Sadato et al., 1998). Ces expériences montrent que l'apprentissage du braille passe par une réorganisation des réseaux de neurones conduisant à utiliser les neurones du cortex visuel pour la lecture du braille. Cet apprentissage se fait aussi chez des voyants dont les yeux sont bandés pendant plusieurs jours.

La plasticité existe aussi dans les divers autres éléments du cortex et pas seulement du cortex visuel. Ainsi, la neuroplasticité au niveau du cortex moteur a aussi été démontrée à de nombreuses reprises et en particulier en analysant les changements d'activation des zones cérébrales du cortex moteur des personnes pratiquant de la musique (Glaser & Schlaug, 2003). Les IRMf permettent de montrer les changements des zones cérébrales activées au fur et à mesure de l'apprentissage (Vidal, 2012). Ainsi, les zones activées lors du jeu d'un instrument se modifient avec l'apprentissage. Par contre, au niveau du cortex moteur, la plasticité n'est pas seulement cérébrale mais est aussi accompagnée ou précédée par celle de l'appareil musculaire. En effet, lorsque le muscle est utilisé, des changements de sa structure, de son métabolisme sont observés ; ce qui est l'inverse lorsqu'il n'est pas utilisé. La modification de la structure musculaire est donc aussi liée à son fonctionnement (Didier, 2009)⁴⁷.

Ainsi, le cerveau est plastique et cette faculté n'est pas l'apanage d'un cerveau jeune ; en permanence, les réseaux de neurones se réarrangent pour permettre une adaptation toujours plus efficace aux environnements extérieur et intérieur.

Cette plasticité repose sur des processus cellulaires.

I.1.4 Les mécanismes cellulaires de la plasticité

Un des principes cellulaires intervenant dans la plasticité cellulaire est la plasticité synaptique (Gausel & Reverdy, 2013, p. 5). Et, ce sont des travaux sur un petit animal de mer, l'Aplysie⁴⁸, qui ont apporté les éléments expliquant les phénomènes de neuroplasticité observés. Ces travaux ont été menés par Kandel dans les années soixante-dix ce qui lui a valu le prix Nobel de physiologie-médecine en 2000. Ces travaux ont mis en évidence le phénomène d'habituation correspondant à une diminution de la rétractation de la branchie de l'Aplysie avec l'augmentation de l'intensité de la stimulation mécanique du siphon. Or les neurones contrôlant le siphon et ceux contrôlant la branchie sont connectés par des synapses. La conséquence de la stimulation des neurones contrôlant le siphon est

⁴⁷ De même la neuroplasticité existe aussi non seulement au niveau du cortex cérébral mais aussi au niveau de structures plus profondes comme par exemple au niveau de l'hypocampe, structure nerveuse intervenant dans l'orientation spatiale. Maguire et ses collaborateurs (2000) ont montré une augmentation du volume de l'hypocampe des chauffeurs de taxi londonien en fonction de leur durée de pratique.

⁴⁸ L'Aplysie est un invertébré marin possédant un petit système nerveux central formé d'une vingtaine de milliers de gros neurones. Pour respirer, l'eau passe par un siphon avant de traverser les branchies afin que les échanges respiratoires aient lieu. Lorsque l'on stimule le siphon, la branchie se rétracte. La stimulation répétée du siphon provoque une diminution du retrait de la branchie. L'hypothèse qui a été testée dans les travaux de l'équipe de Kandell était que l'apprentissage correspondait à un renforcement des circuits neuronaux.

qu'il y a une désensibilisation des canaux calciques voltage dépendants de ces neurones présynaptiques ce qui empêche la libération des neurotransmetteurs ce qui provoque à partir d'une certaine intensité de stimulation une diminution importante des synapses entre les deux neurones⁴⁹. Ainsi, les réponses comportementales d'un animal, même s'il possède un système nerveux rudimentaire comme l'Aplysie, sont explicables par des phénomènes cellulaires eux-mêmes explicables par des phénomènes moléculaires et ceux-ci permettant la plasticité du système nerveux. Et, la plasticité synaptique qui se traduit par une modification du nombre de synapses, de la quantité de neurotransmetteur, ou de la faculté de réponse d'une synapse sont des processus qui interviennent dans la plasticité synaptique observée chez les vertébrés.

Un deuxième processus intervient dans la neuroplasticité, il s'agit de la repousse des fibres nerveuses périphériques. En effet, lors de la section de fibres, celles-ci peuvent repousser en direction ou non de leur cible initiale⁵⁰. Cependant, chez l'adulte, au niveau du système nerveux central, seules les dendrites repoussent après des lésions et les axones ne peuvent pas se régénérer (Dehaene, 2014).

Enfin, un autre processus permet aussi la plasticité cérébrale, il s'agit de la neurogenèse c'est-à-dire la multiplication des neurones. La neurogenèse chez l'adulte n'a pas pu être pensée pendant longtemps du fait du dogme de Ramon y Cajal qui rejette l'idée de neurones pouvant se multiplier⁵¹ (Stahnisch & Nitsch, 2002). Elle a été mise en évidence, pour le moment, dans des endroits limités du cerveau comme le bulbe olfactif et dans la zone sous ventriculaire (Prochiantz, 2010).

Les différents travaux qui se sont succédés construisent l'image d'un cerveau en perpétuelle reconstruction, à partir du moment où il se constitue jusqu'à la mort, reconstruction contrôlée par des facteurs internes et des facteurs environnementaux. Cette neuroplasticité s'exprime, de façon cohérente, aux différentes échelles d'observation d'un organisme : organe, cellulaire et moléculaire.

Ces éléments du savoir de référence nous permettent d'établir le rapport institutionnel de l'objet Plasticité cérébrale en analysant les programmes et les manuels de lycée scientifique.

⁴⁹ Un autre phénomène d'adaptation a été exploré avec l'Aplysie, c'est le phénomène de sensibilisation. La sensibilisation correspond au fait qu'il y a rétractation de la branchie après une stimulation du siphon qui normalement n'apporte pas de réponse si auparavant, une stimulation de faible fréquence a été suivie d'un choc électrique sur la queue de l'Aplysie. Ce comportement est associé à une réponse cellulaire qui est une augmentation de l'amplitude du potentiel post synaptique dans le neurone post synaptique. Ce phénomène est expliqué par une inactivation des canaux à K^+ lié à leur phosphorylation provoquée par la réponse à un neuromodulateur (la sérotonine) libéré par un petit neurone nociceptif activé lors du choc électrique.

⁵⁰ Cette régénération dépend de la localisation de la section, proche ou non du corps cellulaire du neurone mais aussi de l'âge du sujet : plus la section est éloignée du corps cellulaire et plus le sujet est jeune (à l'exception des nouveaux-nés) et plus la repousse se fait de façon efficace (Desouches et al., 2005).

⁵¹ « But the functional specialization of the brain imposed on the neurones two great lacunae; proliferative inability and irreversibility of intraprotoplasmatic differentiation. It is for this reason that, once the development was ended, the founts of growth and regeneration of the axons and dendrites dried up irrevocably" Ramón y Cajal, S.R. (1913–14) *Estudios sobre la degeneración del sistema nervioso*. Moya in (Stahnisch & Nitsch, 2002, p. 591).

I.2. L'analyse écologique des programmes et des manuels concernant l'objet Plasticité cérébrale

I.2.1 L'analyse écologique des programmes concernant la notion Plasticité cérébrale

L'analyse écologique des programmes permet de repérer les niches écologiques occupées par l'objet Plasticité cérébrale ; l'analyse des manuels permet de retrouver ces niches écologiques colonisées grâce à des praxéologies que nous explicitons.

a. L'habitat de l'objet Plasticité Cérébrale

Que ce soit en Première S ou en Terminale S, l'objet « plasticité cérébrale » se trouve dans le même thème : **Corps humain et santé**.

En Première S, il se trouve au sein de la partie 3-C De l'œil au cerveau : quelques aspects de la vision et du chapitre : Cerveau et vision : aires cérébrales et plasticité et en Terminale S, il se trouve au sein de la partie 3-B Neurone et fibre musculaire : communication nerveuse et du chapitre : Mouvement volontaire et plasticité cérébrale.

Ainsi, l'habitat de l'objet en Terminale est en partie le même que celui de Première puisqu'il s'agit du thème Corps humain et Santé ; cependant, dans la dernière classe du lycée, c'est au niveau du cortex moteur qu'est étudiée la plasticité cérébrale et pas au niveau du cortex sensoriel visuel comme en Première S. Il y a là un élargissement de l'habitat de l'objet au sein de la filière scientifique.

b. Les niches occupées par l'objet Plasticité cérébrale

Dans les textes des programmes de Première S et Terminale S, l'objet Plasticité cérébrale colonisent des niches grâce à la mobilisation de notions. Les tableaux de l'Annexe 2 proposent la mise en regard des éléments des textes du programme de Première S et Terminale S et les niches colonisées.

Conformément au texte du curriculum, la niche « plasticité comportementale » est commune aux textes du programme de Première S et de Terminale S :

- La niche correspondant à l'apprentissage, la mémorisation avec la plasticité comportementale est commune aux niveaux de Première S et de Terminale S. Ainsi, un « bon » élève de l'institution aura construit, à la fin du lycée, un rapport personnel à la plasticité cérébrale correspondant à une aptitude qui touche à la fois le cortex sensoriel visuel et le cortex moteur, ceci conduisant à la construction d'une représentation d'un cerveau modulable et adaptable. Dans les deux niveaux, il est demandé à ce que des IRM et autres cartes motrices soient exploitées. Ceci correspond au fait que l'accès au fonctionnement du cerveau semble aisée à l'aide des IRM car les images apparaissent comme à la fois « plus attrayantes, plus accessibles qu'un texte » (Mafféo, 2007, p. 113)

Les niches occupées par l'objet plasticité cérébrale existant uniquement dans le texte du programme de Première S sont :

Chapitre 2 : Modélisation praxéologique du rapport institutionnel des deux objets d'étude : Plasticité cérébrale et Démarche scientifique dans la filière scientifique du lycée

- La niche correspondant à l'influence des facteurs de l'environnement sur ce qui est déterminé par l'information génétique avec la plasticité développementale : A l'issue de la classe de Première S, un élève doit avoir construit l'idée que la mise en place d'une organisation nerveuse obéit à la fois à un plan rigide contrôlé par une information génétique, résultat de l'évolution, et aussi à la plasticité cérébrale qui permet une modification des structures par l'expérience personnelle en exploitant les expériences de maturation du système visuel. Ceci est un exemple de la complexité de la biologie avec l'interaction de l'information génétique et des facteurs de l'environnement (Jacrot et al., 2006).
- La niche correspondant à l'explication cellulaire voire moléculaire de phénomènes observés au niveau macroscopique avec l'explication des phénomènes comportementaux (l'apprentissage, la lecture ...) observables à l'échelle macroscopique par des « circuits neuroniques » c'est-à-dire des mécanismes cellulaires qui nécessitent une répétition des stimuli. Ceci est un exemple de la complexité des différentes échelles d'explications en biologie.

La niche « Plasticité réparatrice » n'existe que dans le texte du programme de Terminale S :

- Cette niche correspond à la récupération de la fonction motrice après une lésion cérébrale. La perte d'une fonction motrice suite à une lésion du cortex moteur peut être (en partie) récupérée du fait de la plasticité cérébrale du cortex moteur.

Toutes ces niches sont occupées grâce à la mobilisation d'objets existant au niveau du cortex sensoriel visuel en Première S et au niveau du cortex moteur en Terminale S. Ces différentes plasticités sont explorées à l'aide de résultats d'expériences sur la maturation du cortex visuel et d'imagerie du cerveau permettant de visualiser son fonctionnement (IRM, cartes motrices). Les limites de la plasticité cérébrale ne sont pas les mêmes : elles sont situées en début de vie, avec la plasticité développementale, pour la Première S et pour la fin de la vie, avec le vieillissement, avec la Terminale S⁵².

Le tableau ci-après propose une synthèse de l'analyse écologique pour les deux niveaux d'enseignement.

⁵² Une analyse écologique nécessite de se demander pourquoi certains objets sont absents. Rappelons ce que disait Chevallard (1994, p. 142): « [le petit mot pourquoi] permet de s'interroger, non seulement sur ce qui est [...] mais encore de se demander pourquoi ce qui n'est pas, n'est pas... ». Nous nous interrogeons ainsi sur la disparition de la notion de période critique (ou période sensible) qui existait dans le programme de 2001. Est-ce pour lutter contre la vision d'un cerveau déterminé par la génétique ? Gaussel et Reverdy (2013) dénoncent le « neuromythe » des périodes critiques. Il nous semble cependant nécessaire de préciser que si, effectivement, l'apprentissage est possible toute une vie, certaines fonctions qui ne sont pas acquises pendant certaines périodes post-natales sont définitivement perdues. Il s'agit là de faits qui ne peuvent être niés. Par exemple, le langage ou la vision binoculaire doivent être acquis avant un certain âge sous peine de ne pas développer ces aptitudes. Ainsi, pour nous, dire que pour certaines fonctions, il existe des périodes critiques (ou sensibles) de mise en place ne remet absolument pas en cause le fait que l'on peut apprendre à tout âge. Un autre objet est absent : l'explication de la plasticité chez le jeune au niveau cellulaire. Ces phénomènes cellulaires reposent à la fois sur les modifications des réseaux de neurones mais aussi sur la disparition de la possibilité d'établir certaines synapses (Gandolfo & Grammont, 2005). Peut-être pouvons nous nous avancer qu'actuellement il est plus « correct » d'enseigner un système biologique dynamique, réactif et s'adaptant à l'environnement plutôt qu'un système rigide et structuré de façon définitive.

Tableau 7 : Schéma bilan de l'analyse écologique des programmes de Première et Terminale S sur la plasticité cérébrale

Plasticité cérébrale					
Niche « Plasticité développementale » (Première S)	Niche « Plasticité comportementale » (Première S et Terminale S)			Niche « Plasticité réparatrice » (Terminale S)	Niche « Plasticité cellulaire » (Première S)
Explorée à partir des expériences sur la maturation du cortex visuel	Au niveau du cortex sensoriel visuel	Au niveau du cortex moteur	Au niveau de tout le cerveau	Au niveau du cortex moteur	Au niveau de l'apprentissage
Explorée à partir des IRM	Explorée à partir des cartes motrices	Structuration innée	Vieillesse, hygiène de vie	récupération du cerveau	Explorée à partir des cartes motrices

Légende : sans trame, uniquement en classe de Première S, avec la trame bleue: uniquement en classe de Terminale S, avec la trame verte, dans les deux niveaux.

Si les programmes sont les textes à partir desquels les professeurs construisent leur rapport personnel aux objets enseignés, les manuels disponibles sont aussi un élément important dans la construction de ce rapport (Chaachoua, 2010). C'est pourquoi nous présentons l'analyse écologique des manuels ci-après. L'analyse des manuels permet d'établir la façon dont les niches écologiques existantes dans le programme sont prises en compte par les auteurs de manuels.

I.2.2 L'analyse écologique des manuels de Première S et de Terminale S

a. L'habitat occupé par l'objet Plasticité cérébrale dans les manuels de 1èreS

Des pages des manuels sont consacrées à la construction de l'objet, intitulées de façon différentes selon les manuels : Unités (manuel Belin), Activités pratiques (Bordas) et Activités (Nathan) mais aussi dans les pages d'exercices.

Pour les manuels de Première S, l'habitat de l'objet Plasticité cérébrale est constitué par les pages de cours nommées : Unité, Activité pratiques ou Activités et par des pages d'exercice. Le nombre de pages augmente entre le manuel de Première S et celui de Terminale S : de 3,7 pages en moyenne en Première S, on passe à 5,7 pages en moyenne pour les manuels de Terminale S⁵³.

⁵³ Première S : Belin : 4 pages + 0,5 page exercice, Bordas : 2 pages + 0,5 page exercice et Nathan : 2 pages + 2 pages exercice Terminale S : Belin : 4 pages, Bordas : 4 pages + 1 page exercice et Nathan : 6 pages et 2 pages exercices

b. Les niches occupées par l'objet Plasticité cérébrale dans les manuels de Première S

La consultation des pages des manuels de Première S dévolues à l'objet Plasticité cérébrale permet d'établir quels objets sont pris en compte, la nature des relations entre la notion étudiée, la plasticité cérébrale et ces objets.

Toutes les niches identifiées dans le texte du programme de Première S sont colonisées si l'on prend en compte l'ensemble des manuels et la colonisation se fait par des objets qui sont en relation avec des résultats d'expériences « célèbres »⁵⁴ qui ont valu à leurs auteurs un prix Nobel, Kandel en 2000 (expérience sur l'Aplysie) et Hubel et Wiesel en 1981 (expérience sur la maturation du cortex visuel du chat et du singe) ou une grande renommée comme Dehaene (expérience quant à la zone de lecture) ou Pascual-Leone (expérience quant à l'apprentissage du braille).

Concernant les deux niches Plasticité développementale et Plasticité comportementale, les trois manuels proposent l'influence sur la construction des structures nerveuses des facteurs de l'environnement lors de la période de l'enfance. Un seul manuel, le Bordas, propose une activité montrant une structuration des voies visuelles sous le déterminisme de l'information génétique.

Par contre, une niche existe alors qu'elle n'est pas au programme : la plasticité réparatrice et un objet existe alors qu'il n'était pas non plus évoquée par le programme : c'est la période critique.

Le tableau en Annexe 3 propose une synthèse de la contextualisation scientifique de l'occupation des niches écologique par l'objet Plasticité cérébrale dans des manuels de Première S.

⁵⁴ L'occupation de la niche « Plasticité développementale » se fait dans les trois manuels par les expériences de maturation du cortex visuel menées par Hubel et Wiesel sur des chatons ou sur des jeunes singes (Hubel et al., 1977; Wiesel & Hubel, 1963). Ces expériences montrent qu'avant un certain âge, la présence ou non de lumière permet de modifier les structures des voies nerveuses visuelles. Par contre, deux manuels, Belin et Bordas, font construire la notion d'irréversibilité de la structuration des voies nerveuses une fois passée la période sensible, notion au programme de 2001 mais qui a disparu dans les textes de 2011. L'habitude de construire la notion (Hirn, 1995) de période critique avec l'expérience sur les chatons dont un œil est privé de lumière est difficile à oublier.

L'occupation de la niche « plasticité comportementale » se fait par les trois manuels avec une activité montrant l'effet de l'apprentissage pour la plasticité cérébrale comportementale impliquant le cortex visuel en prenant comme contexte la lecture. Seul le manuel Bordas ne considère que la lecture en braille. Les auteurs des manuels suivent en cela les recommandations du programme qui demandait de montrer la plasticité comportementale avec la reconnaissance des mots. Ces contextualisations s'appuient sur les travaux de la mise en évidence de la zone VWFA de l'équipe de Dehaene (Laurent Cohen et al., 2000) et sur la lecture en braille avec les travaux de l'équipe de Pascual-Leone (Merabet et al., 2008; Sadato et al., 1998).

Un seul manuel occupe la niche en utilisant l'objet « Structuration innée » ; il s'agit du Bordas. L'activité permet de montrer que la mise en place des voies nerveuses obéit à une information génétique qui est commune aux Mammifères.

La niche « Plasticité cellulaire » n'est occupée que par un seul manuel, le manuel Belin (expériences sur l'Aplysie, Eric Kandel, prix Nobel en 2000).

Le manuel Nathan, propose une activité construisant la notion de plasticité réparatrice après une lésion à propos de l'adaptation du cerveau d'une fillette opérée d'une partie du cortex arrière gauche dans laquelle se trouve l'aire de « la lecture » ou aire VWFA (Laurent Cohen et al., 2004).

Nous continuons notre exploration du rapport institutionnel en réalisant maintenant l'analyse écologique pour l'objet Plasticité cérébrale des manuels de Terminale S.

c. Les niches occupées par l'objet Plasticité cérébrale dans les manuels de Terminale S⁵⁵

Les manuels de Terminale S conformément au programme permettent d'occuper les niches correspondant à la plasticité comportementale et réparatrice en s'axant sur le cortex moteur. L'objet « hygiène de vie » n'est pas, par contre, développé par tous les manuels tandis que les objets « structuration innée » et « période critique » ne sont normalement pas au programme.

Les activités liées à la neurogenèse et à la repousse des fibres peuvent permettre d'occuper deux niches, celle de la plasticité réparatrice et celle de la plasticité cellulaire, cette dernière est hors programme.

I.2.3 Bilan de l'analyse écologique des manuels de Première S et de Terminale S pour l'objet Plasticité cérébrale

L'analyse écologique des manuels montre une certaine conformité entre les niches à coloniser prescrite par les textes du curriculum et celles qui le sont effectivement dans les manuels. Quelques éléments sont à la limite du programme. L'ensemble des niches des deux niveaux de la filière scientifique est colonisé par l'ensemble des manuels. Ainsi, la couverture complète du programme nécessite la prise en compte de l'ensemble des manuels. La construction de la praxéologie institutionnelle que nous cherchons à réaliser nécessite donc de prendre en compte l'ensemble des praxéologies proposées par l'ensemble des manuels.

Les tableaux en Annexe 4 proposent un récapitulatif des niches identifiées dans les textes du programme et des manuels et la façon dont ces niches sont colonisées dans les manuels.

L'analyse écologique permet de déterminer les objets occupant des niches. Cependant, cette analyse écologique ne permet pas de modéliser les activités ; c'est l'analyse praxéologique qui permet de le faire. C'est ce que nous vous présentons ci-après.

⁵⁵ L'occupation de la niche « Plasticité comportementale » est réalisée par l'exploration au niveau du cortex moteur par tous les manuels. Les travaux portant sur l'apprentissage du piano ou des exercices de pianotage sont communes à tous les manuels. De même, les effets de la vieillesse sont traitées par tous les manuels mais cependant à une échelle différente : performance intellectuelle ou au niveau cellulaire. Par contre, l'effet de l'hygiène de vie sur la plasticité cérébrale n'est traité que par le manuel Nathan. La niche Plasticité réparatrice est aussi occupée par chacun des manuels. La niche plasticité cellulaire c'est-à-dire la plasticité cérébrale au niveau cellulaire n'a normalement pas à être occupée en Terminale or le manuel Bordas propose des activités permettant d'identifier des aspects cellulaires de la plasticité cérébrale, neurogenèse et repousse périphérique des fibres. D'autre part, la mise en évidence de l'existence d'une fenêtre sensible pour l'apprentissage d'une seconde langue est proposée par le manuel Nathan. Il s'agit là de l'occupation de la niche « Plasticité développementale » qui normalement n'est pas au programme de Terminale S.

I.3. Des praxéologies des manuels à la praxéologie institutionnelle

Les textes de programme n'indiquent pas les praxéologies à mettre en œuvre pendant les séances. L'analyse des manuels permet d'établir la praxéologie institutionnelle permettant alors d'approcher le rapport institutionnel à l'objet. L'analyse praxéologique permet d'établir les praxéologies associées aux textes de programme.

Dans cette partie, sont présentés les résultats de l'analyse praxéologique des manuels de Première S. Nous les avons mis en relation avec les niches écologiques établies au cours de l'analyse précédente. Dans les paragraphes qui suivent, sont présentés quelques commentaires concernant les différents éléments constituant le quadruplet praxéologique : les types de tâches, les techniques, les technologies et les théories.

L'analyse a consisté à établir les praxéologies pour chaque consigne de manuel.

I.3.1 Les types de tâches

Que ce soit dans le manuel de Première S ou celui de Terminale S, les types de tâches communes aux manuels ont été identifiés et il a été possible de les structurer autour d'un générateur de types de tâches à l'aide d'un jeu de variables.

Cinq générateurs de types de tâches différents sont identifiés dans les manuels :

- $[GT_{Arg_PC}] = \text{Montrer en pratiquant une démarche scientifique } (V_1) \text{ qu'il existe au niveau du cortex cérébral } (V_2) \text{ une plasticité à différents moments de la vie } (V_3) \text{ présentant des caractères pouvant varier dans le temps } (V_4), \text{ chez un être vivant } (V_5) \text{ lors de la pratique d'une activité } (V_6) \text{ par un raisonnement à partir de données issues de documents } (V_7).$
Avec v_1 , type d'argumentation, v_2 , type de cortex, v_3 , type de plasticité, v_4 , laps de temps durant laquelle la plasticité peut être observée, v_5 , type d'être vivant, v_6 , type d'activité observée et v_7 , type de ressources.
- $[GT_{Arg_Orga/Commune_Singe_Chaton_Graph/sché\text{m}/\text{texte}}] = \text{argumenter en faveur d'une structuration innée des voies fonctionnelles } (V_1') \text{ chez les mammifères } (V_2') \text{ lors d'un raisonnement construit à partir de données issues } (V_7).$
Avec v_1' , type de voies nerveuses, v_2' , type de mammifères et v_7 , type de ressources.
- $[GT_{Arg_PC_CortexMoteur_Evolution_Graphiques/Textes/IRMf/CartesMotrices}] = \text{argumenter en faveur d'une évolution de l'aptitude } (V_1'') \text{ du cortex à être plastique au cours de la vie lors d'un raisonnement construit à partir de données issues de } (V_7).$
Avec v_1'' , type de capacité et v_7 , type de ressources.
- $[GT_{Arg_PC_education-santé}] : \text{identifier les facteurs } (V_1''') \text{ limitant la diminution de la plasticité cérébrale avec l'âge par un raisonnement construit à partir de données } (V_7).$
Avec v_1''' , type de facteurs et v_7 , type de ressources.
- $[GT_{Arg_PC_Synapses}] = \text{argumenter en faveur d'une relation fonctionnelle entre plasticité synaptique } (V_1''') \text{ et plasticité corticale lors d'un apprentissage } (V_2''') \text{ lors d'un raisonnement réalisé à partir de données issues de } V_7.$
Avec v_1'''' , type de plasticité cellulaire, v_2'''' , type d'apprentissage et v_7 , type de ressources.

Partie 3 : Conception de la séance d’enseignement et transposition dans la plateforme numérique LabNbook

Avec GT_{Arg_PC} , un grand nombre de types de tâches des manuels peut être regroupé en jouant avec les valeurs des variables ce qui permet la colonisation des niches « Plasticité développementale » en Première S, « Plasticité réparatrice » et « Plasticité comportementale » en Première S et Terminale S mais pour l’un en s’appuyant sur la plasticité du cortex visuel et pour l’autre, sur le cortex moteur. L’analyse praxéologique permet de déterminer les valeurs des variables. Le tableau ci-après présente ces valeurs de variables pour le générateurs de types de tâches GT_{Arg_PC} .

Tableau 8 : valeurs des variables du générateur de tâches de $GT_{Dem-Expé_PC_Réparatrice}$ déterminées par l’analyse praxéologique

Variables	Valeurs des variables		
	Présent dans le manuel de Première S et de Terminale S	Présent dans le manuel de Première S	Présent dans le manuel de Terminale S
V ₁	Argumentaire Expérimentale		
V ₂		Visuel Auditif	Moteur
V ₃	Comportementale Réparatrice	Développementale chez le jeune	
V ₄		Effets irréversibles Effets réversibles	
V ₅	Homme Singe	Chat	
V ₆		Lecture en braille Jonglage Vision Lecture de mots	Apprentissage de la musique Mouvements fins avec les doigts Serrement du poing gauche Pratique du volley-ball
V ₇	Graphique Texte Schéma IRMa	IRMf Autoradiographie	Cartes motrices

Le tableau ci-après récapitule les types de tâches permettant l’occupation des niches identifiées. Les valeurs de variables varient en fonction des contextualisations scientifiques.

Chapitre 2 : Modélisation praxéologique du rapport institutionnel des deux objets d'étude : Pasticité cérébrale et Démarche scientifique dans la filière scientifique du lycée

Tableau 9 : Colonisation des niches écologiques par les organisations praxéologiques développées dans les manuels

		Plasticité cérébrale							
et	Niche	Niche Plasticité développementale (Première S)	Niche Plasticité réparatrice (Terminale S)	Niche Plasticité comportementale (Première S et Terminale S)			Niche Plasticité cellulaire (Première S)		
		Programme	Types de tâches	Manuels	Au niveau du cerveau			Au niveau du cortex visuel	
		Maturation du cortex visuel	Au niveau du cortex moteur	Au niveau du cortex visuel	Au niveau du cortex moteur	Structuration innée	Vieillessement	Hygiène de vie	
		Explorée à partir des cartes motrices	Explorée à partir des IRM	Explorée à partir des cartes motrices					
		GT _{Arg_PC} = Montrer en pratiquant une démarche scientifique (V ₁) qu'il existe au niveau du cortex cérébral (V ₂) une plasticité à différents moments de la vie (V ₃) présentant des caractères pouvant varier dans le temps (V ₄), chez un être vivant (V ₅) lors de la pratique d'une activité (V ₆) par un raisonnement à partir de données (V ₇).	GT _{Arg_Orga/Commune_Singe_Chaton Graph/schéma/texte} = argumenter en faveur d'une structuration innée des voies fonctionnelles (V ₁) chez les mammifères (V ₂) lors d'un raisonnement construit à partir de données (V ₇).	GT _{Arg_PC_CortexMoteur_Evolution} Graphiques/Textes/IRMf/Cartes Motrices = argumenter en faveur d'une évolution de l'aptitude (V ₁) du cortex à être plastique au cours de la vie lors d'un raisonnement construit à partir de données (V ₇).	T _{Arg_PC_education-santé} : identifier les facteurs (V ₁) limitant la diminution de la plasticité cérébrale avec l'âge par un raisonnement construit à partir de données (V ₇)	T _{Arg_PC_Synapses} = argumenter en faveur d'une relation fonctionnelle entre plasticité synaptique (V ₁) et plasticité corticale lors d'un apprentissage (V ₂) lors d'un raisonnement réalisé à partir de données (V ₇).			
		Maturation cortex visuel (Belin, Bordas, Nathan)	Apprentissage de la lecture malgré une lésion (Nathan)	Apprentissage de la lecture, du braille (Belin, Bordas, Nathan)	Musiciens (Belin, Bordas, Nathan)	Vision (Bordas)	Vieillesse (Belin, Bordas, Nathan)	Hygiène de vie (Nathan)	Apprentissage chez de la lecture et chez L'Aplysie (Belin)
			Mouvements de la main droite (Belin, Bordas, Nathan)	Synesthésie (Belin)	Mouvements de la main droite (Belin, Bordas)				Neurogenèse, Repousse périphérique (Bordas)
			Grefte des deux mains (Bordas, Nathan)	Jonglage (Nathan)	Manipulation d'un plateau par un singe (Nathan)				

Partie 3 : Conception de la séance d'enseignement et transposition dans la plateforme numérique LabNbook

		Membres fantômes (Bordas)		Cortex moteur (Bordas, Nathan)	Cartes motrices (Nathan)			
				Pratique du volley (Nathan)				
	<p>V₁ : argumentaire V₂ : visuel V₃ : plasticité développementale V₄ : ∅ V₅ : Chat / Singe V₆ : Vision V₇ : graphique/schéma/autoradiographie/texte</p>	<p>V₁ : argumentaire V₂ : visuel/moteur V₃ : plasticité réparatrice V₄ : ∅ V₅ : Homme V₆ : Lecture/Mouvements de la main/Grefte/Membres fantômes/Prothèse V₇ : texte/IRMa/IRMf</p>	<p>V₁ : argumentaire V₂ : visuel V₃ : plasticité comportementale V₄ : ∅ V₅ : Homme V₆ : Lecture/Braille/Synesthésie/Jonglage V₇ : graphique/schéma/IRMf/texte</p>	<p>V₁ : argumentaire V₂ : moteur V₃ : plasticité comportementale V₄ : ∅ V₅ : Homme/Singe V₆ : Mouvements fins des doigts V₇ : graphique/cartes motrices/IRMf/schéma/texte</p>	<p>V₁= visuel/moteur V₂= vision/mouvement V₇= texte/autoradiographie/graphique/Schéma/IRMf</p>	<p>V₁' : mouvements de la main/performances intellectuelles/ neurogenèse/nombre de neurones V₇: graphique/texte</p>	<p>V₁' : pratique sportive/alimentation en flavonoïdes/sommeil V₇ : graphique/texte</p>	<p>V₁' : plasticité synaptique/neurogenèse/reposse V₂' : lecture en miroir/Aplysie/∅ V₇ : texte/schéma/graphique</p>

Objets en dehors du programme	
Plasticité développementale	Plasticité comportementale
Période critique	Réversibilité
<p>GT_{Arg_PC}= Montrer en pratiquant une démarche scientifique (V₁) qu'il existe au niveau du cortex cérébral (V₂) une plasticité à différents moments de la vie (V₃) présentant des caractères pouvant varier dans le temps (V₄), chez un être vivant (V₅) lors de la pratique d'une activité (V₆) par un raisonnement à partir de données issues de documents (V₇).</p>	<p>T_{Arg_PC Comp Réversibilité Braille/Jonglage Textes/IRMf} = argumenter en faveur de la réversibilité de la plasticité cérébrale au niveau du cortex (V₁) après l'arrêt de l'apprentissage (V₂) lors d'un raisonnement réalisé à partir de données (V₃)</p>
Vision (Belin, Bordas)	Bordas (Braille)
Seconde langue (Nathan)	Nathan (Jonglage)
<p>V₁ : argumentaire - V₂ : visuel/cerveau - V₃ : plasticité développementale - V₄ : irréversibilité V₅ : Chat / Homme - V₆ : Vision/Seconde langue - V₇ : graphique/schéma/autoradiographie/texte</p>	<p>V₁= visuel/moteur - V₂= apprentissage du braille/apprentissage du jonglage - V₇= texte/Schéma/IRMf</p>

Nous sommes en train d'établir les éléments de la praxéologie institutionnelle. Nous venons d'explicitier les types de tâches. Ces derniers sont mis en œuvre grâce à des techniques et des technologies. Dans le paragraphe suivant, nous présentons les techniques identifiées et certaines technologies et nous les commentons.

I.3.2 Les techniques de la praxéologie institutionnelle

a. Des valeurs de variables de types de tâches déterminant les techniques et les technologies

Les types de tâches que nous avons établis ont dans leur formulation une variable (V_7) concernant la nature des ressources prises en compte. La nature de ces ressources induit les techniques mises en œuvre.

Ainsi, dans de nombreux types de tâches, la valeur de V_7 indiquant la nature de la ressource correspond à IRMf. Pour la réalisation de ce type de tâche, il est nécessaire qu'il y ait exploitation des IRMf. Cette interprétation des IRM se fait par la mise en œuvre de différents types de tâches qui permet d'abord une reconnaissance de la coupe du cerveau réalisée et de son orientation puis la mise en correspondance de la coloration de la zone cérébrale et de l'intensité de son activité. Par exemple pour la tâche de l'exercice du Nathan Première S page 370, la technique d'exploitation de l'IRM proposé est l'ensemble des types de tâches suivant :

$\tau_{\text{Exploitation_IRMf}}$	τ_{Or}	$T_{\text{Orientation_Cerveau_Profil}} = \text{orienter l'IRMf du cerveau.}$
		$T_1 = \text{repérer les deux hémisphères volumineux séparés par un profond sillon.}$
		$T_2 = \text{repérer la partie antérieure du lobe temporal.}$
		$T_3 = \text{identifier une vue de profil d'un cerveau.}$
		$T_4 = \text{placer l'avant et l'arrière ainsi que les côtés gauche et droit.}$
	$T_{\text{Localisation_IRMf_Aires/activées}} = \text{repérer les zones activées du cerveau.}$	
τ_{Lo}	$T_1 = \text{repérer les zones cérébrales colorées.}$	
	$T_2 = \text{se remémorer que les zones aux couleurs chaudes correspondent aux zones activées.}$	

Tous ces types de tâches constituent les ingrédients de la technique $\tau_{\text{Exploitation_IRMf}}$.

Ainsi en fonction de la nature des ressources, des techniques différentes sont mobilisées. Chaque type de présentation des résultats est rattaché à une technique. Dans les manuels, les résultats sont en effet présentés sous forme de texte, de schéma, de graphique, d'IRMf, de cartes motrices, d'autoradiographie, d'IRM anatomiques aussi. Et, pour chaque type de présentation est associée une technique d'exploitation particulière ; c'est ainsi que nous avons déterminé : $\tau_{\text{Exploitation_Texte}}$,

$\tau_{\text{Exploitation_Schéma}}$, $\tau_{\text{Exploitation_Graphique}}$, $\tau_{\text{Exploitation_IRMf}}$, $\tau_{\text{Exploitation_IRMa}}$ et $\tau_{\text{Exploitation_Autoradiographie}}$.

Partie 3 : Conception de la séance d'enseignement et transposition dans la plateforme numérique LabNbook

Dans les praxéologies des manuels de Première S et de Terminale S, toutes ces techniques s'y retrouvent sauf 1) pour celle liée à l'exploitation des autoradiographies (liée à l'expérience de Hubel et Wiesel sur les colonnes de dominance chez le singe) absente du manuel Première S Nathan et des manuels de Terminale S et de 2) $\tau_{\text{Exploitation_CarteMotrice}}$ technique présente uniquement dans les manuels de Terminale S tel que demandé par les textes du programme.

Les techniques mobilisent des technologies qui sont liées à la nature de la ressource. Ainsi, si $\tau_{\text{Exploitation_IRMf}}$ est mobilisée alors les connaissances concernant l'orientation des différentes images et leur lecture (la signification des couleurs) sont mobilisées :

$\theta_{\text{Morpho_Cerveau_Coupe}}$: le cerveau est contenu dans le crâne osseux. Le cerveau est composé de deux hémisphères cérébraux occupant la grande majorité de la place supérieure du crâne. Dans chaque hémisphère, peuvent être reconnus le lobe occipital, à l'arrière, le lobe temporal, sur le côté dans la partie inférieure, le lobe frontal, correspondant à la moitié avant du cerveau et le lobe pariétal situé sur le dessus et plutôt en arrière, entre les autres lobes. Au sein de chaque hémisphère, se trouve un ventricule, cavité pleine du liquide céphalorachidien. La partie superficielle de chaque hémisphère est composée du cortex, couche fine grise formant de nombreux replis ou circonvolutions.

$\theta_{\text{Morpho_Cerveau_Coupe_Sagittale}}$: Vers l'avant, se trouvent les deux yeux, ovoïdes et le nez, proéminent. A l'arrière, sous le cortex occipital se trouve le cervelet en forme de « chou-fleur ».

$\theta_{\text{Technique_IRM_images_fonctionnelles}}$: Des neurones activés augmentent leur consommation en O_2 afin de produire l'énergie nécessaire à leur fonctionnement. La technique de l'IRM permet de convertir cette modification de la concentration en O_2 dans la zone cérébrale activée en intensité d'activation. L'intensité de l'activité d'une zone cérébrale est associée à une coloration ; les couleurs chaudes (rouge, jaune) étant réservées pour les zones à intense activité et les couleurs froides (bleu, vert) à des zones de faible activité.

b. Des techniques inhérentes au mode de fonctionnement de la biologie

Une phrase du programme de Première S suggérant les attitudes et comportements à stimuler est « **Recenser, extraire et organiser des informations pour comprendre [...]** ». Et, ces trois verbes correspondent à des types de tâches qui appartiennent à toutes les praxéologies de biologie.

En effet, elles débutent toutes par un élément de la technique qui est le type de tâche :

$T_{\text{Connaissance_Texte}}$ = prendre connaissance des conditions expérimentales en extrayant les informations pertinentes d'un texte.

Il est en effet nécessaire d'extraire les informations pertinentes d'un document, et « d'organiser les informations ». Les informations ont été fournies par les documents, par l'énoncé de la question, par les connaissances ... Il y a alors manipulations intellectuelles, mise en relation, associations des différentes informations pour réaliser la suite de la praxéologie. Tous ces éléments de la technique per-

mettant la construction d'une argumentation correspondant à un enchaînement logique de mises en relation et sont regroupés dans une technique notée : $\tau_{\text{MiseEnRelation}}$. Cette technique est présente dans chacune des praxéologies et arrive souvent en avant-dernière position avant la formalisation par écrit du raisonnement qui clôture la technique.

En effet, le dernier ingrédient de la technique associée à une praxéologie en biologie correspond au type de tâche suivant :

$T_{\text{Formalisation_Raisonnement_Texte}}$ = formaliser le raisonnement par écrit.

La biologie est une science qui modélise par des mots, des phrases ou par des schémas⁵⁶ mais pas comme en mathématiques ou en sciences physiques par des modèles mathématiques.

Ces techniques sont bien sûr associées à des technologies que nous n'avons pas explicitées ; leur explicitation est pour nous à la limite de notre degré d'analyse pour des élèves de lycée en filière scientifique.

c. Des techniques associées recouvrant l'autre objet d'étude, la démarche scientifique

Dans le manuel Nathan Première S, Belin et Bordas Terminale S, existent des techniques : $T_{\text{Formulation_Hypothèses}}$ et $T_{\text{Explicitation_Protocole_Eduanatomist_Visualisation}}$ qui recouvrent aussi l'objet d'étude « Démarche scientifique » dont nous proposons une construction de la praxéologie institutionnelle dans la partie II ci-dessus.

d. Bilan concernant les techniques mobilisées par les praxéologies des manuels

Finalement, l'ensemble des praxéologies de manuels peut être réalisé par des techniques qui ne sont pas si nombreuses puisqu'elles sont au nombre de onze ($T_{\text{Connaissance_Texte}}$, $T_{\text{Exploitation_Texte}}$, $T_{\text{Exploitation_Schéma}}$, $T_{\text{Exploitation_Graphique}}$, $T_{\text{Exploitation_Autoradiographie}}$, $T_{\text{Exploitation_IRMa}}$, $T_{\text{Exploitation_IRMf}}$, $T_{\text{Exploitation_Cartes_Motrices}}$, $T_{\text{MiseEnRelation}}$, $T_{\text{Formalisation_Raisonnement_Texte}}$, $T_{\text{Formalisation_Raisonnement_Schéma}}$) onze techniques pour réaliser les soixante-neuf tâches des six manuels analysés :

Le tableau en Annexe 5 propose un bilan des techniques établies dans les manuels de Première et de Terminale S.

Les techniques sont justifiées par l'existence de connaissances qui forment la technologie. Certains éléments de la technologie ont déjà été présentés lorsqu'ils étaient intimement liés à la technique d'exploitation des résultats. D'autres éléments de la technologie ne sont, par contre, pas liés à une technique particulière mais à un ingrédient de la technique et dépendent de la contextualisation scientifique. Nous voyons ci-après les différentes technologies répertoriées dans les manuels.

⁵⁶ Seule une question d'un exercice du manuel Nathan mobilise la technique liée à la schématisation.

I.3.3 Les technologies mobilisées

Les technologies ont été établies en tenant compte du niveau visé, la classe de Première S ou de Terminale S. Les éléments de technologie ont été répertoriés en fonction de leur utilisation commune ou non dans les manuels.

Dans notre travail de recherche, la technologie est organisée en éléments de connaissance. Chaque élément de connaissance est présenté avec un indice qui renseigne sur le contenu de la connaissance, comme par exemple : $\theta_{PC_VWFA_1}$ correspond à un (1) des éléments de connaissances à avoir sur la zone VWFA (zone de lecture) qui est liée à la plasticité cérébrale (PC)

Des technologies sont communes à tous les manuels de Première S et Terminale S. Il s'agit des éléments de technologies liées à l'exploitation des IRMf comme nous l'avons déjà vu dans le paragraphe précédent.

L'élément de technologie qui explicite la notion de plasticité cérébrale de façon générale est commun à l'ensemble des manuels : « θ_{PC} : la plasticité cérébrale correspond à la modification des réseaux de neurones sous la contrainte des stimuli environnementaux. »

Les différents éléments constituant les technologies sont répertoriés et explicités en Annexe 6.

Parmi ces technologies, certaines sont liées à la contextualisation scientifique (exemple : $\theta_{PC_VWFA_1}$: **la zone activée lors de la lecture de mots écrits, la zone VWFA appartient au cortex occipito-temporal gauche.**) ; D'autres permettent d'expliciter les prérequis nécessaires à la compréhension des documents (exemple : $\theta_{Cortex-visuel_Généralités}$: **le cortex visuel correspond aux aires cérébrales traitant les informations provenant de la rétine de chaque œil. Le cortex visuel se trouve dans le lobe occipital du cerveau, à l'arrière.**) . Enfin, des éléments de technologie sont construits pour réaliser la technique et correspondent à l'explicitation des concepts pour lesquels, finalement, la situation scientifique était proposée (exemple : $\theta_{PC_VWFA_4}$: **la zone VWFA se développe chez l'Homme durant l'apprentissage de la lecture. Durant l'apprentissage, des relations neuronales se mettent en place permettant la mise en relation de la perception d'un mot écrit et d'un phonème, d'un sens, Ces réseaux de neurones s'élaborent pendant l'apprentissage de la lecture.**).

Enfin, la couverture de l'ensemble du programme nécessite la mise en commun des praxéologies des trois manuels. On ne peut qu'approuver alors ce qui avait été noté par Séré et Bassy (2010), dans leur rapport sur l'utilisation des manuels par les enseignants, à savoir que les enseignants construisent leur propre manuel à partir de l'ensemble des manuels disponibles.

I.3.4 Les théories mobilisées

Les théories sont des théories dans l'institution considérée c'est-à-dire les classes de Première S et de Terminale S. Les technologies mobilisées s'organisent de façon cohérente autour de cette théorie. Dans notre étude, la théorie mobilisée à chaque praxéologie est $\theta_{Comm_Nerveuse}$. Cette théorie explique un fonctionnement coordonné des différents organes entre eux, obéissant à la fois à des contraintes

internes et des contraintes externes et ceci par une communication qui se fait par des messages nerveux.

Lors de l'utilisation des IRMf, il est aussi nécessaire de faire appel à la théorie du métabolisme cellulaire, $\Theta_{\text{Métabolisme_Cellulaire}}$.

I.4. Bilan : Synthèse de l'analyse praxéologique de l'objet Plasticité cérébrale

L'analyse écologique des programmes et des manuels nous ont permis d'établir les niches colonisées par l'objet Plasticité cérébrale. L'analyse praxéologique a permis d'établir par quelles activités elles étaient colonisées.

Les textes des programmes ne peuvent être soumis qu'à une analyse écologique du fait de l'absence de mise en pratique de ces textes. L'analyse des manuels en prenant les consignes comme des tâches permet la construction des praxéologies. Les manuels peuvent être considérés comme des éléments de l'institution ainsi leur analyse permet de préciser le rapport institutionnel à l'objet choisi.

La comparaison des analyses des programmes et des manuels montre que la praxéologie institutionnelle est la réunion de toutes les praxéologies établies par l'analyse des manuels ; ainsi, l'ensemble des notions du programme est couverte. En Première S, un seul manuel propose une tâche permettant la colonisation de Plasticité cellulaire, de même, en Terminale S, avec un seul manuel qui permet l'explicitation de la relation Plasticité comportementale et Education à la santé.

Nous le répétons mais la façon de procéder des enseignants en piochant dans l'un et l'autre manuel correspond finalement à la constitution d'une praxéologie plus complète que s'ils s'étaient contentés d'un seul manuel.

Nous pouvons donc écrire dans une formalisation mathématique que la description du rapport institutionnel d'un objet au sein d'une institution est :

$$R_i(\text{Objet}) \approx U(\text{Praxéo}_{\text{Inst_Objet}}).$$

Dans le tableau ci-dessous, est proposée la praxéologie institutionnelle pour l'objet Plasticité cérébrale telle que nous l'avons construite au fur et à mesure de nos analyses écologiques et praxéologiques. Les technologies ne sont pas explicitées, seul leur intitulé est indiqué.

Partie 3 : Conception de la séance d'enseignement et transposition dans la plateforme numérique LabNbook

Tableau 10 : Praxéologie institutionnelle pour l'objet Plasticité cérébrale au lycée, filière S

	Première S	Terminale S		
Niches à coloniser	Plasticité développementale Plasticité comportementale Plasticité cellulaire	Plasticité comportementale Plasticité réparatrice		
Types de tâches	G(T)= Montrer en pratiquant une démarche scientifique (V ₁) qu'il existe au niveau du cortex cérébral (V ₂) une plasticité à différents moments de la vie (V ₃) présentant des caractères pouvant varier dans le temps (V ₄), chez un être vivant (V ₅) lors de la pratique d'une activité (V ₆) par un raisonnement à partir de données issues de documents (V ₇).			
	T _{Arg_Orga/Commune_Singe_Chaton_Graph/schéma/texte} = argumenter en faveur d'une structuration innée des voies fonctionnelles (V ₁) chez les mammifères (V ₂) lors d'un raisonnement construit à partir de données issues (V ₃).	T _{Arg_PC_CortexMoteur_Evolution_Graphiques/Textes/IRMf/CartesMotrices} = argumenter en faveur d'une évolution de l'aptitude (V ₁) du cortex à être plastique au cours de la vie lors d'un raisonnement construit à partir de données issues de (V ₂).		
	T _{Arg_PC_Synapses} = argumenter en faveur d'une relation fonctionnelle entre plasticité synaptique (V ₁) et plasticité corticale lors d'un apprentissage V ₂ lors d'un raisonnement réalisé à partir de données issues de V ₃ .	T _{Arg_PC_education-santé} : identifier les facteurs (V ₁) limitant la diminution de la plasticité cérébrale avec l'âge par un raisonnement construit à partir de données (V ₂)		
Techniques	T _{Exploitation_Texte} , T _{Exploitation_Schéma} , T _{Exploitation_Graphique} , T _{MiseEnRelation} T _{Exploitation_Autoradiographie} , T _{Exploitation_IRMa}	T _{Exploitation_IRMf} , T _{Formulation_Hypothèses} , T _{Explication_Protocole} , T _{Exploitation_Cartes_Motrices} , T _{Test_Hypothèses} , T _{Formalisation_Raisonnement_Schéma}		
Technologies	<ul style="list-style-type: none"> ΘStructure_Voies/visuelles-1 ΘStructure_Voies/visuelles-2 ΘCerveauRégionalisé ΘPC ΘCortex-visuel_Généralités ΘMorpho_Cerveau_Coupe ΘMorpho_Cerveau_Coupe_Sagittale ΘTechnique_IRM_ images_fonctionnelles_1 ΘPC_VWFA_1 ΘPC_VWFA_4 ΘPC_Dvpt_Chaton_1 ΘPC_Dvpt_Chaton_2 ΘMorpho_Cerveau_Entier_1 ΘMorpho_Cerveau_entier_2 ΘMorpho_Cerveau_entier_3 ΘPC_Org/Commune ΘPC_VWFA_3 ΘNeurone_Synapse ΘTechnique_Autoradiographie ΘPC_Braille ΘPC_Comp_Braille_Non/Voyant ΘPC_comp_braille_Voyant_1 ΘPC_comp_braille_Voyant_2 ΘMorpho_Cerveau_Coupe_Coronale ΘStructure_Cortex/visuel-3 ΘPC_Dvpt_Singe_1 	<ul style="list-style-type: none"> ΘPC_Dvpt_Singe_2 ΘTechnique_Chang/magnétique ΘBraille_Non/Voyant_Chang_Magnétique ΘPC_comportementale_synesthésie ΘPC_Dvpt_Singe_2 ΘPC_VWFA_2 ΘPC_Synapse_1 ΘPC_Aplysie_Sensibilisation_1 ΘPC_Aplysie_Sensibilisation-2 ΘPC_Aplysie_Sensibilisation-2 ΘPC_Dvpt_Vision ΘPC_Dvpt_Catacracte ΘPC_comp_braille_Voyant_3 ΘPC_VWFA_5 ΘPC_WFA_6 ΘPC_VWFA_7 ΘPC_VWFA_8 ΘPC_Comp_Jonglage ΘPC_Comp_Délai-Jonglage ΘPC_Comp_Réversibilité_Jonglage ΘMorpho_Cerveau_Coupe_Axiale ΘPC_Sensation ΘCortex-auditif_Généralités ΘVision_Couleurs ΘPC_comp_Berimmos 	<ul style="list-style-type: none"> ΘCortexMoteur_Généralités_1 Θcortex-moteur_Généralités_2 ΘMorpho_Cerveau_Coupe ΘPC ΘPC_CortexMoteur_1 ΘPC_CortexMoteur_Comportemental_1 ΘPC_CortexMoteur_Comportemental_2 ΘPC_CortexMoteur_Comportemental_3 ΘPC_CortexMoteur_Comportemental_Musicien ΘPC_CortexMoteur_Récupération ΘPC_CortexMoteur_Récupération_Main_3 ΘAVC ΘNeurones_Régénération ΘGénétique_Structuration_Commune ΘPC-CortexMoteur_Greffe ΘMorpho_Cerveau_Coupe_Coronale ΘMorpho_Cerveau_Coupe_Sagittale ΘMorpho_Cerveau_entier_1 ΘPC_Vieillessement_1 ΘPC_Vieillessement_2 ΘPC_Vieillessement_3 ΘPC_Vieillessement_4 ΘPC_CortexMoteur_Comportemental_Violon ΘGénétique_3 ΘMorpho_Cerveau_entier_2 ΘGénétique_1 ΘGénétique_2 ΘPC_CortexMoteur_Comportemental_Musicien_2 ΘPC_CortexMoteur_Comportemental_Pianotage 	<ul style="list-style-type: none"> ΘPC_CortexMoteur_Comportemental_Tenaille ΘPC_réparatrice_moteur_2 ΘPC_réparatrice_moteur_MembresFantômes ΘPC-Neurogenèse Θmathématique-addition_1 ΘPC_mathématique-addition_2 ΘPC_Période-sensible_SecondeLangue ΘPC_Vieillessement_5 ΘPC_Vieillessement_6 ΘPC_EducSanté_1 ΘPC_EducSanté_2 ΘPC_EducSanté_3 ΘPC_Entretien ΘPC_CortexMoteur_Comportemental_Singe ΘPC_CortexMoteur_Récupération_ Bras_Immobilisé_1 ΘPC_CortexMoteur_Récupération_ Bras_Immobilisé_2 ΘPC_Entretien ΘPC_Nombre_Neurones ΘPC_Période-sensible ΘTrajet_MessageNerveux_CortexMoteur_Prothèse_2 ΘTrajet_MessageNerveux_CortexMoteur_Prothèse_3 ΘTrajet_Message_nerveux_CortexMoteur_Prothèse_1 ΘTrajet_MessageNerveux_CortexMoteur_Muscle-Sain
Théories	ΘComm_Nerveuse - ΘMétabolisme_Cellulaire			

Alors que nous venons de modéliser la praxéologie institutionnelle de l'objet scientifique qui nous intéresse, la plasticité cérébrale ; il s'agit maintenant de construire aussi une praxéologie institutionnelle concernant le deuxième objet d'étude qui est la démarche expérimentale. C'est ce que nous présentons dans le paragraphe qui suit.

II. Construction de la praxéologie institutionnelle concernant l'objet Démarche scientifique

Pour établir la praxéologie institutionnelle de l'objet Démarche scientifique, il est nécessaire dans un premier temps de recueillir des éléments concernant le fonctionnement de la science actuellement dans les laboratoires de recherche et ceci afin d'alimenter à la fois le bloc technique et le bloc technico-théorique. Nous proposons ensuite la praxéologie institutionnelle que nous avons élaborée.

II.1. Des éléments d'épistémologie nécessaires pour construire la praxéologie institutionnelle

Depuis les années quatre-vingt-dix, un courant majeur dans les Sciences de l'Education s'est développé aux Etats-Unis ; il s'agit de travaux portant sur ce qu'est la science, la Nature de la Science (Nature Of Science - NOS-) et comment l'activité des scientifiques est transposée en classe (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Lederman, 1992). Parallèlement à ces travaux portant sur la science et sa transposition à l'école, des scientifiques-philosophes ont tenté de déterminer ce qu'était la science. Ces chercheurs depuis le milieu du XXème siècle proposent des éléments de définition de la science qui précisent les travaux des chercheurs américains.

Nous allons donc présenter les éléments permettant de préciser la façon dont les scientifiques travaillent pour produire du savoir.

L'identification des caractères de la nature de la science est un sujet de recherche réalisé aux Etats-Unis depuis au moins 1954 (Wilson, 1954)⁵⁷ et ces travaux ont connu un fort développement jusqu'à parvenir à expliciter ces caractères dans le but d'être enseignés (Pélissier, 2011). Cette démarche a abouti à la production de documents dont le programme « Science for all Americans » de l'American Association for the Advancement of Science (AAAS). Cette organisation de scientifiques⁵⁸ propose à tout citoyen un document en ligne⁵⁹ qui explicite les contenus de la nature de la science. Il se partage en trois paragraphes : la considération scientifique du monde (« the scientific world views »), l'enquête scientifique (« scientific inquiry ») et l'entreprise scientifique (« the scientific enterprise»). Dans chacun de ces items, des paragraphes explicitent les notions à savoir.

⁵⁷ Wilson, L. (1954). A study of opinions related to the nature of science and its purpose in society. *Science Education*, 38(2), 159- 164 cité par Lederman (1992).

⁵⁸ L'AAAS édite la revue Science depuis 1880 (<https://www.sciencemag.org/>).

⁵⁹ <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm> consulté le 24 mai 2018.

Nous nous sommes appuyés sur ce document pour présenter les caractères du fonctionnement de la science et les avons mis en relation avec des réflexions de philosophes des sciences, d'épistémologues ainsi qu'avec des travaux conduits par des chercheurs en sciences de l'éducation. Ces éléments nous permettent d'établir les éléments de technologie de la praxéologie institutionnelle de l'objet « Démarche scientifique ».

Parmi les trois domaines de la science qui sont proposés par l'AAAS, nous avons choisi de ne pas traiter « l'entreprise scientifique ». En effet, dans leurs travaux d'identification des éléments de la Nature de la Science dans les programmes de lycées, Maurines et al (2013) ne répertorient pas d'éléments relevant de cette notion. C'est pourquoi nous avons choisi de ne pas présenter les notions liées à l'entreprise scientifique.

II.1.1 Le premier domaine : la considération scientifique du monde

a. Une compréhension possible du monde mais qui ne peut répondre à tout

L'utilisation du raisonnement et de données empiriques permettent d'expliquer des phénomènes observés. Le monde est donc compréhensible. Et les « règles » (« basic rules ») sont applicables non seulement dans tout l'univers mais aussi dans le temps⁶⁰. Cette prise de conscience que le monde est accessible à l'intelligence humaine a commencé dans l'Antique Grèce avec les philosophes tels que Socrate, Platon qui refusaient l'explication par une origine divine des phénomènes naturels. La science doit se contenter d'expliquer les phénomènes naturels par des éléments naturels sans faire intervenir des croyances. Et, le raisonnement scientifique ne peut donc pas être convoqué pour valider les croyances et ni pour juger.

b. Des connaissances stables dans une science normale

Le document de « Science for all Americans » indique que les connaissances scientifiques sont à la fois « susceptibles d'être transformées » mais aussi « stables » ce qui peut paraître contradictoire. C'est Kuhn⁶¹, en faisant une analyse fine de l'histoire de la physique, qui montre le caractère discontinu du progrès scientifique avec l'existence des ruptures, de crises ; jusque-là, c'était la vision d'un progrès linéaire, continu et accumulatif qui prévalait (Chalmers, 1976; Rheinberger, 2014).

Durant les épisodes de sciences normales, les scientifiques cherchent à résoudre des problèmes énigmes (Mathé, 2010), problème qui sont le reflet d'une tension existant entre le cadre intellectuel

⁶⁰ Par exemple, les géologues considèrent que les phénomènes géologiques observés aujourd'hui obéissent aux mêmes règles que celles qui se sont appliquées dans le passé (principe de l'actualisme).

⁶¹ Ce scientifique devenu philosophe « révolutionnaire » l'épistémologie contemporaine en démontrant que la science ne peut pas être envisagée en ne tenant compte que du mode de production des énoncés scientifiques mais aussi en y intégrant le contexte dans lequel s'effectue la découverte (Pélissier, 2011).

d'alors et des données empiriques perçues du monde (Marzin-Janvier, 2013). Et, lorsque des résultats expérimentaux discordants sont obtenus, la théorie qui prévaut peut être aménagée en faisant des modifications à la marge (Coquidé, 2000; Guilbert & Meloche, 1993; Sagaut, 2008). Ainsi, lorsque les faits observés ne peuvent être interprétés avec le cadre théorique, cela fait naître un problème et l'expérimentation permet de faire évoluer légèrement le modèle. Ainsi, le paradigme⁶² est en général conforté par les travaux scientifiques. C'est alors que l'on peut penser qu'il existe une certaine stabilité dans les connaissances scientifiques et pour Kuhn, la grande majorité des scientifiques et la plus longue partie de la carrière des scientifiques se fait en travaillant au sein d'un paradigme. L'adaptation se fait jusqu'à un certain point. Lorsque les contraintes sur la théorie deviennent trop fortes, alors, il y a révolution scientifique ; on sort de la science normale ; il y a changement de paradigme. Lors de ce temps de crise, les faits appartenant à l'ancien paradigme sont reconsidérés dans le nouveau cadre théorique, sous un nouvel angle. Les connaissances sont alors véritablement transformées (Sagaut, 2008).

Un problème scientifique permet donc de mettre en évidence une contradiction entre des faits observés et ce que le modèle prévoyait (Mathé, 2010) ; cela peut entraîner une modification du modèle. Ainsi, une avancée scientifique correspond à une modification du modèle.

II.1.2 L'enquête scientifique

a. Une combinaison complexe de faits empiriques et de raison

Le scientifique a accès au monde réel grâce à ses sens mais aussi à ses instruments. Or comme chaque nouvelle technologie permet d'accéder à une nouvelle réalité, cela montre que cette réalité nous était inconnue auparavant et donc nos instruments sont impuissants à explorer la réalité (Sagaut, 2008). Ainsi, avec l'évolution des instruments, la perception du réel se modifie.

De plus, l'observation, l'interprétation de résultats ne peuvent être ni neutres ni objectives puisque chaque fait est un élément construit intellectuellement par le scientifique, dans un cadre de pensée particulier (Chalmers, 1976; Desbeaux-Salviat & Rojat, 2006; Rheinberger, 2014). Un scientifique sait qu'il ne produit pas ou n'interprète pas des données de façon objective ; il est conscient des biais liés à ses propres idées. Il doit chercher à limiter au maximum les influences de ses propres pensées sur son travail. Un scientifique qui est un citoyen doit cependant veiller à limiter l'influence de ses valeurs sur son interprétation des résultats et même sur la conduite de sa recherche. De fait, chaque proposition scientifique est une construction humaine et sa validation est un choix effectué par la communauté des scientifiques. Ainsi, actuellement, des propositions sont jugées relativement vraies

⁶² Un paradigme est un « ensemble des principes et méthodes partagés par une communauté scientifique », « modèle à suivre » Juignet, Patrick. Les paradigmes scientifiques selon Thomas Kuhn. In: *Philosophie, science et société* [en ligne]. 2015. Disponible à l'adresse : <https://philosciences.com/philosophie-et-science/methode-scientifique-paradigme-scientifique/113-paradigme-scientifique-thomas-kuhn>.

mais dans un contexte déterminé (Roletto, 1998). Néanmoins, ces résultats obtenus à partir de l'observation sont considérés comme des « preuves » (Maurines et al., 2013).

Un scientifique cherche donc à produire des faits à partir desquels une argumentation peut être construite, argumentation à l'origine d'un savoir. Il semble donc nécessaire en classe de préciser ce qui est observé (comment, dans quel cadre intellectuel) de ce qui est construit en rappelant aussi les éléments du cadre théorique qui prévaut.

b. Des démarches associant « esprit de contrôle » et « esprit créatif »

Au début du XX^{ème} siècle, la philosophie américaine avaient développé un système de pensée originale, le pragmatisme, dont Dewey⁶³ était l'un des penseurs. Ce courant considérait que « la connaissance ne vient ni de l'intuition ni de l'introspection mais seulement de notre relation au monde extérieur et de nos connaissances antérieures » (Meuret, 2011, p. 9). Par la promotion de ce type de démarche, c'est l'aspect imaginaire de l'esprit scientifique qui est souligné.

En effet, la recherche scientifique fait appel à la création même si cela n'est pas forcément explicité voire conscient (Cariou, 2009, 2011). Ainsi, la formulation des hypothèses est une étape durant laquelle les deux « esprits » s'expriment : l'imagination pour inventer une réponse au problème qui se pose et la rigueur et la connaissance qui limitent cette imagination ou plutôt lui offrent un cadre. Par exemple, produire un protocole nécessite bien à la fois l'esprit créatif pour imaginer comment tester une hypothèse mais aussi un esprit de contrôle pour vérifier si les aspects concrets permettent à l'hypothèse d'être testée par cette expérience. L'imbrication de ces deux esprits joue parfaitement lorsque dans une expérimentation il est demandé de formuler les résultats attendus⁶⁴ : il faut en effet faire fonctionner l'hypothèse avec le matériel choisi dont le fonctionnement est globalement connu. Par cette « expérience de pensée », les données attendues s'imposent alors (Lassègue, 1996).

Donc, même si cet esprit de création semble s'opposer *a priori* à la rigueur et à la précision que l'on accole en général au travail scientifique, il est bien mis en œuvre dans le travail scientifique.

D'ailleurs, le philosophe des sciences, Feyerabend, a cherché à montrer que justement il n'y avait pas de méthode scientifique rigoureuse (Chalmers, 1976; Rheinberger, 2014). En s'appuyant sur des exemples dans l'histoire des sciences physiques, il déconstruit toutes les tentatives effectuées jusque là de démonstration de l'existence d'une pratique scientifique. Pour lui, non seulement il n'existe pas de méthode scientifique mais s'il en existait une, cela stopperait la recherche qui nécessite de la créativité (Cariou, 2009; Coquidé, 2000).

⁶³ Dewey est souvent cité dans les ouvrages de sciences de l'éducation de par son analogie entre le travail scientifique et une enquête policière (Cariou, 2009). Il promeut une éducation "expérimentale" par laquelle les élèves s'engagent dans la résolution de l'enquête organisée par le maître (Meuret, 2011).

⁶⁴ Web séminaire organisé par les IPR de l'académie de Grenoble en 2014, disponible à : <http://www.ac-grenoble.fr/disciplines/svt/articles.php?lng=fr&pg=835&mnuid=856&tconfig=0>

Sans aller aussi loin que Feyerband, un équilibre se construit entre « l'esprit de contrôle » et « l'esprit créatif » dans la recherche scientifique et les relations entre ces deux "esprits" sont si intimement mêlées qu'il est non seulement difficile de formaliser leurs relations mais aussi, pour certains, de reconnaître le rôle de l'esprit créatif dans la production scientifique (Cariou, 2015). Les interactions entre concret et théorie ou théorie et concret s'enchevêtrent tellement qu'il est en fait difficile d'établir le chemin réellement suivi par la pensée (Gohau, 1992).

Ainsi, pratiquer la science nécessite de l'imagination, de l'invention. Ceci est particulièrement vrai lorsqu'il faut penser, imaginer une solution possible à un problème posé en formulant une hypothèse ou lorsqu'il faut inventer une expérience qui permet de tester une hypothèse.

c. Des démarches pour tester des hypothèses

Concernant l'hypothèse, solution provisoire à un problème scientifique, Popper propose qu'elle soit réfutable c'est-à-dire qu'il s'agit de formuler une hypothèse de façon assez précise et rigoureuse pour que l'expérimentation qui en découle apporte des résultats qui puisse la réfuter (Cariou, 2011, p. 97). Ainsi, une redéfinition de l'activité scientifique des laboratoires se fait : l'activité pratique des scientifiques n'est pas de valider leurs hypothèses mais de chercher à falsifier les hypothèses émises (en particulier celles émises par les autres laboratoires de recherche) (Barreau, 2013). Cette vision poppérienne de la science satisfait les physiciens et les chimistes, mais elle est plus difficilement applicable en biologie où la complexité des interactions entre les différentes unités biologiques rendent difficiles la prédiction (Jacrot et al., 2006).

Donc, il s'agit de produire une hypothèse testable afin de la soumettre à l'expérimentation. Il s'agit cependant de ne pas oublier que les paramètres des systèmes biologiques ne peuvent pas être contrôlés de façon aussi complète que les systèmes chimiques ou physiques.

d. Une science qui explique et qui prédit

Les modèles scientifiques permettent d'expliquer ce qui est observable et prédire aussi ce qui doit arriver (Desbeaux-Salviat & Rojat, 2006; Pélissier & Venturini, 2016). Les modèles sont des constructions qui sont validées par les observations mais qui traduisent aussi les idées des scientifiques qui prévalent alors.

II.1.3 Une science à la dimension sociale

Lorsque Kuhn énonce que la science fonctionne par une succession de crises, il met en évidence le rôle de la communauté scientifique. En effet, le changement de paradigme se fait avec l'accord de la communauté scientifique qui joue alors « le rôle d'arbitre » (Darley, 1996, p. 36). Avant Kuhn, ce qui semblait jouer le rôle d'arbitre dans la science correspondait aux données empiriques qui validaient ou non la théorie ; après Kuhn, ce n'est plus le monde, ce n'est plus le réel qui juge mais ce sont les hommes, ces hommes qui créent de la connaissance scientifique et qui la valident. On passe de la vision de scientifiques ayant prise uniquement avec le réel à celle d'une société de chercheurs devant argumenter pour faire exister leur production scientifique. La science prend donc une dimension publique. La communauté scientifique qui n'avait pas été vraiment convoquée jusqu'à Kuhn par les

philosophes des sciences se prend à occuper à partir de là un rôle d'une importance capitale dans la production du savoir. L'importance de l'argumentation scientifique devant un parterre de chercheurs devient presque même secondaire si l'on considère la vision de la science de certains sociologues des sciences. Ainsi, Latour (2001) nous propose la vision d'une science qui est bien éloignée de la vision classique de la science : la science qui se fait ? C'est une entreprise sociale qui demande des financements ; c'est une science élaborée par des hommes et des femmes avec leurs grandeurs et leurs mesquineries ; c'est une science de compromis et de gestion de réseaux ; c'est une science où l'apprentissage correspond à comprendre comment se comporter pour vivre de la science. Le basculement de la vision entre la figure d'un savant à l'âme pur travaillant pour les bienfaits de l'humanité à des individus dont la carrière dépend en grande partie du sens politique de leurs actions est réalisé.

La science a une dimension sociale de validation des connaissances. Il est donc nécessaire de faire prendre conscience de son aspect social par un savoir enseigné contextualisé socialement et l'existence de débats.

Comprendre comment fonctionne la science amène donc à penser qu'il existe des interactions complexes entre un cadre intellectuel correspondant aux connaissances des chercheurs et des données construites lors d'expérimentations. Ces connaissances sont intégrées à un contexte social et scientifique. Et, l'interprétation des données et l'actualisation des modèles scientifiques avancent de pair jusqu'à un changement de modèle. Chaque étape n'est pas le fait d'un scientifique générique mais d'un individu qui est responsable de la diffusion de son argumentation par sa mise en débat avec d'autres scientifiques.

Ces éléments d'épistémologie contemporaine permettent d'éclairer notre vision concernant « la » démarche scientifique. Ces notions constituent les éléments du bloc technologico-théorique de cette praxéologie institutionnelle.

Voici maintenant les résultats de l'analyse écologique de l'objet Démarche scientifique au lycée en filière scientifique.

II.2. L'analyse écologique des programmes concernant l'objet « démarche scientifique »

II.2.1 Les zones habitées par l'objet démarche scientifique

Pour l'objet « la démarche scientifique », contrairement à l'objet « plasticité cérébrale », l'habitat est multiple et correspond non seulement au préambule des programmes mais aussi à chaque partie de chaque thème du programme.

Donc, l'objet Démarche scientifique occupe toutes les zones du programme de SVT au lycée.

II.2.2 Les objets associés à l'objet Démarche scientifique

Contrairement à l'objet Plasticité cérébrale que nous avons analysé d'un point de vue écologique précédemment, l'objet Démarche scientifique colonise une seule niche mais elle est immense : c'est la niche du « fonctionnement de la science ». Elle comprend plusieurs éléments comme la situation scientifique, le problème scientifique, l'hypothèse, le protocole, les résultats, la modélisation.

La praxéologie que nous avons établie s'attache à proposer une *praxis* et un *logos* qui permettent d'établir les relations avec ces objets.

Nous vous proposons dans le paragraphe qui suit la praxéologie institutionnelle de l'objet « démarche scientifique ».

II.3. La praxéologie institutionnelle de l'objet « démarche scientifique » au lycée

Pour réaliser cette praxéologie institutionnelle de la science en fonctionnement qui permet d'approcher le rapport institutionnel de l'objet « Démarche scientifique » au lycée, nous nous sommes appuyés sur le corpus défini auparavant (Cf. 0) : les textes du préambule des programmes de SVT au lycée, les programmes de Première S proprement dit ainsi que les documents produits par l'institution concernant l'évaluation des capacités expérimentales.

En mettant en relation les différents éléments des ressources, nous établissons la praxéologie du type de tâche $T_{\text{Démarche_Scientifique}}$ = pratiquer une démarche scientifique.

Les ingrédients de la technique associée à ce type de tâche ont été établis et chaque ingrédient de la technique est réalisable par une technique pouvant être elle-même décrite par une succession de types de tâches. Nous avons choisi de ne pas aller au-delà d'une certaine granularité, celle-ci étant définie par les attendus d'un élève de lycée.

Par rapport aux technologies associées aux types de tâches, il a été parfois difficile de les expliciter. En effet, ce type de tâche est souvent instancié et donc les technologies sont liées à cette contextualisation scientifique.

Dans les paragraphes suivants, sont présentés les ingrédients constituant la technique pour réaliser le type de tâche $T_{\text{Démarche_Scientifique}}$ ainsi que les éléments de technologie y étant associés.

II.3.1 Les différents ingrédients de la technique du type de tâche $T_{\text{Démarche_Scientifique}}$ et les éléments de la technologie justifiant cette technique

La mise en relation des différents éléments trouvés dans les textes institutionnels permettent d'établir la technique du type de tâche $T_{\text{Démarche_Scientifique}}$ permettant d'approcher le rapport institutionnel concernant l'objet Démarche scientifique au lycée.

Une démarche scientifique est conduite pour tester une hypothèse. Sept types de tâches constituent la technique permettant de réaliser $T_{\text{Démarche_Scientifique}}$; chaque type de tâche permet de mettre en relation l'objet Démarche scientifique avec les objets tels que : problème scientifique, hypothèses, résultats et modèle. L'institution rappelle que l'ordre des sept étapes n'est pas forcément à suivre. La Figure 13 ci-dessous présente les sept étapes. Dans les documents renseignant sur les ECE, quatre étapes seulement de la démarche scientifique sont indiquées. Quatre étapes sont absentes : la formulation du problème scientifique, celle de l'hypothèse, l'étape de modélisation et l'éventuelle poursuite de la démarche.

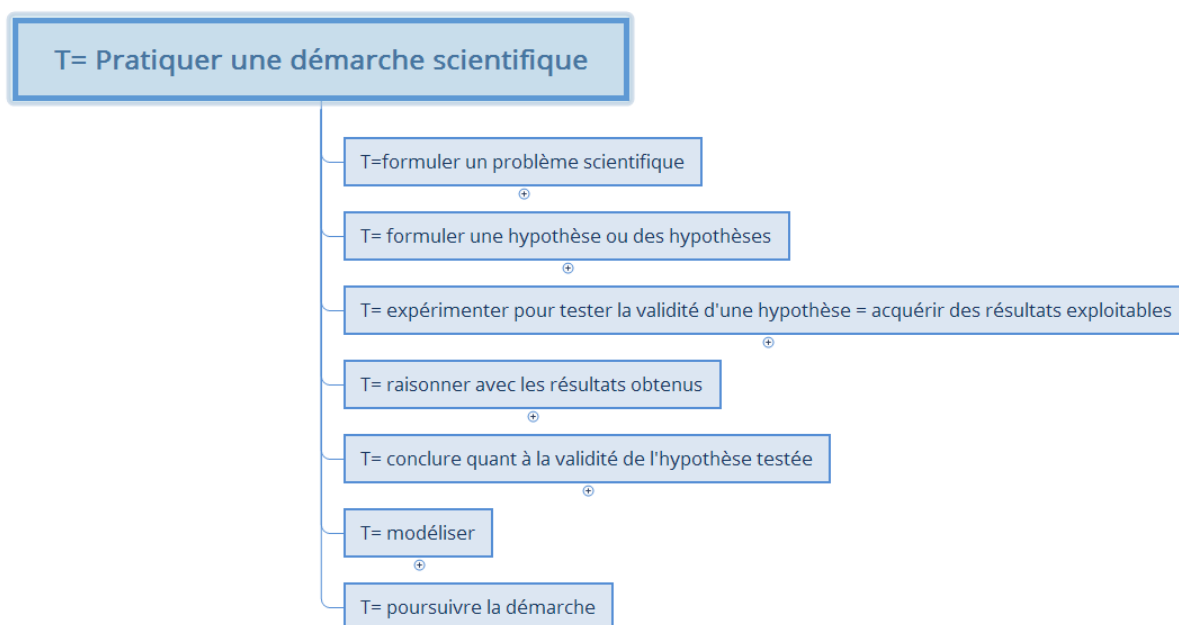


Figure 13 Les ingrédients de la technique de $T_{\text{Démarche_Scientifique}}$

Il est à noter que lors de la mise en œuvre de toute démarche scientifique, à chaque instant, le scientifique doit faire preuve d'esprit critique. Il doit chercher à objectiver ce qu'il réalise, à remettre en cause les idées qu'il professe (sont-elles bien validées par la communauté ?), à identifier les biais qui pourrait orienter l'expérience.

De ces commentaires et des éléments d'épistémologie contemporaine répertoriés, les éléments de technologie qui permettent de justifier cette technique sont les suivants :

$\theta_{\text{Démarche_touffue}}$: l'ordre des types de tâches peut ne pas être suivie de cette façon (Bell, 2009). La démarche n'est pas une méthode à suivre pas à pas ; la réflexion scientifique qui comprend l'expérimentation n'est pas linéaire (Coquidé, 2000; Develay, 1989; Marzin-Janvier, 2013).

$\theta_{\text{Démarche_Sens}}$: une démarche est conduite pour tester la validité d'une hypothèse.

$\theta_{\text{Démarche_Esprit_Critique}}$: à tout moment de la démarche, le scientifique doit soumettre au doute ce qu'il professe, ce qu'il réalise, ce qu'il déduit.

$\theta_{\text{Démarche_Travail_Groupe}}$: le travail scientifique est un travail collectif pouvant être approché par un travail en groupe.

Chaque paragraphe qui suit propose la construction de la praxéologie de chaque type de tâches constituant la technique de $T_{\text{Démarche_Scientifique}}$. La première partie de chaque paragraphe énonce les idées permettant de construire à la fois la technique et la technologie du type de tâche correspondant. La deuxième partie du paragraphe correspond à l'énoncé effectif des ingrédients de la technique et des éléments de technologie du type de tâches considéré.

a. T=Formuler un problème scientifique

La première étape est la formulation du problème scientifique. Cela est conduit lors de la prise en compte de la situation initiale. Cette situation doit proposer un paradoxe qui permet alors de faire naître un problème anomalie à la manière de Kuhn (Mathé, 2010). C'est-à-dire que la formulation d'un problème scientifique se fait lorsqu'il y a contradiction entre ce qui est observé dans une situation et ce que l'on en attendait en prenant en compte les connaissances alors valides. Comme le disent Lhoste et Peterfalvi (2009, p. 87) « on peut parler de problème à partir du moment où, dans les explications d'un phénomène (biologique ou géologique), la mise en relation [...] d'éléments de savoir ne va pas de soi, semble contradictoire ou paradoxale ». La réponse au problème ne doit pas être évidente ; le problème doit faire naître un questionnement qui permettra la formulation du problème, problème qui nécessite de conduire une expérimentation (Darley, 2007; Develay, 1989).

Le problème est formulé sous la forme d'une question dans laquelle doit apparaître le paradoxe qui met en lumière la contradiction entre les éléments de la situation présentée et des éléments prévus par le fonctionnement du modèle théorique qui prévaut alors.

Donc, pour pouvoir formuler un problème scientifique, il est nécessaire de prendre en compte les éléments de la situation, de considérer ceux qui sont en contradiction avec le modèle qui prévaut pour pouvoir alors se questionner.

Ci-dessous, avec la figure 14, se trouve la praxéologie du type de tâche : $T_{\text{Démarche_Problème_Formulation}}$.

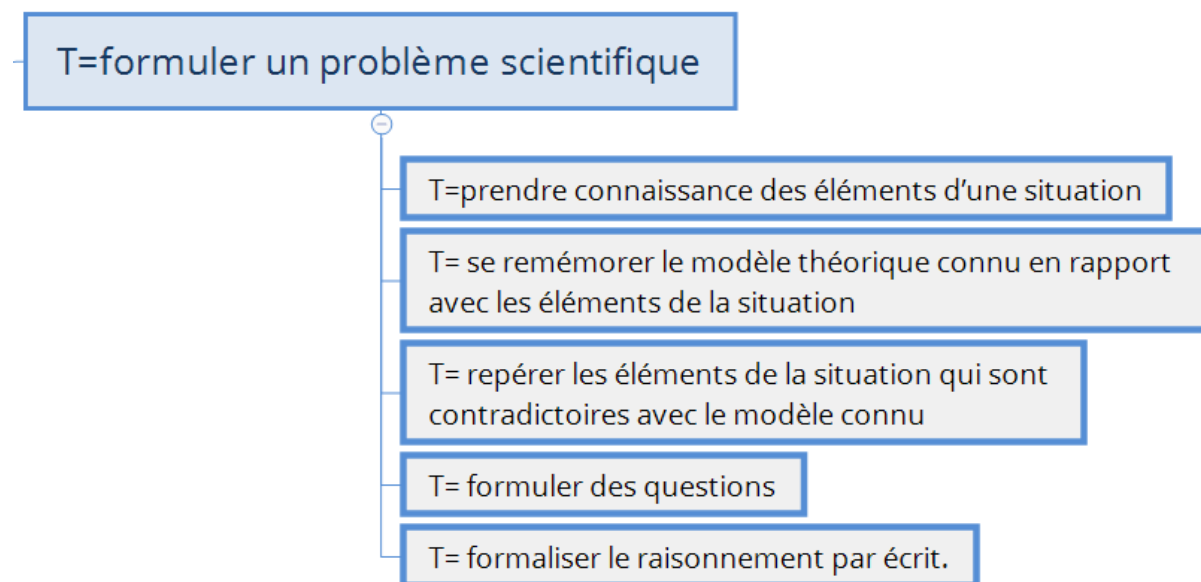


Figure 14 Les ingrédients de la technique de $T_{\text{Démarche_Problème_Formulation}}$

Et, l'élément de la technologie est :

$\theta_{\text{Démarche_Problème_Paradoxe}}$: le problème scientifique fait apparaître un paradoxe entre des faits observés qui sont en contradiction avec les faits qui devraient être observés lors du fonctionnement du modèle prévalant alors (Darley, 2007; Develay, 1989; Mathé, 2010).

b. T=Formuler une ou des hypothèses

Suite à la formulation du problème, des explications, provisoires, sont proposées ; ce sont les hypothèses (Darley, 2007). Ces hypothèses sont la raison même de l'existence d'une démarche scientifique (Cariou, 2011). Elles sont donc d'une importance capitale (Marzin-Janvier, 2013) ; elles doivent être testées au cours de la démarche (Develay, 1989). Ceci nécessite donc, comme nous l'avons déjà vu, la mise en œuvre des deux esprits : « l'esprit créatif » qui permet d'imaginer une réponse au problème et « l'esprit de contrôle » qui fait que cette réponse soit compatible en partie au moins avec le cadre théorique valide alors et qu'elle soit testable avec le matériel pouvant être disponible. La formulation d'une hypothèse fait appel à la fois à l'imagination mais aussi à ce que l'on sait (Cariou, 2015).

Une hypothèse est une tentative d'explication du problème. En s'appuyant sur les réflexions de Popper, elle doit être formulée de façon assez rigoureuse et précise pour pouvoir être réfutable par l'expérience. Ainsi, l'hypothèse doit être testable ; il est possible de montrer qu'elle n'est pas valide avec les moyens matériels disponibles.

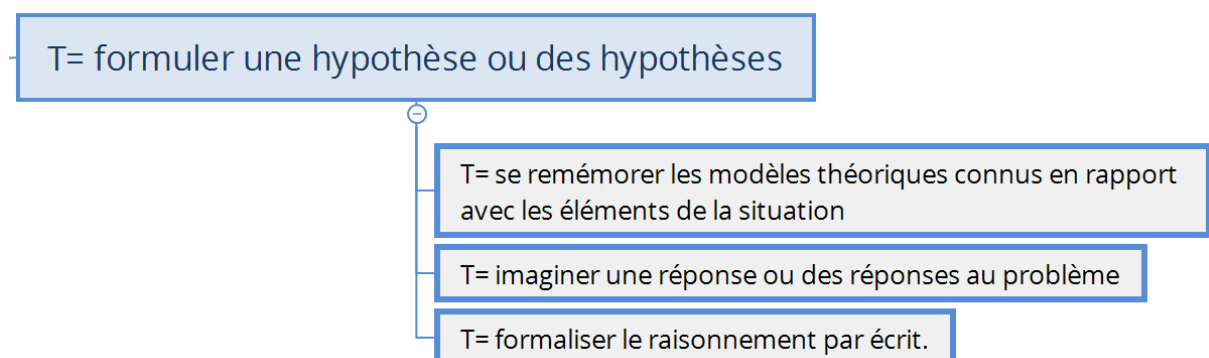


Figure 15 Les ingrédients de la technique de $T_{\text{Démarche_Hypothèse_Formulation}}$

Et, les éléments constituant la technologie sont :

$\theta_{\text{Démarche_Hypothèse_Formulation_1}}$: une hypothèse est une idée, une réponse possible que l'on imagine au problème posé.

$\theta_{\text{Démarche_Hypothèse_Formulation_2}}$: une démarche est établie pour tester la validité d'une hypothèse. En conséquence, qu'une hypothèse soit valide ou non n'est pas l'essentiel, l'important est d'avoir cherché à la valider.

$\Theta_{\text{Démarche_Hypothèse_Formulation_3}}$: la formulation d'une hypothèse doit permettre de la tester par une expérimentation.

c. T=Expérimenter pour tester la validité d'une hypothèse = acquérir des résultats exploitables

Les hypothèses sont testées lors de l'expérimentation. L'expérimentation n'est pas une simple manipulation dans laquelle les gestes sont réalisés de façon gratuite, juste « pour voir » mais en anticipant ce que l'on va obtenir (Darley, 2007). Il s'agit donc d'obtenir des résultats exploitables.

L'obtention de résultats exploitables nécessite donc de réaliser une expérience et donc dans un premier temps de concevoir ce protocole à mettre en œuvre qui met à la fois l'imagination et la rigueur, les esprit imaginatif et de contrôle de Cariou (2015). Ainsi, deux types de tâches constituent $T_{\text{Démarche_Expérimenter}}$, il s'agit de $T_{\text{Démarche_Expérimenter_Conception}}$ et $T_{\text{Démarche_Expérimenter_Réalisation}}$

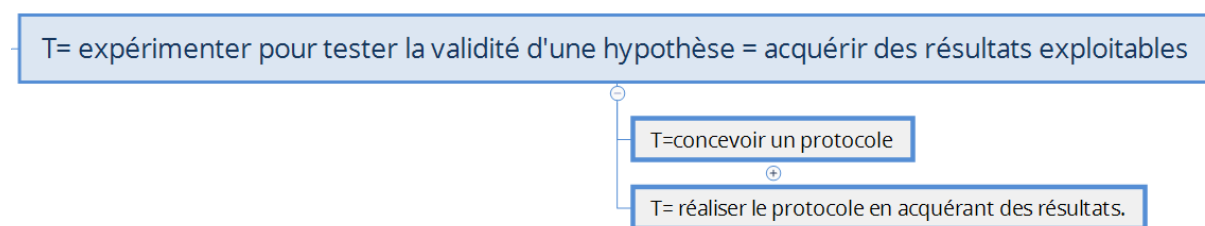


Figure 16 Les ingrédients de la technique de $T_{\text{Démarche_Expérimenter}}$

○ T= concevoir un protocole

Ce qui est attendu dans l'étape de Conception d'un protocole a été précisé au cours d'un web séminaire par les IRP de Grenoble⁶⁵. L'élève doit indiquer « ce qu'il fait (matériel, technique, supports, ...), comment il le fait (témoins, paramètres variables et fixés, ...), ce qu'il attend (résultats attendus,...) ».

Pour compléter le « ce qui doit être fait », dans les textes des programmes, sont proposées des exemples d'activités pratiques. Dans les travaux de Maurines et al (2013), les éléments correspondant aux techniques d'expérience explicitée dans le programme de Première S ont été répertoriés. Ces techniques se trouvent ci-après ; nous avons supprimé ce qui les contextualisait scientifiquement :

- recenser, extraire et exploiter des informations à partir de diverses ressources
- effectuer un geste technique en observant au microscope,
- mettre en œuvre une méthode (démarche historique),
- mettre en œuvre une utilisation de logiciels,
- mettre en œuvre une pratique documentaire permettant de comprendre,
- concevoir et réaliser un protocole,

⁶⁵ Consultable en ligne : <http://www.ac-grenoble.fr/disciplines/svt/articles.php?lng=fr&pg=835&mnuid=856&tconfig=0>

Partie 3 : Conception de la séance d'enseignement et transposition dans la plateforme numérique LabNbook

- concevoir, réaliser et exploiter des modélisations,
- réaliser des dissections,
- traduire les différents mécanismes étudiés sous la forme de schémas fonctionnels,
- réaliser des mesures à l'aide de dispositifs d'expérimentation assistée par ordinateur,
- observer à différentes échelles,
- calculer,
- saisir et exploiter des données sur des ressources diverses,
- réaliser des mesures sur le terrain.

Pour préciser « comment il est nécessaire de le faire », au cours de ces activités pratiques, il est indiqué qu'il est nécessaire de formaliser l'expérience test et l'expérience contrôle (témoin), cette dernière fournissant « l'élément de comparaison » (Darley, 2007, p. 110) qui assoira la démonstration.

Enfin, pour indiquer « ce qui est attendu », l'élève doit faire des prévisions pour les résultats en faisant fonctionner l'expérience « en pensée ».

En prenant en compte les différents éléments énoncés, nous pouvons identifier les ingrédients du type de tâche $T_{\text{Démarche_Expérimenter_Conception}}$ qui sont récapitulés dans la Figure 17 ci-dessous.

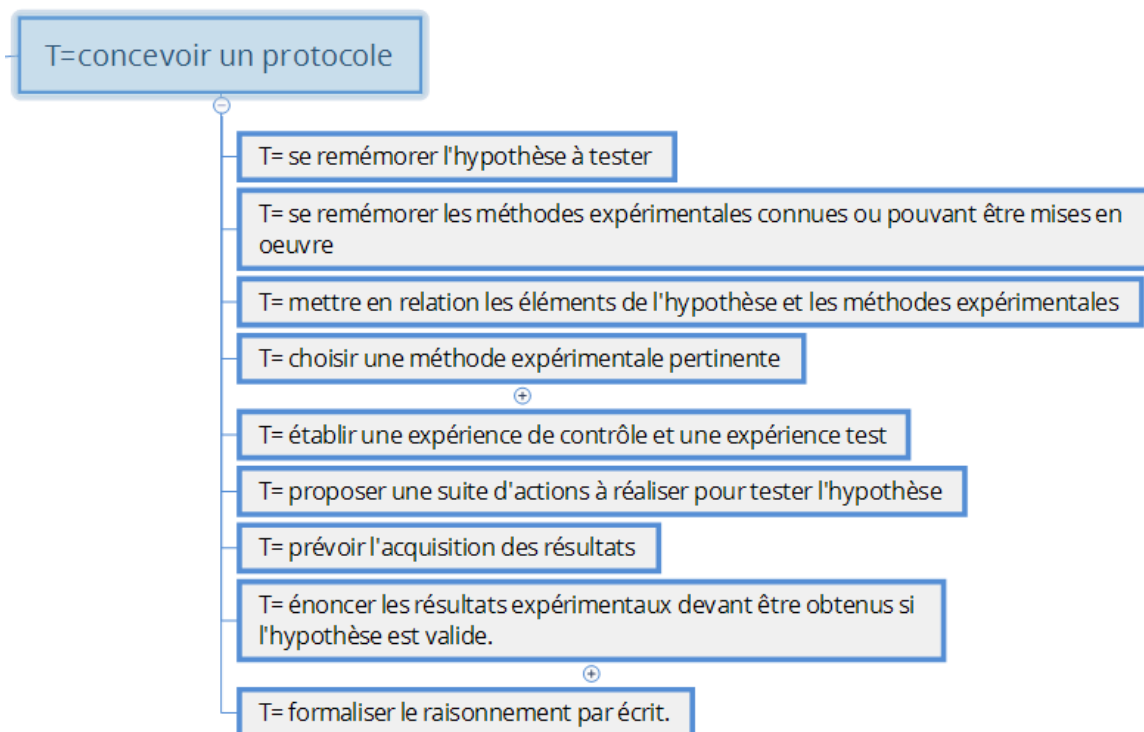


Figure 17 Les ingrédients de la technique de $T_{\text{Démarche_Expérimenter_Conception}}$

Les éléments de technologie sont :

$\theta_{\text{Démarche_Expérimenter_Conception_1}}$: pour tester la validité d'une hypothèse, un protocole est imaginé, conçu et ensuite il est réalisé.

$\theta_{\text{Démarche_Expérimenter_Conception_2}}$: le dispositif expérimental est choisi en fonction du matériel disponible et des conditions de l'expérimentation et de la façon dont l'hypothèse est testée.

$\theta_{\text{Démarche_Expérimenter_Conception_3}}$: une expérience témoin est indispensable pour pouvoir comparer les valeurs des paramètres mesurés.

$\theta_{\text{Démarche_Expérimenter_Conception_4}}$: l'expérience témoin et l'expérience test diffèrent par un seul paramètre.

$\theta_{\text{Démarche_Expérimenter_Conception_5}}$: la différence de paramètre entre l'expérience témoin et l'expérience test provoque l'existence de résultats différents.

- T= réaliser le protocole

Après la conception du protocole, il est temps de passer à la manipulation. Il s'agit de réaliser le protocole qui a été établi. Il faut donc après avoir réalisé l'expérience en pensée, la faire dans la réalité. La technique correspond idéalement à des types de tâches qui ont été identifiés lors de la conception du protocole. Pour cela, il est nécessaire que le protocole ait été conçu avec précisions et rigueur tout en connaissant parfaitement bien le matériel,

Les éléments de technologies associés à ces types de tâches sont les suivants :

$\theta_{\text{Démarche_Expérimenter_Réalisation}}$: le protocole est réalisé en suivant les étapes qui ont été établies dans l'étape précédente.

d. T= Raisonner avec les résultats obtenus

L'expérimentation ayant été réalisée, des résultats sont acquis. Ces résultats sont intégrés à un raisonnement pour pouvoir faire évoluer le modèle scientifique. Cependant, il est nécessaire que ce raisonnement soit validé par une communauté. Pour cela, les résultats doivent être communiqués et le raisonnement doit être aussi exposé. Ainsi, la technique de $T_{\text{Démarche_Résultats}}$ est composée de deux types de tâches : $T_{\text{Démarche_Résultats_Communication}}$ et $T_{\text{Démarche_Résultats_Exploitation}}$.

- $T_{\text{Démarche_Résultats_Communication}}$ = communiquer les résultats

L'acquisition des résultats étant faite durant l'expérimentation, il s'agit de pouvoir les présenter dans une forme communicable. Faire de la science, c'est convaincre les autres en utilisant comme argument des données qui sont transformées en résultats par la réflexion.

La communication des résultats se fait par des techniques telles que réaliser des tableaux, faire des captures d'écran etc..... chaque technique étant adaptée à chaque méthode manipulative. Au cours de leur web formation, les IPR de Grenoble avaient insisté sur le fait que des résultats communicables forment un document devant remplir trois critères :

1) le document doit être renseigné de façon complète. La pertinence de la présentation des résultats permet d'évaluer si l'élève a compris le sens du protocole pour l'exploitation. Il y a mise en lien entre les actes manipulatoires et pourquoi ceux-ci ont été réalisés.

2) Le document doit « donner du sens aux résultats ». Cela implique une anticipation de l'exploitation des résultats qui se fait au cours de l'étape suivante à l'ECE. Il s'agit de montrer la relation qui a été établie entre les données avec le secours des connaissances.

3) Et enfin, le document doit être réalisé avec soin.

Ci-dessous, se trouve la technique du type de tâche $T_{\text{Démarche_Résultats_Communication}}$ puis sa technologie.

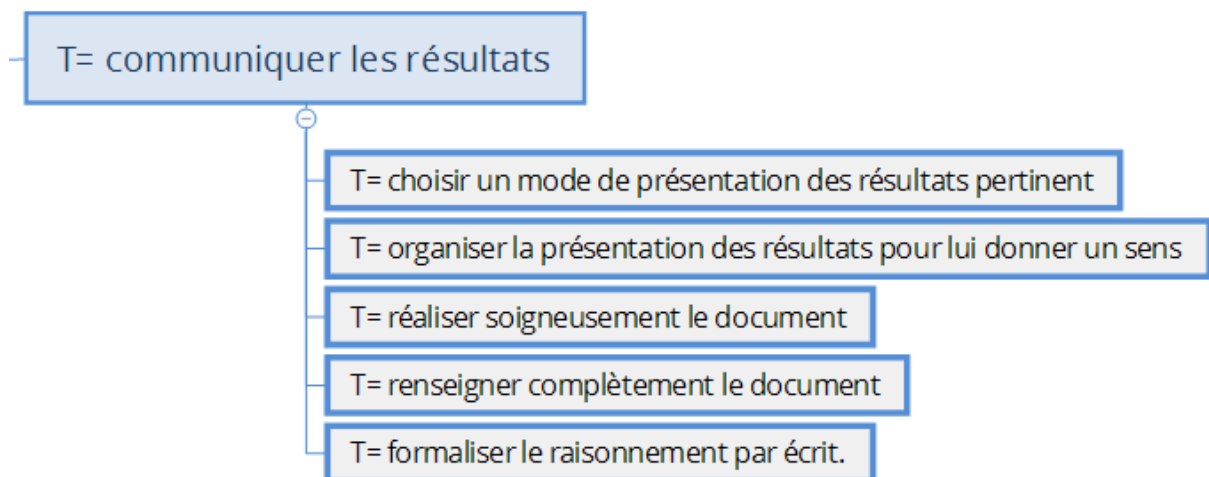


Figure 18 Les ingrédients de la technique de $T_{\text{Démarche_Résultats_Communication}}$

Et, les éléments de la technologie sont :

$\theta_{\text{Démarche_Résultats_Communication}_1}$: un titre, des légendes sont indispensables à un document. Il doit être possible de comprendre la manipulation qui a été faite en prenant en compte uniquement les renseignements du document présentant les résultats.

$\theta_{\text{Démarche_Résultats_Communication}_2}$: les données brutes obtenues par l'expérimentation sont travaillées et mises en relation avec les données de la situation initiale et les connaissances pour montrer la relation qui s'est établie.

$\theta_{\text{Démarche_Résultats_Communication}_3}$: le document doit être réalisé avec soin.

○ $T_{\text{Démarche_Résultats_Exploitation}}$ = exploiter les résultats

Il est classique de considérer l'étape d'exploitation des résultats comme un élément correspondant à l'aboutissement du raisonnement après considération des résultats de la manipulation. Il s'agit d'explicitier les éléments connus du cadre théorique avec les nouveaux éléments, les résultats, obtenus par l'expérimentation. Dans la web formation, comme de façon classique d'ailleurs, il est noté

que l'élève doit accomplir les trois étapes du « je vois que », « or je sais que », « donc j'en conclus que ». Le lien entre cadre conceptuel (« je sais que... ») et les données empiriques obtenues par l'expérience (« je vois que ») permettent un raisonnement déductif (mise en relation pour en conclure « j'en conclus que »). Pour Bomchil et Darley (1998), il faudrait débiter le raisonnement par ce que l'on sait, que l'on met en relation avec les résultats obtenus par l'expérimentation et l'on en déduit une nouvelle connaissance.

Au cours de leurs travaux sur les éléments de la Nature de la Science dans les textes du programmes de sciences expérimentales en Seconde, Maurines et al (2013) ont remarqué l'utilisation régulière du terme de « rigueur ». Mais que signifie « rigueur » ? En utilisant les éléments d'analyse de ces auteurs, on peut associer à ce terme, la « précision » des termes à utiliser et « un langage scientifiquement approprié ». Le terme de rigueur fait aussi naître l'idée d'objectivation, cette objectivation que tout scientifique doit chercher lorsqu'il produit ses résultats. En effet, si chaque scientifique sait que la neutralité dans sa pratique est illusoire, il s'agit de chercher cette objectivité en critiquant ses propres travaux.

La figure 19 ci-dessous présente les ingrédients de la technique de $T_{\text{Démarche_Résultats_Exploitation}}$ puis les éléments de la technologie.

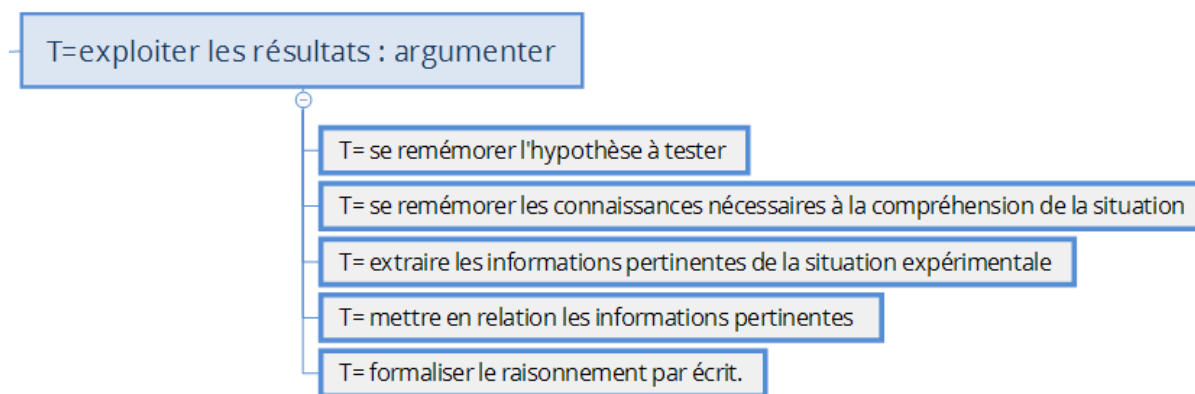


Figure 19 Les ingrédients de la technique de $T_{\text{Démarche_Résultats_Exploitation}}$

Et, les éléments de la technologie sont :

$\theta_{\text{Démarche_Résultats_Exploitation}_1}$: la mise en relation des données pertinentes permet de construire un raisonnement par déduction.

$\theta_{\text{Démarche_Résultats_Exploitation}_2}$: il s'agit de justifier chaque élément du raisonnement par des données précises qui sont d'une part empiriques provenant de l'expérience et d'autre part des connaissances reconnues comme valides par la communauté scientifique.

$\theta_{\text{Démarche_Résultats_Exploitation}_3}$: le langage employé est constitué de termes scientifiques, spécialisés.

e. T= conclure quant à l'hypothèse testée

Lorsque les résultats sont obtenus, explicités, produits et exploités, la démarche doit être conclue en revenant sur l'hypothèse. Cette étape n'est pas toujours explicitée dans les textes de l'institution même si dans les étapes de la démarche scientifique, il s'agit de « répondre à la situation problème ». Il s'agit d'une étape capitale car c'est l'hypothèse qui justifie l'existence de l'expérimentation. Et, une des difficultés des élèves est de ne pas donner de sens à leur démarche ; or une démarche n'a de sens que si elle teste une hypothèse (Marzin-Janvier, 2013).

Le retour sur l'hypothèse se fait en se questionnant : est-elle validée ou non par l'expérimentation ? Pour répondre à la question, il faut se souvenir de ce qui était attendu, de ce qui a été obtenu et considérer la cohérence ou non entre ces deux éléments.

La figure 20 suivante propose les ingrédients du type de tâche $T_{\text{Démarche_Conclusion}}$ et les éléments de technologie.

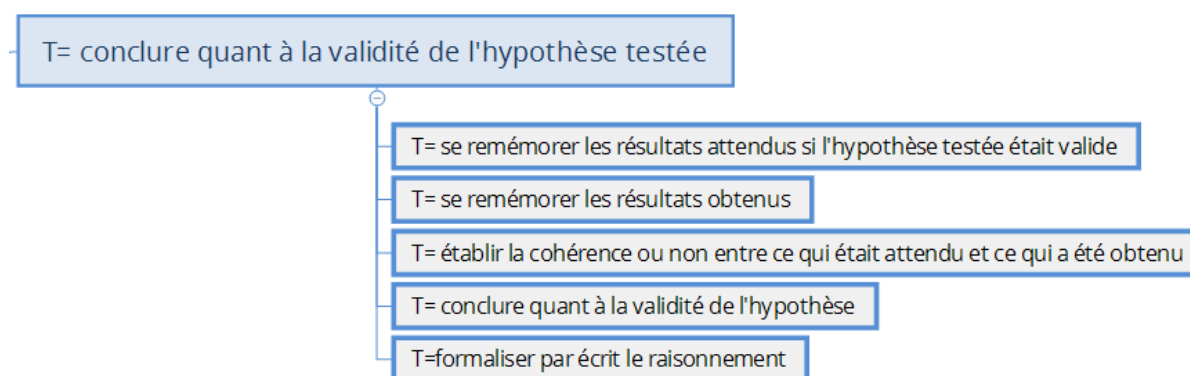


Figure 20 Les ingrédients de la technique de $T_{\text{Démarche_Conclusion}}$

Les éléments de la technologie sont :

$\theta_{\text{Démarche_Conclusion}}$: la cohérence entre les résultats attendus et les résultats obtenus indique que l'hypothèse testée est validée. L'inverse indique que l'hypothèse est infirmée.

$\theta_{\text{Démarche_Esprit_Critique}}$: à tout moment de la démarche, le scientifique doit soumettre au doute ce qu'il professe, ce qu'il réalise, ce qu'il déduit.

f. T= modéliser

Enfin, dans le préambule du programme des sciences au lycée, il est indiqué la dernière étape de la démarche scientifique comme étant celle de « modéliser ». En effet, la science est une succession de modèles qui se modifient, se transforment au gré des nouvelles connaissances produites.

La modélisation peut avoir différents aspects (texte ou schéma par exemple) et c'est un moyen de représenter « l'idée que l'on a de la réalité à un moment donné » (Desbeaux-Salviat & Rojat, 2006, p. 43). Il s'agit de montrer les éléments qui appartiennent au modèle, d'établir la nature de leur relation

et de décrire le fonctionnement du modèle. Ceci permet alors d'expliquer ce qui est observé et de prévoir ce qui va être.

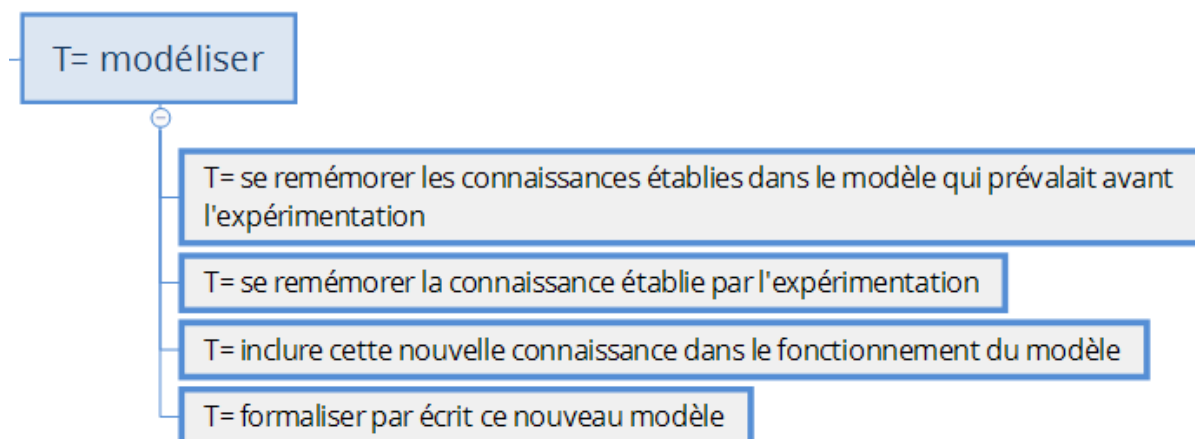


Figure 21 Les ingrédients de la technique de $T_{\text{Démarche_Modélisation}}$

Et, la technologie est :

$\Theta_{\text{Démarche_Modélisation_1}}$: les nouvelles connaissances acquises par l'expérience sont intégrées au modèle par sa transformation.

$\Theta_{\text{Démarche_Modélisation_2}}$: un modèle conceptuel permet de représenter l'idée que l'on a du réel.

Dans les six paragraphes précédents, nous avons cherché à établir les éléments de la *praxis* et de la technologie du type de tâches $T_{\text{Démarche_Scientifique}}$. Dans le paragraphe qui suit, est indiquée la théorie justifiant la technologie mobilisée par la *praxis* de ce type de tâches.

II.3.2 La théorie justifiant les technologies

Les technologies qui viennent d'être énoncées sont justifiées par une théorie.

Pour la praxéologie de l'objet Démarche scientifique, la théorie correspond à la vision contemporaine de la science : $\Theta_{\text{Vision_Contemporaine_Science}}$

II.3.3 Bilan : Synthèse de l'analyse praxéologique de l'objet Plasticité cérébrale

La praxéologie institutionnelle de l'objet Démarche scientifique au lycée a été construite.

La technique de « $T_{\text{Démarche_Scientifique}}$ = pratiquer une démarche scientifique » est composée de sept ingrédients, sept types de tâches, établis grâce aux textes produits par l'institution. Chaque type de tâche est justifié par une ou plusieurs technologies, celles-ci ont été établies à partir des éléments provenant à la fois du savoir de référence (philosophie des sciences), de travaux en sciences de l'éducation ainsi qu'encore une fois les textes institutionnels. Toutes ces technologies constituent un cadre cohérent qui correspond à la vision contemporaine de la science.

III. Conclusion du chapitre 2

La praxéologie institutionnelle des deux objets d'enseignement a été construite.

La praxéologie institutionnelle de l'objet Plasticité cérébrale a été construite à partir des textes produits par l'institution et les manuels scolaires. Par contre, l'organisation praxéologique de l'objet Démarche scientifique n'a pas été aussi aisée à établir que la praxéologie de l'objet Plasticité cérébrale. En effet, même si le fonctionnement de la science est un objet d'enseignement depuis fort longtemps, les éléments à enseigner ne sont pas souvent explicites ce qui est justement un obstacle à leur enseignement (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Calmettes, 2012; Maurines et al., 2013).

Par la construction de la praxéologie institutionnelle de l'objet Plasticité cérébrale ainsi que celle de l'objet Démarche scientifique, le rapport institutionnel de ces deux objets dans l'institution lycée est modélisé.

Notre objet de recherche est la façon dont l'étayage d'un enseignant s'organise dans une séance en présence d'un EIAH. Pour l'analyser, nous devons étudier l'action du professeur en action c'est-à-dire lors d'une séance d'enseignement. C'est pourquoi nous avons élaboré une séance de travaux pratiques portant sur la plasticité cérébrale afin de la proposer aux enseignants volontaires pour l'expérimentation.

Chapitre 3. La construction de la praxéologie de la séance

Table des matières détaillée du chapitre 3

I.	L'objectif général de la séance et les difficultés conceptuelles <i>a priori</i>	182
I.1.	Une difficulté liée au modèle de cerveau régionalisé construit en classe	182
I.2.	Objectif général de la séance	182
II.	Proposition d'une séance portant sur la plasticité cérébrale en classe de Première S	183
II.1.	La situation initiale	183
II.2.	Les prérequis	183
II.3.	La formulation du problème scientifique	184
II.4.	La formulation des hypothèses	184
II.5.	Les ressources disponibles.....	184
II.5.1	Les images de la patiente Madame X.....	185
II.5.2	Les images du sujet sain, sujet témoin.....	186
II.6.	Le protocole à concevoir et à réaliser	186
II.7.	Les résultats à communiquer	187
II.8.	L'exploitation des résultats.....	189
II.9.	Conclusion de la séance	190
II.10.	Les objectifs d'apprentissage de la séance	190
II.11.	Bilan	191
III.	Praxéologie institutionnelle de la séance d'enseignement.....	191
III.1.	Les éléments praxéologiques de notre enseignement.....	191
III.2.	Commentaires concernant les éléments de notre praxéologie.....	200
IV.	Conclusion du chapitre 3	202

La notion de plasticité cérébrale doit être enseignée en classe de Première S ; l'analyse praxéologique a montré qu'elle occupait alors trois niches : la plasticité développementale, chez le jeune, la plasticité comportementale et la plasticité réparatrice. Nous avons choisi de réaliser une séance de travaux pratiques portant sur la plasticité comportementale et réparatrice.

Pour concevoir la séance d'enseignement, nous nous sommes appuyés sur deux ressources : une séance proposée par l'ifé⁶⁶ pour une classe de Première S, séance disponible en ligne et la praxéologie commune des sujets de l'évaluation des capacités expérimentales.

⁶⁶ Séance pouvant être consultée sur le site : <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/vision/enseigner/reconnaissance-visuelle-des-mots-et-plasticite/ressources-reconnaissance-visuelle-des-mots/cas-nb01-patient-atteint-dune-hemi-alexie-gauche>

Avant de présenter cette séance et son organisation praxéologique, nous allons tout d'abord énoncer l'objectif général de la séance d'enseignement que nous avons choisie pour notre expérimentation.

I. L'objectif général de la séance et les difficultés conceptuelles *a priori*

I.1. Une difficulté liée au modèle de cerveau régionalisé construit en classe

En classe de Première S, les séances précédant celle correspondant à notre expérimentation construisent les connaissances suivantes : « Plusieurs aires corticales participent à la vision. L'imagerie fonctionnelle du cerveau permet d'observer leur activation lorsque l'on observe des formes, des mouvements. On cherche à montrer comment la réalisation d'une fonction cognitive complexe repose sur l'activité de plusieurs zones cérébrales de façon coordonnée. »⁶⁷

Ainsi, les élèves doivent avoir compris que :

- le message nerveux visuel arrive au niveau du cortex visuel,
- au sein de ce cortex visuel se trouvent différentes aires qui traitent chacune un aspect du message nerveux,
- la coordination de ces différentes aires permet de percevoir une image unifiée.

De façon classique, la mise en place de ces notions peut se faire en utilisant les fonctionnalités du logiciel Eduanatomist. Pour un sujet sain, sont proposées les IRM fonctionnelles (IRMf) (qu'il est nécessaire de superposer aux IRM anatomiques –IRMa-) du sujet percevant un stimulus mimant un mouvement, ou un stimulus coloré ou encore des stimuli représentant des formes. Pour chacun des caractères, mouvement, couleur et forme, peut être localisée une zone cérébrale activée préférentiellement par l'un de ces stimuli et se trouvant à une position différente des autres zones. Ainsi, sont déterminées les positions de l'aire V3 intervenant dans la perception des formes, l'aire V4, dans la perception des couleurs et l'aire V5, dans les mouvements.

Ainsi, est construit un modèle de cerveau où chaque région cérébrale accomplit une fonction. De par la progression didactique, il y a donc la construction du modèle d'un cerveau régionalisé.

I.2. Objectif général de la séance

S'il existe une part de structuration qui est commune à tous les individus d'une même espèce (et donc que l'information génétique intervient), il importe de démontrer que cette structuration change en fonction des facteurs du milieu et de ce qui est vécu par l'individu.

⁶⁷ Dans le programme de Première S : Bulletin officiel spécial n°9 du 30 septembre 2010

La séance sur la plasticité cérébrale doit permettre de faire évoluer le modèle régionaliste construit en classe, l'idée d'un cerveau fixe, génétiquement déterminé à l'idée d'un cerveau malléable, adaptable, à la conception d'un cerveau plastique.

Le passage d'un modèle régionaliste figé à un modèle plastique est réalisé lorsqu'à la fin de la séance d'enseignement, il y a prise en compte de la localisation des zones activées par la lecture chez l'individu sain et celui qui a récupéré après un AVC. Les résultats de l'expérience montrent que des zones cérébrales compensent la perte de fonctionnalité d'une zone cérébrale suite à une lésion en prenant en charge la fonction normalement dévolue à cette zone lésée. Donc le cerveau est « malléable ».

Dans le paragraphe qui suit est présentée la séance d'enseignement portant sur la Plasticité cérébrale.

II. Proposition d'une séance portant sur la plasticité cérébrale en classe de Première S

II.1. La situation initiale

Nous partons d'un exemple clinique réel décrit dans la littérature scientifique par Cohen (2003). Il s'agit d'un patient atteint d'alexie pure c'est-à-dire qu'il savait lire et après un accident vasculaire cérébral (AVC), il ne parvient plus à lire. Ce n'est pas l'arrangement des lettres qui pose problème, ni le mot en lui-même puisqu'il est capable d'énoncer le mot si on lui épelle les lettres le composant ou si on lui dessine sur la peau le mot. Il s'agit uniquement d'un problème de reconnaissance des mots écrits. Ce patient présente une lésion cérébrale dans la partie occipito-temporal de l'hémisphère gauche et plus précisément dans la zone de reconnaissance des mots écrits, celle que l'équipe de Dehaene (2015) a nommé la Visual Word Form Area (VWFA). Cette partie du cortex est spécialisée dans la reconnaissance des mots écrits et s'active lors de la lecture chez les personnes sachant lire.

Dans notre séance, notre patiente, Madame X, est arrivée à l'hôpital pour un AVC et elle ne sait plus lire. Après plusieurs mois de rééducation, cette dame retrouve ses aptitudes à la lecture.

II.2. Les prérequis

Pour la séance, les connaissances déjà enseignées et devant être maîtrisées et qui sont mobilisées sont les suivantes :

- Les cellules cérébrales correspondent à des neurones.
- Le cortex visuel se trouve dans le lobe occipital du cerveau.
- La perception visuelle est réalisée grâce aux neurones des aires visuelles V1, V2, V3, V4 et V5.
- Le message nerveux visuel est transmis d'une aire corticale à une autre ou est traité en parallèle par plusieurs aires.
- Chaque aire cérébrale a une fonction.

- Le message nerveux visuel arrive au cortex visuel V1 ; il est transmis à l'aire visuelle V2 puis est transmis, en parallèle, aux aires V3, V4 et V5, chacune de ces aires traitant un aspect du message visuel : V3 intervient dans le traitement de la forme, V4, dans le traitement des couleurs et V5, dans le traitement des mouvements. Donc, le cerveau est régionalisé ; chaque région cérébrale a une fonction.
- Le fonctionnement du cerveau peut être approché par des images obtenues par des IRM fonctionnelles (IRMf) qui sont superposées à des images IRM anatomiques (IRMa). Les IRM anatomiques donnent une image de la structure de l'organe tandis que les IRM fonctionnelles permettent de voir les zones cérébrales préférentiellement activées.
- Le logiciel Eduanatomist est un logiciel qui permet de visualiser des IRM anatomiques ou fonctionnelles.

II.3. La formulation du problème scientifique

L'objet de la séance est de comprendre ce qui s'est passé au niveau cérébral pour que Madame X puisse relire.

Il nous semble qu'un paradoxe apparaît clairement dans la présentation de la situation. Le modèle d'un cerveau régionalisé avec des aires localisées spécifiquement dédiées à une fonction a été élaboré durant les séances précédentes. Le fonctionnement de ce modèle prévoit que chaque fonction est prise en charge par une zone localisée du cerveau et ainsi si une lésion cérébrale a lieu, il se produit des dommages irréversibles. Donc, selon ce modèle de cerveau régionalisé, un sujet qui ne peut plus lire du fait de lésions au cerveau, ne pourra plus re-lire or ce n'est pas le cas puisque quelques mois après l'AVC, la patiente peut de nouveau lire.

II.4. La formulation des hypothèses

Pour résoudre ce paradoxe, il nous semble que deux hypothèses testables peuvent être proposées :

- Les neurones de la zone lésée se sont multipliés, la lésion a été réparée et la fonction de lecture a pu être de nouveau prise en charge par cette même zone.
- Les neurones de la zone lésée ont été détruits, ils n'ont pas pu être régénérés et une autre zone corticale a pris en charge la fonction de lecture.

Il est par contre obligatoire de faire intervenir des neurones d'une zone corticale, que ce soit ceux appartenant à la zone qui intervenait dans la fonction de lecture avant la lésion ou ceux d'une autre zone corticale.

Un protocole doit alors pouvoir être proposé pour tester ces hypothèses.

II.5. Les ressources disponibles

Pour concevoir un protocole, il est nécessaire de connaître le matériel disponible dans un établissement scolaire pouvant être pertinemment utilisé pour tester les hypothèses formulées.

II.5.1 Les images de la patiente Madame X

Nous utilisons les IRM fonctionnelles du patient F de la publication de Cohen et al (2003, p. 1325), IRM réalisées six mois après un AVC qui a fait perdre l'aptitude à la lecture. Ce patient, six mois après, relit, pas de façon aussi fluide qu'auparavant mais il relit tout de même. L'obtention de ces images a été réalisée par des séquences d'acquisition d'IRMf soit en montrant des mots vrais soit en montrant un point de fixation et les IRMf telles que présentées ci-dessous ont été ensuite obtenues par soustraction entre les images enregistrées⁶⁸. Ainsi, il est raisonnable de penser que les zones plus activées que les autres aires du cerveau lors de la vision des mots vrais interviennent dans la lecture des mots. Sur la publication de Cohen et al (2003), des cercles rouges entourent les zones inhabituellement activées par la lecture.

Pour notre séance de Première S, nous avons renommé le patient F par Madame X et par un logiciel de traitement d'image, nous avons supprimé les cercles rouges autour des zones activées par la lecture. Ces IRMf sont présentées ci-dessous.

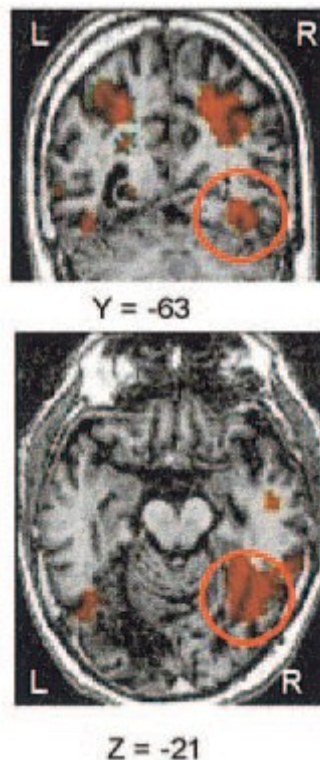


Figure 22 IRMf de la patiente Madame X lors de la présentation de mots vrais six mois après son AVC

Concernant l'IRM anatomique permettant de localiser la lésion cérébrale, nous n'avons pas pu utiliser celles présentes sur la publication de Cohen car la lésion est surlignée en rose et il nous était impossible d'ôter cette couleur. Aussi, nous avons choisi une IRM anatomique d'un autre patient ayant

⁶⁸ La description d'obtention des images a été ici simplifiée.

eu une lésion cérébrale dans la zone occipito-temporal gauche et dont le plan de coupe de l'IRM était le même que celui de l'IRM fonctionnel⁶⁹.

Les IRM de Madame X sont donc des images numériques visionnables avec un logiciel de lecture d'images tel Acrobat Reader.

II.5.2 Les images du sujet sain, sujet témoin

Il est nécessaire d'avoir des images d'un sujet sain pour pouvoir réaliser les expériences de contrôle.

En lycée, un logiciel de lecture d'images IRM est classiquement utilisé, il s'agit du logiciel Eduanatomist⁷⁰. Ce logiciel a été développé par l'équipe ACCESS de l'INRP (devenue depuis ENS de Lyon-ifé) afin de visualiser des IRM anatomiques et fonctionnelles (Molinatti, 2006). Une banque d'images pouvant être lues avec Eduanatomist est à la disposition des enseignants.

Les images sont en général disponibles selon les trois axes de coupe : frontale, sagittale et axiale. Il est, de plus, possible de se « déplacer » selon l'axe de coupe en utilisant un curseur. Et, les coordonnées des plans de coupe sont accessibles. Pour visualiser ces images avec Eduanatomist, il s'agit, une fois l'image chargée, de choisir et de mettre les valeurs de visualisation adéquates (seuils inférieur et supérieur ainsi que palette de couleurs) ; ces valeurs sont fournies dans le document.

Parmi les images de la banque d'images à disposition, se trouvent les IRM d'un sujet sain, IRM anatomique et IRM fonctionnelle de ce sujet en train de lire des mots ou en train de visionner une suite de consonnes.

II.6. Le protocole à concevoir et à réaliser

La localisation de la lésion cérébrale de Madame X se fait en comparant les images anatomiques du sujet sain et de Madame X. Pour que la comparaison soit correcte, il est nécessaire que le plan de coupe des deux IRM soit le même.

La localisation de la zone cérébrale activée par la lecture chez le sujet sain se fait en comparant l'image fonctionnelle (superposée à l'image anatomique) du sujet sain lisant des mots écrits et celle du sujet sain visionnant des chaînes de consonnes. Cette observation correspond à l'observation contrôle.

La localisation de la zone cérébrale activée par la lecture chez madame X quelques mois après son AVC se fait en visionnant l'IRM fonctionnelle de madame X lisant.

⁶⁹ Disponible sur le site <http://www.neuroradiologycases.com/2012/09/ischemic-stroke-and-vascular.htm>

⁷⁰ Téléchargeable sur <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/outils-numeriques/eduanatomist-neuropeda/eduanatomist>

La comparaison de la localisation des zones activées par la lecture chez le sujet sain et chez madame X après rééducation devrait montrer si c'est la même zone qui est activée ou si c'est une autre zone. Et une des hypothèses sera validée et l'autre devrait être infirmée.

Il s'agit lors de l'utilisation du logiciel Eduanatomist d'indiquer pour chacune des images visionnées les valeurs correctes concernant les paramètres de visualisation ; ceux-ci sont indiqués en même temps que le matériel. Il s'agit aussi, pour que les comparaisons soient valides, qu'elles se fassent à la même valeur de plan de coupe.

II.7. Les résultats à communiquer

Les résultats sont pour cette séance des captures d'écran, soit des captures d'écran du lecteur d'images de madame X soit des captures d'écran du logiciel Eduanatomist lors du visionnage des images du sujet sain.

Une organisation pertinente des résultats correspond à la mise en parallèle, dans un tableau par exemple, des comparaisons, deux à deux, des IRM qui sont faites. Bien sûr, il s'agit de bien renseigner à chaque fois les images copiées. Une mise en valeur des zones activées sur les IRM peut être faite en entourant sur les images les zones activées et dont la localisation est comparée.

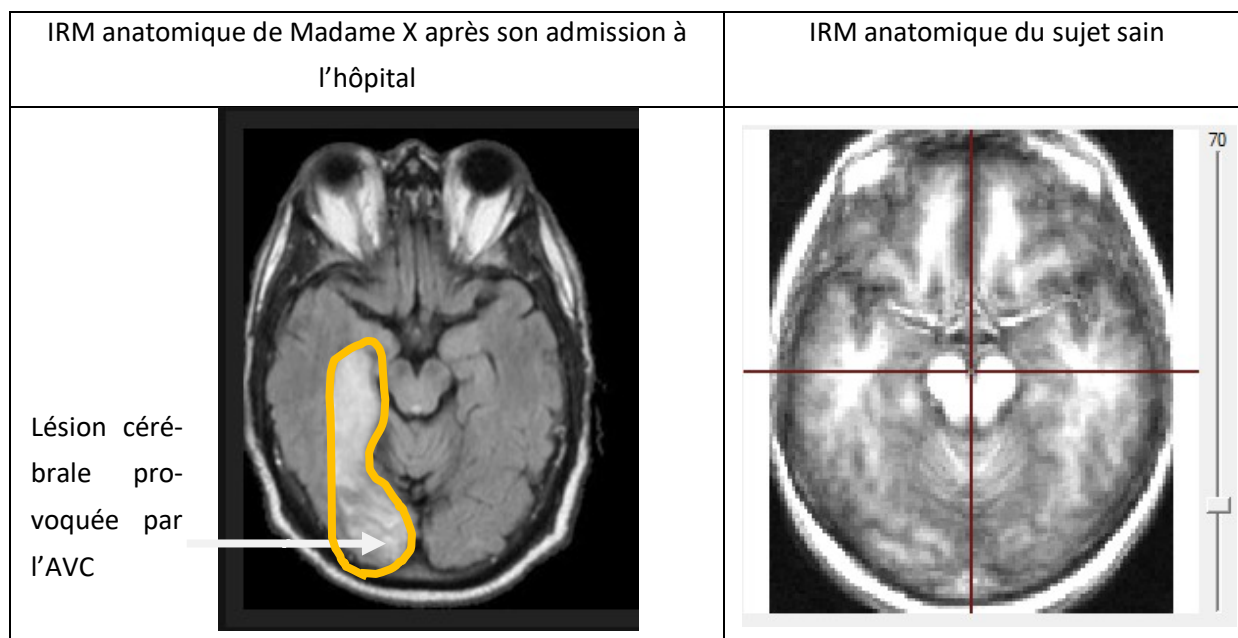


Figure 23 Comparaison des IRM anatomiques de Madame X au moment de son admission à l'hôpital et d'un sujet sain

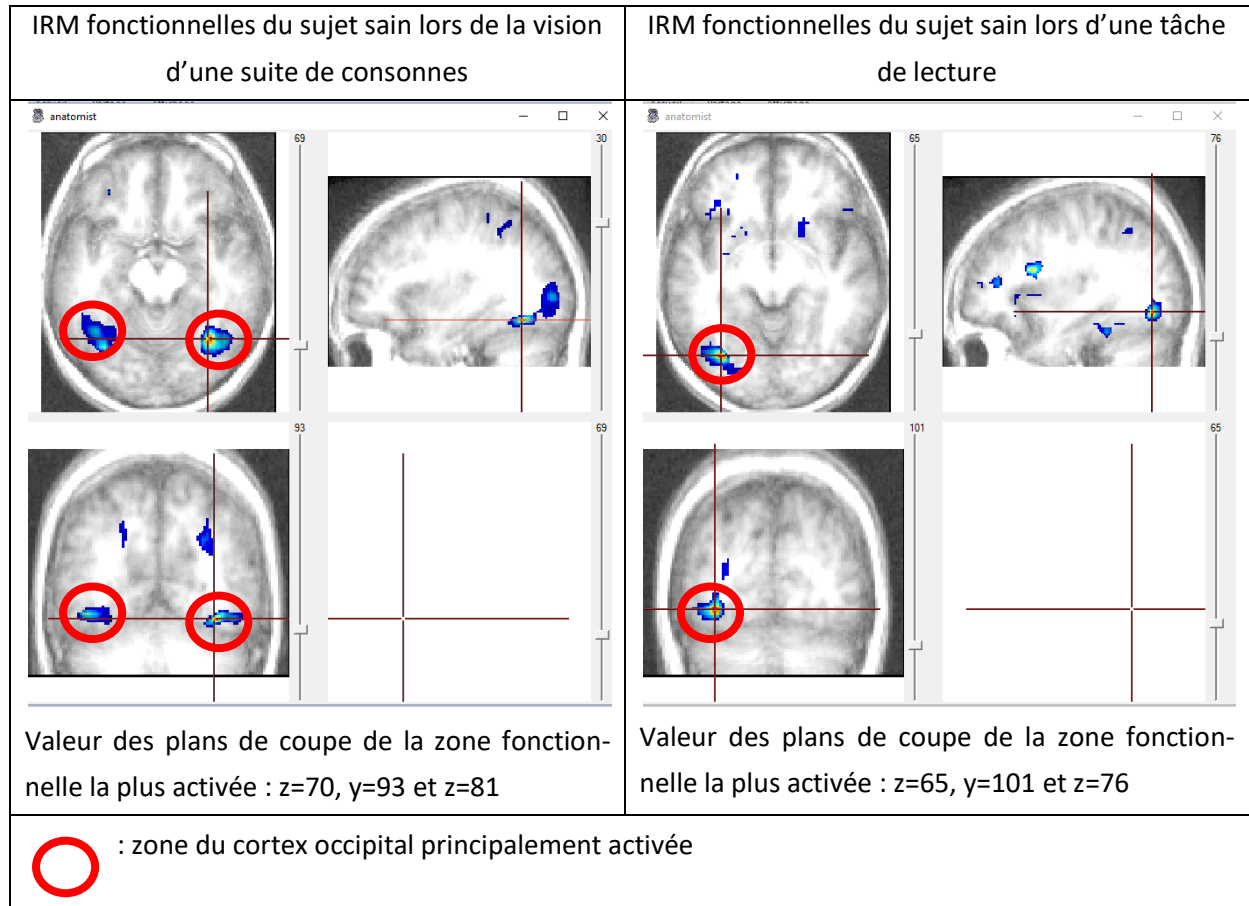


Figure 24 Comparaison des IRM fonctionnelles d'un sujet sain en train de lire des mots vrais ou de lire une suite de consonnes


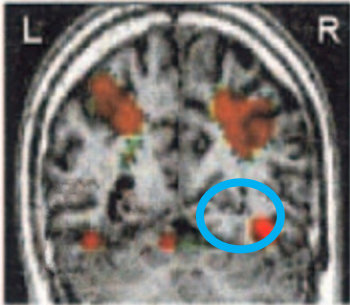
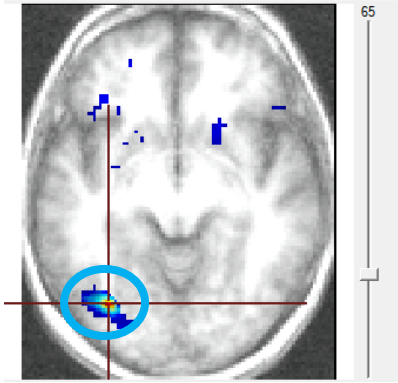
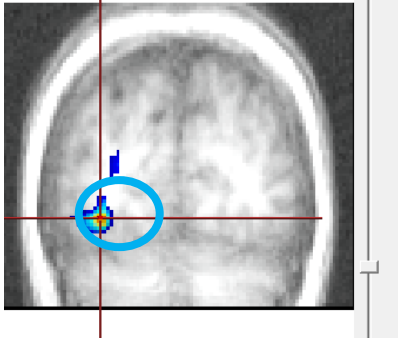

IRM fonctionnelle de Madame X plusieurs mois après son AVC et rééducation, lors d'une tâche de lecture	IRM fonctionnelle du sujet sain lors d'une tâche de lecture
<p>Coupe axiale (valeur du plan de coupe= 70)</p>  <p>Coupe coronale (valeur du plan de coupe= 84)</p> 	<p>Coupe axiale (valeur du plan de coupe = 65)</p>  <p>Coupe coronale (valeur du plan de coupe = 101)</p> 
 : zone du cortex visuel principalement activée	

Figure 25 Comparaison des IRM fonctionnelles de Madame X plusieurs mois après sa rééducation et d'un sujet sain en train de lire des mots vrais

II.8. L'exploitation des résultats

Madame X présente une lésion cérébrale qui s'étend au niveau du cortex occipito-temporal gauche. Cette lésion est reconnaissable car elle est de couleur claire contrairement à cette même zone chez le sujet contrôle.

Chez le sujet contrôle, lors de la reconnaissance visuelle de mots, une zone est activée en particulier ; elle appartient uniquement à l'hémisphère cérébral gauche et se trouve dans sa partie occipito-temporal gauche.

Chez ce même sujet contrôle, lors de la reconnaissance visuelle de chaîne de consonnes, deux aires sont susceptibles d'être plus activées dans le cortex visuel ; elles se trouvent dans la partie occipito-temporal et on les retrouve dans les deux hémisphères.

Ainsi, la reconnaissance des mots écrits fait intervenir une zone appartenant à l'hémisphère gauche ; nous pouvons la nommer « zone de la lecture ». Comme la vision de suite de lettres ne formant pas de mots active une zone du cortex visuel dans les deux hémisphères, nous pouvons penser que l'apprentissage de la lecture se traduit par une spécialisation de la zone occipito-temporale gauche dans la reconnaissance visuelle des mots écrits.

La zone lésée par l'AVC chez Madame X recouvre la zone de reconnaissance des mots écrits. C'est pourquoi Madame X a perdu sa faculté de lecture.

Après les mois de rééducation, Madame X retrouve en partie ses facultés de lecture. Lors de la reconnaissance de mots écrits chez Madame X à ce moment là, la zone cérébrale occipito-temporale droite est activée alors qu'elle ne l'était pas auparavant.

On peut donc penser que la rééducation a permis la modification des réseaux de neurones et a entraîné la prise en charge de la fonction de reconnaissance des mots écrits par une autre aire cérébrale que celle de la zone de lecture qui avait été lésée par l'AVC.

II.9. Conclusion de la séance

L'exploitation des résultats montre qu'une nouvelle zone de reconnaissance des mots est activée après la rééducation chez Madame X. Donc, une autre zone cérébrale prend en charge la fonction qui était auparavant réalisée par la zone cérébrale maintenant lésée.

L'hypothèse correspondant à l'activation d'une nouvelle zone cérébrale est validée par cette expérimentation.

II.10. Les objectifs d'apprentissage de la séance

Ainsi, au cours de cette séance, les objectifs d'apprentissages sont les suivants :

- Capacités :
 - Réaliser une démarche expérimentale
 - Proposer une ou des hypothèses pour répondre au problème scientifique,
 - Proposer un protocole expérimental réalisable dans les conditions du lycée,
 - Réaliser un protocole expérimental et acquérir des résultats,
 - Communiquer des résultats,
 - Exploiter des résultats,
 - Conclure quant aux hypothèses formulées.
 - Utiliser le logiciel Eduanatomist

- Connaissances :
 - L'apprentissage est permis par les modifications des réseaux de neurones.
 - La modification des réseaux de neurones permet la prise en charge de la fonction d'une zone lésée.
 - La réorganisation des réseaux de neurones est un aspect de la plasticité cérébrale.

II.11. Bilan

La séance que nous proposons permet de construire la notion de plasticité cérébrale dans le cortex sensoriel visuel : après un AVC qui lèse la zone du cortex occipito-temporal gauche permettant la lecture, une dame réapprend à lire par l'utilisation d'une nouvelle zone corticale se trouvant dans le cortex occipito-temporal droit. Cette modification des réseaux de neurones correspond à la plasticité cérébrale, cette dernière notion étant apportée par l'enseignant.

La construction de cette notion se fait par une démarche expérimentale : la conception et la réalisation d'un protocole par l'élève teste une hypothèse formulée par cet élève et les résultats obtenus permettent de valider ou non cette hypothèse.

Le paragraphe suivant présente la praxéologie institutionnelle de cette séance d'enseignement qui présente deux objets d'étude principaux : la plasticité cérébrale et la démarche scientifique.

III. Praxéologie institutionnelle de la séance d'enseignement

En nous appuyant sur les praxéologies institutionnelles construites précédemment (Partie 3.Chapitre 2.II Modélisation praxéologique des deux objets d'étude par la praxéologie : Plasticité cérébrale et Démarche scientifique dans la filière scientifique du lycée (page 162) , voici la praxéologie de notre séance d'enseignement.

III.1. Les éléments praxéologiques de notre enseignement

Le type de tâche qui doit être résolu est le suivant :

T= Montrer en pratiquant une démarche scientifique **de type expérimental** qu'il existe, au niveau du cortex cérébral **visuel**, une plasticité **réparatrice** permettant la récupération chez **l'adulte** de la **fonction de lecture** après un AVC par un raisonnement à partir de données issues de documents : les logiciels Eduanatomist et Acrobat Reader, les IRM anatomiques d'un sujet sain et de Madame X lors de son admission à l'hôpital, les IRM fonctionnelles du sujet sain A lors de la vision de chaînes de consonnes et lors d'une tâche de lecture et celle de Madame X lors d'une tâche de lecture plusieurs mois après son AVC.

$T_{\text{Dem-Expé_PC_Réparatrice}}$ = montrer en pratiquant une démarche scientifique de type expérimental qu'il existe, au niveau du cortex visuel, une plasticité réparatrice permettant la récupération chez l'Homme adulte de la fonction de lecture après un AVC à partir d'un raisonnement réalisé à partir de données issues de :

Les éléments cliniques de Madame X

Le logiciel Eduanatomist,

Le logiciel Acrobat Reader,

l'IRM anatomique de Madame X lors de son admission à l'hôpital,

l'IRM fonctionnelle de Madame X lors d'une tâche de lecture plusieurs mois après son AVC,

l'IRM anatomique d'un sujet sain,

les IRM fonctionnelles du sujet sain lors de la vision de chaînes de consonnes et lors d'une tâche de lecture.

$T_{\text{Dem-Expé_PC_Réparatrice_ProblèmeScientifique}}$ = identifier le problème scientifique.

$T_{\text{Prise_Connaissance}}$ = prendre connaissance des éléments d'une situation : les observations cliniques correspondant à Madame X en extrayant les informations pertinentes d'un texte.

T= se remémorer le modèle théorique connu en rapport avec les éléments de la situation : correspondant à l'accomplissement des fonctions cognitives par des zones cérébrales.

T= repérer les éléments de la situation qui sont contradictoires avec le modèle connu : mettre en relation des éléments de la situation clinique de madame X et le modèle du cerveau régionalisé prévalant alors.

T= formuler des questions.

T= formaliser le raisonnement par écrit.

T= prendre connaissance du problème scientifique explicité.

$\theta_{\text{Problème_Scientifique}}$ = la confrontation entre des éléments de la situation déclenchante et ce à quoi on s'attend fait naître un paradoxe. De ce paradoxe, est formulé un problème scientifique. Le problème est formulé sous la forme d'une question dans laquelle doit apparaître le paradoxe.

$\theta_{\text{Problème_Scientifique_X}}$ = un problème scientifique fait apparaître un paradoxe comme par exemple dans le cas où Madame X retrouve ses facultés de lecture plusieurs mois après qu'elle ait subi un AVC lui ayant ôté cette capacité et qu'elle ait suivi une rééducation adaptée.

$\theta_{\text{Cortex-visuel_Généralités}}$: le cortex visuel correspond aux aires cérébrales traitant les informations provenant de la rétine de chaque œil. Le cortex visuel se trouve dans le lobe occipital du cerveau, à l'arrière.

$\theta_{\text{CerveauRégionalisé}}$: le cortex cérébral est organisé en zones qui chacune traite un aspect du message nerveux. Par exemple, la zone V3 du cortex visuel traite les aspects liés à la forme de l'image visualisée.

$\theta_{\text{Neurones_AVC}}$: un accident vasculaire cérébral provoque un arrêt de l'irrigation sanguine d'une zone du cerveau. Ces neurones privés de dioxygène meurent alors et ne peuvent plus accomplir leur fonction. Les conséquences de l'AVC dépendent de la fonction qu'avaient les neurones.

$\theta_{\text{CasMadameX}}$: après un AVC, madame X ne peut plus lire. Quelques mois après rééducation, elle retrouve ses facultés de lecture.

$\theta_{\text{Neurones_Régénération}}$: la multiplication des neurones dans le cortex est considérée comme actuellement très limitée.

$\theta_{\text{Paradoxe_CasMadameX}}$: le cortex cérébral étant régionalisé, l'AVC a dû léser la zone du cerveau qui permettait de lire. La régénération du tissu nerveux est limitée. Or comme Madame X relit après rééducation. Cela signifie qu'une zone cérébrale est de nouveau dévolue à la lecture.

$\theta_{\text{Comm_Nerveuse}}$: Communication nerveuse.

Partie 3 : Conception de la séance d'enseignement et transposition dans la plateforme numérique LabNbook

$T_{\text{Dem-Expé_PC_Réparatrice_hypothèse}}$ = formuler les hypothèses pour expliquer le fait que Madame X ait retrouvé une partie de ses capacités de lecture six mois après son AVC.

T= se remémorer les modèles théoriques connus en rapport avec les éléments de la situation.

$T_{\text{Technique_Hypothèse}}$ = imaginer une réponse ou des réponses au problème

$T_{\text{Démarche_Formalisation_Hypothèse}}$ = Formaliser l'hypothèse par écrit.

$\theta_{\text{Hypothèse}}$ = une hypothèse est une idée formulée sous la forme d'une phrase affirmative. Une hypothèse testable correspond à la mise en relation entre des éléments concrets.

$\theta_{\text{Hypothèse-CadreThéorique}}$ = la formulation d'une hypothèse se base sur les connaissances déjà acquises comme par exemple les notions liées au cerveau.

$\theta_{\text{Hypothèse}_1}$ = Les neurones de la zone lésée se sont multipliés, la lésion a été réparée et la fonction de lecture a pu être de nouveau prise en charge par cette même zone.

$\theta_{\text{Hypothèse}_2}$ = Les neurones de la zone lésée ont été détruits, ils n'ont pas pu être régénérés et une autre zone corticale a pris en charge la fonction de lecture.

Θ : Communication nerveuse.

$T_{\text{Dem-Expé_PC_Réparatrice_expérimentation}}$ = expérimenter = acquérir des résultats exploitables.

$T_{\text{Dem-Expé_PC_Réparatrice_expérimentation-Conception}}$ = concevoir un protocole permettant de montrer qu'il existe, au niveau du cortex visuel, une plasticité réparatrice permettant la récupération chez l'Homme adulte de la fonction de lecture après un AVC..

T= se remémorer l'hypothèse à tester.

T= se remémorer les méthodes expérimentales connues ou pouvant être mises en œuvre.

T= mettre en relation les éléments de l'hypothèse et les méthodes expérimentales.

T= choisir une méthode expérimentale pertinente

$T_{\text{Démarche_Protocole_Conception}}$ = imaginer les actions à réaliser pendant le protocole.

T= Etablir l'expérience de contrôle et l'expérience test

T= proposer une suite d'actions à réaliser pour tester l'hypothèse.

T_{Etape_1} = identifier la localisation de la lésion chez Madame X.

$T_{\text{IRM_Choix}}$ = choisir les IRM à comparer.

$T_{\text{PC_Comp_Témoin/Test_IRMa_X/Sain}}$ = comparer les IRM anatomiques de Madame X et du sujet sain

$T_{\text{Démarche_Protocole_Conception_Visualisation}}$ = imaginer les actions à réaliser pendant le protocole pour pouvoir visualiser des images IRM.

$T_{\text{X-IRMa}}$ = visualiser l'IRM anatomique de Madame X.

$T_{\text{Démarche_Protocole_Conception_Visualisation}}$ = imaginer les actions à réaliser pendant le protocole pour pouvoir visualiser des images IRM.

T= ouvrir le logiciel de lecture d'image.

T= ouvrir l'image anatomique de Madame X.

T= se repérer dans la coupe du cerveau.

$T_{\text{Sain-IRMa}}$ = visualiser l'IRM anatomique du sujet sain.

T= ouvrir le logiciel Eduanatomist.

T= ouvrir l'image anatomique du sujet sain.

T= choisir les paramètres pertinents de visualisation.

T= repérer le type de palette de visualisation.

T= choisir la palette de visualisation adéquate.

Chapitre 3 : La construction de la praxéologie de la séance

T= repérer les valeurs des seuils de visualisation.

T= choisir les valeurs des seuils de visualisation adéquats.

T= se repérer dans la coupe du cerveau.

$T_{\text{Témoïn/test_IRMa/Sain/X}}$ = assigner à l'IRMa du sujet sain le statut de l'expérience témoin et à l'IRMa de madame X celui d'expérience test.

$T_{\text{Repérage/ZoneLésée}}$ = repérer la ou les zones lésées sur l'IRM anatomique de Madame X.

$T_{\text{Valeurs_PlanDeCoupe}}$ = repérer les valeurs et les plans de coupe de l'IRM de Madame X.

T= choisir les mêmes valeurs de plan de coupe pour l'IRM du sujet sain.

T= comparer l'aspect de l'IRM anatomique de Madame X par rapport au sujet sain.

$T_{\text{Déduction}}$ = en déduire la position de la zone lésée chez Madame X.

$\theta_{\text{Ressources_Matérielles_Généralités}}$ = à disposition, se trouvent des IRM d'une personne saine et des IRM d'une personne ayant eu un AVC.

$\theta_{\text{Ressources_matérielles_Complètes}}$: l'IRM anatomique de Madame X lors de son admission à l'hôpital et l'IRM fonctionnelle de Madame X lors d'une tâche de lecture plusieurs mois après son AVC peuvent être visualisées avec le logiciel Acrobat Reader. L'IRM anatomique d'un sujet sain et ses IRM fonctionnelles lors de la vision de chaînes de consonnes et lors d'une tâche de lecture peuvent être visualisées avec le logiciel Eduanatomist.

$\theta_{\text{Ressources_matérielles_MadameX_2}}$: les IRM de Madame X peuvent être visualisées avec le logiciel Acrobat Reader.

$\theta_{\text{Ressources_matérielles_SujetSain_2}}$: Les IRM du sujet sain peuvent être visualisées avec le logiciel Eduanatomist.

$\theta_{\text{Protocole}}$: un protocole est une suite d'actions que l'on peut faire.

$\theta_{\text{Protocole_Ressources}}$: un protocole se conçoit à partir des ressources à disposition.

$\theta_{\text{Eduanatomist_Visualisation}}$: les images sont visualisées avec Eduanatomist une fois que les paramètres de visualisation ont été choisis de façon adéquate en référence avec les informations données.

$\theta_{\text{Eduanatomist_Visualisation_Anatomique}}$: les paramètres de visualisation pour l'image anatomique du sujet sain A sont : la palette Black and White et valeurs du seuil inférieur : 0 et du seuil supérieur : 30.

$\theta_{\text{Eduanatomist_Visualisation_Anatomique}}$: les paramètres de visualisation pour l'image fonctionnelle du sujet sain A sont : la palette Blue Red Fusion et valeurs du seuil inférieur de 34 et du seuil supérieur de 100.

$\theta_{\text{IRM_1}}$: les IRM permettent d'accéder à la structure et au fonctionnement du cerveau sans intervention chirurgicale.

$\theta_{\text{IRM_2}}$: il existe deux types d'IRM : des IRM anatomiques et des IRM fonctionnelles.

$\theta_{\text{IRMa-1}}$: les IRM anatomiques proposent une image de la structure du cerveau, les différents éléments apparaissant dans des modulations de teintes de gris.

$\theta_{\text{IRMa-2}}$: les IRM anatomiques permettent de détecter des lésions cérébrales.

$\theta_{\text{Dem/scient_Témoïn/Test_1}}$ = une expérience témoin est indispensable pour pouvoir comparer les valeurs des paramètres mesurés.

$\theta_{\text{Dem/scient_Témoïn/Test_2}}$ = l'expérience témoin, l'expérience test ne doivent différer par un seul paramètre.

$\theta_{\text{Dem/Scient_Témoïn/Test_3}}$ = Au moins une différence doit exister entre les résultats de l'expérience témoin et l'expérience test, provoqué par le paramètre modifié entre les deux.

$\theta_{\text{Témoïn/Test_X_1}}$: Les IRM du sujet sain peuvent être prises comme l'expérience témoin et sont comparées aux IRM de Madame X.

$\theta_{\text{Témoïn/Test_X_2}}$: L'IRM anatomique du sujet sain peut être pris comme l'expérience témoin, à laquelle est

Partie 3 : Conception de la séance d'enseignement et transposition dans la plateforme numérique LabNbook

comparée l'IRM anatomique de Madame X.

$\theta_{\text{Ressources_Choix}}$ = le dispositif expérimental est choisi en fonction du matériel disponible et des conditions de l'expérimentation et de la façon dont on pense que l'hypothèse va être testée.

$T_{\text{Etape_2}}$ = planifier la façon pour identifier la localisation de la zone intervenant dans la lecture chez un sujet sain.

$T_{\text{IRM_Choix}}$ = choisir les IRM à comparer.

$T_{\text{Sain_Compa_IRMf_Lecture/Consonnes}}$ = comparer des IRM fonctionnelles du sujet sain lors de la lecture et lors de la vision de suites de consonnes.

$T_{\text{Eduanatomist_Sain_IRMf_Lecture}}$ = visualiser l'IRM fonctionnelle du sujet sain en train de lire en superposant l'IRMf à l'IRMa du même sujet.

T= ouvrir le logiciel Eduanatomist.

T= ouvrir l'image anatomique du sujet sain = $T_{\text{IRM_Sain}}$ = visualiser l'IRM anatomique du sujet sain.

T= superposer l'image fonctionnelle du sujet en train de lire.

T= choisir les paramètres pertinents de visualisation.

T= repérer le type de palette de visualisation.

T= choisir la palette de visualisation adéquate.

T= repérer les valeurs des seuils de visualisation.

T= choisir les valeurs des seuils de visualisation adéquates.

T= se repérer dans la coupe du cerveau.

$T_{\text{Eduanatomist_Sain_IRMf_Consonnes}}$ = visualiser l'IRM fonctionnelle du sujet sain en train de voir une suite de consonnes.

T= ouvrir le logiciel Eduanatomist.

T= ouvrir l'image anatomique du sujet sain = $T_{\text{Sain-IRMa}}$

T= superposer l'image fonctionnelle du sujet en train de voir la suite de consonnes.

T= choisir les paramètres pertinents de visualisation.

T= repérer le type de palette de visualisation.

T= choisir la palette de visualisation adéquate.

T= repérer les valeurs des seuils de visualisation.

T= choisir les valeurs des seuils de visualisation adéquates.

$T_{\text{Activation_Couleurs}}$ = repérer les zones activées par la tâche réalisée.

T= repérer les zones cérébrales colorées sur les IRMf.

T= se remémorer que les zones aux couleurs chaudes correspondent aux zones activées.

T= se repérer dans la coupe du cerveau.

$T_{\text{Témoin/test_IRMSainConsonne/SainLecture}}$ = assigner à l'IRMf du sujet sain lisant une suite de consonnes le statut de l'expérience témoin et à l'IRMf du sujet sain lisant des mots vrais celui d'expérience test.

$T_{\text{Repérage/ZoneLésée}}$ = repérer la ou les zones activées sur les IRM fonctionnelles.

T= repérer les valeurs et les plans de coupe des zones activées au niveau de chaque IRMf.

T= comparer la localisation des zones activées de chaque IRMf.

$T_{\text{Dédution}}$ = en déduire la position de la zone permettant la lecture de mots vrais d'un sujet sain.

θ_{IRMf} : les IRM fonctionnelles permettent de visualiser des zones qui sont plus activées que d'autres lors de la réalisation d'une tâche cognitive.

$\theta_{\text{Technique_IRM_images_fonctionnelles_1}}$: l'intensité de l'activité d'une zone cérébrale est associée à une coloration ; les couleurs chaudes (rouge, jaune) étant réservées pour les zones à intense activité et les couleurs froides (bleu, vert) à des zones de faible activité.

$\theta_{\text{Eduanatomist_Superposition}}$: la visualisation des zones activées lors de la réalisation d'une IRMf se fait en la superposant à une IRM anatomique du même sujet.

$\theta_{\text{Eduanatomist_Visualisation}}$: les images sont visualisées avec Eduanatomist une fois que les paramètres de visualisation ont été choisis de façon adéquate en référence avec les informations données.

$\theta_{\text{Témoin/Test_1}}$ = une expérience témoin est indispensable pour pouvoir comparer les valeurs des paramètres mesurés.

$\theta_{\text{Témoin/Test_2}}$ = l'expérience témoin et l'expérience test doivent différer que par un seul paramètre.

$\theta_{\text{Lecture/Consonnes_Témoin/Test}}$: L'IRMf du sujet sain visionnant une suite de consonnes peut être prise comme l'expérience témoin et est comparée à l'IRM de ce même sujet lisant des mots vrais.

$\theta_{\text{Ressources_Choix}}$ = le dispositif expérimental est choisi en fonction du matériel disponible, des conditions de l'expérimentation et de la façon dont on pense que l'hypothèse va être testée.

$T_{\text{Etape_3}}$ = planifier la façon pour identifier la localisation de la zone intervenant dans la lecture chez Madame X quelques mois après son AVC et rééducation.

$T_{\text{X_IRMf_Lecture}}$ = visualiser l'IRM fonctionnelle du sujet sain en train de lire.

T= ouvrir le logiciel de lecture d'images.

T= ouvrir l'image fonctionnelle de Madame X plusieurs mois après son AVC, lors d'une tâche de lecture.

T= se repérer dans la coupe du cerveau.

$T_{\text{Activation_Couleurs}}$ = repérer les zones activées par la tâche réalisée.

T= repérer les zones cérébrales colorées.

T= se remémorer que les zones aux couleurs chaudes correspondent aux zones activées.

$\theta_{\text{Technique_IRM_images_fonctionnelles_1}}$: l'intensité de l'activité d'une zone cérébrale est associée à une coloration ; les couleurs chaudes (rouge, jaune) étant réservées pour les zones à intense activité et les couleurs froides (bleu, vert) à des zones de faible activité.

$\theta_{\text{Témoin/Test_1}}$ = une expérience témoin est indispensable pour pouvoir comparer les valeurs des paramètres mesurés.

$\theta_{\text{Témoin/Test_2}}$ = l'expérience témoin et l'expérience test doivent différer par un seul paramètre.

$\theta_{\text{Témoin/Test_1}}$ = L'IRM du sujet sain peut être prise comme l'expérience témoin et est comparée à l'IRM de Madame X.

$\theta_{\text{Témoin/Test_3}}$ = L'IRM fonctionnelle du sujet sain en train de lire peut être prise comme l'expérience témoin et est comparée à l'IRM fonctionnelle de Madame X accomplissant la même tâche.

$\theta_{\text{Ressources_Choix}}$ = le dispositif expérimental est choisi en fonction du matériel disponible, des conditions de l'expérimentation et de la façon dont on pense que l'hypothèse va être testée.

$T_{\text{Etape_4}}$ = comparer la localisation des zones cérébrales activées par la lecture chez Madame X

Partie 3 : Conception de la séance d'enseignement et transposition dans la plateforme numérique LabNbook

après rééducation et chez le sujet sain.

TIRM_Choix = choisir les IRM à comparer.

T_{Sain_Compa_IRMf_Lecture_Sain/MadameX} = comparer des IRM fonctionnelles du sujet sain et de Madame X lors de la lecture d'une suite de mots vrais.

T_{Valeurs_PlanDeCoupe} = repérer les valeurs et les plans de coupe de l'IRM de Madame X.

T = choisir les mêmes valeurs des plans de coupe pour l'IRMf du sujet sain.

T = comparer les valeurs de localisation des zones activées.

T = formaliser le raisonnement par écrit.

$\theta_{\text{Technique_IRM_images_fonctionnelles_1}}$: l'intensité de l'activité d'une zone cérébrale est associée à une coloration ; les couleurs chaudes (rouge, jaune) étant réservées pour les zones à intense activité et les couleurs froides (bleu, vert) à des zones de faible activité.

$\theta_{\text{Témoin/Test_1}}$ = une expérience témoin est indispensable pour pouvoir comparer les valeurs des paramètres mesurés.

$\theta_{\text{Témoin/Test_2}}$ = l'expérience témoin et l'expérience test doivent différer par un seul paramètre.

$\theta_{\text{Témoin/Test}}$ = L'IRM du sujet sain peut être prise comme l'expérience témoin et être comparée à l'IRM de Madame X.

$\theta_{\text{Ressources_Choix}}$ = le dispositif expérimental est choisi en fonction du matériel disponible, des conditions de l'expérimentation et de la façon dont on pense que l'hypothèse va être testée.

T = énoncer les résultats expérimentaux devant être obtenus si l'hypothèse est valide.

T = prévoir l'acquisition des résultats

T = formaliser le raisonnement par écrit.

$\theta_{\text{Démarche_Témoin/Test_1}}$ = une expérience témoin est indispensable pour pouvoir comparer les valeurs des paramètres mesurés.

$\theta_{\text{Démarche_Témoin/Test_2}}$ = l'expérience témoin et l'expérience test doivent différer par un seul paramètre.

$\theta_{\text{Témoin/Test}}$: L'IRM du sujet sain peut être prise comme l'expérience témoin et être comparée à l'IRM de Madame X.

$\theta_{\text{Hypothèse_2_ConséquenceVérifiable}}$ = si l'hypothèse 2 est validée, alors la zone activée par la tâche de lecture chez Madame X sera différente de celle du sujet sain.

$\theta_{\text{Hypothèse_2_ConséquenceVérifiable}}$ = Si c'est l'hypothèse 1 qui est validée, alors la zone activée par la tâche de lecture chez Madame X sera la même que celle du sujet sain.

θ : Communication nerveuse.

T_{Dem-Expé_PC_Réparatrice_expérimentation-Réalisation} = réaliser le protocole en acquérant des résultats.

T = réaliser T_{Dem-Expé_PC_Réparatrice_expérimentation-Conception}

Toutes les θ précédentes et :

$\theta_{\text{Eduanatomist_Visualisation}}$: les images sont visualisées avec Eduanatomist une fois que les paramètres de visualisation ont été choisis de façon adéquate en référence avec les informations données.

$\theta_{\text{XAnatomique_Paramètres}}$: la coupe axiale doit avoir comme valeur de coupe 71.

$\theta_{\text{Eduanatomist_Visualisation_Anatomique}}$: les paramètres de visualisation pour l'image anatomique du sujet sain A sont : la palette Black and White et les valeurs du seuil inférieur : 0 et du seuil supérieur : 30.

$\theta_{\text{Eduanatomist_Visualisation_Anatomique}}$: les paramètres de visualisation pour l'image fonctionnelle du sujet sain A sont : la palette Blue Red Fusion et les valeurs du seuil inférieur de 34 et du seuil supérieur de 100.

$\theta_{\text{Cortex-visuel_Généralités}}$: le cortex visuel correspond aux aires cérébrales traitant les informations provenant de la rétine de chaque œil. Le cortex visuel se trouve dans le lobe occipital du cerveau, à l'arrière.

$\theta_{\text{Morpho_Cerveau_Coupe_Sagittale}}$: Vers l'avant, se trouvent les deux yeux, ovoïdes et le nez, proéminent. A l'arrière, sous le cortex occipital se trouve le cervelet en forme de « chou-fleur ».

$\theta_{\text{Morpho_Cerveau_Coupe_Coronale}}$: Dans la moitié supérieure, se trouvent les deux hémisphères cérébraux séparés par un sillon. En dessous, sous le cortex occipital se trouve le cervelet en forme de « cœur renversé ».

$\theta_{\text{Morpho_Cerveau_Coupe_Axiale}}$: Dans la moitié supérieure, se trouvent les deux hémisphères cérébraux séparés par un sillon. L'avant du cerveau se repère par la position des deux ventricules situés dans la partie antérieure du cerveau.

θ_{IRMa} : les IRM anatomiques proposent une image de la structure du cerveau, les différents éléments apparaissant dans des modulations de teintes de gris.

$\theta_{\text{Témoin/Test}}$: L'IRM du sujet sain peut être pris comme l'expérience témoin, à laquelle est comparée l'IRM de Madame X.

$\theta_{\text{X_LocalisationLésion}}$: une zone claire au niveau du cortex occipito-temporal gauche repéré sur l'IRMa de Madame X n'est pas de cette couleur sur l'IRMa témoin. La zone claire correspond donc à la zone cérébrale lésée.

θ_{IRMf} : les IRM fonctionnelles permettent de visualiser des zones qui sont plus activées que d'autres lors de la réalisation d'une tâche cognitive.

$\theta_{\text{Sain_Lecture_Paramètres}}$: la palette de visualisation est blue-red fusion et les valeurs de seuil sont 34 et 100.

$\theta_{\text{Sain_Consonnes_Paramètres}}$: la palette de visualisation est blue-red fusion et les valeurs de seuil sont 33 et 100.

$\theta_{\text{Sain_Fonctionnelle_Paramètres_1}}$: la coupe axiale doit avoir comme valeur de coupe 71.

$\theta_{\text{Sain_Fonctionnelle_Paramètres_2}}$: la coupe axiale doit avoir comme valeur de coupe 80.

$\theta_{\text{Technique_IRM_images_fonctionnelles_1}}$: l'intensité de l'activité d'une zone cérébrale est associée à une coloration ; les couleurs chaudes (rouge, jaune) étant réservées pour les zones à intense activité et les couleurs froides (bleu, vert) à des zones de faible activité.

$\theta_{\text{Lecture_Témoin/Test}}$: L'IRMf du sujet sain visionnant une suite de consonnes peut être pris comme l'expérience témoin à laquelle est comparée l'IRM de ce même sujet lisant des mots vrais.

$\theta_{\text{PC_VWFA_1}}$: la zone activée lors de la lecture de mots écrits, la zone VWFA appartient au cortex occipito-temporal gauche.

$\theta_{\text{PC_VWFA_5}}$: les zones activées par la vision d'une succession de consonnes se trouvent dans le cortex occipito-temporal droit et gauche .

$\theta_{\text{Témoin/Test}}$: L'IRM du sujet sain peut être pris comme l'expérience témoin, à laquelle est comparée l'IRM de Madame X.

$\theta_{\text{X_ZonesActivées}}$: Chez Madame X, la zone du cerveau activée par la lecture de mots écrits se trouve dans la partie occipito-temporale droite.

$T_{\text{Dem-Expé_PC_Réparatrice_Raisonner}}$ = raisonner avec les résultats.

$T_{\text{Dem-Expé_PC_Réparatrice_expérimentation-Compréhension}}$ = comprendre les résultats.

T= se remémorer le modèle théorique connu en rapport avec les éléments de la situation

T= repérer les éléments de la situation qui sont contradictoires avec le modèle connu

T= se remémorer l'hypothèse à tester

T= se remémorer les données obtenues après manipulation

T=mettre en relation tous les éléments précédents.

$\theta_{\text{CerveauRégionalisé}}$: le cortex cérébral est organisé en zones qui chacune traite un aspect du message nerveux. Par exemple, la zone V3 du cortex visuel traite les aspects liée à la forme de l'image visualisée.

$\theta_{\text{PC_VWFA_1}}$: la zone activée lors de la lecture de mots écrits, la zone VWFA appartient au cortex occipito-

Partie 3 : Conception de la séance d'enseignement et transposition dans la plateforme numérique
LabNbook

temporal gauche.

$\theta_{PC_VWFA_5}$: les zones activées par la vision d'une succession de consonnes se trouvent dans le cortex occipito-temporal droit et gauche.

$\theta_{PC_VWFA_4}$: la zone VWFA se développe chez l'Homme durant l'apprentissage de la lecture. Durant l'apprentissage, des relations neuronales se mettent en place permettant la mise en relation de la perception d'un mot écrit et d'un phonème, d'un sens, Ces réseaux de neurones s'élaborent pendant l'apprentissage de la lecture.

$\theta_{X_ZonesActivées}$: Chez Madame X, la zone du cerveau activée par la lecture de mots écrits se trouve dans la partie occipito-temporale droite.

$\theta_{PC_Réparatrice_1}$: la lésion de la zone cérébrale a provoqué la destruction de la zone occipito-temporale gauche à laquelle appartient la zone de lecture. C'est pourquoi elle ne pouvait plus lire après son AVC.

$\theta_{PC_Réparatrice_2}$: Quelques mois après l'AVC et de la rééducation, Madame peut relire mais c'est la zone occipito-temporale droite qui est alors surtout activée.

$\theta_{PC_Réparatrice_3}$: il y a eu prise en charge de la fonction remplie auparavant par la zone de lecture par une autre zone cérébrale appartenant à l'hémisphère droit.

$T_{Dem-Expé_PC_Réparatrice_expérimentation-Communication}$ = communiquer les résultats.

T= choisir un mode de représentation pertinent en relation avec l'utilisation des logiciels de visualisation d'images.

T= organiser la présentation des résultats pour lui donner un sens.

T= réaliser soigneusement le document

T= renseigner complètement le document

$\theta_{Démarche_Résultats-Communication}$ = la communication des résultats est orientée vers l'exploitation c'est-à-dire que la façon d'organiser les données n'est pas gratuite mais dirigée vers le sens que l'on souhaite donner aux résultats.

$\theta_{PC_Réparatrice_Communication}$ = l'organisation des données en tableau permet de mettre en évidence les éléments comparés : avec deux colonnes, l'une pour le témoin et l'autre pour le sujet test et les lignes correspondant aux IRM anatomiques ou fonctionnelles. Une légende permet de mettre en évidence les zones différentes entre les deux IRM comparées, différentes de par leur aspect et de par leur degré d'activation.

$T_{Dem-Expé_PC_Réparatrice_exploitation}$ = exploiter les résultats.

T= se remémorer les connaissances nécessaires à la compréhension de la situation

T= extraire les informations pertinentes de la situation expérimentale

T= mettre en relation les informations pertinentes

$\theta_{Hypothèse_2}$ = Les neurones de la zone lésée ont été détruits, ils n'ont pas pu être régénérés et une autre zone corticale a pris en charge la fonction de lecture.

$\theta_{PC_VWFA_1}$: la zone activée lors de la lecture de mots écrits, la zone VWFA appartient au cortex occipito-temporal gauche.

$\theta_{PC_VWFA_5}$: les zones activées par la vision d'une succession de consonnes se trouvent dans le cortex occipito-temporal droit et gauche.

$\theta_{PC_VWFA_4}$: la zone VWFA se développe chez l'Homme durant l'apprentissage de la lecture. Durant l'apprentissage, des relations neuronales se mettent en place permettant la mise en relation de la perception d'un mot écrit et d'un phonème, d'un sens, Ces réseaux de neurones s'élaborent pendant l'apprentissage de la lecture.

$\theta_{X_ZonesActivées}$: Chez Madame X, la zone du cerveau activée par la lecture de mots écrits se trouve dans la partie occipito-temporale droite.

$\theta_{PC_Réparatrice_1}$: la lésion de la zone cérébrale a provoqué la destruction de la zone occipito-temporale gauche à laquelle appartient la zone de lecture. C'est pourquoi elle ne pouvait plus lire après son AVC.

$\theta_{PC_Réparatrice_2}$: Quelques mois après l'AVC et de la rééducation, Madame peut relire mais c'est la zone occipito-temporal droite qui est alors surtout activée.

$\theta_{PC_Réparatrice_3}$: il y a eu prise en charge de la fonction remplie auparavant par la zone de lecture par une autre zone cérébrale appartenant à l'hémisphère droit.

$T_{Dem-Expé_PC_Réparatrice_Conclusion}$ = conclure quant à l'hypothèse testée

T= se remémorer les résultats attendus si l'hypothèse testée était valide

T= se remémorer les résultats établis par l'expérimentation

T= établir la cohérence entre ce qui était attendu et ce qui a été obtenu

T= formaliser par écrit le raisonnement

$\theta_{Hypothèse_2_ConséquenceVérifiable}$ = l'hypothèse 2 est vérifiée si une autre zone corticale est activée lors de la tâche de lecture de Madame X après sa rééducation.

$\theta_{PC_Réparatrice_2}$: Quelques mois après l'AVC et de la rééducation, Madame X peut relire mais c'est la zone occipito-temporale droite qui est alors surtout activée.

$\theta_{Hypothèse_Conclusion}$: c'est l'hypothèse 2 qui est validée.

$\theta_{Démarche_Conclusion}$: A la fin de la démarche, s'il y a cohérence entre les résultats obtenus et les résultats attendus, alors l'hypothèse est validée sinon elle ne l'est pas.

$\theta_{PC_réparatrice}$: après une lésion, les réseaux de neurones se réorganisent afin qu'il y ait prise en charge, au moins en partie, de la fonction lésée par une autre zone que l'aire initiale.

$T_{Dem-Expé_PC_Réparatrice_Modélisation}$ = modéliser

T= se remémorer les connaissances établies dans le modèle qui prévalait avant l'expérimentation

T= se remémorer la connaissance établie par l'expérimentation

T= inclure cette nouvelle connaissance dans le fonctionnement du modèle

T= formaliser par écrit ce nouveau modèle

$\theta_{CerveauRégionalisé}$: le cortex cérébral est organisé en zones qui chacune traite un aspect du message nerveux. Par exemple, la zone V3 du cortex visuel traite les aspects liée à la forme de l'image visualisée.

$\theta_{PC_VWFA_4}$: la zone VWFA se développe chez l'Homme durant l'apprentissage de la lecture. Durant l'apprentissage, des relations neuronales se mettent en place permettant la mise en relation de la perception d'un mot écrit et d'un phonème, d'un sens, Ces réseaux de neurones s'élaborent pendant l'apprentissage de la lecture.

$\theta_{PC_réparatrice}$: après une lésion, les réseaux de neurones se réorganisent afin qu'il y ait prise en charge, au moins en partie, de la fonction lésée par une autre zone que l'aire initiale.

θ_{PC} : la plasticité cérébrale correspond à la modification des réseaux de neurones sous la contrainte des stimuli environnementaux.

III.2. Commentaires concernant les éléments de notre praxéologie

La construction de la praxéologie de notre séance s'est réalisée en « piochant » ce qui nous semblait nécessaire au sein des deux praxéologies institutionnelles que nous avons réalisées auparavant dans

le Partie 3.Chapitre 2 Modélisation praxéologique des deux objets d'étude par la praxéologie : Plasticité cérébrale et Démarche scientifique dans la filière scientifique du lycée (page 139).

Trois types d'éléments de technologie sont rajoutés par rapport aux praxéologies institutionnelles construites précédemment.

Le premier groupe est lié à la contextualisation scientifique de la situation :

- $\theta_{\text{CasMadameX}}$: après un AVC, madame X ne peut plus lire. Quelques mois après rééducation, elle retrouve ses facultés de lecture.
- $\theta_{\text{Paradoxe_CasMadameX}}$: le cortex cérébral étant régionalisé, l'AVC a lésé la zone du cerveau qui permettait de lire. La régénération du tissu nerveux est limitée. Or comme Madame X relit après rééducation. Cela signifie qu'une zone cérébrale est de nouveau dévolue à la lecture.
- $\theta_{\text{Hypothèse}_1}$ = Les neurones de la zone lésée se sont multipliés, la lésion a été réparée et la fonction de lecture a pu être de nouveau prise en charge par cette même zone.
- $\theta_{\text{Hypothèse}_2}$ = Les neurones de la zone lésée ont été détruits, ils n'ont pas pu être régénérés et une autre zone corticale a pris en charge la fonction de lecture.
- $\theta_{\text{Hypothèse}_2_ConséquenceVérifiable}$ = si l'hypothèse 2 est validée alors la zone activée par la tâche de lecture chez Madame X sera différente de celle du sujet sain.
- $\theta_{\text{Hypothèse}_2_ConséquenceVérifiable}$ = Si c'est l'hypothèse 1 qui est validée alors la zone activée par la tâche de lecture chez Madame X sera la même que celle du sujet sain.
- $\theta_{\text{Témoin/Test}}$: L'IRM du sujet sain peut être pris comme l'expérience témoin, à laquelle est comparée l'IRM de Madame X.
- $\theta_{\text{X_LocalisationLésion}}$: une zone sombre au niveau du cortex occipito-temporal gauche repéré sur l'IRMa de Madame X n'est pas de cette couleur sur l'IRMa témoin. La zone sombre correspond donc à la zone cérébrale lésée.
- $\theta_{\text{X_ZonesActivées}}$: Chez Madame X, la zone du cerveau activée par la lecture de mots écrits se trouve dans la partie occipito-temporale droite.

Et, le deuxième groupe est lié à la manipulation du logiciel Eduanatomist :

- $\theta_{\text{Eduanatomist_Visualisation}}$: les images sont visualisées avec Eduanatomist une fois que les paramètres de visualisation ont été choisis de façon adéquate en référence avec les informations données.
- $\theta_{\text{Sain_Anatomique_Paramètres}}$: la palette de visualisation est black and white et les valeurs de seuil sont
- $\theta_{\text{Eduanatomist_Superposition}}$: la visualisation des zones activées lors de la réalisation d'une IRMf se fait en la superposant à une IRM anatomique du même sujet.
- $\theta_{\text{Sain_Lecture_Paramètres}}$: la palette de visualisation est blue-red fusion et les valeurs de seuil sont 34 et 100.
- $\theta_{\text{Sain_Consonnes_Paramètres}}$: la palette de visualisation est blue-red fusion et les valeurs de seuil sont 33 et 100.

Et, enfin le troisième est lié à la constitution d'arguments rigoureux pour une démonstration à savoir l'acquisition des valeurs des coordonnées des zones intéressantes afin que leur localisation soit précise :

- $\theta_{\text{XAnatomique_Paramètres}}$: la coupe axiale doit avoir comme valeur de coupe 71.
- $\theta_{\text{Sain_Fonctionnelle_Paramètres_1}}$: la coupe axiale doit avoir comme valeur de coupe 71.
- $\theta_{\text{Sain_Fonctionnelle_Paramètres_2}}$: la coupe axiale doit avoir comme valeur de coupe 80.

IV. Conclusion du chapitre 3

Une séance portant sur la notion de plasticité cérébrale et pouvant être menée durant un enseignement en travaux pratiques a été modélisée en utilisant la praxéologie. Le type de tâche correspondant à la consigne de la séance met en jeu les deux objets d'étude de la SVT : le concept scientifique –ici la plasticité cérébrale chez l'adulte- et la démarche scientifique. La praxéologie institutionnelle de la séance correspond finalement à la contextualisation de la praxéologie de la démarche scientifique à un concept particulier, la plasticité cérébrale.

Pour analyser le partage de l'étayage entre l'enseignant et la plateforme LabNbook, ce qui correspond à notre recherche, nous devons maintenant transposer la séance dans la plateforme LabNbook. Mais comme cette étape est guidée par les étayages que nous voulons y insérer, nous devons d'abord identifier les difficultés afin de proposer des étayages adaptés avant de proposer une transposition à la plateforme numérique LabNbook.

Chapitre 4. Transposition de la séance dans LabNbook et choix des étayages

Table des matières détaillée du chapitre 4

I.	Un énoncé de la situation pour tenter de bousculer les conceptions sur le cerveau	205
I.1.	Des idées sur le cerveau	205
I.1.1	Une difficile construction du concept de plasticité cérébrale : quelques éléments d'épistémologie	205
I.1.2	Les conceptions liées au cerveau pouvant faire obstacle à la compréhension de la notion de plasticité cérébrale	207
I.2.	La transposition dans LabNbook de l'énoncé de la situation proposée aux élèves.....	208
II.	Une gestion complexe de la démarche scientifique étayée par la structuration du rapport expérimental	210
II.1.	La structuration en parties du rapport expérimental.....	210
II.2.	Le choix des LabDocs.....	211
III.	Un étayage dédié aux difficultés liées à la conception expérimentale	212
III.1.	Etayer la formulation de l'hypothèse en renseignant la rubrique concernant l'hypothèse	212
III.2.	Etayer les difficultés liées à la conception expérimentale.....	213
III.2.1	Les difficultés répertoriées lors de la conception d'un protocole.....	213
III.2.2	Etayer la conception d'un protocole en renseignant la rubrique Matériel disponible de l'Editeur de protocole	214
III.2.3	Etayer la conception d'un protocole en préstructurant celui-ci	217
a.	L'organisation en étapes (niveau 1 de structuration LabDoc Editeur de protocole)	217
b.	L'organisation en actions paramétrées.....	218
III.2.4	Etayer la difficulté liée à la planification d'une expérience témoin	219
IV.	Difficulté lié à l'implémentation informatique	219
IV.1.	La nécessaire combinaison de types de tâches.....	219
IV.2.	L'action « Nommer ».....	221
V.	Etayer des difficultés propres à notre séance en choisissant les actions et les paramètres de l'éditeur de protocole	221
V.1.	Etayer en obligeant à faire un choix en proposant des valeurs de paramètres d'action	221
V.2.	Etayer l'action de choisir les paramètres de visualisation	223
V.3.	Etayer l'action « acquérir les coordonnées des zones cérébrales cibles».....	224
V.4.	Etayer la planification des tâches au sein de la démarche expérimentale en particulier pour l'acquisition des résultats	225
VI.	Les versions des missions proposées aux enseignantes	225
VII.	Conclusion du chapitre 4.....	228

Pour notre travail de thèse, nous souhaiterions établir la façon dont l'étayage se partage entre un professeur et un EIAH, l'EIAH étant la plateforme LabNbook. Cette plateforme numérique a été élaborée par l'équipe MeTAH du LIG (Girault et al., 2017).

LabNbook est le résultat de plus d'une décennie de réflexions de cette équipe sur les environnements informatiques dédiés à l'étayage de la rédaction des comptes-rendus expérimentaux en classe. L'équipe MeTAH s'est, en particulier, appuyée sur les travaux de Reiser (2004) qui met l'accent sur la décomposition d'une tâche complexe en la structurant. Ainsi, le logiciel Educ@ffix.net en 2005 (Marzin-Janvier et al., 2005) est testé en classe de lycée en séance de chimie. Ce logiciel propose un étayage pour la conception du protocole en offrant un système de structuration de tâches avec des étapes et des actions. Cette stratégie semble satisfaire les auteurs de l'article puisqu'ils terminent leur article en proposant de poursuivre ces travaux en pérennisant « l'utilisation des actions et le découpage en étapes » (Marzin-Janvier et al., 2005, p. 1002). C'est ainsi que le logiciel Copex Chimie est conçu en reprenant le système de l'étayage de la conception du protocole en proposant les étapes du protocole avec un choix d'actions pour chacune des étapes (Girault & D'Ham, 2015). Que ce soit Educaffix.net ou Copex-Chimie, ces deux logiciels étaient dédiés à l'étayage d'un seul type de séance : le dosage par spectrophotométrie d'un composant. A la fin de leur article sur Copex-Chimie, Girault et D'Ham (2015) annoncent alors l'élaboration de la plateforme LabNbook incluant le système de préstructuration de protocole et pouvant être utilisée pour n'importe quelle situation expérimentale. Bonnat (2017) s'inspire alors de la modélisation praxéologique d'une séance d'enseignement en Biologie pour la structurer, au sens de Reiser (2004), et la transposer dans LabNbook. Dans cette partie, nous allons présenter la façon dont nous avons transposé la séance dans la plateforme LabNbook en nous appuyant sur la modélisation praxéologique de la séance que nous avons présentée dans la partie précédente.

Bonnat (2017), toujours, a mis en évidence dans ses travaux l'intérêt d'implémenter des étayages dans la plateforme LabNbook et en particulier ceux permettant la conception d'un protocole. Il s'agit alors d'identifier les difficultés pouvant se poser à un élève de Première S lors de la réalisation de la séance et d'essayer de proposer un étayage lui permettant de les surmonter puis de transposer cet étayage dans LabNbook.

Au cours de notre séance d'enseignement sur la plasticité cérébrale, des difficultés de différents ordres peuvent être rencontrées par l'apprenant. Il s'agit de difficultés conceptuelles portant sur l'un des deux objets sur lesquelles porte la séance : l'objet Plasticité cérébrale ou l'objet Démarche scientifique mais cela peut être aussi des difficultés liées à la manipulation du logiciel Eduanatomist.

I. Un énoncé de la situation pour tenter de bousculer les conceptions sur le cerveau

I.1. Des idées sur le cerveau

Chaque concept scientifique est le résultat d'une construction qui se fait à partir des connaissances antérieures ou plutôt « contre » ces connaissances (Bachelard, 1938). Au cours de la séance d'enseignement portant sur la plasticité cérébrale, nous allons construire l'idée que l'organisation du cerveau n'est pas figée, idée qui va « contre » des conceptions que nous présentons dans les paragraphes ci-après. Mais, nous proposons d'abord quelques éléments d'épistémologie concernant la construction du concept de plasticité cérébrale.

I.1.1 Une difficile construction du concept de plasticité cérébrale : quelques éléments d'épistémologie

Il faut attendre le milieu du XX^{ème} siècle pour que le concept de plasticité cérébrale⁷¹ se stabilise. Pourquoi autant de temps alors que dès 1890, des auteurs avaient déjà proposé l'idée de structures cérébrales pouvant se modifier ?

Dès 1890, James, psychologue américain, propose que les souvenirs, les apprentissages soient liés à des modifications du cerveau (Dupont, 2007; Gandolfo & Grammont, 2005); des chercheurs italiens en 1898, Tanzi et son élève Lugaro, énoncent l'idée que des modifications neuronales soient à l'origine des apprentissages (Droz Mendelzweig, 2010; Molinatti, 2007). Au début du XX^{ème} siècle, les chercheurs reconnaissent l'existence de bourgeonnements des cellules nerveuses mais uniquement dans un contexte de traumatismes, greffes ou lésions. Cette association entre adaptation des structures cérébrales et traumatisme perdure jusque dans les années quatre-vingt alors que, dès 1907, Marinesco et Minea, deux chercheurs roumains, proposent, eux, que ce soit une propriété inhérente et en permanence activée chez le neurone (Droz Mendelzweig, 2010). Ainsi, la vision majoritaire jusque dans le milieu du XX^{ème} siècle était que la plasticité du cerveau était limitée à des « réparations » après un traumatisme, réparations mises en jeu uniquement dans des circonstances restreintes.

La reconnaissance d'une plasticité du cerveau se développe en marge de la théorie dominante qui est le « localisationnisme ». Celui-ci correspond à l'idée d'un cerveau constitué de zones corticales ayant chacune une fonction cérébrale précise. Ce courant s'appuyait sur des études cytologiques du cortex cérébral ainsi que sur des expérimentations cliniques. Les observations cytologiques montrent en effet des différences entre les neurones selon leur position dans le cerveau. Et des expérimentations cliniques permettent d'associer des zones cérébrales avec des fonctions : les expériences du

⁷¹ Une interrogation existe quant au premier chercheur ayant utilisé le mot de plasticité dans le cerveau : ce serait soit un chercheur roumain Minea soit le psychiatre italien, Lugaro (Droz Mendelzweig, 2010; Molinatti, 2007).

XIX^{ème} siècle du médecin allemand Hitzig mettent en évidence le cortex moteur⁷², Broca et de Wernicke proposent que des aires cérébrales interviennent spécifiquement dans le langage (Gandolfo & Deschaux, 2010), et Penfield, dans les années 1940-1950, construit les premières cartes sensori-motrices du cortex cérébral (Dupont, 2007; Gandolfo & Deschaux, 2010). Les adversaires du localisationnisme proposaient eux la vision d'un cerveau pour lequel chaque partie du cortex pouvait accomplir toutes les fonctions.

En tous cas, pour tous, jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle, la notion de plasticité cérébrale est vue comme restreinte, mineure, marginale. Pour Dupont (2007, p. 62), c'est parce que cette notion de plasticité était appliquée à trop de phénomènes disparates, « trop peu spécifiques ». Pour Droz Mendelzweig (2010, p. 351), c'est qu'il fallait aller contre le « scepticisme » porté par la conception du système nerveux de Ramon Y Cajal. Dans un premier temps, Ramon Y Cajal s'appuie sur la plasticité neuronale et ses bourgeonnements pour asseoir sa théorie neuronale contre la théorie réticulaire de Golgi ; cependant, Cajal ne pensait pas que les bourgeonnements des axones soient réellement productifs. Ainsi, pour Cajal, la prise en compte de la plasticité cérébrale n'avait été que stratégique pour la validation de sa théorie (Droz Mendelzweig, 2010). Enfin, pour Molinatti (2007, p. 66), c'est la conception déterministe liée à l'avènement de la génétique qui empêchait de penser qu'il pouvait exister au travers du « tout génétique » une manière de penser que le vivant pouvait s'adapter aux milieux en dehors des gènes. Mais, c'est sans doute, pour toutes ces raisons à la fois que le concept de plasticité du cerveau a eu du mal à s'imposer.

En tous cas, en 1949, le psychologue Hebb propose une hypothèse électrophysiologique des fonctions cognitives en énonçant : « Quand un axone de la cellule A est suffisamment proche pour exciter la cellule B de façon répétitive ou persistante, il se produit un processus de croissance ou un changement métabolique tel que l'efficacité de A, en tant que cellule excitant B, s'en trouve augmentée.⁷³ » qui correspond à une première théorie de la plasticité cellulaire même si la « spécialisation fonctionnelle du cortex » et les récupérations limitées après un traumatisme allaient contre cette conception des réseaux de neurones (Dupont, 2007, p. 69 et 77).

En 1969, Raisman apporte des arguments pour une plasticité dans un cerveau adulte en montrant des modifications des synapses dans le noyau septal de rat ; cet article « ouvrait l'ère moderne sur la régénération des structures cérébrales » (Droz Mendelzweig, 2010, p. 336). Et, le dogme des « connexions nerveuses fixes et immuables chez l'adulte » explicité par Ramon Y Cajal qui pesait sur les sciences du cerveau s'efface petit à petit. Les modifications dans la structure des neurones et de

⁷² Hitzig, médecin allemand, délimite la zone motrice du cerveau en provoquant des mouvements involontaires chez des soldats présentant des blessures au crâne lors de la stimulation de zones du cerveau par un faible courant électrique raconté par Gandolfo et Deschaux (2010).

⁷³ Donald Olding Hebb (1904-1985), énonça les mécanismes de base de l'apprentissage dans *The Organization of behavior : a neuropsychological theory* (1948)

leurs réseaux (bourgeoisement, réveil de synapses dormantes, augmentation de leur sensibilité ...) sont peu à peu admises jusqu'à la découverte relativement récente de neurogenèse secondaire (dans le cerveau adulte) (Didier, 2009, p. 35). Tout d'abord septique, la communauté scientifique reconnaît la neurogenèse dans le cerveau du canari lors de l'apprentissage d'un nouveau chant (Goldman & Nottebohm, 1983) , puis des mitoses de cellules gliales chez les primates adultes en 1985 (Rakic, 1985) ce qui fait dire à Prochiantz (2010), que concernant la multiplication des neurones, la pensée suit celle qui a été pour l'évolution des êtres vivants : dans un premier temps, il est dit que c'est impossible ; puis, deuxième étape, la communauté scientifique reconnaît le fait mais en le limitant à certaines espèces et en excluant l'Homme ; puis, nouvelle étape, on accepte que ce soit aussi le cas pour l'Homme mais de façon exceptionnelle, avant d'accepter que l'idée s'applique de façon permanente. Pour cet auteur, le cerveau n'est pas un organe particulier et la neurogenèse est tout aussi possible et normale que la mort des neurones dans un cerveau adulte.

Ainsi, au départ, considérée comme anecdotique dans le fonctionnement cérébral, la plasticité cérébrale est aujourd'hui le principe des neurosciences modernes (Molinatti, 2007). Elle s'oppose en tous cas à l'idée qui a été majoritaire jusque dans les années quatre-vingt selon laquelle le cerveau est un organe fixe, dont les cellules ne se renouvellent pas.

En plus de cet obstacle épistémologique, des conceptions sur le cerveau existant chez les jeunes ont été établies ; nous les présentons ci-après.

I.1.2 Les conceptions liées au cerveau pouvant faire obstacle à la compréhension de la notion de plasticité cérébrale

Il est nécessaire de connaître les représentations du cerveau et de son fonctionnement que peuvent avoir les jeunes.

Les conceptions dualistes du corps et de l'esprit, ce dernier étant d'origine divine, peuvent s'opposer à la compréhension du fonctionnement du cerveau (Molinatti, 2007). En effet, cet auteur (2007, p. 97) souligne qu'il peut être difficile de concevoir la réduction des états mentaux à des états cérébraux qui est la conception moderne du cerveau. Pour certains, les pensées sont « sans support biologique » (Forissier & Clément, 2003, p. 7), or, actuellement, l'idée dominante est que la pensée ne peut être que des phénomènes physico-chimiques. On touche ici au problème du réductionnisme en biologie ; pour Jacrot (2006), ce réductionnisme est difficile à concevoir pour l'étude du cerveau tant est grande la complexité de cet organe que ce soit au niveau structural ou au niveau fonctionnel.

Un autre type de conception peut intervenir dans l'appréhension du concept de plasticité cérébrale : l'idée que le cerveau et son fonctionnement sont innés, héréditaires. Cette pensée semble être véhiculée par la « société » puisqu'une majorité des personnes pense ainsi (Molinatti, 2007). Cependant, lorsque cet auteur, pour ses travaux, interroge des adolescents en 2005, il identifie chez des élèves de Première S le modèle d'un « cerveau-muscle », modèle qui ne correspond pas à un cerveau hérité à la naissance. En effet, le modèle « cerveau-muscle » correspond au fait que plus il y a

d'activités cognitives, plus il y a de connections nerveuses ; donc, le fonctionnement du cerveau subit l'influence des facteurs de l'environnement. Le cerveau serait donc considéré comme un organe « adaptable et modulable » (Monod-Ansaldi et al., 2012, p. 163).

Mais, Molinatti (2007) précise qu'il semble « politiquement incorrect » de parler d'un cerveau génétiquement déterminé. Ainsi, ce qui a été exprimé par les jeunes, le modèle « cerveau-muscle », peut, en fait, cacher une conception plus complexe, mélange d'une part d'un cerveau-muscle mais aussi d'une structure du cerveau déterminée génétiquement.

La séance d'enseignement sur la plasticité cérébrale peut participer à l'idée que le cerveau est un organe dont la mise en place et le fonctionnement dépendent à la fois de facteurs génétiques et épigénétiques. Voyons maintenant la façon dont la situation scientifique de la séance d'enseignement est transposée dans la plateforme LabNbook.

I.2. La transposition dans LabNbook de l'énoncé de la situation proposée aux élèves

Le premier geste lors de la transposition d'une situation dans la plateforme LabNbook est de compléter la rubrique Consigne. Dans cette rubrique Consigne, nous inscrivons le texte de présentation de la situation initiale que nous avons décrite précédemment. Il est indiqué que Madame X est admise à l'hôpital suite à un accident vasculaire cérébral. Ceci correspond à l'élément technologique : $\theta_{\text{CasMadameX}}$.

Nous choisissons d'indiquer que les neurones appartenant à la zone cérébrale touchée par l'AVC dégénèrent. Il ne doit en effet pas avoir d'ambiguïté, l'élève doit comprendre que les neurones de la zone touchée par l'accident vasculaire meurent. Il s'agit d'indiquer un élément de la technologie institutionnelle indispensable ($\theta_{\text{Neurones_AVC}}$) pour comprendre pourquoi il se pose un problème.

L'élève devrait savoir que chaque région du cerveau est spécialisée dans une fonction cérébrale ($\theta_{\text{CerveauRégionalisé}}$) ; si la zone est lésée, la fonction disparaît ; c'est la conséquence de l'AVC vécue par Madame X.

Nous ne laissons pas la formulation du problème scientifique à la charge de l'élève. Il est formulé dans la consigne, ce qui correspond à : $\theta_{\text{Problème_Scientifique_X}}$.

Ces éléments de technologies institutionnelles ($\theta_{\text{Neurones_AVC}}$ et $\theta_{\text{CasMadameX}}$) sont apportés à la connaissance de l'élève ; il s'agit d'un étayage fixe. Cet étayage a pour fonction de signaler des caractéristiques déterminantes. L'élément technologique $\theta_{\text{Problème_Scientifique_X}}$ est aussi un élément d'étayage qui a pour fonction de faire comprendre le but à atteindre. A charge ensuite à l'élève d'en faire « bon usage ».

Pour l'élève, lors de sa connexion, la mission qui lui est attribuée s'affiche immédiatement avec la consigne. Il s'agit alors d'en prendre connaissance ainsi que des documents ressources. L'élève se trouve alors face à l'écran présenté ci-après Figure 26.

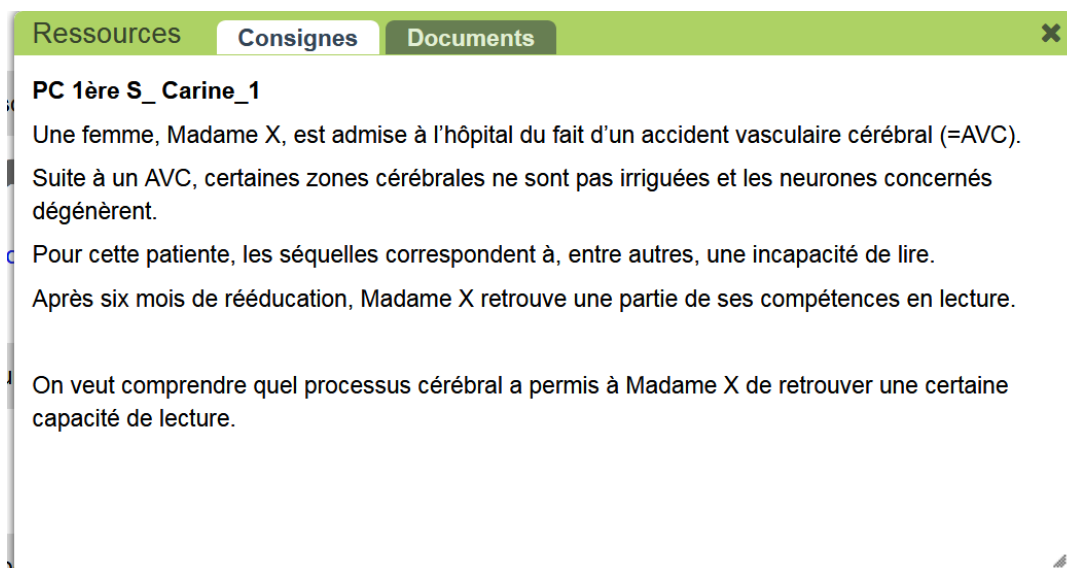


Figure 26 : Présentation de la situation et du problème scientifique lors de la connexion à la mission LabNbook

Cette étape correspond à la mise en place du problème scientifique donc à la première étape de la praxéologie institutionnelle correspondant à l'objet Démarche Scientifique. En prenant en compte les étayages fixes de LabNbook, la *praxis* institutionnelle est modifiée. La *praxis* de cette étape est présentée dans la Figure 27 ci-dessous.

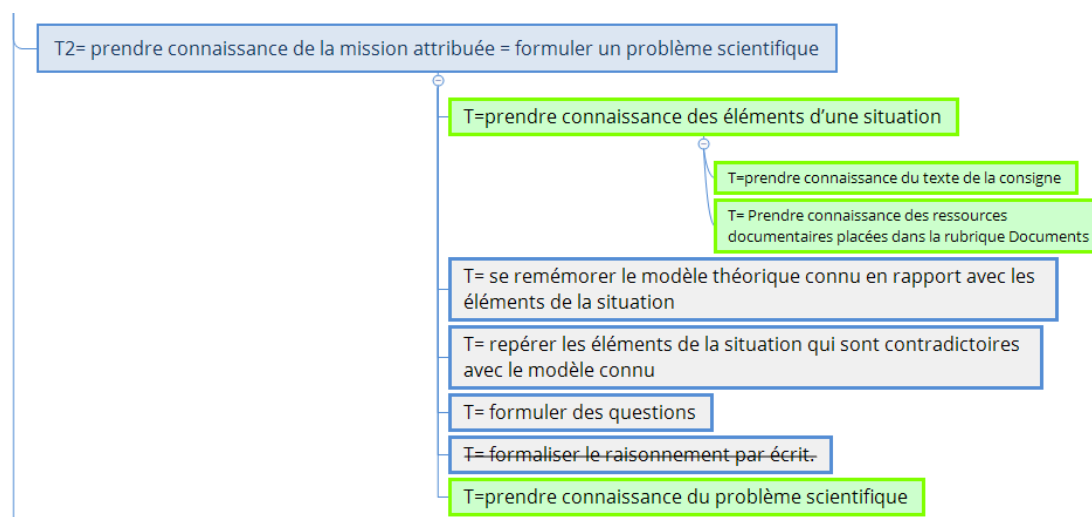


Figure 27 : *Praxis* de la présentation de la situation scientifique et de la prise en charge de la formulation du problème scientifique

Légende :

- en vert : types de tâches dont les éléments de technologies sont apportés par LabNbook ;
- en bleu : types de tâches laissés à la charge de l'élève,
- en rayé : types de tâches de la praxéologie institutionnelle supprimés du fait de la prise en charge par LabBook.

Des ressources peuvent être intégrées à la mission. Dans notre cas, nous proposons la fiche technique d'utilisation du logiciel Eduanatomist proposée par le site de Toulouse⁷⁴ qui regroupe l'ensemble des fiches techniques pouvant être utilisées pendant les épreuves d'ECE du baccalauréat. Ces fiches techniques sont utilisées en formation pendant les trois années du lycée.

II. Une gestion complexe de la démarche scientifique étayée par la structuration du rapport expérimental

Conduire une démarche scientifique est complexe (Marzin-Janvier, 2015). Il s'agit alors d'aider l'élève dans l'avancée de sa pensée. LabNbook propose des fonctionnalités qui permettent d'aider à la gestion de la démarche.

II.1. La structuration en parties du rapport expérimental

Pour faire face à la complexité d'une démarche scientifique, sa structuration peut être un étayage efficace (Bonnat, 2017; Marzin-Janvier, 2015).

Dans la mission LabNbook, après avoir renseigné l'encart « Consignes » et intégré les ressources, nous choisissons de structurer le rapport expérimental en parties. Le nombre, le titre et la consigne de chaque partie sont libres.

L'élève face à sa mission voit une page sur laquelle sont inscrites une succession d'étapes. Suivant les travaux de Bonnat (2017), nous avons transposé la praxéologie institutionnelle du type de tâche $T_{\text{Dem-Expé_PC_Réparatrice}}$ = montrer en pratiquant une démarche scientifique de type expérimental qu'il existe, au niveau du cortex visuel, une plasticité réparatrice permettant la récupération chez l'Homme adulte de la fonction de lecture après un AVC à partir d'un raisonnement réalisé à partir de données issues de ressources.

Nous avons alors déterminé cinq étapes : concevoir un protocole expérimental permettant de résoudre la situation problème, mettre en œuvre une stratégie de résolution, présenter les résultats pour les communiquer, exploiter les résultats obtenus pour répondre au problème et valider ou non l'hypothèse initiale.

La Figure 28 ci-après correspond à une capture d'écran montrant les étapes du rapport expérimental.

⁷⁴ Disponible sur <http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/bankact/index.php?m=1&sm=1>

1 - Concevoir un protocole expérimental permettant de résoudre la situation problème

- ▶ Mode opératoire [Visible]
- ★ ▶ Prévisions des résultats [Visible]

2 - Mettre en oeuvre votre stratégie de résolution

- ★ ▶ Informations permettant la réalisation du protocole [Visible]

3 - Présenter les résultats pour les communiquer

- ★ ▶ Consignes pour accomplir la tâche [Visible]

4 - Exploiter les résultats obtenus pour répondre au problème

- ★ ▶ Consignes pour accomplir la tâche [Visible]

5 - Valider ou non l'hypothèse initiale

Consignes :
Rédiger une ou deux lignes pour valider ou non votre hypothèse en justifiant.

- ★ ▶ Consignes pour accomplir la tâche [Visible]

Figure 28 : Etapes du rapport expérimental tel que présenté dans la mission LabNbook

La tâche complexe qui est de mener une démarche expérimentale est « réduite » à cinq étapes. L'élève s'appuie sur la succession des parties pour progresser dans sa démarche. Le fait que l'élève voit les étapes qu'il doit accomplir et celles qu'il a déjà réalisées, l'amène à situer sa progression dans la démarche. Ceci correspond donc à un étayage correspondant à une structuration de la démarche au sens de Reiser (Bonnat, 2017, p. 49).

La structuration de la tâche conduit à l'expression d'éléments de la *praxis* institutionnelle. Ceci a une valeur d'étayage qui a pour fonction de faire comprendre la tâche à accomplir et de réduire les choix des élèves prenant en charge la gestion de la démarche.

Cet étayage étant implémenté avant la séance et ne pouvant pas être modifié est un étayage fixe.

II.2. Le choix des LabDocs

Dans la plateforme LabNbook, il est possible d'associer un LabDoc qui est un outil pour inscrire une consigne pour le concepteur ou une réponse pour l'apprenant à chaque partie du rapport.

Nous avons utilisé deux types de LabDoc parmi les quatre⁷⁵ qui sont proposés : la LabDoc Traitement de texte et le LabDoc Editeur de protocole⁷⁶.

Le premier type de LabDoc est le LabDoc Traitement de texte. Cela nous a permis d'apporter des informations à l'élève dans chaque partie (consignes, informations, recommandations) et a permis à l'élève de rédiger sa réponse. Le fait d'associer un LabDoc Traitement de texte à une partie du rapport est déjà par sa présence un étayage car le fait pour le concepteur de la séance de choisir tel ou tel type de LabDoc oriente l'élève par rapport au type de réponse à fournir⁷⁷. Ce type d'étayage est fixe car identique pour toute la séance.

Le deuxième type de LabDoc utilisé est le LabDoc Editeur de Protocole Expérimental. Nous allons détailler les fonctionnalités de celui-ci car il participe à ce qui fait la particularité de la plateforme LabNbook.

III. Un étayage dédié aux difficultés liées à la conception expérimentale

Le LabDoc Editeur de Protocole a été conçu pour étayer le travail de l'élève lors de la conception d'un protocole. Lorsque l'élève « clique » sur la première étape, apparaissent trois rubriques, chacune associée à une petite icône : la formulation de l'hypothèse, le matériel disponible et la conception du protocole.

Le concepteur de la leçon doit, lors de la conception de la mission, renseigner ces trois rubriques. Dans les paragraphes qui suivent, nous expliquons la façon dont nous avons procédé.

III.1. Étayer la formulation de l'hypothèse en renseignant la rubrique concernant l'hypothèse



Concernant la formulation de l'hypothèse, nous avons inscrit la consigne que l'on souhaite faire passer aux élèves : « A votre avis, comment expliquer d'un point de vue cérébral le fait que Madame X soit capable de lire de nouveau six mois après son AVC ? (Figure 29).

Hypothèse(s)

A votre avis, comment expliquer d'un point de vue cérébral le fait que Madame X est capable de lire, de nouveau, six mois après son AVC ?

Figure 29 : Consigne concernant l'étape de la formulation de l'hypothèse dans la mission LabNbook

⁷⁵ Les quatre LabDoc disponibles sont : Traitement de texte, éditeur de protocole, tableur, dessin.

⁷⁶ Les LabDocs correspondent aux icônes : , le LabDoc Texte et , le LabDoc Editeur de protocole.

⁷⁷ Par contre, si les quatre LabDoc avaient été disponibles, alors il n'y aurait pas eu d'étayage.

Par ce questionnaire et le « à votre avis » nous ne laissons pas de choix à l'élève qui doit formuler son ou ses idée(s), c'est-à-dire expliciter sa technologie personnelle concernant cette notion. Il s'agit d'un étayage par questionnaire pour aider à formuler la praxéologie personnelle de l'élève.

Sur la plateforme LabNbook, en cliquant sur « Hypothèse(s) », un espace spécialement dédié à la formulation de l'hypothèse apparaît. L'espace libre oblige l'élève à formaliser son (ses) hypothèse(s) à l'écrit. Cette formalisation de l'hypothèse dans l'espace dédié est une forme d'étayage qui implicitement correspond à indiquer la tâche à réaliser.

III.2. Etayer les difficultés liées à la conception expérimentale

La conception d'un protocole n'est pas une tâche aisée pour un élève. Dans le paragraphe qui suit, nous présentons les types de difficultés auxquelles peut se heurter un élève lors de cette étape.

III.2.1 Les difficultés répertoriées lors de la conception d'un protocole

Des difficultés surgissent du fait de l'aspect uniquement intellectuel de la tâche. Il s'agit de conduire uniquement en pensée « l'anticipation de l'usage du matériel, planification des étapes et des actions » (Bonnat, 2017, p. 31). En effet, il faut combiner à la fois l'idée que l'on a du matériel et la façon dont il peut être utilisé (matériel que l'on ne maîtrise pas toujours) avec ce que l'on pense du fonctionnement du vivant avec ce matériel.

La distinction entre principe de manipulation et protocole n'est pas réellement faite par les élèves, le premier étant simplement de donner l'idée générale et le deuxième de donner toutes les étapes d'un protocole (Bonnat, 2017; Saavedra, 2015). Pour les élèves, un protocole peut correspondre simplement à donner le principe de manipulation. Ainsi, lors de l'écriture de protocole, des actions sont souvent oubliées et en particulier les actions les plus fines, de même que les valeurs précises des paramètres (Girault et al., 2012). Bonnat (2017) constate elle aussi lors de son expérimentation que les élèves ne prennent pas soin d'établir des données chiffrées précises dans la conception du protocole. Il nous semble par ces constatations que c'est comme si la formalisation d'un protocole n'était pas une étape importante pour l'élève, celui-ci pouvant modifier ses actes lorsqu'il sera en train de manipuler, de se « frotter » au réel. Cette tendance est interprétée par Darley (2007, p. 109) comme une « méthodologie de résolution de problème de type essai-erreur ». Or, il s'agit là de modifier cette conception des élèves. La réalisation du protocole ne doit être qu'une étape après une longue réflexion, la proposition d'un protocole ne devant pas se faire sans mobiliser un cadre théorique.

La manipulation correspond à la matérialisation de la pensée et, dans une démarche scientifique, c'est bien le cadre théorique, que ce cadre soit complètement explicité ou non, et la volonté de tester des hypothèses qui doivent guider l'ensemble des actes. Ce cadre théorique rejoint la notion de

« matrice cognitive » proposée d'abord par Martinand⁷⁸ (1996) puis cité par Coquidé (1999). Cette dernière note que des difficultés peuvent exister dans le mode de raisonnement des élèves.

Des observations en classe peuvent montrer aussi qu'il n'existe pas d'anticipation lors de la réalisation du protocole de l'acquisition des résultats. En effet, lors de la mise en œuvre du protocole, l'élève part dans le tunnel des actions à réaliser les unes après les autres et n'anticipe pas l'acquisition des résultats. Or, parfois, des données indispensables à l'expérimentation ne vont apparaître qu'à un seul moment du protocole, à un moment fugace. Il est donc nécessaire que se pose à chaque moment de la conception du protocole, la question de savoir si ce qui va être obtenu peut être un résultat et si oui, comment ce résultat peut être acquis pour pouvoir être proposé à la communauté.

Ainsi, il est nécessaire d'anticiper à tous moments de l'expérimentation (Marzin-Janvier, 2015) ; mais, anticiper, c'est penser dans un cadre théorique qui permet de prévoir et des difficultés peuvent surgir dans la mobilisation du cadre théorique tant au niveau des connaissances (des prérequis) qu'au niveau des modes de raisonnement.

III.2.2 Etayer la conception d'un protocole en renseignant la rubrique Matériel disponible de l'Editeur de protocole

Dans la mission LabNbook, la rubrique « Liste du matériel » de l'éditeur de protocole offre la possibilité d'indiquer le matériel disponible. Il y a possibilité de préciser des éléments complémentaires pour chaque matériel, éléments qui sont accessibles lors d'un « clic » sur celui-ci.

Pour notre séance d'enseignement, la liste du matériel ainsi que sa description ont été établis et transposés dans la plateforme LabNbook. Le tableau 11 ci-après présente les différents éléments constituant le matériel et les informations qui s'y rapportent.

⁷⁸ Martinand, J.-L. (1996). Introduction à la modélisation. In Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques (Cachan 1994-95), p. 126-138.

Tableau 11 : Liste de matériel disponible pour la réalisation du protocole ainsi que les éléments de description du matériel

Matériel disponible	Description du matériel
Logiciel Eduanatomist	permettant de visualiser des IRM anatomiques et fonctionnelles de cerveau de sujet lors de différents types de stimulations
Logiciel Acrobat Reader	permettant de visualiser des documents PDF
IRM anatomique (=photographie du cerveau) d'un sujet sain, sujet A	image anatomique du cerveau du sujet A, lecture par Eduanatomist, en B-W linear, seuil inférieur de 0 et seuil supérieur de 30
IRM fonctionnelle du sujet sain A lors de la vision de chaînes de consonnes	image fonctionnelle du cerveau du sujet A, lecture par Eduanatomist, en Blue-Red-Fusion, seuil inférieur de 33 et seuil supérieur de 100
IRM fonctionnelle du sujet sain A lors d'une tâche de lecture	image fonctionnelle du cerveau du sujet A, lecture par Eduanatomist, en Blue-Red-Fusion, seuil inférieur de 34 et seuil supérieur de 100
IRM anatomique (=photographie du cerveau) de Madame X lors de son admission à l'hôpital	document PDF de l'IRM anatomique de Madame X, lecture par logiciel Acrobat Reader
IRM fonctionnelle de Madame X lors d'une tâche de lecture, suite à son AVC et après plusieurs mois de rééducation	document PDF de l'IRM fonctionnelle de Madame X, lecture par logiciel Acrobat Reader

Les fonctionnalités du logiciel LabNbook font que pour faire afficher la description de chaque élément, il faut cliquer dessus. Or, lors des séances avec le professeur A, nous nous sommes aperçues que les élèves n'allaient pas de façon spontanée cliquer sur les éléments du matériel pour avoir les informations complémentaires nécessaires. C'est pourquoi nous avons fait évoluer la présentation du matériel pour la séance suivante en indiquant les éléments descriptifs directement sur la liste de matériel. Ainsi, chaque élève avait directement les informations nécessaires à l'affichage de l'image IRM.

L'évolution de la présentation du matériel est présentée dans la figure 30 qui suit.

Chapitre 4 : Transposition de la séance dans LabNbook et choix des étayages

Hypothèse(s)
A votre avis, comment expliquer, d'un point de vue cérébral, le fait que Madame X est capable, de nouveau, de lire, six mois après son AVC ?

Liste du matériel

<ul style="list-style-type: none"> • IRM anatomique d'un sujet sain, sujet A • IRM anatomique d'un sujet sain, sujet B • IRM anatomique d'un sujet sain, sujet C 	<ul style="list-style-type: none"> • IRM anatomique de Madame X lors de son admission à l'hôpital • IRM fonctionnelle de Madame X lors d'une tâche de lecture, suite à son AVC et après plusieurs mois de rééducation • IRM fonctionnelle du sujet sain A 	<ul style="list-style-type: none"> lors d'une tâche de lecture • IRM fonctionnelle du sujet sain A lors de la vision de chaînes de consonnes • IRM fonctionnelle du sujet sain B lors d'un stimulus coloré • IRM fonctionnelle du sujet sain C 	<ul style="list-style-type: none"> lors d'un stimulus coloré • Logiciel Acrobat Reader • Logiciel Eduanatomist
---	--	--	---

Rechercher ou ajouter un matériel ✕

- IRM anatomique de Madame X lors de son admission à l'hôpital - document PDF de l'IRM anatomique de Madame X, lecture par logiciel Acrobat Reader
- IRM fonctionnelle de Madame X lors d'une tâche de lecture, suite à son AVC et après plusieurs mois de rééducation - Document PDF de l'IRM fonctionnelle de Madame X, lecture par logiciel Acrobat Reader
- IRM fonctionnelle du sujet sain A lors d'une tâche de lecture - image fonctionnelle du cerveau du sujet A, lecture par Eduanatomist, en Blue-Red-Fusion, seuil inférieur de 34 et seuil supérieur de 100
- IRM fonctionnelle du sujet sain A lors de la vision de chaînes de consonnes - image fonctionnelle du cerveau du sujet A, lecture par Eduanatomist, en Blue-Red-Fusion, seuil inférieur de 33 et seuil supérieur de 100

Valider Annuler

Liste du matériel

<ul style="list-style-type: none"> • IRM anatomique d'un sujet A sain, lecture par Eduanatomist, en B-W linear, seuil inférieur de 0 et seuil supérieur de 30 • IRM anatomique de Madame X lors de son admission à l'hôpital, 	<ul style="list-style-type: none"> document PDF, lecture par logiciel Acrobat Reader • IRM fonctionnelle de Madame X lors d'une tâche de lecture, suite à son AVC et après plusieurs mois de rééducation, document PDF, lecture par logiciel Acrobat Reader 	<ul style="list-style-type: none"> • IRM fonctionnelle du sujet A sain lors d'une tâche de lecture, lecture par Eduanatomist, en Blue-Red-Fusion, seuil inférieur de 34 et seuil supérieur de 100 • IRM fonctionnelle du sujet A sain lors de la vision de chaînes de 	<ul style="list-style-type: none"> consonnes, lecture par Eduanatomist, en Blue-Red-Fusion, seuil inférieur de 33 et seuil supérieur de 100 • Logiciel Acrobat Reader • Logiciel Eduanatomist
---	---	---	--

Figure 30 : Evolution de la configuration de la liste de matériel : en haut, dans la version avec le professeur A avec la nécessité de cliquer pour obtenir les précisions pour chaque matériel (encadré en rouge), en bas, dans les autres versions présentant les précisions directement à la suite du matériel

L'élève prend connaissance de la liste de matériel et de sa description. Il s'agit d'un étayage qui correspond à une communication des éléments de technologie de la praxéologie institutionnelle :

$\theta_{\text{Sain_Anatomique_Paramètres}}$, $\theta_{\text{Sain_Lecture_Paramètres}}$ et $\theta_{\text{Sain_Consonnes_Paramètres}}$

La liste de matériel semble *a priori* être un étayage fort mais quelques études ont montré qu'une liste de matériel n'oriente pas toujours complètement la conception expérimentale des élèves⁷⁹ (Bonnat, 2017).

Dans la praxéologie de l'objet Démarche scientifique, lors de la conception du protocole, il est nécessaire de répertorier les différentes techniques ou processus disponibles et de choisir celui qui sera pertinent. Dans notre situation, l'élève, lui, a accès au matériel disponible. La présence de cette liste de matériel fait qu'il y a prise en charge d'un élément de la technique de la praxéologie de notre type de tâche ; cet élément pris en charge est : T= se remémorer les méthodes expérimentales connues ou pouvant être mises en œuvre. La technologie associée à ce type de tâche disparaît alors : $\theta=$ le matériel disponible pour la Biologie en classe de lycée correspond à du matériel d'observation mi-

⁷⁹ Berthet, A., Girault, I. & d'Ham, C. (2015). Difficultés d'élèves pour élaborer un protocole expérimental. *Union des professeurs de physique et de chimie*. Vol. 109. 1395-1408. In (Bonnat, 2017, 222).

Partie 3 : Conception de la séance d'enseignement et transposition dans la plateforme numérique LabNbook

croscopique, des lames de préparation microscopique, des éléments EXAO, des logiciels comme Anagène, Phylogène, Rasmol, Eduanatomist, etc.

Ainsi, l'étayage par apport d'informations provoque un changement de la technique du type de tâche en la simplifiant puisque des ingrédients de la technique disparaissent. La figure suivante présente la modification de la *praxis* du fait de l'existence de la liste du matériel dans la mission LabNbook.

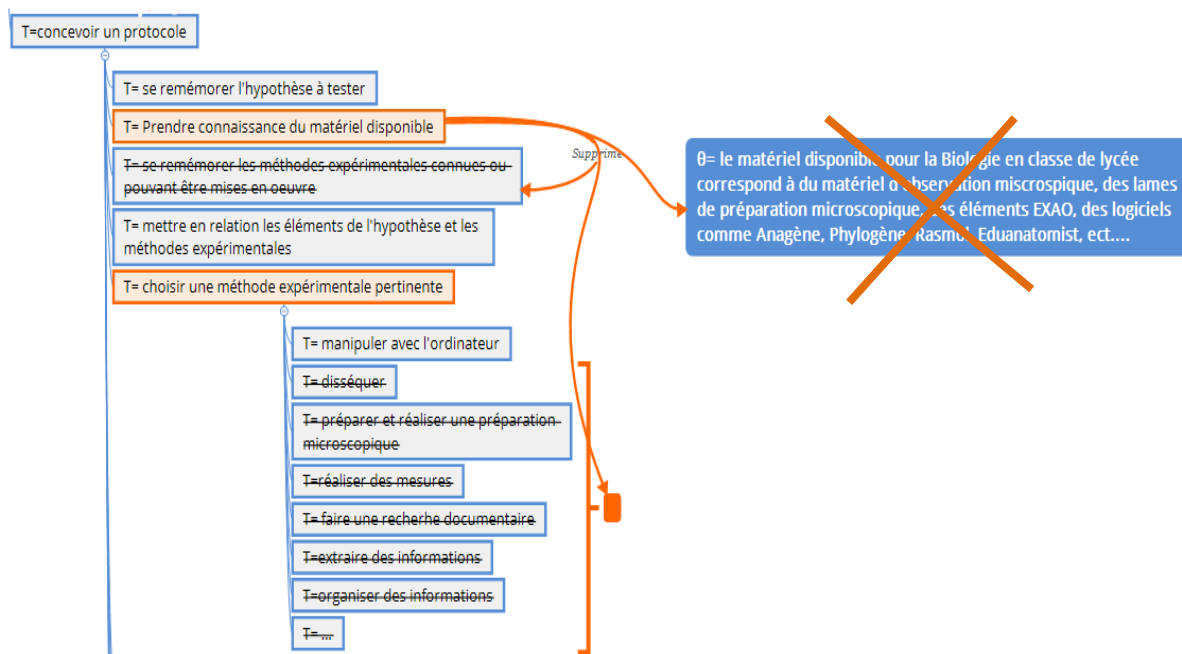


Figure 31 : Modification de la *praxis* par la présence de la liste de matériel dans la mission LabNbook

III.2.3 Etayer la conception d'un protocole en pré-structurant celui-ci

En nous appuyant sur les travaux de Bonnat (2017), nous avons transposé la praxéologie institutionnelle dans la plateforme LabNbook. Plusieurs adaptations ont été nécessaires notamment parce que la préstructuration dans la plateforme LabNbook n'autorise que trois degrés de structuration : l'étape, l'action et le(s) paramètre(s) de l'action or le modèle praxéologique autorise, lui, le nombre de degrés nécessaires pour que le savoir-faire soit décrit avec la granularité attendue qui peut être plus grand que trois.

a. L'organisation en étapes (niveau 1 de structuration LabDoc Editeur de protocole)

Nous avons simplement transposé les quatre types de tâches que nous avons déterminés lors de la construction de la praxéologie institutionnelle en quatre étapes du LabDoc Editeur de Protocole. Ainsi, les quatre étapes de la praxéologie institutionnelle correspondant à la conception du protocole sont les quatre étapes du rapport. La figure 32 ci-après montre les quatre étapes de la praxéologie institutionnelle et celles du rapport de la mission LabNbook.

Les quatre étapes de la praxéologie institutionnelle :

T= proposer une suite d'actions à réaliser pour tester l'hypothèse.
T= identifier la localisation de la lésion.
T= identifier la localisation de la zone intervenant dans la lecture chez un sujet sain.
T= identifier la localisation de la zone intervenant dans la lecture chez Madame X quelques mois après son AVC et rééducation.
T= comparer la localisation des zones cérébrales activées par la lecture chez Madame X après rééducation et chez le sujet sain.

Qui deviennent les quatre étapes du protocole dans LabNbook donnant ainsi à l'écran :

Proposer une stratégie de résolution permettant de valider l'hypothèse en établissant la liste des actions pour chaque étape du mode opératoire

- **Etape A** Comparer les IRM anatomiques de Mme X et d'un sujet témoin
- **Etape B** Localiser la ou les zone(s) cérébrale(s) activée(s) lors de la reconnaissance visuelle de mots chez un sujet sain
- **Etape C** Localiser la ou les zone(s) cérébrale(s) activée(s) lors de la reconnaissance visuelle de mots chez Madame X après rééducation
- **Etape D** Comparer la localisation de la (les) zone(s) cérébrale(s) activée(s) par la reconnaissance visuelle de mots chez Madame X après rééducation et chez un sujet sain

Figure 32 : Transposition des quatre étapes de la praxéologie institutionnelle dans la mission LabNbook

b. L'organisation en actions paramétrées

Dans la mission LabNbook, il est possible pour le concepteur de la séance de construire une liste d'actions correspondant chacune à une tâche du protocole.

A chacune des quatre étapes du protocole, nous y avons associé une liste d'actions. Ci-dessous se trouve une copie d'écran montrant la liste d'actions s'affichant lorsqu'une étape du protocole est sélectionnée.

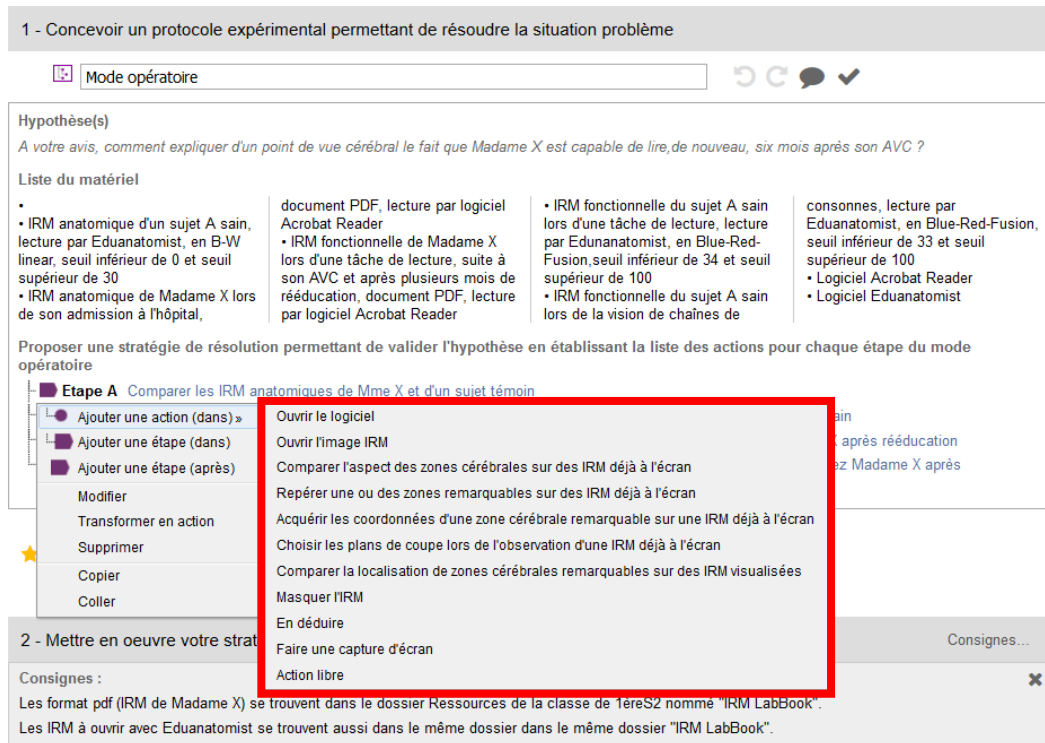


Figure 33 : Liste d'actions (encadrée en rouge) associée à chaque étape du protocole dans la mission LabNbook

La liste d'actions a un double effet d'étaillage : elle permet de limiter les choix pour l'élève et propose aussi une structuration de la tâche.

Nous devons maintenant nous arrêter plus précisément sur ce qui nous a guidés sur le choix des actions et sur leurs paramètres. En effet, ce choix a été orienté en partie par des difficultés que nous avons identifiées.

III.2.4 Etayer la difficulté liée à la planification d'une expérience témoin

L'identification des expériences témoins, les IRM du sujet sain d'une part et l'IRM fonctionnelle du sujet sain visionnant une suite de consonnes peut être source de difficultés. « Pas d'expérimentation sans témoin » (Darley, 2007, p. 110). Nous souhaitons que les élèves explicitent lors de la comparaison des IRM entre sujet atteint et sujet sain la notion d'expérience témoin et d'expérience test.

Lors du pré-test⁸⁰, une action « attribuer un statut à une expérience » pour faire expliciter « expérience témoin » et « expérience test » avait été conçue mais celle-ci avait entraîné trop de questions de la part des élèves pour que nous la conservions. C'est pourquoi, lors de l'expérimentation, nous avons combiné au sein d'une action LabNbook, deux actions « Etablir quelle est l'expérience témoin et l'expérience test » avec l'action « Comparer l'aspect des zones cérébrales » comme ceci est montré dans la figure suivante.

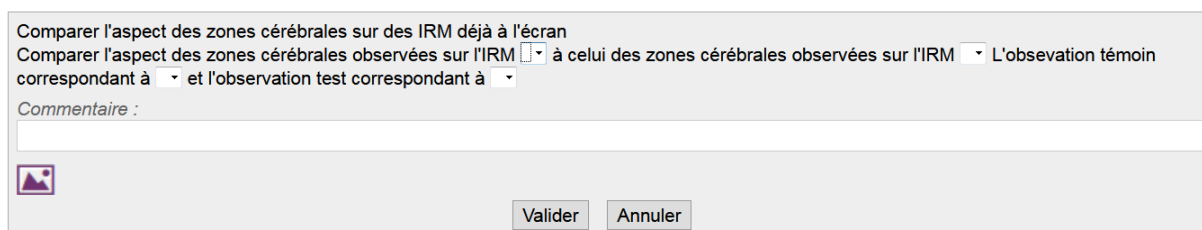


Figure 34 : l'action combiné Comparer l'aspect des zones cérébrales et assigner à une des expériences le statut de témoin ou de contrôle dans la mission LabNbook

La combinaison des actions ensemble est faite pour inciter les élèves à accomplir la tâche. Leur association oblige l'élève à les faire sans oublier celle qui apparaît comme accessoire.

IV. Difficulté lié à l'implémentation informatique

IV.1. La nécessaire combinaison de types de tâches

Le premier type de tâche « T= identifier la localisation de la zone intervenant dans la lecture chez un sujet sain » de notre praxéologie correspond à la première étape de la pré-structuration transposée dans LabNbook. Il y a ensuite trois niveaux d'ingrédients de la technique, les niveaux hiérarchiques 2,3 et 4.

⁸⁰ Une séance de Pré-test a été conduite avec le professeur B avec une classe de Terminale S en adaptant la séance de Première S au programme de Terminale S.

Avec LabNbook⁸¹, nous n'avons que trois niveaux de structuration, il est donc nécessaire de limiter le nombre de niveaux. Pour cela, nous devons combiner les niveaux hiérarchiques 2, 3 et 4 de la praxéologie pour que cela ne constitue que deux niveaux dans LabNbook avec les actions paramétrées.

Niveau 1	T= identifier la localisation de la zone intervenant dans la lecture chez un sujet sain.
Niveau 2	T _{Sain_IRMf_Lecture} = visualiser l'IRM fonctionnelle du sujet sain en train de lire.
Niveau 3	T= ouvrir le logiciel Eduanatomist.
	T= ouvrir l'image anatomique du sujet sain = T _{Sain-IRMa} = visualiser l'IRM anatomique du sujet sain.
	T= ouvrir l'image fonctionnelle du sujet en train de lire.
	T= choisir les paramètres pertinents de visualisation.
Niveau 4	T= repérer le type de palette de visualisation.
	T= choisir la palette de visualisation adéquate.
	T= repérer les valeurs des seuils de visualisation.
	T= choisir les valeurs des seuils de visualisation adéquates.

Figure 35 : Nombre de niveaux hiérarchiques dans la *praxis* d'un type de tâche de notre séance

Pour cela, nous associons des types de tâches qui différaient entre elles par des variables comme par exemple « T= ouvrir le logiciel Eduanatomist. » et « T= ouvrir le logiciel Acrobat Reader. » et qui était aussi associé à une difficulté ; en effet, nous avons repéré lors de la séance pré-test⁸² une difficulté récurrente : celui du choix du logiciel pour l'affichage des IRM de Madame X. En effet, les IRM de madame X n'existaient pas sous une forme permettant un visionnage avec Eduanatomist ; il s'agit de fichiers « .PDF ». Le fait d'avoir à faire un choix concernant le logiciel nécessaire amène l'élève à s'interroger sur la raison d'existence de ce choix. C'est ainsi que nous avons construit une action : « Ouvrir le logiciel pertinent » avec deux valeurs de paramètres possibles au choix : « le logiciel Eduanatomist et le logiciel Acrobat Reader ».

⁸¹ La version LabNbook que nous utilisons a été par la suite améliorée et il existe maintenant la possibilité de créer plus de niveaux de structuration.

⁸² Le pré-test a été réalisé avec une classe de Terminale S, le 13 février 2017, avec le professeur B.

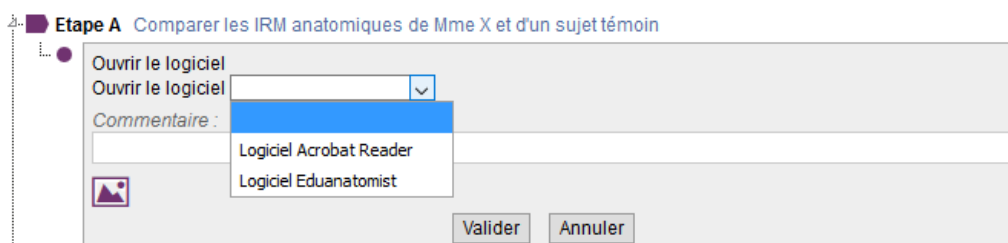


Figure 36 : La liste des paramètres pour le choix du logiciel à ouvrir dans la mission LabNbook

IV.2. L'action « Nommer »

Une difficulté liée à la transposition informatique est que pour pouvoir être réutilisés au sein d'une autre action, les « objets » doivent être « nommés » c'est-à-dire qu'ils deviennent des objets pour le programme informatique. Par exemple, si nous voulons dire qu'une comparaison se fait entre la localisation de deux zones cérébrales, il faut auparavant faire nommer ces deux zones. Dans une première version, il existait une action « nommer l'objet » mais cela avait suscité tant de questions que nous avons inclus cette action dans une autre.

V. Etayer des difficultés propres à notre séance en choisissant les actions et les paramètres de l'éditeur de protocole

Dans le paragraphe précédent, nous avons vu que l'étayage de l'éditeur de protocole permettait de prendre en compte des difficultés liées à la pratique de la démarche scientifique en général sans vraiment prendre en compte la spécificité de notre séance d'enseignement. Nous allons dans ce paragraphe montrer que les fonctionnalités proposées par l'éditeur de protocole peuvent étayer des difficultés locales.

Une des fonctionnalités est le principe de proposition d'une liste d'actions, nous l'avons déjà vu. Pour construire cette liste, nous avons pris en compte les éléments de la praxéologie et deux autres contraintes se sont rajoutées :

- dans LabNbook, la liste des actions est la même pour chacune des étapes c'est-à-dire que l'on ne peut pas choisir les actions à faire apparaître pour une étape en particulier,
- la liste d'actions doit être la plus courte possible – ou, en tous cas, la moins longue- pour qu'il n'y ait pas un effet contre-productif sur la pensée de l'élève,

Nous avons donc cherché à réduire le nombre d'actions et à faire en sorte qu'elles soient communes aux différentes étapes tout en prenant en compte des difficultés.

V.1. Etayer en obligeant à faire un choix en proposant des valeurs de paramètres d'action

Pour la séance que nous avons choisie, il est nécessaire lors de la conception du protocole de prévoir des comparaisons d'IRM anatomiques et fonctionnelles de sujets sain et de la patiente atteinte d'une

lésion cérébrale, faisant des activités de lecture ou de vision d'une suite de consonnes. La visualisation des images se fait avec le logiciel Eduanatomist.

L'exploitation des IRM est une technique qui, dans une progression annuelle de Première S, a déjà été réalisée avant notre séance. Des IRM peuvent être en effet exploitées lors de la mise en place du modèle d'un cerveau régionalisé dans le même thème « De l'œil au cerveau : quelques aspects de la vision » ou dans le fonctionnement du circuit de récompense dans le thème « Féminin, Masculin ».

Une première difficulté est de comprendre la différence entre les IRM anatomiques et fonctionnelles. Il s'agit là en effet de deux types d'images, obtenues de façons différentes et montrant chacune un aspect du cerveau. La première est une image en noir et blanc qui permet d'observer les structures cérébrales alors que la deuxième est une image en couleurs qui permet d'identifier les zones cérébrales préférentiellement activées par le stimulus appliqué lors de l'acquisition de l'IRM fonctionnelle. Comme dans les logiciels médicaux, il est nécessaire avec le logiciel Eduanatomist de superposer l'image fonctionnelle à l'image anatomique pour repérer les zones activées au sein des structures cérébrales.

Une action a été construite sur le modèle de la combinaison de deux types de tâches : l'action correspondant à « Ouvrir l'image IRM » avec comme valeurs de paramètres la proposition des cinq IRM disponibles. Choisir l'action « Ouvrir l'IRM » fait automatiquement proposer la liste des cinq IRM et doit obliger l'élève à en choisir une, celle qu'il pense être pertinente. Or, la différence entre une IRM anatomique et une IRM fonctionnelle reste une difficulté pour un élève. Cette difficulté avait été repérée lors du prétest réalisé en classe de Terminale et de nombreuses interventions de l'enseignante lors de ce pré-test avaient comme objet la différence entre IRM anatomique et IRM fonctionnelle. Afin de focaliser l'élève sur cette différence, nous avons choisi de lui faire préciser si l'IRM est anatomique ou fonctionnelle lorsqu'il doit nommer⁸³ ce matériel en supprimant ce qui ne convient pas au choix de son image. Les deux figures 37 et 38 ci-après montrent ces deux éléments d'étayage.

⁸³ Voir Partie 3.Chapitre 4.IV.2L'action « Nommer », ci-dessus, page 226.L'action « Nommer »

Étape A Comparer les IRM anatomiques de Mme X et d'un sujet témoin

Ouvrir l'image IRM
Ouvrir l'image IRM [dropdown] et nommer cette observation [input]
Commentaire :
IRM anatomique (=photographie du cerveau) d'un sujet sain, sujet A
IRM anatomique (=photographie du cerveau) de Madame X lors de son admission à l'hôpital
IRM fonctionnelle de Madame X lors d'une tâche de lecture, suite à son AVC et après plusieurs mois de rééducation
IRM fonctionnelle du sujet sain A lors d'une tâche de lecture
IRM fonctionnelle du sujet sain A lors de la vision de chaînes de consonnes

Figure 37 : La liste des paramètres pour le choix de l'image IRM à ouvrir dans la mission LabNbook

Ouvrir l'image IRM
Ouvrir l'image IRM [dropdown]
et nommer cette observation (compléter la phrase) IRM anatomique ou fonction
Commentaire :
[input]
[image icon]
[Valider] [Annuler]

Figure 38 : L'action à réaliser lors de la « nomination » de l'image dans la mission LabNbook

V.2. Etayer l'action de choisir les paramètres de visualisation

Lors de l'acquisition de l'image IRM, le choix de la palette de visualisation et le réglage des valeurs des seuils inférieur et supérieur pour l'affichage des IRM avec Eduanatomist sont des réglages effectués par les médecins. Ces valeurs sont liées à la construction statistique de l'image IRM⁸⁴. Monod-Ansaldi (2012, p. 170) explique : « La borne inférieure définit la valeur à partir de laquelle les voxels sont colorés. Plus la valeur de la borne inférieure est élevée, plus l'exigence de significativité est importante et plus la spécificité de la zone colorée est importante. La borne supérieure définit la valeur à partir de laquelle les voxels sont affichés avec la couleur extrême supérieure de la palette, si bien que ce sont les valeurs comprises entre les deux bornes qui sont graduellement colorées selon l'échelle de la palette. » Ces données sont fournies dans le logiciel Eduanatomist sans explication. Or d'après notre expérience, ces éléments de connaissance ne sont pas maîtrisés par les enseignants. Il y a là, source de difficulté, car dans la formalisation du protocole, il est nécessaire d'indiquer les paramètres de visualisation ; ce sont des étapes indispensables pour le mettre en œuvre or ces valeurs sont choisies par les spécialistes qui acquièrent les données à l'origine des IRM et ne sont pas expliquées. Les technologies convoquées n'appartiennent pas à l'institution « classe de Première S pen-

⁸⁴ Le cerveau est divisé en petites unités de mesure de volume nommée voxels. Pour chaque voxel, est mesuré le débit sanguin grâce aux propriétés magnétiques de l'hémoglobine ; dans un type de condition de stimulation, sont réalisées plusieurs séries de mesures : par exemple lorsque le sujet lit des mots vrais et lorsqu'il voit des damiers. Pour chaque condition, il y a calcul de la moyenne du débit sanguin pour chaque voxel. Il est obtenu une IRM moyennée pour chaque condition de stimulation. La « soustraction » entre les deux IRM moyennées pour chaque voxel se fait ensuite en utilisant un test statistique qui correspond à « la comparaison des moyennes des deux séries » et enfin, à chaque valeur, est appliquée une couleur (Monod-Ansaldi et al., 2012, p. 162).

dant un enseignement de SVT » (Monod-Ansaldi et al., 2012). Or, pour la professeure A, nous avons introduit dans la liste d'actions, une action « Choisir la palette d'observation et régler les valeurs de seuils d'observation », suivant en cela la praxéologie institutionnelle établie précédemment et ceci afin d'induire chez l'élève l'idée que les données concernant la palette d'observation et les valeurs des seuils d'observation étaient à extraire des ressources. Cependant, seul un élève sur vingt a utilisé cette action ; nous en avons déduit que l'étayage ne fonctionnait pas ; c'est pourquoi nous avons modifié la dénomination du matériel pour que directement apparaissent à côté du nom de l'IRM sa palette et ses valeurs de seuil de visualisation. Ainsi automatiquement, avec l'action « ouvrir l'image IRM » apparaissent ces informations.

Un exemple est proposé dans la figure ci-dessous.

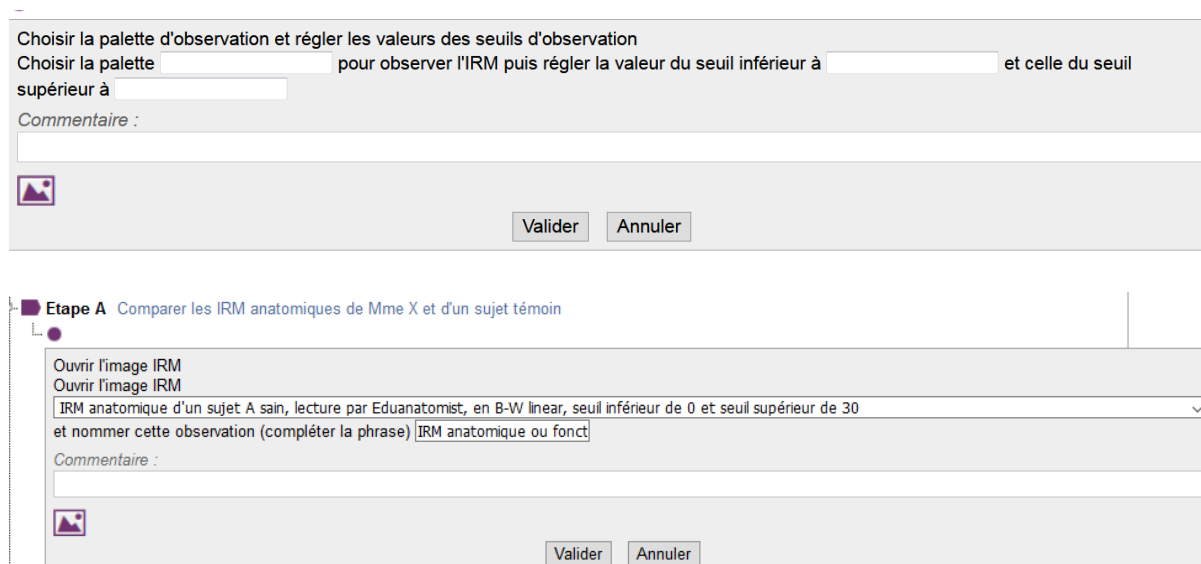


Figure 39 : Le choix des valeurs de visualisation pour la mission de la professeure A (en haut) puis l'évolution de la dénomination du matériel lors du choix des IRM (en bas)

Ainsi, la technologie mobilisée était « $\theta_{\text{Eduanatomist_Visualisation}}$: les images sont visualisées avec Eduanatomist une fois que les paramètres de visualisation ont été choisis de façon adéquate en référence avec les informations données » est prise en charge par LabNbook.

V.3. Etayer l'action « acquérir les coordonnées des zones cérébrales cibles »

Comme dans les logiciels utilisés dans le domaine médical, il est permis avec le logiciel Eduanatomist de se déplacer dans le volume du cerveau. Il est possible de visualiser les images selon les trois axes de coupes (frontale, coronale et axiale) et la zone qui est ciblée pour l'observation doit être référencée selon ces trois plans (Molinatti, 2006).

Pour que les comparaisons soient valides et s'inscrivent dans un raisonnement rigoureux, il est nécessaire qu'il y ait acquisition des valeurs des coordonnées des zones lésées ou activées. Pour pouvoir affirmer que la zone lésée par l'AVC correspond à celle qui est activée lors de la lecture, il faut le

prouver en montrant que les valeurs des coordonnées de ces zones sont les mêmes. La comparaison ne doit pas se faire de façon empirique (« c'est globalement au même endroit ») mais de façon rigoureuse. Or, les valeurs des coordonnées des zones cérébrales sont rarement prises en compte. C'est pourquoi deux actions ont été construites en suggérant l'acquisition des coordonnées des plans de coupe : « Acquérir les coordonnées d'une zone cérébrale remarquable » et « Choisir les plans de coupe ». Leur présence signale à l'élève la nécessité d'acquérir les plans de coupe pour réaliser la comparaison e étant rigoureux.




V.4. Etayer la planification des tâches au sein de la démarche expérimentale en particulier pour l'acquisition des résultats

La réalisation du protocole ne se fait pas gratuitement ; le protocole est réalisé pour la production de données. Or, c'est au moment de la réalisation du protocole que l'on doit penser à l'acquisition de résultats ; c'est pourquoi l'action « faire une capture d'écran » qui dans le cas de notre séance d'enseignement permet l'acquisition de résultats a été incluse dans la liste des actions.





VI. Les versions des missions proposées aux enseignantes

En nous inspirant du travail de Bonnat (2017), plusieurs propositions de missions ont été faites, chaque mission ayant un degré d'étayage plus ou moins soutenu pour la conception du protocole. Ainsi, la version 1 ne propose pas de préstructuration du protocole ni par des étapes ni par des propositions d'actions (Figure 40 ci-après).

Chapitre 4 : Transposition de la séance dans LabNbook et choix des étayages

1èreS CP-1 : PC 1èreS   

1 - Concevoir une stratégie pour résoudre une situation problème

Mode opératoire    



Hypothèse(s)Principe de la manipulation
A votre avis, comment peut-on expliquer, d'un point de vue cérébral, le fait que Madame X ait pu récupérer une partie de la motricité de son bras gauche, après la période de rééducation, malgré les conséquences de l'AVC ?

Liste du matériel

<ul style="list-style-type: none">IRM anatomique de Monsieur X lors de son admission à l'hôpitalIRM anatomique du sujet sain	<ul style="list-style-type: none">IRM fonctionnelle de Monsieur X lors d'une tâche de lecture, suite à son AVC et après plusieurs mois de rééducation	<ul style="list-style-type: none">IRM fonctionnelle du sujet sain lors de la vision de chaînes de consonnesIRM fonctionnelle du sujet sain lors de la vision de mots	<ul style="list-style-type: none">Lecteur PDFLogiciel Eduanatomist
---	---	---	---






Établir la liste des actions successives du mode opératoire





- Ajouter une étape
- Ajouter une action
- Coller une étape ou action

résultats  

Indiquer la forme sous laquelle vous pensez observer vos résultats:
Indiquer les résultats que vous pensez obtenir:

2 - Mettre en oeuvre le protocole pour acquérir des résultats exploitables

   Informations permettant la réalisation du protocole  

3 - Présenter les résultats pour les communiquer    



4 - Exploiter les résultats obtenus pour répondre au problème  

Figure 40 : Mission LabNbook version 1, étayage minimum (sans étape ni liste d'action pour la conception du protocole)

Partie 3 : Conception de la séance d'enseignement et transposition dans la plateforme numérique LabNbook

La version 2 présente une préstructuration par des actions paramétrées sans étape (Cf. Figure 41).

1 - Concevoir un protocole expérimental permettant de résoudre la situation problème

Mode opératoire

Hypothèse(s)

A votre avis, comment expliquer, d'un point de vue cérébral, le fait que Madame X est capable, de nouveau, de lire, six mois après son AVC ?

Commentaire :

Valider Annuler

Liste du matériel

- IRM anatomique d'un sujet sain, sujet A
- IRM anatomique d'un sujet sain, sujet B
- IRM anatomique d'un sujet sain, sujet C
- IRM anatomique de Madame X lors de son admission à l'hôpital
- IRM fonctionnelle de Madame X lors d'une tâche de lecture, suite à son AVC et après plusieurs mois de rééducation
- IRM fonctionnelle du sujet sain A lors d'une tâche de lecture
- IRM fonctionnelle du sujet sain A lors de la vision de chaînes de consonnes
- IRM fonctionnelle du sujet sain B lors d'un stimulus simulant un mouvement
- IRM fonctionnelle du sujet sain C lors d'un stimulus coloré
- Logiciel Acrobat Reader
- Logiciel Eduanatomist

Proposer une stratégie de résolution permettant de tester votre hypothèse en établissant la liste des actions successives du mode opératoire

- Ajouter une étape
- Ajouter une action
- Coller une étape ou action

- Ouvrir le logiciel
- Ouvrir l'image IRM
- Choisir la palette d'observation et régler les valeurs des seuils d'observation
- Acquérir les coordonnées d'une observation
- Choisir les plans de coupe
- Comparer l'aspect des zones cérébrales sur des IRM visualisées
- Repérer une ou des zones activées sur des IRM visualisées
- Comparer la localisation de zones cérébrales sur des IRM visualisées
- Masquer l'IRM
- En déduire
- Faire une capture d'écran
- Action libre

Figure 41 : Mission LabNbook version 2, étayage apporté par une liste d'actions paramétrées pour la conception du protocole

La version 3 présente une préstructuration du protocole par des étapes et des actions paramétrées à choisir pour chaque étape (Figure 42). La liste d'actions est la même que précédemment.

1 - Concevoir un protocole expérimental permettant de résoudre la situation problème

Mode opératoire

Consigne

Vous devez expliquer comment vous feriez pour montrer que les zones du cerveau activées lors d'un exercice de lecture chez Mme X ne sont pas les mêmes que celles d'un sujet sain.
Votre réponse doit expliquer ce que vous allez faire, comment vous le ferez et ce que vous attendez comme résultat si l'hypothèse est validée.

Liste du matériel

- IRM anatomique (=photographie du cerveau) d'un sujet sain, sujet A
- IRM anatomique (=photographie du cerveau) de Madame X lors de son admission à l'hôpital
- IRM fonctionnelle de Madame X lors d'une tâche de lecture, suite à son AVC et après plusieurs mois de rééducation
- IRM fonctionnelle du sujet sain A lors d'une tâche de lecture
- IRM fonctionnelle du sujet sain A lors de la vision de chaînes de consonnes
- Logiciel Acrobat Reader
- Logiciel Eduanatomist

Proposer une stratégie de résolution permettant de valider l'hypothèse en établissant la liste des actions pour chaque étape du mode opératoire

- Etape A Comparer les IRM anatomiques de Mme X et d'un sujet témoin
- Etape B Localiser la ou les zone(s) cérébrale(s) activée(s) lors de la reconnaissance visuelle de mots chez un sujet sain
- Etape C Localiser la ou les zone(s) cérébrale(s) activée(s) lors de la reconnaissance visuelle de mots chez Madame X après rééducation
- Etape D Comparer la localisation de la (les) zone(s) cérébrale(s) activée(s) par la reconnaissance visuelle de mots chez Madame X après rééducation et chez un sujet sain

Figure 42 : Mission LabNbook version 2, étayage apporté par une liste d'actions paramétrées pour la conception du protocole

VII. Conclusion du chapitre 4

La transposition de l'organisation praxéologique dans la plateforme LabNbook oblige à faire des aménagements avec la praxéologie institutionnelle, la transposition ne se faisant pas de façon automatique. Ainsi,

- des difficultés liées à l'implémentation informatique même (ici le fait que la liste de actions soit la même pour chaque étape, le fait qu'il n'y ait que trois étapes de structuration, le fait d'obliger les objets à être nommés pour pouvoir être manipulés) contraignent la liberté de conception,
- des difficultés conceptuelles obligent ensuite à trouver des stratégies pour obliger les élèves à faire des choix (par exemple ici : faire la différence entre une IRM anatomique et une IRM fonctionnelle),
- ou à faire des actions que les élèves auraient oubliées en les proposant dans la liste ou en les combinant avec d'autres actions réalisées (« nommer » le matériel, suggérer d'acquérir les coordonnées des plans de coupe, suggérer de penser à l'action pour acquérir des résultats au cours de l'expérimentation).

Ainsi, ce faisant, les actions fines de la praxéologie de notre séance sont implémentées en actions ou sont associées à d'autres actions.

Ces aménagements prennent en compte les éléments d'étayage sensés supporter la réflexion de l'élève au niveau de difficultés repérées.

Dans le Tableau 12 ci-dessous est présentée une synthèse des étayages présents dans une mission de LabNbook.

Tableau 12 : Caractérisation des étayages de LabBook pour notre séance d'enseignement

Éléments de la mission LabBook		Contenu de l'étayage	Techniques d'étayage (d'après notre cadre théorique)	Objet de l'étayage	Fonction de l'étayage
Situation déclenchante		La capacité de lecture de madame X lors de son AVC et six mois après. Le fait de la destruction des neurones de la zone touchée par l'AVC. La formulation du problème scientifique	Communiquer des éléments de praxéologie institutionnelle	Éléments de la technologie institutionnelle : $\theta_{\text{Neurones_AVC}}$ $\theta_{\text{CasMadameX}}$ $\theta_{\text{Problème_Scientifique_X}}$	Signaler des caractéristiques déterminantes Faire comprendre le but à atteindre
Ressources documentaires		La fiche technique d'utilisation du logiciel Eduanatomist	Communiquer des éléments de praxéologie institutionnelle	Praxéologie institutionnelle concernant L'objet Eduanatomist	Signaler des caractéristiques déterminantes
Rapport préstructuré		Rapport expérimental divisé en cinq étapes	Structurer ou communiquer dans l'ordre les éléments de la <i>praxis</i>	Explication des ingrédients de la technique associée à T= Pratiquer la démarche expérimentale au lycée $T_{\text{Démarche_Protocole_Conception}} = \text{imaginer les actions à réaliser pendant le protocole.}$	Réduire les choix des élèves Faire comprendre les tâches à effectuer
Formulation de l'hypothèse		Consigne demandant à l'élève de formuler sa propre idée avec un espace libre à compléter	Questionner pour aider à formuler la praxéologie personnelle de l'élève Présenter un espace libre de formalisation	Technologie personnelle	Faire expliciter la praxéologie personnelle. Faire comprendre la tâche à effectuer
Ressources matérielles		Énoncé des deux logiciels disponibles de visualisation d'images IRM Liste des IRM anatomiques et fonctionnelles disponibles avec leurs caractéristiques de visualisation	Communiquer des éléments de praxéologie institutionnelle	Technologie institutionnelle : $\theta_{\text{Ressources_matérielles}}$	Réduire les choix des élèves
Protocole structuré en étapes :		Présence d'étapes	Structurer ou communiquer les éléments de la <i>praxis</i>	Ingrédients de la technique institutionnelle	Réduire les choix des élèves
Actions structurées		Liste d'actions nécessaires à la réalisation du protocole	Structurer ou expliciter les éléments de la <i>praxis</i>	Ingrédient de la technique institutionnelle : $T_{\text{Choix_Logiciels}}$ $T_{\text{Choix_IRM}}$	Réduire les choix des élèves
Contenu des actions structurées	Ouvrir le logiciel	Lors de cette action, se fait le choix du logiciel de visualisation de l'image	Faire choisir entre des éléments de la praxéologie institutionnelle	$T_{\text{Choix_Logiciel}}$	Réduire les choix des élèves
	Ouvrir l'image	Lors de cette action, se fait le choix de l'IRM, nécessité de choisir anatomique ou fonctionnelle et sujet X ou sujet A.	Faire choisir entre des éléments de la praxéologie institutionnelle	$T_{\text{Choix_IRM}}$	Réduire les choix des élèves

Chapitre 4 : Transposition de la séance dans LabNbook et choix des étayages

Éléments de la mission LabBook	Contenu de l'étayage	Techniques d'étayage (d'après notre cadre théorique)	Objet de l'étayage	Fonction de l'étayage
Choisir la palette d'observation et les valeurs de seuils de visualisation (version de la professeure A)	Lors de cette action, se fait le choix de la palette d'observation et celui des valeurs des seuils de visualisation disponible dans la liste de matériel.	Questionner pour aider à formuler la praxéologie personnelle de l'élève	Praxéologie institutionnelle : $\theta_{\text{Eduanatomist_Visualisation}}$	Signaler des caractéristiques déterminantes
Comparer l'aspect/la localisation	En même temps que se fait le choix des deux images à comparer, questionnement quant à la qualification du statut de chaque élément de comparaison : témoin ou test.	Questionner pour aider à formuler la praxéologie personnelle de l'élève Présenter un espace libre de formalisation	Praxéologie personnelle	Réduire les choix des élèves
Acquérir les coordonnées	Questionnement quant aux coordonnées des zones cérébrales qui seront repérées lors de la réalisation du protocole	Questionner pour aider à formuler la praxéologie personnelle de l'élève Présenter un espace libre de formalisation	Praxéologie personnelle	Signaler des caractéristiques déterminantes
Choisir les plans de coupe	Questionnement quant aux coordonnées des zones cérébrales observées qui seront appliquées lors de la réalisation du protocole	Questionner pour aider à formuler la praxéologie personnelle de l'élève Présenter un espace libre de formalisation	Praxéologie personnelle	Signaler des caractéristiques déterminantes
Masquer l'IRM	Questionnement quant aux IRM qui doivent être masquées après une première observation.	Questionner pour aider à formuler la praxéologie personnelle de l'élève Présenter un espace libre de formalisation	Praxéologie personnelle	Signaler des caractéristiques déterminantes
En déduire	Espace libre permettant de noter l'élément (la localisation de la zone lésée ou la localisation de la zone activée lors de la lecture) qui doit être déduit.	Questionner pour aider à formuler la praxéologie personnelle de l'élève Présenter un espace libre de formalisation	Praxéologie personnelle	Réduire les choix des élèves
Faire une capture d'écran	Questionnement quant aux IRM visualisées qui doivent être copiées.	Faire choisir entre des éléments de la praxéologie personnelle.	Praxéologie personnelle	Réduire les choix des élèves

Conclusion de la partie 3

Pour analyser le partage de l'étayage entre l'EIAH LabNbook et un enseignant, une séance d'enseignement portant sur le concept de la plasticité cérébrale a été construite en nous appuyant sur une séance proposée par l'ifé.

La construction de la praxéologie de cette séance a été réalisée à partir de la combinaison de deux praxéologies, celle de la Plasticité cérébrale et celle de la Démarche scientifique qui sont les deux objets d'enseignement principaux de cette séance. Ces praxéologies ont été construites à partir des textes institutionnels et aussi pour la praxéologie de la Plasticité cérébrale à partir des manuels de Première S et pour la praxéologie de la Démarche scientifique à partir de publications scientifiques.

En nous appuyant sur cette praxéologie, la séance a été transposée dans une mission LabNbook ce qui a nécessité des aménagements, en particulier avec l'outil permettant d'éditer un protocole expérimental : les types de tâches de la praxéologie institutionnelle ont parfois dû être combinés pour s'adapter à la structuration proposée par l'EIAH. Il a fallu aussi ajouter l'action Nommer pour que le matériel proposé par l'élève puisse être repris dans les actions suivantes du protocole. En cherchant à surmonter des difficultés scientifiques liées à cette séance d'apprentissage, des étayages ont été transposés en nous appuyant sur les fonctionnalités de l'environnement numérique. En nous inspirant du travail de Bonnat (2017), plusieurs propositions de missions ont été faites, chaque mission ayant un degré d'étayage plus ou moins soutenu pour la conception du protocole.

La séance est maintenant transposée dans la plateforme LabNbook et elle va être réalisée en classe. Quatre enseignantes ont accepté de participer à l'expérimentation et elles ont dans un premier temps pris connaissance des missions dans la plateforme LabNbook. Elles ont éventuellement choisi d'y apporter des modifications. Ceci s'est déroulé lors d'entretiens qui ont été enregistrés et analysés. Leur exploitation nous a permis de construire leur organisation praxéologique didactique ce qui nous a permis de répondre à notre première question de recherche.

Partie 4. Relation entre *logos* de l'enseignant et étayage mis en place lors de la co-conception de la séance

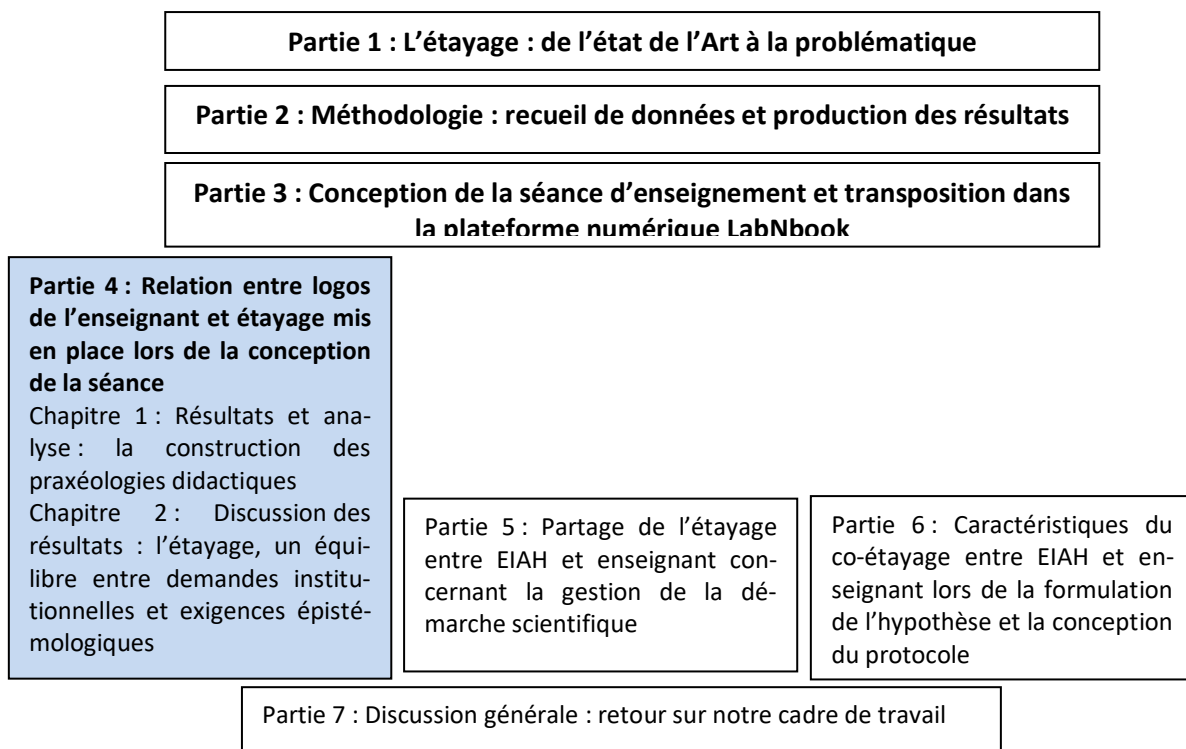


Figure 43 : Avancée dans le manuscrit

Les conditions de réalisation d'une séance d'enseignement sont, pour une part importante, établies lors du moment de la préparation de cette séance ; les enseignants mobilisent lors de cette préparation des connaissances professionnelles et en particulier celles liées aux contraintes institutionnelles portant sur les concepts ou sur l'aspect matériel (Bécu-Robinault, 2007).

Notre revue de littérature lors de la constitution du cadre théorique nous a permis de construire un modèle structuré des connaissances professionnelles regroupant des connaissances portant sur le champ disciplinaire, la pédagogie, le contexte de l'établissement et sur les connaissances pédagogiques liées au contenu : les PCK. D'après ce modèle, une des catégories des PCK, les PCK liées à l'orientation de l'enseignement des sciences, ont une importance particulière car elles chapeautent les autres PCK (Magnusson et al., 1999; Shulman, 1986). Ces PCK ont été catégorisées en trois parties : les croyances à propos des buts et des objectifs de l'enseignement des sciences, celles à propos

de la Nature de la Science et celles à propos de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences (Friedrichsen et al., 2011).

Nous voudrions comprendre en quoi les contraintes institutionnelles modifient le poids des différentes connaissances professionnelles, et en particulier celles liées à l'épistémologie de l'enseignant, mobilisées par un enseignant lors des choix d'étayage pendant la conception de la séance. Nous modélisons notre question de recherche et la méthodologie qui devrait nous permettre d'y répondre par la figure 44 ci-après.

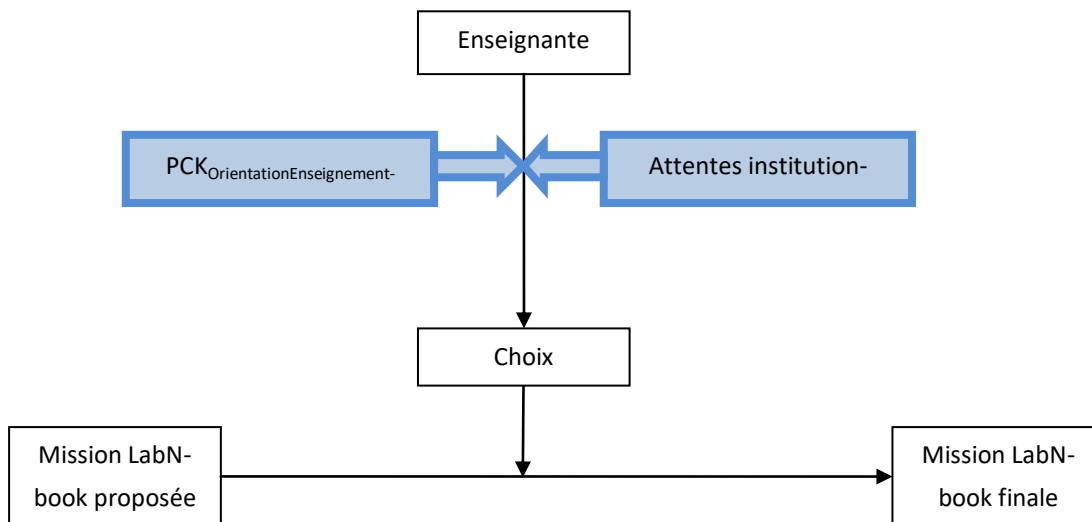


Figure 44 : Schématisation de la question de recherche n°1

L'enseignante volontaire fait des choix d'étayage pour apprêter la mission LabNbook existante pour que celle-ci soit comme elle le souhaite. Quelle importance occupent respectivement les attentes institutionnelles et les PCK portant sur l'orientation de l'enseignement des sciences sur ses choix d'étayage ?

Pour répondre à ce problème, nous avons établi les praxéologies didactiques des enseignantes à partir d'échanges ayant eu lieu lors de la co-conception de la mission LabNbook. Des éléments ont été extraits à partir des entretiens, conversations téléphoniques et/ou échanges de mails que nous avons eu pour établir à la fois la technique d'étayage choisi ainsi que les éléments de connaissances professionnelles mobilisées pour justifier cette technique. Pour parfaire notre analyse, des éléments repérés lors de la réalisation de la séance ont pu aussi être pris en compte.

Chapitre 1. Résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

Table des matières détaillée du chapitre 1

I.	Construction et analyse de la praxéologie didactique de la professeure A	236
I.1.	Construction de l'organisation praxéologique didactique	237
I.1.1	Concernant l'organisation générale de la séance	237
I.1.2	Concernant la présentation de la séance	239
I.1.3	Concernant l'étape de la formulation de l'hypothèse	239
I.1.4	Concernant l'étape de conception du protocole	241
I.1.5	Concernant la prévision des résultats	243
I.1.6	Concernant la conclusion de la démarche	243
I.1.7	Conclusion concernant la praxéologie didactique de la professeure A	243
I.2.	Missions LabNbook co-construites avec la professeure A.....	246
I.3.	Analyse de l'organisation praxéologique didactique	248
II.	Construction et analyse de la praxéologie didactique de la professeure B	250
II.1.	Construction de l'organisation didactique.....	251
II.1.1	Concernant l'organisation générale de la séance	251
II.1.2	Concernant l'étape de formulation de l'hypothèse.....	251
II.1.3	Concernant l'étape de conception du protocole	252
II.1.4	Concernant la conclusion : retour sur l'hypothèse	253
II.1.5	Conclusion concernant la praxéologie didactique de la professeure B	254
II.2.	Missions LabNbook co-construites avec la professeure B.....	255
II.3.	Analyse de l'organisation praxéologique didactique	255
III.	Construction et analyse de la praxéologie didactique de la professeure C	257
III.1.	Construction de l'organisation praxéologique didactique	257
III.1.1	L'organisation générale de la séance	257
III.1.2	Concernant la présentation de la séance	257
III.1.3	Concernant l'étape de la formulation de l'hypothèse	258
III.1.4	Concernant l'étape de conception du protocole.....	258
III.1.5	Concernant la prévision des résultats	259
III.1.6	Concernant la conclusion de la démarche	259
III.1.7	Conclusion concernant la praxéologie didactique de la professeure C.....	260
III.2.	Mission LabNbook co-construite avec la professeure C.....	261

III.3.	Analyse de l'organisation praxéologique didactique	261
IV.	Construction et analyse de la praxéologie didactique de la professeure D.....	263
IV.1.	Construction de l'organisation praxéologique didactique	263
IV.1.1	Concernant l'organisation générale de la séance et la présentation de la situation	263
IV.1.2	Concernant la formulation de l'hypothèse.....	263
IV.1.3	Concernant la conception du protocole.....	265
IV.1.4	Concernant les étapes suivantes : prévision, communication, exploitation des résultats et conclusion	267
IV.1.5	Conclusion concernant la praxéologie didactique de la professeure D.....	268
IV.2.	Mission LabNbook co-construites avec la professeure D.....	270
IV.3.	Analyse de l'organisation praxéologique didactique	270
V.	Bilan concernant les connaissances mobilisées	271
VI.	Conclusion du chapitre 1	272

Dans ce chapitre, sont présentés les éléments des praxéologies didactiques que nous avons pu établir à partir des entretiens avec chaque enseignante. Pour chacune de ces enseignantes, nous présentons la façon dont nous avons établi chacun des éléments de leur praxéologie didactique en nous appuyant sur les étapes de la démarche scientifique telle qu'elle est proposée dans la mission LabN-book. A l'issue de cette construction, l'organisation praxéologique didactique individuelle complète est présentée.

Ensuite, nous proposons une analyse de cette organisation praxéologique en regard du poids relatif des contraintes institutionnelles d'une part et des éléments de l'épistémologie de chaque enseignante d'autre part.

I. Construction et analyse de la praxéologie didactique de la professeure A

L'analyse des échanges ayant eu lieu entre la professeure A nous a permis de construire des éléments de sa praxéologie didactique.

Dans les paragraphes qui suivent, nous présentons les éléments du discours de la professeure A en regard des éléments praxéologiques qui ont été construits à partir d'eux.

Les éléments du discours sont extraits de trois types de conversations (que nous indiquons par un chiffre en ^{indice}) : conversations soit du mail du 9 mars 2017 (indice ¹), du 10 mars 2017 (indice ²), du 12 mars 2017 (indice ³) soit téléphoniques du 22 mars 2017 (indice ⁴) ou du 29 mars 2019 (indice ⁵).

I.1. Construction de l'organisation praxéologique didactique

I.1.1 Concernant l'organisation générale de la séance

L'adaptation de la professeure A à la séance spéciale que nous lui proposons entraîne une modification de sa pratique : les élèves ne se placent pas de la façon habituelle mais ils sont disposés afin de constituer des binômes de même niveau (« Je pensais faire des binômes. Aujourd'hui, j'impose les groupes [de même niveau] »⁵). Le fait d'être obligée de constituer des binômes s'explique par la connaissance de l'enseignant du parc informatique des salles de SVT de son lycée ; elle ne peut pas proposer un poste informatique par élève. Et les binômes sont imposés car l'enseignante propose deux versions de la mission, l'une très guidée et sans hypothèse à formuler (pour élèves avec difficultés) et l'autre moins guidée avec l'hypothèse à formuler (pour élèves sans difficulté) ; nous y revenons plus loin. Ainsi, nous pouvons formaliser cet élément de sa praxéologie :

T= faire des binômes d'élèves de même niveau pour la séance LabNbook uniquement.

$\theta_{PA_PCK_Curriculum_Matériel_Informatique}$: en salle informatique de SVT, il n'y a pas assez de postes informatiques pour que les élèves puissent se mettre tous tout seul.

$\theta_{PA_Stratégie_LabNbook_DeuxVersions_Hypothèses}$: LabNbook permet de différencier les missions comme par exemple proposer dans une mission V1 de faire formuler leur propre hypothèse aux élèves et dans une version V2, de leur donner l'hypothèse à valider.

$\theta_{PA_Stratégie_LabNbook_DeuxVersions_Protocole}$: LabNbook permet de différencier les missions comme par exemple proposer de faire concevoir leur protocole aux élèves dans une mission V1 en s'appuyant uniquement sur des actions paramétrées et dans une version V2, en s'appuyant sur un protocole déjà structuré avec des étapes ainsi que les actions paramétrées.

a version V1 LabNbook, pour les élèves sans difficulté, propose aux élèves de concevoir leur protocole en s'appuyant uniquement sur des actions paramétrées alors que la version V2, pour les élèves avec difficultés, présente un protocole déjà structuré avec des étapes ainsi que les actions paramétrées.

$\theta_{PA_PCK_Elèves_Conceptions_LabNbook/Préstructuration}$: comme le premier degré de structuration du rapport (choix, ordre de la structuration) (étape) est établi dans la version 2 de la mission, alors les élèves se concentrent sur le deuxième degré de structuration (ordre des actions).

Le professeur A cherche à faire en sorte que tous les élèves réussissent : « on pourrait imaginer [des versions différenciées] avec comme objectif que tous mes élèves aient construit »⁴. Nous retrouvons dans nos conversations et à plusieurs reprises ce souci : « Je me demandais s'il était possible qu'une aide éventuelle s'affiche en cas de besoin »³, « juste les indications pour trouver le matériel. Certains on peut les laisser. Pour ceux qui vont nager, prévoir une version papier avec ce qu'il faut faire »⁴, « Quand j'ai validé l'étape 1, alors je donne le papier »⁵. La professeure A a demandé à ce qu'une version papier de l'ensemble des actions du protocole soit imprimée et à disposition des élèves. Ceci peut être modélisé avec la praxéologie de la façon suivante :

Chapitre 1 : résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

T= préparer une correction papier à donner à la fin de l'étape 1.

$\theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage\ des\ Sciences_ProtocoleValide}$ = un élève ne peut pas s'engager dans la réalisation d'un protocole sans avoir un protocole juste ; c'est pourquoi une correction est fournie aux élèves avant qu'ils ne se lancent dans la réalisation du protocole.

$\theta_{PA_PCK_Stratégie_CorrectionProtocole}$ = vu la tâche demandée qui peut être difficile pour des élèves, une correction papier est prévue pour leur distribuer avant qu'ils ne commencent les manipulations.

L'accompagnement des élèves passe par une stratégie de programmation des apprentissages ; ainsi, l'enseignante programme des entraînements aux différentes étapes de l'ECE depuis la rentrée (« Il faut que ce soit présenté pareil, que ce soit routinier »⁴, « Je veux coller au plus près [de l'épreuve de l'ECE] »⁵) mais elle prévoit aussi, en prévision de la séance LabNbook, une séance permettant la familiarisation des élèves avec le logiciel Eduanatomist, l'explication de la construction d'une image IRMf. Nous pouvons alors exprimer les éléments technologiques suivants :

T= entraîner les élèves aux différentes compétences à mobiliser pendant l'année.

$\theta_{PA_PCK_Stratégies_Entraînement}$ = il est nécessaire de programmer des entraînements aux différentes étapes de l'ECE pendant l'année. De même, pour la séance particulière pour les travaux de thèse, des séances permettant l'utilisation du logiciel Eduanatomist avec la manipulation du choix des paramètres de visualisation et la capture d'images ont été programmées avant le lundi de l'expérimentation.

$\theta_{PA_PK_Entraînement}$ = la réussite d'une tâche par un élève nécessite un entraînement à cette tâche, une répétition de la réalisation de la tâche.

$\theta_{PA_PCK_Evaluation_ECE}$ = les activités de formation pendant l'année doivent être semblables à celles de l'épreuve d'ECE.

Bien sûr, ces connaissances s'appuient sur les connaissances concernant l'évaluation des capacités expérimentales que l'on peut exprimer ainsi :

$\theta_{PA_PCK_Evaluation_Baccalauréat_ECE}$ = les capacités expérimentales sont évaluées au cours d'une épreuve de baccalauréat. La première étape correspond à l'explicitation d'une stratégie de résolution de problème ou de validation d'une hypothèse. La deuxième étape est la réalisation d'un protocole. La troisième étape est la communication des résultats. La quatrième étape est l'exploitation des résultats mis en lien avec des connaissances.

L'importance de l'équipe disciplinaire de SVT dans l'élaboration des séances de la professeure A transparaît à de nombreuses reprises. En effet, nouvellement mutée en lycée, elle suit les conseils des autres enseignants. Ainsi, lorsque l'enseignante nous dit « J'ai une collègue qui appartient au groupe des ECE »⁵ et « Je suis influencée par mes collègues qui travaillent beaucoup sur les ECE »⁵, nous comprenons cette remarque comme le fait qu'elle doit suivre cette experte en ECE. Et, lorsque ses collègues disent appliquer en classe en TP exactement la même façon de faire qu'à l'ECE, la professeure A fait aussi de la même manière. Le fait de chercher à faire la même chose que ses collègues

s'appuie sur une connaissance professionnelle. Pour établir la catégorie de cette connaissance, nous avons dans un premier temps procédé par élimination : il ne s'agit bien sûr ni de connaissances liées au contenu, ni pédagogiques, ni une PCK. Est-ce une connaissance sur le contexte scolaire ? Il faudrait alors modifier ce qu'en a dit Shulman (1987) : pour lui, elles correspondent en effet à des connaissances portant sur les caractéristiques de la communauté, le fonctionnement des financements de l'établissement, Il nous semble alors que la connaissance qui nous questionne n'appartient pas au modèle des PCK. En effet, cette connaissance fait référence à un système qui est au-dessus de la classe, un système dans lequel les différents membres interagissent pour approfondir leurs connaissances (Cristol, 2017). C'est pourquoi nous osons proposer un nouveau type de connaissances qui est celui de Connaissances liées à la communauté de pratiques. C'est pourquoi nous pouvons expliciter :

$\theta_{PA_PCKCommunauté_Equipe}$ = un enseignant novice doit fonctionner de la même façon que l'équipe à laquelle il appartient. Ici, l'enseignante A ne doit pas faire formuler l'hypothèse comme ses collègues qui suivent le modèle de l'ECE.

I.1.2 Concernant la présentation de la séance

De façon générale, pour la professeure A, l'enseignante doit présenter la situation à l'ensemble de la classe : « Avec mon ordinateur, je leur présente de manière directe la séance et après, ils la font »⁴. Il y a alors mise en concurrence avec la situation qui est présentée dans la mission LabNbook. La problématisation semble difficilement déléguée uniquement à la plateforme LabNbook. Il y a là expression d'un type de tâche didactique qui est :

T = présenter la situation problème en début de séance.

$\theta_{PA_PK_Présentation}$ = un enseignant doit présenter la situation d'enseignement à ses élèves en début de séance.

I.1.3 Concernant l'étape de la formulation de l'hypothèse

La transposition de la séance dans la plateforme LabNbook oblige l'enseignante à se questionner quant à la formulation de l'hypothèse : « je ne peux pas demander de concevoir une stratégie de résolution si je ne formule pas l'hypothèse, c'est trop difficile pour eux sur un thème tel que celui-ci »¹ ou plus tard « est ce qu'il faut faire comme ECE type bac avec une consigne qui contient l'hypothèse, ainsi les élèves raisonnent en autonomie ou il faut que nous construisions d'une part des hypothèses puis que nous raisonnions sur comment le montrer pour les étapes 2 et 3 ? »².

Devant son interrogation, nous avons souhaité savoir comment la professeure A gérait la formulation des hypothèses en temps habituel ; voici ce qu'elle nous a répondu : « Moi, je suis conditionnée. On leur a appris que leur hypothèse devait être toujours juste. Pour eux, ils le vivent comme un échec »⁴. Nous comprenons qu'habituellement l'hypothèse qui est formulée en classe, que ce soit par l'enseignante, collectivement, ou par chaque élève, l'hypothèse doit être valide. Or, pour cette enseignante, elle ne pense pas que les élèves puissent formuler une hypothèse valide : « Pour moi, ils ne vont pas imaginer que pour eux, c'est une réorganisation des réseaux de neurones qui permet la

Chapitre 1 : résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

récupération»⁵. D'autre part, l'enseignante fait appel à son expérience personnelle : « j'ai testé une hypothèse qui était fausse, j'ai été désarçonnée. On génère une difficulté en prenant conscience que c'est faux»⁵. Ainsi, l'enseignante A considère que si elle a été perturbée par le fait que l'hypothèse qui lui était demandée de tester était en fait fausse, ses élèves dans cette même situation réagiront de la même façon. Elle veut leur éviter d'être « désarçonnés». Pour elle, réaliser que ce que l'on pensait est faux, n'est pas positif d'un point de vue de l'apprentissage.

L'idée que les manipulations réalisées en classe ne peuvent que valider l'idée émise au départ se rattache à la conception des enseignants que notre revue de littérature a mise en évidence, à savoir une conception d'une démarche linéaire, standardisée.

Cependant, la consultation des versions de la mission pré-test que nous avons réalisée et nos commentaires concernant l'attitude des élèves devant cette étape de l'hypothèse a entraîné l'idée chez l'enseignante A de proposer deux stratégies en jouant sur les deux versions de la mission : « Les élèves en difficultés, on donne une hypothèse vraie à vérifier. Les élèves plus à l'aise, [ils travaillent] avec leur propre hypothèse »⁵. Par cette attitude, elle mobilise une connaissance professionnelle associée à la communauté de pratiques à laquelle elle appartient : la communauté des enseignants de SVT qui fait qu'elle choisit une stratégie mettant en jeu deux versions de la mission : une avec formulation d'hypothèse et l'autre, sans.

De plus, lors de la réalisation de la séance en présence des élèves, il s'est avéré que la professeure A propose à certains élèves de choisir entre deux hypothèses : l'une qui sera validée et l'autre qui sera infirmée. Ainsi, même si elle accepte de laisser formuler une hypothèse aux élèves sans difficulté, lors de la réalisation de la séance, elle cherche à cadrer quand même fortement cette étape. Aussi, nous énonçons cette PCK : $\Theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage_des_sciences_Hypothèse_Choix}$ = l'enseignant propose deux hypothèses à choisir aux élèves.

L'enseignante A énonce l'idée de ne pas mettre les élèves en difficulté et cette volonté oriente sa façon de concevoir la séance. Il s'agit donc d'un élément de sa théorie que nous pouvons énoncer ainsi : $\Theta_{PA_EviterElèvesEnEchec}$ = l'enseignant ne peut pas laisser les élèves en difficultés.

Ainsi, nous pouvons modéliser la praxéologie didactique mobilisée par l'enseignante A de la façon suivante :

T = proposer un étayage différencié en fonction du niveau du binôme pour l'étape de la formulation de l'hypothèse.

T = proposer une hypothèse valide aux élèves en difficultés.

T = faire formuler une hypothèse aux élèves sans difficultés.

$\theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage\ des\ Sciences_Hypoth\grave{e}seValid\acute{e}e}$ = l'enseignant doit faire en sorte que l'hypothèse à tester en classe lors d'une séance expérimentale doit être validée.

$\theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage\ des\ Sciences_Lin\acute{e}arit\acute{e}}$ = les démarches scientifiques en classe sont linéaires et standardisées.

$\theta_{PA_PCK_Evaluation_ECE}$ = les activités de formation pendant l'année doivent être semblables à celles lors de l'épreuve d'ECE.

$\theta_{PA_PCK_El\grave{e}ves_Difficult\acute{e}s_Hypoth\acute{e}seValide}$ = un élève a des difficultés à formuler une hypothèse valide dans la situation présentée.

$\theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage\ des\ sciences_Hypoth\acute{e}seNonV\acute{e}rifi\acute{e}eEchec}$ = l'enseignant ne doit pas mettre un élève face à un échec ce qui se réalise lorsqu'il prend conscience que l'hypothèse qu'il a formulée est fausse.

$\theta_{PA_PCK_Communaut\acute{e}_EnseignantsSVT}$ = un enseignant novice doit fonctionner comme les autres enseignants de SVT. Il est possible de faire formuler l'hypothèse à ses élèves puisque des professeurs de SVT l'ont fait dans la même situation.

$\theta_{PA_Strat\acute{e}gie_LabNbook_DeuxVersions_Hypoth\acute{e}ses}$: LabNbook permet de différencier les missions comme par exemple proposer dans une mission V1 de faire formuler leur propre hypothèse aux élèves et dans une version, de leur donner l'hypothèse à valider.

$\theta_{PA_PK_El\grave{e}ve/Echec}$ = il faut éviter de mettre un élève face à son échec.

$\theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage\ des\ sciences_Hypoth\acute{e}se_Choix}$ = l'enseignant propose deux hypothèses à choisir aux élèves.

$\theta_{PA_EviterEl\grave{e}vesEnEchec}$ = l'enseignante ne peut pas laisser les élèves en difficultés.

I.1.4 Concernant l'étape de conception du protocole

La transposition de la séance dans la plateforme LabNbook permet aussi à l'enseignante de s'interroger quant à l'utilisation de la fonctionnalité de la structuration du rapport ainsi que du protocole expérimental.

Sa volonté comme nous l'avons énoncé précédemment de faire réussir tous les élèves est mise en relation avec la proposition de deux versions de la mission par la professeure A, une version très guidée et une autre version. Ainsi, la consultation des différentes versions de la séance pré-test et la perception des fonctionnalités de LabNbook par la professeure A fait qu'elle les a mises en relation avec une possibilité d'étayage différencié pour l'étape de conception du protocole pour les élèves.

Chapitre 1 : résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

Ainsi, nous pouvons formaliser cet élément de sa praxéologie :

T= proposer un étayage différencié en fonction du niveau du binôme pour l'étape de la conception du protocole.

$\theta_{PA_PCK_Stratégie_LabNbook_DeuxVersions_Protocole}$: LabNbook permet de différencier les missions comme par exemple proposer de faire concevoir leur protocole aux élèves dans une mission V1 en s'appuyant uniquement sur des actions paramétrées et dans une version V2, en s'appuyant sur un protocole déjà structuré avec des étapes ainsi que les actions paramétrées.

$\theta_{PA_PCK_Elèves_Conceptions_LabNbook/Préstructuration}$: comme le premier degré de structuration du rapport (choix, ordre de la structuration) (étape) est établi dans la version 2 de la mission, alors les élèves se concentrent sur le deuxième degré de structuration (ordre des actions).

Cependant, la demande concernant la formalisation des étapes d'un protocole et des étapes fines interroge l'enseignante : « ils veulent rédiger le protocole et j'essaie de leur faire prendre conscience de la différence [avec une stratégie de résolution] »⁴. L'enseignante intègre ici le fait que le contrat didactique est rompu pour cette séance ; ce qui était habituellement demandé : une stratégie de résolution n'est pas ce que les élèves vont avoir à faire : l'explicitation des différentes actions d'un protocole. Cela l'inquiète d'ailleurs puisque pour la professeure A « les élèves vont sans doute en oublier certaines »⁵ et « « Si c'est très précis, finalement, ça va générer une difficulté, trop guidé ; ils vont avoir du mal à rentrer dedans »⁵. En particulier, pour elle, une action ne sera sans doute pas sélectionnée par les élèves : « Acquérir les coordonnées, à aucun moment, ils ont pensé à les relever »⁵. Cette action sera évoquée par un élève au cours de la séance 1 et alors qu'elle ne l'avait pas mentionnée, sera reprise par l'enseignante A durant la réalisation de la séance avec son deuxième groupe. Par contre, l'entraînement à laquelle elle soumet ses élèves la rassure concernant l'action liée aux paramètres de visualisation : « On a discuté par rapport aux palettes [de visualisation] ; ils devraient y penser. J'ai fait faire un exo sur Eduanatomist avec une soustraction d'activité »⁵. Nous notons alors :

T= proposer une liste d'actions paramétrées comme aide pour concevoir un protocole.

$\theta_{PA_PCK_Elèves_Difficultés_IRMf}$ = Les élèves ont des difficultés à comprendre l'obtention des IRMf utilisée en classe ce qui nécessite que soit expliqué leur processus d'obtention par soustraction.

$\theta_{PA_PCK_Elèves_Difficultés_Coordonnées}$ = l'action « acquérir les coordonnées d'une zone » ne sera sans doute pas choisie par les élèves.

$\theta_{PA_PCK_Stratégie_Protocole_Imitation}$ = lorsqu'il y a une difficulté dans un protocole, il s'agit de le faire ensemble une première fois pour que les élèves puissent le faire seuls ensuite.

$\theta_{PA_PCK_Elèves_Difficulté_ParamètresVisualisation}$ = le choix des paramètres de visualisation reste délicat pour les élèves même s'ils ont vu une première fois comment cela fonctionnait.

$\theta_{PA_PCK_Elèves_Conceptions_LabNbook_ProtocleGuidée}$ = les actions très fines peuvent être un obstacle car les élèves peuvent ne pas suivre le même raisonnement qui a sous-tendu l'élaboration de la préstructuration du protocole.

$\theta_{PA_PCK_Elèves_Difficultés_LabNbook}$: les élèves n'ont pas l'habitude de concevoir un protocole jusque dans ses actions fines car il leur ait demandé de concevoir une stratégie à l'ECE et à l'entraînement.

I.1.5 Concernant la prévision des résultats

S'appuyant sur les actions proposées dans la version de la mission LabNbook, le professeur A énonce les difficultés que les élèves vont avoir : « Sans ça [les questions concernant la prévision des résultats], il n'y aura rien. Ils ne penseront peut-être pas qu'ils vont utiliser des photos. En classe, avec l'ECE, j'essaie, je leur ai dit dès le départ, depuis le début de l'année, qu'ils doivent prévoir les résultats, de façon plus ou moins précise. » « Les scrupuleux vont chercher à compléter [les questions] »⁴. Ainsi, sans étayage, il semble que les élèves ne devraient pas préciser leurs prévisions voire devraient oublier cette étape.

T= proposer des questions pour guider la prévision des résultats.

$\theta_{PA_PCK_Elèves_Difficulté_Prévision}$ = un élève a des difficultés à savoir qu'il faut prévoir les résultats en prenant en compte le type d'outils pour produire les résultats.

$\theta_{PA_PCK_Elèves_Conceptions_Prévision}$ = un élève a des difficultés à tenir compte du type d'outils pour produire les résultats afin de prévoir les résultats. Seuls les élèves scrupuleux vont répondre à la question.

I.1.6 Concernant la conclusion de la démarche

L'enseignante A est tout à fait d'accord pour conserver cette étape qui, pourtant, n'est pas une des étapes de l'ECE : « A mettre. Ce qui est important est de revenir sur leur idée initiale. Je leur demande de le faire car ils ne vont pas jusqu'au bout, souvent pris par l'heure »⁴. Ainsi, l'étayage proposé par nos soins a été accepté.

T= demander d'indiquer si l'hypothèse formulée en début de démarche a été validée en fin de démarche.

$\theta_{PA_PCK_Difficulté\ des\ élèves_Conclusion}$ = un élève ne prend pas le temps de conclure quant à son hypothèse en fin de démarche.

$\theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage\ des\ Sciences_Conclusion}$ = la conclusion quant à la validité de l'hypothèse en fin de démarche est très importante.

I.1.7 Conclusion concernant la praxéologie didactique de la professeure A

Finalement, nous pouvons formaliser le modèle praxéologique de l'enseignante A :

$T_{Etayer_Séance_LabNbook}$ = choisir les étayages à implémenter dans la mission LabNbook par la professeure A.
T= suivre les conseils donnés par les collègues.
$\theta_{PA_PCK_Communauté_Equipe}$ = un enseignant novice doit fonctionner de la même façon que l'équipe à laquelle il appartient.
T= organiser l'étayage pour que tous les élèves réussissent
T= faire des binômes d'élèves de même niveau pour la séance LabNbook uniquement.
$\theta_{PA_PCK_Curriculum_Matériel_Informatique}$: en salle informatique de SVT, il n'y a pas assez de postes informatiques pour que les élèves puissent se mettre tous tout seul.

Chapitre 1 : résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

$\theta_{PA_Stratégie_LabNbook_DeuxVersions}$: LabNbook permet de différencier les missions.
T= entraîner les élèves aux différentes compétences à mobiliser pendant l'année.
<p>$\theta_{PA_PCK_Stratégies_Entraînement}$ = il est nécessaire de programmer des entraînements aux différentes étapes de l'ECE pendant l'année. De même, pour la séance particulière pour les travaux de thèse, des séances permettant l'utilisation du logiciel Eduanatomist avec la manipulation du choix des paramètres de visualisation et la capture d'image ont été programmées avant le lundi de l'expérimentation.</p> <p>$\theta_{PA_PK_Entraînement}$ = la réussite d'une tâche par un élève nécessite un entraînement à cette tâche, une répétition de la réalisation de la tâche</p> <p>$\theta_{PA_PCK_Evaluation_ECE}$= les activités de formation pendant l'année doivent être semblables à celles lors de l'épreuve d'ECE.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_Evaluation_Baccalauréat_ECE}$ = les capacités expérimentales sont évaluées au cours d'une épreuve de baccalauréat. La première étape correspond à l'explicitation d'une stratégie de résolution de problème ou de validation d'une hypothèse. La deuxième étape est la réalisation d'un protocole. La troisième étape est la communication des résultats. La quatrième étape est l'exploitation des résultats mis en lien avec des connaissances.</p>
T = présenter la situation problème en début de séance
$\theta_{PA_PK_Présentation}$ = un enseignant doit présenter la situation d'enseignement à ses élèves en début de séance.
T = proposer un étayage différencié en fonction du niveau du binôme.
T = proposer un étayage différencié en fonction du niveau du binôme pour l'étape de la formulation de l'hypothèse.
T = proposer une hypothèse valide aux élèves en difficultés.
T= faire formuler une hypothèse aux élèves sans difficultés.
<p>$\theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage_des_Sciences_HypothèseValidée}$ = l'enseignant doit faire en sorte que l'hypothèse à tester en classe lors d'une séance expérimentale doit être vérifiée.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage_des_Sciences_Linéarité}$ = les démarches scientifiques en classe sont linéaires et standardisées.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_Evaluation_ECE}$ = les activités de formation pendant l'année doivent être semblables à celles lors de l'épreuve d'ECE.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_Elèves_Difficultés_HypothèseValide}$ = un élève a des difficultés à formuler une hypothèse valide dans la situation présentée.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage_des_sciences_HypothèseNonVérifiéeEchec}$ = l'enseignant ne doit pas mettre un élève face à un échec ce qui se réalise lorsqu'il prend conscience que l'hypothèse qu'il a formulée est fausse.</p> <p>$\theta_{PA_Stratégie_LabNbook_DeuxVersions_Hypothèses}$: LabNbook permet de différencier les missions comme par exemple proposer dans une mission V1 de faire formuler leur propre hypothèse aux élèves et dans une version V2, de leur donner l'hypothèse à valider.</p> <p>$\theta_{PA_PK_Elève/Echec}$ = il faut éviter de mettre un élève face à son échec.</p>

Partie 4 : Relation entre *logos* et étayage mis en place lors de la co-conception de la séance

<p>$\theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage\ des\ sciences_Hypoth\ese_Choix}$ = l'enseignant propose deux hypothèses à choisir aux élèves.</p>
<p>T= proposer une structuration du protocole différenciée en fonction du niveau du binôme.</p>
<p>$\theta_{PA_Strat\egie_LabNbook_DeuxVersions_Protocole}$ = LabNbook permet de différencier les missions comme par exemple proposer de faire concevoir leur protocole aux élèves dans une mission V1 en s'appuyant uniquement sur des actions paramétrées et dans une version V2, en s'appuyant sur un protocole déjà structuré avec des étapes ainsi que les actions paramétrées.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_El\ev es_LabNbook_Protocole}$: comme le premier degré de structuration du rapport (choix, ordre de la structuration) (étape) est établi dans la version 2 de la mission, alors les élèves se concentrent sur le deuxième degré de structuration (ordre des actions).</p>
<p>T= proposer une liste d'actions paramétrées comme aide pour concevoir un protocole pour les élèves sans difficulté.</p> <p>T= proposer un étayage de la conception du protocole avec une préstructuration du protocole et la liste d'actions.</p>
<p>$\theta_{PA_PCK_El\ev es_Difficult\ev s_IRMf}$= l'utilisation des IRMf en classe nécessite que soit expliqué leur processus d'obtention par soustraction.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_El\ev es_Difficult\ev s_Protocole_Coordonn\ev es}$= l'action « acquérir les coordonnées d'une zone » ne sera sans doute pas choisie par les élèves.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_Strat\egie_Protocole_Imitation}$ = lorsqu'il y a une difficulté dans un protocole, il s'agit de le faire ensemble une première fois pour que les élèves puissent le faire seuls ensuite.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_El\ev es_Difficult\ev s_Protocole}$ = le choix des paramètres de visualisation reste délicat pour les élèves même s'ils ont vu une première fois comment cela fonctionnait.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_El\ev es_Conceptions_PLabNbook_ProtocleGuid\ev e}$= les actions très fines peuvent être un obstacle car les élèves peuvent ne pas suivre le même raisonnement qui a sous-tendu l'élaboration de la préstructuration du protocole.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_El\ev es_Difficult\ev s_LabNbook}$: les élèves n'ont pas l'habitude de concevoir un protocole jusque dans ses actions fines car il leur ait demandé de concevoir une stratégie à l'ECE et à l'entraînement.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_El\ev es_Difficult\ev s_Param\ev tresVisualisation}$= le choix des paramètres de visualisation reste délicat pour les élèves même s'ils ont vu une première fois comment cela fonctionnait.</p>
<p>T= préparer une correction papier à donner à la fin de l'étape 1.</p>
<p>$\theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage\ des\ Sciences_ProtocoleValide}$= un élève ne peut pas s'engager dans la réalisation d'un protocole sans avoir un protocole juste, c'est pourquoi une correction est fournie aux élèves avant qu'ils ne se lancent dans la réalisation du protocole.</p> <p>$\theta_{PA_PCK_Strat\egie_CorrectionProtocole}$ = vu la tâche demandée qui peut être difficile pour des élèves, une correction papier est prévue pour leur distribuer avant qu'ils ne commencent les manipulations.</p>
<p>T= proposer des questions pour guider la prévision des résultats</p>

Chapitre 1 : résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

$\Theta_{PA_PCK_Elèves_Difficultés_Prévision}$ = un élève a des difficultés à savoir qu'il faut prévoir les résultats en prenant en compte le type d'outils pour produire les résultats. $\Theta_{PA_Elèves_Conception_Prévision}$ = un élève a des difficultés à tenir compte du type d'outils pour produire les résultats afin de prévoir les résultats. Seuls les élèves scrupuleux vont répondre à la question.
T= demander d'indiquer si l'hypothèse formulée en début de démarche a été validée en fin de démarche.
$\Theta_{PA_PCK_Enseignement\ des\ Sciences_Conclusion}$ = la conclusion quant à la validité de l'hypothèse en fin de démarche est très importante $\Theta_{PA_PCK_Enseignement/Apprentissage\ des\ Sciences_Conclusion}$ = un élève ne prend pas le temps de conclure quant à son hypothèse en fin de démarche..
$\Theta_{PA_EviterElèvesEnEchec}$ = l'enseignante ne peut pas laisser les élèves en difficultés.

Ainsi, les échanges par mail et par téléphone ont permis de recueillir des explications, des justifications de l'enseignante ce qui nous a permis d'élaborer une approche de sa praxéologie didactique. Ces éléments praxéologiques correspondent à un premier type de résultats.

En outre, les communications par mail et par téléphone nous ont permis de construire deux versions de la mission LabNbook de la séance en fonction du niveau de difficultés des élèves perçu par l'enseignante.

I.2. Missions LabNbook co-construites avec la professeure A

Voici les deux missions co-construites avec l'enseignante A.

La version 1 (Cf. Figure 45) destinée aux élèves sans difficulté propose en particulier :

- la formulation de l'hypothèse,
- la conception d'un protocole avec pour guide uniquement les actions paramétrées telles que montrées sur la copie d'écran ci-dessous la Figure 45 ci-après,
- la prévision des résultats avec un questionnement permettant d'étayer la réflexion de l'élève : indiquer la forme sous laquelle vous pensez observer vos résultats et indiquer les résultats que vous pensez obtenir,
- la conclusion : une consigne a été rajoutée : Rédiger une ou deux lignes pour valider ou non votre hypothèse en justifiant.

Partie 4 : Relation entre *logos* et étayage mis en place lors de la co-conception de la séance

La version 2 (Cf. Figure 46, ci-après) destinée aux élèves avec difficultés propose en plus de la version 1, deux éléments d'étayage supplémentaires :

- une hypothèse déjà formulée qui est à valider : « vous devez expliquer comment vous feriez pour montrer que les zones du cerveau activées lors d'un exercice de lecture chez Mme X ne sont pas les mêmes que celles d'un sujet sain » et une consigne a été rajoutée dans la partie commentaire : « Votre réponse doit expliquer ce que vous allez faire, comment vous le ferez et ce que vous attendez comme résultat si l'hypothèse est validée. »
- des étapes préstructurant le protocole pour l'étape de conception du protocole. Par contre, les actions proposées dans le menu déroulant pour chaque étape sont les mêmes que celles de la version 1.

1 - Concevoir un protocole expérimental permettant de résoudre la situation problème

Mode opératoire

Hypothèse(s)
Hypothèse à formuler
A votre avis, comment expliquer, d'un point de vue cérébral, le fait que Madame X est capable, de nouveau, de lire, six mois après son AVC ?

Liste du matériel

- IRM anatomique d'un sujet sain, sujet A
- IRM anatomique d'un sujet sain, sujet B
- IRM anatomique d'un sujet sain, sujet C
- IRM anatomique de Madame X lors de son admission à l'hôpital
- IRM fonctionnelle de Madame X lors d'une tâche de lecture, suite à son AVC et après plusieurs mois de rééducation
- IRM fonctionnelle du sujet sain A lors d'une tâche de lecture
- IRM fonctionnelle du sujet sain A lors de la vision de chaînes de consonnes
- IRM fonctionnelle du sujet sain B lors d'un stimulus simulant un mouvement
- IRM fonctionnelle du sujet sain C lors d'un stimulus coloré
- Logiciel Acrobat Reader
- Logiciel Eduanatomist

Proposer une stratégie de résolution permettant de tester votre hypothèse en établissant la liste des actions successives du mode opératoire

- Ajouter une étape
- Ajouter une action
- Coller une étape ou action
- Ouvrir le logiciel
- Ouvrir l'image IRM
- Choisir la palette d'observation et régler les valeurs des seuils d'observation
- Acquérir les coordonnées d'une observation
- Choisir les plans de coupe
- Comparer l'aspect des zones cérébrales sur des IRM visualisées
- Repérer une ou des zones activées sur des IRM visualisées
- Comparer la localisation de zones cérébrales sur des IRM visualisées
- Masquer l'IRM
- En déduire
- Faire une capture d'écran
- Action libre

Pas d'étape, uniquement des actions paramétrées

2 - Mettre en oeuvre votre stratégie

3 - Présenter les résultats p

4 - Exploiter les résultats obtenus pour répondre au problème

5 - Valider ou non l'hypothèse initiale

Consignes :

Rédiger une ou deux lignes pour valider ou non votre hypothèse en justifiant.

Figure 45 : Mission LabNbook Version 1 (pour les élèves ne présentant pas de difficultés particulières)

Chapitre 1 : résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

1 - Concevoir un protocole expérimental permettant de résoudre la situation problème

Mode opératoire

Hypothèse à valider

Consigne
Vous devez expliquer comment vous feriez pour montrer que les zones du cerveau activées lors d'un exercice de lecture chez Mme X ne sont pas les mêmes que celles d'un sujet sain.
Votre réponse doit expliquer ce que vous allez faire, comment vous le ferez et ce que vous attendez comme résultat si l'hypothèse est validée.

Liste du matériel

- IRM anatomique (=photographie du cerveau) d'un sujet sain, sujet A
- IRM anatomique (=photographie du cerveau) de Madame X lors de son admission à l'hôpital
- IRM fonctionnelle de Madame X lors d'une tâche de lecture, suite à son AVC et après plusieurs mois de rééducation
- IRM fonctionnelle du sujet sain A lors d'une tâche de lecture
- IRM fonctionnelle du sujet sain A lors de la vision de chaînes de consonnes
- Logiciel Acrobat Reader
- Logiciel Eduanatomist

Proposer une stratégie de résolution permettant de valider l'hypothèse en établissant la liste des actions pour chaque étape du mode opératoire

Etape A Comparer les IRM anatomiques de Mme X et d'un sujet témoin

Etape B Localiser la ou les zone(s) cérébrale(s) activée(s) lors de la reconnaissance visuelle de mots chez un sujet sain

Etape C Localiser la ou les zone(s) cérébrale(s) activée(s) lors de la reconnaissance visuelle de mots chez Madame X après rééducation

Etape D Comparer la localisation de la (les) zone(s) cérébrale(s) activée(s) par la reconnaissance visuelle de mots chez Madame X après

Ajouter une action (dans) »
Ouvrir le logiciel
Ouvrir l'image IRM
Choisir la palette d'observation et régler les valeurs des seuils d'observation
Acquérir les coordonnées d'une observation
Choisir les plans de coupe
Comparer l'aspect des zones cérébrales sur des IRM visualisées
Repérer une ou des zones activées sur des IRM visualisées
Comparer la localisation de zones cérébrales sur des IRM visualisées
Masquer l'IRM
En déduire
Faire une capture d'écran
Action libre

Ajouter une étape (dans)
Ajouter une étape (après)
Modifier
Transformer en action
Supprimer
Copier
Coller

2

Etapas et des actions paramétrées

3 - Présenter les résultats pour

4 - Exploiter les résultats obtenus pour répondre au problème

5 - Valider ou non l'hypothèse initiale

Consignes :
Rédiger une ou deux lignes pour valider ou non votre hypothèse en justifiant.

Figure 46 : Mission LabNbook Version 2 (pour les élèves avec des difficultés)

I.3. Analyse de l'organisation praxéologique didactique

Lors de la co-construction de la mission, l'enseignante A oriente son étayage en fonction du modèle de l'ECE que ses collègues suivent. La connaissance PCK_{Communauté} est mobilisée et justifie cette façon d'agir : l'enseignante A appartient à une communauté de pratique, ses collègues de SVT du lycée, et elle cherche à faire comme eux. Ses collègues suivent le modèle de l'ECE en ne faisant pas formuler l'hypothèse lors d'une démarche scientifique ; ils sont assujettis à l'institution qui a créé le modèle de l'épreuve de l'ECE et transmettent cet assujettissement à cette enseignante A nouvellement arrivée en lycée. D'autant plus que ceci va dans le sens de l'épistémologie de l'enseignante A ; en effet, pour elle, pendant l'enseignement des SVT, les élèves ne doivent pas être mis en difficulté du fait d'une

Partie 4 : Relation entre *logos* et étayage mis en place lors de la co-conception de la séance

hypothèse qui ne serait pas validée à la fin de la démarche. Dans ce cas là, il y a cohérence entre les $PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_Conception_Enseignement/Apprentissage}$ et $PCK_{Communauté}$.

Cependant, lors de notre entretien, l'enseignante A apprend que d'autres enseignants de SVT ont accepté de déroger à ce modèle de l'ECE en proposant de faire formuler l'hypothèse par les élèves, ce qu'elle accepte. Dans cette seconde situation, il y a concurrence entre une $PCK_{Communauté}$ ($PCK_{PA_Communauté_EnseignantsSVT}$ = un enseignant novice doit fonctionner comme les autres enseignants de SVT. Il est possible de faire formuler l'hypothèse à ses élèves puisque des professeurs de SVT l'ont fait dans la même situation) et ses deux $PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_Conceptions_Enseignement/Apprentissage}$ ($PCK_{PA_Enseignement/ApprentissageSciences_HypothèseValidée}$ = l'enseignant doit faire en sorte que l'hypothèse à tester en classe lors d'une séance expérimentale doit être vérifiée et $PCK_{PA_Elèves_Difficultés_HypothèseValide}$ = un élève a des difficultés à formuler une hypothèse valide dans la situation présentée.) Et, c'est la $PCK_{Communauté}$ qui finalement oriente l'étayage de l'enseignante A lorsque elle accepte de faire formuler l'hypothèse aux élèves sans difficulté. Elle accepte donc de faire évoluer sa praxéologie didactique en proposant une différenciation de l'étayage pour l'étape de formulation de l'hypothèse.

Ces $PCK_{Communauté}$ ont donc une importance forte dans la prise de décision d'étayage puisque l'enseignante A "renie" son épistémologie et choisit de suivre ce que font d'autres enseignants. Sa praxéologie didactique évolue donc sous la contrainte institutionnelle locale.

L'enseignante A est assujettie à l'institution, dans le deuxième cas la communauté de pratique des enseignants de SVT ou dans le premier cas la communauté formée par les collègues de SVT de son lycée et aussi l'institution correspondant au ministère de l'éducation nationale.

Cependant, l'enseignante A accepte l'idée de l'étayage concernant le retour sur l'hypothèse en fin de séance alors que ce n'est pas dans le modèle de l'ECE. Elle ne suit donc pas là le modèle institutionnel. L'étayage proposé (=le retour sur l'hypothèse en fin de démarche) est d'un niveau supérieur à celui de l'épreuve de l'ECE car il y a prise en charge par la plateforme LabNbook de cette étape en émettant la consigne du retour sur l'hypothèse. Et, l'enseignante A conduite par l'élément théorique « $\Theta_{PA_EviterElèvesEnEchec}$ = l'enseignante ne peut pas laisser les élèves en difficultés. » accepte cet étayage d'un niveau plus élevé que celui proposé par l'institution.

En conclusion, l'étayage de l'enseignante A est contrôlé par les éléments institutionnels mais elle les complète avec des éléments d'étayage d'un niveau supérieur.

La figure 47 ci-après modélise les différents assujettissements subis par la professeure A que nous avons mis à jour.

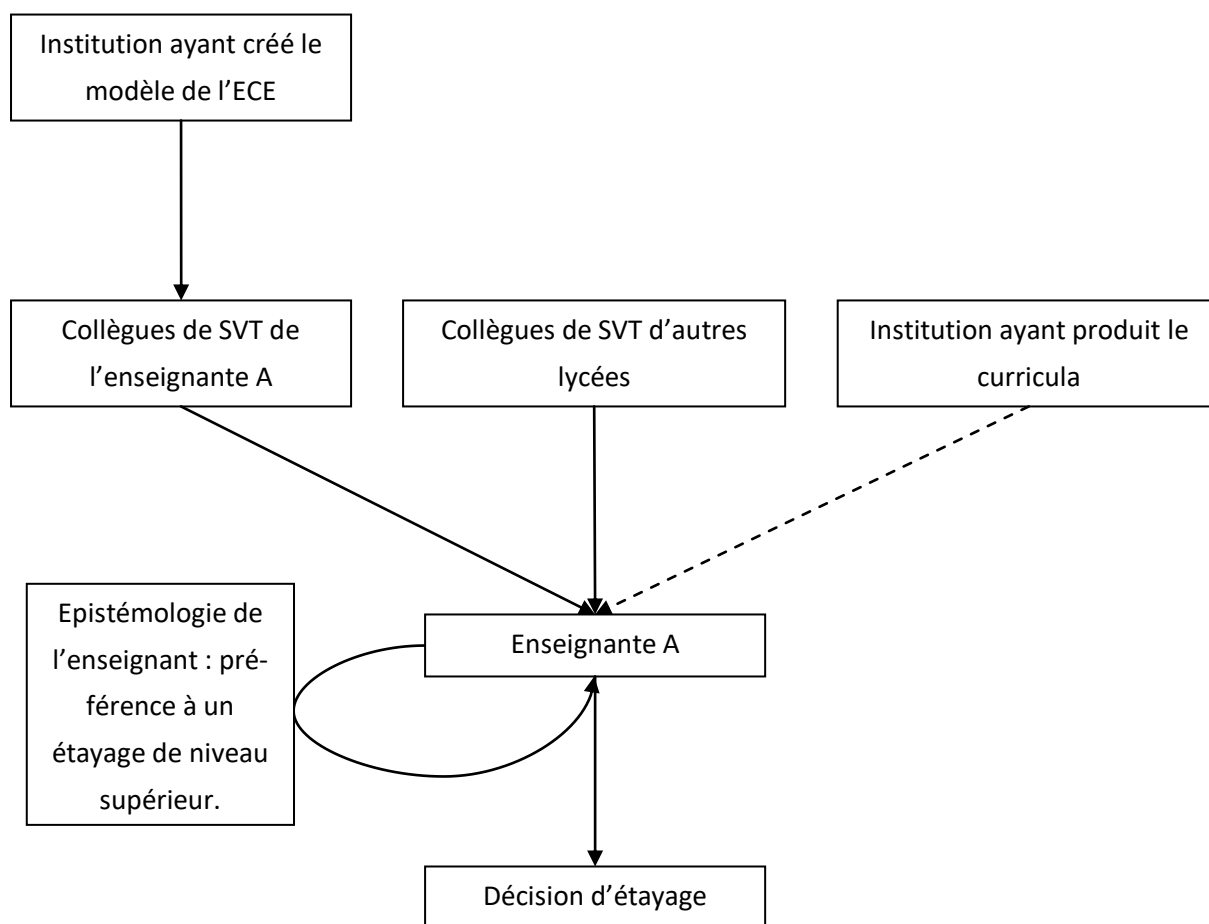


Figure 47 : Assujettissement de l'enseignante A par un « complexe d'institutions » (Chevallard, 1995, p. 1)

Légende :

→ : Assujettissements mis en évidence dans l'expérimentation

- - - - - → : Assujettissement non mis en évidence dans l'expérimentation mais existant (Chevallard, 1995)

II. Construction et analyse de la praxéologie didactique de la professeure B

Avec la professeure B, deux entretiens ont été réalisés pour la co-conception de la mission LabN-book. La première a eu lieu le 13 avril 2017 (indice ¹) au lycée et la deuxième le 3 mai 2017 (indice ²). Un élément énoncé par la professeure B lors de la réalisation de la séance est exploité pour construire la praxéologie didactique de cette enseignante.

A partir des notes que nous avons prises au cours de ces entretiens, nous modélisons la praxéologie didactique de l'enseignante B.

II.1. Construction de l'organisation didactique

II.1.1 Concernant l'organisation générale de la séance

La professeure B souhaite conserver toutes les étapes proposées. Il s'agit d'un canevas qui permet aux élèves de s'appuyer dessus car lorsqu'« on leur dit, ils passent par-dessus ». Nous comprenons que selon l'enseignante B, les étapes préstructurant le protocole obligent les élèves à réaliser ces étapes. Nous pensons pouvoir alors identifier la connaissance professionnelle suivante qui appartient à la technologie de l'enseignant : « PK_{PB} = ce qui est dit par un enseignant au cours d'une séance n'est pas toujours pris en compte par les élèves alors que écrit dans un document, cela sera suivi par les élèves. »

Le fait de doubler l'étayage d'une consigne orale par une consigne écrite nous amène à penser que l'enseignante B ne veut pas mettre ses élèves en difficulté et ceci doit organiser son enseignement. Aussi, cet élément de connaissance appartient au logos au niveau théorique de l'enseignante B ce que nous pouvons formaliser ainsi : $\Theta_{PB_EviterElèvesEnEchec}$ = l'enseignant ne peut pas laisser les élèves en difficultés.

De plus, la présentation de la mission en prenant comme modèle les sujets de l'ECE n'entraîne pas de remarque de la part de l'enseignante B ; c'est pourquoi nous pensons que, même si elle ne l'exprime pas, l'élément de technologie : $PCK_{PB_Evaluation_Evaluation_ECE}$ = les activités de formation pendant l'année doivent être semblables à celles lors de l'épreuve d'ECE, appartient à sa technologie.

Voici alors l'élément de la praxéologie didactique construit :

T = proposer un document écrit (ici numérisé sous la forme du rapport LabNbook) avec les différentes étapes de la démarche.

$\Theta_{PB_PK_ImportanceEcrit}$ = ce qui est écrit dans un document est plus pris en compte par les élèves que lorsque c'est dit par l'enseignant. C'est pourquoi il faut s'attacher à mettre par écrit ce qui semble important pour la séance.

$\Theta_{PCK_Evaluation_Evaluation_ECE}$ = les activités de formation pendant l'année doivent être semblables à celles lors de l'épreuve d'ECE.

$\Theta_{PB_EviterElèvesEnEchec}$ = l'enseignant ne peut pas laisser les élèves en difficultés.

II.1.2 Concernant l'étape de formulation de l'hypothèse

Pour l'enseignante B, il est intéressant de faire formuler l'hypothèse aux élèves et elle exprime cette idée dans les deux entretiens que nous avons eus. Cependant, elle choisit de conserver une version de la mission LabNbook avec l'hypothèse déjà écrite pour les élèves en difficultés. Ainsi, lors des entretiens, l'enseignante était confiante quant à la capacité des élèves pour formuler une hypothèse. Nous pouvons alors énoncer une PCK : $PCK_{PB_Elèves_Conceptions_Hypothèse}$ = les élèves en fin de Première S sont capables de formuler une hypothèse dans la situation scientifique décrite.

Chapitre 1 : résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

Une nuance cependant peut être apportée à cette idée. En effet, lors de la réalisation de la séance en présence des élèves, pendant un échange informel avec le chercheur, la professeure B énonce « hein les hypothèses fausses ils [les élèves] n'ont jamais aimé » et « de toutes façons ils n'aiment pas qu'on disent quelque chose qui ne soit pas vrai » (01 :45 :06). Ce type de discours révèle alors que si pour elle, les élèves peuvent formuler une (ou des) hypothèse(s), elle estime qu'ils ne veulent travailler qu'avec des hypothèses valides. Et cela a pu être vérifié lors de la réalisation de la séance car après un temps de recherche relativement court, l'enseignante B énonce à la classe l'hypothèse valide. C'est pourquoi nous pouvons préciser le *logos* de l'enseignante en énonçant une connaissance professionnelle PCK reflétant cette épistémologie : pour un élève, tout ce qui est dit en classe doit être vrai. »

Voici donc la modélisation de la praxéologie didactique pour le professeur B :

T = proposer un étayage différencié en fonction du niveau du binôme pour l'étape de la formulation de l'hypothèse.

T = proposer une hypothèse valide aux élèves en difficultés.

T = faire formuler une hypothèse aux élèves sans difficultés.

$\theta_{PB_PCK_Stratégie_LabNbook_DeuxVersions_Hypothèses}$: LabNbook permet de différencier les missions comme par exemple proposer dans une mission V1 de faire formuler leur propre hypothèse aux élèves et dans une version V2, de leur donner l'hypothèse à valider.

$\theta_{PB_PCK_Elèves_Conceptions_Hypothèse}$ = les élèves en fin de Première S sont capables de formuler une hypothèse dans la situation scientifique décrite.

$\theta_{PB_PCK_Orientation_Enseignement/Apprentissage_Vérité}$: pour un élève en classe, tout ce qui est dit, doit être vrai.

II.1.3 Concernant l'étape de conception du protocole

La professeure B estime que le travail en autonomie que permet la structuration de la mission LabNbook est intéressant même si il faut un temps pour savoir maîtriser les fonctionnalités de la plateforme¹. La professeure B considère que la mission LabNbook peut être intéressante pour les élèves en difficultés qui, selon elle, ne savent pas toujours comment s'y prendre. Cela peut leur permettre « d'aller jusqu'au bout » même si la démarche est « contrainte »¹. L'enseignante énonce aussi que pour les élèves qui n'ont pas de difficulté, ils concevraient un protocole « dix fois plus vite » qu'avec la mission mais qu'ils le feraient sans doute de façon imparfaite. Nous pouvons donc dire que pour l'enseignante B, la structuration de la mission LabNbook est une aide pour tous les élèves quelque soit leur niveau de difficultés. La préstructuration du protocole devrait guider l'ensemble des élèves.

Nous construisons alors l'élément praxéologique suivant :

T = proposer une structuration du protocole différenciée en fonction du niveau du binôme.

$\theta_{PB_Stratégie_LabNbook_DeuxVersions_Protocole}$: : LabNbook permet de différencier les missions comme par exemple proposer de faire concevoir leur protocole aux élèves dans une mission V1 en s'appuyant uniquement sur des actions paramétrées et dans une version V2, en s'appuyant

sur un protocole déjà structuré avec des étapes ainsi que les actions paramétrées.

T= proposer une liste d'actions paramétrées comme aide pour concevoir un protocole pour les élèves sans difficulté.

T= proposer un étayage de la conception du protocole avec une préstructuration du protocole et la liste d'actions.

$\theta_{PB_PCK_Elèves_Difficultés_DémarcheComplète}$: les élèves ont du mal à construire un protocole complet.

$\theta_{PB_PCK_Elèves_Conception_Préstructuration}$: la préstructuration du protocole et la liste d'actions paramétrées peuvent permettre de guider les élèves vers une version complète du protocole.

Nous pouvons noter que l'étayage par la liste d'actions paramétrées fait naître deux idées contradictoires chez les professeurs A et B : pour l'une, professeure A, « $PCK_{Elèves_Conceptions_PLabNbook_ProtocoleGuidée}$ = les actions très fines peuvent être un obstacle car les élèves peuvent ne pas suivre le même raisonnement qui a sous-tendu l'élaboration de la préstructuration du protocole » tandis et pour l'autre, la professeure B, « $PCK_{Elèves_Conception_ProtocleGuidée}$: la préstructuration du protocole et la liste d'actions paramétrées peuvent permettre de guider les élèves vers une version complète du protocole ».

II.1.4 Concernant la conclusion : retour sur l'hypothèse

L'enseignante souhaite conserver cette étape et justifie son choix par « ils sont encore petits ». Par là, elle souhaite dire que les élèves de Première S n'ont pas encore l'habitude des élèves de la Terminale. Nous retrouvons la connaissance qu'avait formulée la professeure A sur cette étape de la démarche que nous modélisons ainsi :

T= demander d'indiquer si l'hypothèse formulée en début de démarche a été validée en fin de démarche.

$\theta_{PB_PCK_Difficulté\ des\ élèves_Conclusion}$ = un élève ne prend pas le temps de conclure quant à son hypothèse en fin de démarche.

$\theta_{PB_PCK_Enseignement/Apprentissage\ des\ Sciences_Conclusion}$ = la conclusion quant à la validité de l'hypothèse en fin de démarche est très importante.

II.1.5 Conclusion concernant la praxéologie didactique de la professeure B

En faisant la synthèse des différents éléments de la praxéologie didactique que nous avons établi à partir des deux entretiens que nous avons eus avec l'enseignante B, voici les éléments de son profil didactique :

<p>$T_{\text{Etayer_Séance_LabNbook}}$ = choisir les étayages à implémenter dans la mission LabNbook par le professeur B.</p>
<p>T = proposer un document écrit (ici numérisé sous la forme du rapport LabNbook) avec les différentes étapes de la démarche.</p>
<p>$\theta_{\text{PB_PK_ImportanceEcrit}}$ = ce qui est écrit dans un document est plus pris en compte par les élèves que lorsque c'est dit par l'enseignant. C'est pourquoi il faut s'attacher à mettre par écrit ce qui semble important pour la séance.</p> <p>$\theta_{\text{PCK_Evaluation_Evaluation_ECE}}$ = les activités de formation pendant l'année doivent être semblables à celles lors de l'épreuve d'ECE.</p>
<p>T = proposer un étayage différencié en fonction du niveau du binôme.</p>
<p>T = proposer un étayage différencié en fonction du niveau du binôme pour l'étape de la formulation de l'hypothèse.</p>
<p>T = proposer une hypothèse valide aux élèves en difficultés.</p>
<p>T = faire formuler une hypothèse aux élèves sans difficultés.</p>
<p>$\theta_{\text{PB_PCK_Stratégie_LabNbook_DeuxVersions_Hypothèses}}$: LabNbook permet de différencier les missions comme par exemple proposer dans une mission V1 de faire formuler leur propre hypothèse aux élèves et dans une version V2, de leur donner l'hypothèse à valider.</p> <p>$\theta_{\text{PB_PCK_Orientation_Enseignement/Apprentissage_Vérité}}$: pour un élève en classe, tout ce qui est dit, doit être vrai.</p>
<p>T = proposer une structuration du protocole différenciée en fonction du niveau du binôme.</p> <p>T = proposer une liste d'actions paramétrées comme aide pour concevoir un protocole pour les élèves sans difficulté.</p> <p>T = proposer un étayage de la conception du protocole avec une préstructuration du protocole et la liste d'actions.</p>
<p>$\theta_{\text{PB_Stratégie_LabNbook_DeuxVersions_Protocole}}$: LabNbook permet de différencier les missions comme par exemple proposer de faire concevoir leur protocole aux élèves dans une mission V1 en s'appuyant uniquement sur des actions paramétrées et dans une version V2, en s'appuyant sur un protocole déjà structuré avec des étapes ainsi que les actions paramétrées.</p> <p>$\theta_{\text{PB_PCK_Elèves_Difficultés_DémarcheComplete}}$: les élèves ont du mal à construire un protocole complet.</p> <p>$\theta_{\text{PB_PCK_Elèves_Conception_Préstructuration}}$: la préstructuration du protocole et la liste d'actions paramétrées peuvent permettre de guider les élèves vers une version complète du protocole.</p>
<p>T = demander d'indiquer si l'hypothèse formulée en début de démarche a été validée en fin de démarche.</p>
<p>$\theta_{\text{PB_PCK_Elèves_Difficulté_Conclusion}}$ = un élève ne prend pas le temps de conclure quant à son hypothèse en fin de démarche.</p> <p>$\theta_{\text{PB_PCK_Enseignement/Apprentissage_des_Sciences_Conclusion}}$ = la conclusion quant à la validité de l'hypothèse en fin de démarche est très importante.</p>
<p>$\theta_{\text{PB_EviterElèvesEnEchec}}$ = l'enseignant ne peut pas laisser les élèves en difficultés.</p>

II.2. Missions LabNbook co-construites avec la professeure B

Deux versions de la mission LabNbook sont proposées à l'ensemble des élèves et sont les mêmes que celles de la professeure A (Cf. I.2, ci-dessus en page 246).

La version 1 destinée aux élèves sans difficulté propose en particulier :

- la formulation de l'hypothèse
- la conception d'un protocole avec pour guide uniquement les actions paramétrées
- la prévision des résultats avec un questionnement permettant d'étayer la réflexion de l'élève : indiquer la forme sous laquelle vous pensez observer vos résultats et indiquer les résultats que vous pensez obtenir.
- la conclusion : une consigne a été rajoutée : Rédiger une ou deux lignes pour valider ou non votre hypothèse en justifiant.

La version 2 destinée aux élèves avec difficultés propose en plus de la version 1 deux éléments d'étayage supplémentaires :

- une hypothèse déjà formulée qui est à valider : « vous devez expliquer comment vous feriez pour montrer que les zones du cerveau activées lors d'un exercice de lecture chez Mme X ne sont pas les mêmes que celles d'un sujet sain » et une consigne a été rajoutée dans la partie commentaire : « Votre réponse doit expliquer ce que vous allez faire, comment vous le ferez et ce que vous attendez comme résultat si l'hypothèse est validée. »
- des étapes préstructurant le protocole pour l'étape de conception du protocole. Par contre, les actions proposées dans le menu déroulant pour chaque étape sont les mêmes que celles de la version 1.

II.3. Analyse de l'organisation praxéologique didactique

L'enseignante B semble être portée par l'élément théorique : $\Theta_{PB_EviterElèvesEnEchec}$ = l'enseignant ne peut pas laisser les élèves en difficultés. Et ceci est justifié par un certain nombre d'éléments de l'organisation praxéologique didactique de l'enseignante : ainsi, le niveau d'étayage choisi est au plus haut : les consignes orales sont doublées de la consigne écrite (celle-ci ayant selon l'enseignante plus de poids $PK_{PB_ImportanceEcrite}$), la préstructuration du protocole est choisie avec étapes et liste d'actions ($PCK_{PB_Elèves_Conception_Préstructuration}$) et en fin de démarche, une consigne demande de faire le retour sur l'hypothèse $PCK_{PB_Enseignement/Apprentissage_des_Sciences_Conclusion}$. Le choix de ces éléments d'étayage ne se fait pas en se référant à une institution. Il faut donc admettre que c'est l'épistémologie de l'enseignante qui guide sa façon d'organiser la mission. De plus, l'enseignante B explicite ce qu'elle pense des croyances des élèves lorsqu'elle énonce que les élèves veulent que tout ce qui soit dit en classe soit vrai, $PCK_{PB_Orientation_Enseignement/Apprentissage_Vérité}$. Là encore, il s'agit d'un élément de l'épistémologie de l'enseignante avec l'énoncé d'une connaissance professionnelle portant sur l'apprentissage de la science.

Chapitre 1 : résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

Tous ces éléments liés à l'idée d'une augmentation du niveau d'étayage et à énoncer la « vérité » peuvent être rattachés à la mise en œuvre d'un surétayage, surétayage permettant d'éviter aux élèves d'être en échec.

Cependant, à côté de ces éléments d'épistémologie, il existe des éléments liés à une institution qui influence les choix d'étayage. Déjà, l'enseignante ne remet pas en cause la structuration de la mission qui est calquée sur le modèle de l'ECE, or l'ECE, nous l'avons dit, est une attente de l'institution. De plus, l'enseignante B accepte sans discuter les deux versions proposées de la mission, version 1 et version 2. Or, ces deux versions avaient été testées par des collègues de SVT d'autres lycées et cela a semble-t-il suffit pour que l'enseignante accepte. Ainsi, il y a là l'influence d'une institution.

Donc, dans le cas de l'enseignante B, il existe une forte influence de l'épistémologie de l'enseignante sur l'étayage, étayage étant d'un niveau élevé. Mais cet étayage s'établit dans un cadre institutionnel. La figure 48 ci-dessous modélise les assujettissements de l'enseignante B lors de la mise en place de l'étayage.

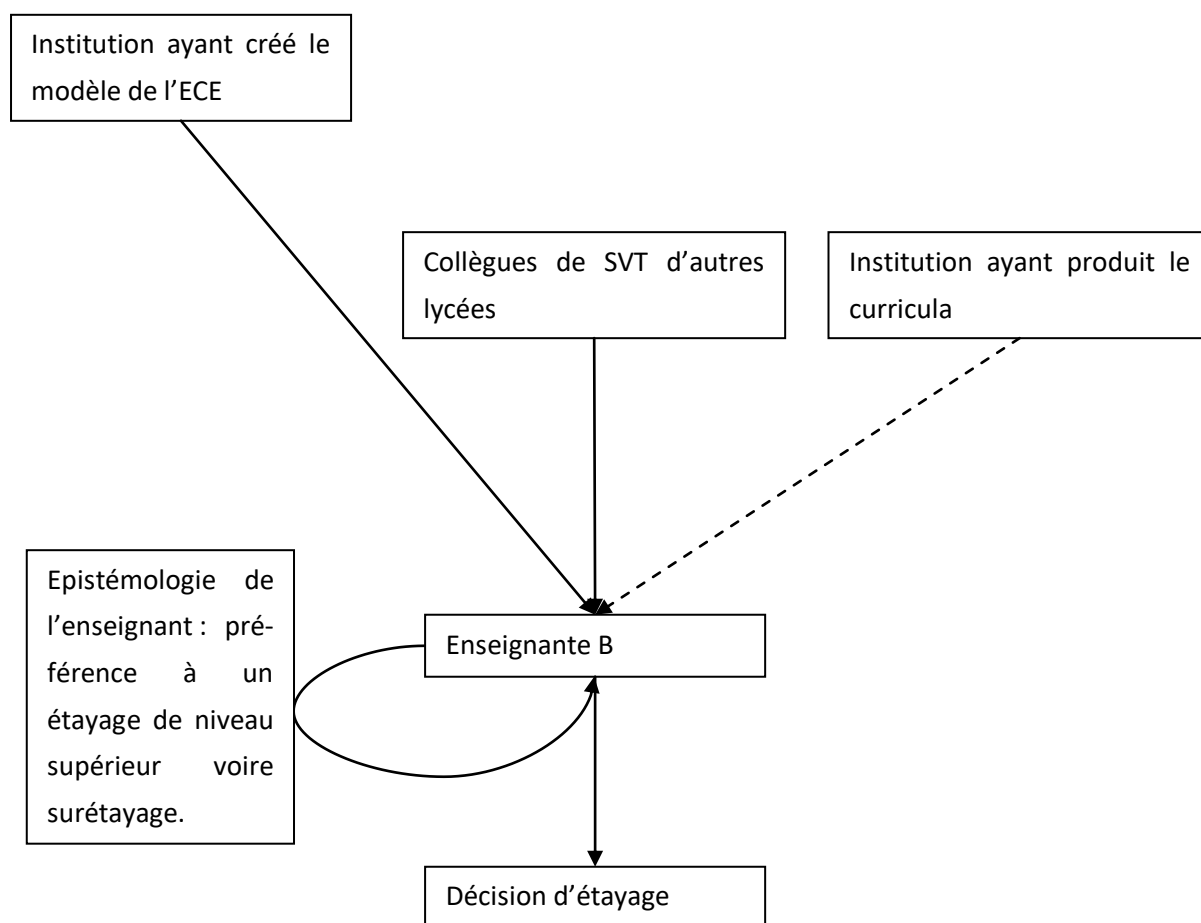


Figure 48 : Les assujettissements de l'enseignante B

Légende :

→ : Assujettissements mis en évidence dans l'expérimentation

- - - - -> : Assujettissement non mis en évidence dans l'expérimentation mais existant (Chevallard, 1995)

Voyons maintenant les éléments praxéologiques permettant la construction du profil didactique de l'enseignante C.

III. Construction et analyse de la praxéologie didactique de la professeure C

Deux conversations ont été réalisées avec la professeure C pour la conception de la mission LabNbook : entretiens du 12 avril 2017 (indice ¹) et du 17 mai 2017 (indice ²). Au cours de ces deux moments, nous avons montré comment fonctionnait la plateforme et nous avons posé les questions concernant l'organisation de la séance.

III.1. Construction de l'organisation praxéologique didactique

III.1.1 L'organisation générale de la séance

L'enseignante ne souhaite qu'une seule version de la mission LabNbook². Nous accédons à sa demande en ne proposant qu'une seule version. Elle ne souhaite pas gérer deux versions lors d'une même séance car elle n'a pas vraiment l'habitude de la plateforme. Nous estimons que cette connaissance appartient à des connaissances de pédagogie générale car elle peut s'appliquer pour n'importe quel type d'exercice : lorsque des versions différenciées sont proposées, cela implique une gestion de la séance par l'enseignante plus compliquée et elle ne « se sent pas de gérer ça ».

Pendant la réalisation de la séance, la professeure C fait à ses élèves la remarque suivante « des choses qu'on n'a pas trop développées cette année en Première S mais vous le ferez beaucoup en terminale puisque en fin de terminale vous savez que vous êtes évalués sur les TP et on vous demande cette démarche » (00 :06:40) . Ainsi, nous apprenons que l'enseignante C ne mobilise pas l'élément de connaissance : « PCK_{PC_Evaluation_Evaluation_ECE} = les activités de formation pendant l'année doivent être semblables à celles lors de l'épreuve d'ECE ».

Nous pouvons donc modéliser cet aspect de la praxéologie par la technologie suivante :

$\theta_{PC_PCK_Stratégie_LabNbook_UneSeuleVersion}$ = LabNbook permet de différencier les missions mais cette possibilité peut être ignorée.

$\theta_{PC_PK_Gestion_UneSeuleVersion}$: la gestion en classe de deux versions étayées différemment avec un EIAH demande plus d'énergie qu'une seule.

III.1.2 Concernant la présentation de la séance

La professeure C explique qu'en général elle énonce le problème scientifique de la séance dans les premières minutes¹. Elle mobilise ici la même connaissance professionnelle que la professeure A concernant la présentation du problème. Elle ne souhaite néanmoins pas modifier la consigne telle qu'elle est inscrite dans la mission LabNbook.

Nous pouvons formaliser cet aspect de la praxéologie didactique :

T = présenter le problème scientifique dans les premières minutes de la séance.

$\theta_{PC_PK_Présentation}$ = un enseignant doit présenter la situation d'enseignement à ses élèves en début de séance.

Pour parfaire la caractérisation de la praxéologie didactique de l'enseignante, nous nous appuyons sur une remarque faite en début de séance réalisée devant les élèves : « alors attention c'est un peu une introduction aussi à ce que vous ferez en Terminale c'est-à-dire qu'en Terminale on vous demande face à un problème posé de finalement essayer de résoudre et de proposer un protocole de résolution » (00 :06 :40). Ainsi, une connaissance professionnelle peut être énoncée : $\theta_{PC_PCK_ECE_TerminaleS}$ = les travaux pratiques basés sur le modèle de l'ECE n'ont pas à être mis en œuvre pendant l'année de Première S mais de Terminale S.

III.1.3 Concernant l'étape de la formulation de l'hypothèse

La formulation de l'hypothèse par les élèves n'effraie pas du tout le professeur C. En effet, elle énonce « ce sont des élèves bouges, bouges, mais bons ; ils sont en fin de Première S, ils doivent savoir faire »¹. Elle réfléchit d'ailleurs lors de notre entrevue du 17 mai 2017 à quelles hypothèses les élèves pourraient songer.

C'est pourquoi nous laissons donc à tous les élèves de la classe le soin de formuler une hypothèse qu'ils inscriront dans l'espace dédié dans la mission LabNbook.

Voici la modélisation praxéologique :

T = faire formuler une hypothèse par les élèves.

$\theta_{PC_PCK_Elèves_Conceptions_Hypothèse}$ = les élèves en fin de Première S sont capables de formuler une hypothèse dans la situation scientifique décrite.

$\theta_{PC_PCK_Enseignement/ApprentissageSciences_Hypothèse}$ = en fin de Première S, l'enseignant peut demander à formuler une hypothèse.

III.1.4 Concernant l'étape de conception du protocole

Concernant la conception du protocole, la professeure C explique qu'elle fait élaborer des protocoles plutôt en Terminale S mais pas vraiment en Première S. Une remarque de la professeure C à sa classe pendant la réalisation de la séance (00 :08 :47) appuie cette idée : « PrC : donc vous voyez déjà quand vous êtes sur LabNbook concevoir un protocole expérimental déjà dans un premier temps vous aurez beaucoup de choses à faire avant de vraiment expérimenter ». Si l'enseignante fait ce type de remarque à ses élèves, c'est pour leur demander de ne pas s'inquiéter par rapport à ce qui se fait d'habitude. Pour la professeure C, la conception du protocole est bien trop artificielle « [elle] sait où aller mais, [les élèves], non ».

La professeure C note qu'il faudrait beaucoup de temps pour faire concevoir un protocole à une classe d'élèves si vraiment on souhaitait le faire faire correctement.

Concernant les actions proposées dans la mission LabNbook, la professeure C hésite un temps sur le fait de conserver l'action qui demande de qualifier l'expérience de témoin ou de test puis finalement la conserve².

Les éléments praxéologiques que nous pouvons établir correspondent à :

$\theta_{PC_PCK_Elèves_Difficultés_Protocole_DuréeLongue}$ = la conception d'un protocole en classe par les élèves est très long.

$\theta_{PC_PCK_Enseignement/ApprentissageSciences_Protocole}$ = la conception de protocole se fait en Terminale S et non pas en première S.

$\theta_{PC_PCK_Enseignement/ApprentissageScience_Protocole_DémarcheArtificielle}$ = la conception d'un protocole en classe est artificielle car les élèves ne savent pas ce qu'ils cherchent tandis que le professeur, oui.

III.1.5 Concernant la prévision des résultats

L'étape de la prévision des résultats n'est pas supprimée, par contre l'enseignante demande d'éliminer la question portant sur la forme des résultats qui devrait être obtenue. Elle justifie sa demande par « ils ne vont pas penser à le dire » (conversation du 17 mai 2017). Cette phrase était justement notée pour donner une indication de ce qui était attendu aux élèves. L'enseignante considère que la phrase n'est pas un étayage car elle ne va pas aider les élèves mais au contraire les piéger.

T= proposer uniquement des questions pour guider la prévision des résultats, questions auxquelles les élèves peuvent penser.

$\theta_{PCK_Elèves_Conceptions_EtayagePrévision}$ = une question étayant une difficulté peut ne pas être aidante mais peut être vue comme une question piège.

III.1.6 Concernant la conclusion de la démarche

La professeure C considère que le retour sur l'hypothèse est une étape intéressante, qu'il faut la conserver, ce que nous faisons. Nous estimons alors que nous pouvons lui assigner la connaissance suivante : « $\theta_{PC_PCK_Enseignement/Apprentissage\ des\ Sciences_Conclusion}$ = la conclusion quant à la validité de l'hypothèse en fin de démarche est très importante ».

III.1.7 Conclusion concernant la praxéologie didactique de la professeure C

Finalement, nous pouvons établir le profil didactique de l'enseignante C. Il est moins étoffé que celui de l'enseignante A du fait de l'expression de moins de justifications.

$T_{\text{Etayer_Séance_LabNbook}}$ = choisir les étayages à implémenter dans la mission LabNbook par la professeure C.
T= proposer une seule version de la mission LabNbook lors d'une même séance.
$\theta_{\text{PC_PCK_Stratégie_LabNbook_UneSeuleVersion}}$: LabNbook permet de différencier les missions mais cette possibilité peut être ignorée. $\theta_{\text{PC_PK_Gestion_UneSeuleVersion}}$: la gestion en classe de deux versions étayées différemment avec un EIAH demande plus d'énergie qu'une seule. $\theta_{\text{PC_PCK_ECE_Terminales}}$ = les travaux pratiques basés sur le modèle de l'ECE n'ont pas à être mis en œuvre pendant l'année de Première S mais de Terminale S.
T = présenter la situation problème en début de séance
$\theta_{\text{PC_PK_Problématisation}}$ = un enseignant doit présenter la situation d'enseignement à ses élèves en début de séance.
T = faire formuler une hypothèse par les élèves.
$\theta_{\text{PC_PCK_Elèves_Conceptions_Hypothèse}}$ = les élèves en fin de Première S sont capables de formuler une hypothèse dans la situation scientifique décrite. $\theta_{\text{PC_PCK_Enseignement/ApprentissageSciences_Hypothèse}}$ = en fin de Première S, l'enseignant peut demander à formuler une hypothèse.
T= proposer une structuration du protocole.
$\theta_{\text{PC_PCK_Elèves_Difficultés_Protocole_DuréeLongue}}$ = la conception d'un protocole en classe par les élèves est très long. $\theta_{\text{PC_PCK_Enseignement/ApprentissageSciences_Protocole}}$ = la conception de protocole se fait en Terminale S et non pas en première S. $\theta_{\text{PC_PCK_Enseignement/ApprentissageScience_Protocole_DémarcheArtificielle}}$ = la conception d'un protocole en classe est artificielle car les élèves ne savent pas ce qu'ils cherchent tandis que le professeur, oui.
T= proposer uniquement des questions pour guider la prévision des résultats, questions auxquelles les élèves peuvent penser.
$\theta_{\text{PCK_Elèves_Conceptions_EtayagePrévision}}$ = une question étayant une difficulté peut ne pas être aidante mais peut être vue comme une question piège.
T= demander d'indiquer si l'hypothèse formulée en début de démarche a été validée en fin de démarche.
$\theta_{\text{PC_PCK_Enseignement/Apprentissage des Sciences_Conclusion}}$ = la conclusion quant à la validité de l'hypothèse en fin de démarche est très importante.

III.2. Mission LabNbook co-construite avec la professeure C

Une seule et même version de la mission LabNbook est proposée à l'ensemble des élèves.

En voici les caractéristiques :

- Formulation de l'hypothèse par la présence d'une question leur demandant ce qu'il propose pour expliquer l'origine de la rééducation.
- Conception d'un protocole avec des étapes préstructurant le protocole pour l'étape de conception du protocole et pour chaque étape, liste de choix des actions paramétrées.
- Prévision des résultats avec un questionnaire permettant d'étayer la réflexion de l'élève : indiquer les résultats que vous pensez obtenir.
- Conclusion demandant d'indiquer si en fin de démarche l'hypothèse a été validée ou non.

III.3. Analyse de l'organisation praxéologique didactique

La connaissance $PCK_{\text{Evaluation_ECE}}$ ⁸⁵ a été identifiée chez trois professeures A, B et D. Cet élément de connaissances est lié à l'institution à laquelle sont assujetties les trois enseignantes. Cependant, la professeure C n'a pas mobilisé cette connaissance qui correspond au fait qu'il est nécessaire pendant l'année d'entraîner les élèves à l'épreuve expérimentale du baccalauréat ; au contraire, elle précise en début de réalisation de séance qu'elle n'a pas fait faire cet entraînement car elle le réserve aux élèves de Terminale. Il y a là un manifeste d'indépendance par rapport à ce que dicte l'institution et ceci, sans pour autant que cette enseignante soit hors de sa mission de former les élèves à l'examen puisque les épreuves se déroulent en fin de classe de Terminale et non en fin de classe de Première. Si l'influence de l'institution se voit dans le fait que l'enseignante C accepte la structuration de la mission, structuration calquée sur celle de l'ECE, elle refuse cependant d'avoir deux missions à gérer quand bien même d'autres professeurs l'ont fait ($PCK_{\text{PC_Gestion_UneSeuleVersion}}$). Là encore, elle s'autorise à ne pas suivre la communauté à laquelle elle appartient ; il n'y a d'ailleurs à aucun moment une $PCK_{\text{Communauté}}$ qui est convoquée. De même, l'enseignante C accepte la préstructuration concernant la conception du protocole par les élèves, tout en faisant remarquer qu'il s'agit d'une étape très artificielle pour les élèves. Enfin, elle refuse l'étayage portant sur la prévision des résultats ($PCK_{\text{PC_Elèves_Conceptions_EtayagePrévision}}$) pensant que cela peut piéger les élèves. Finalement, la professeure C est plutôt dans l'allègement des éléments d'étayage et dans l'indépendance vis-à-vis des communautés de pratiques auxquelles elle appartient.

Chapitre 1 : résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

Est-ce l'expérience professionnelle qui permet cette indépendance ? Cette professeure C part à la retraite dans les quelques années qui suivent l'expérimentation. Sans doute, son expérience professionnelle l'autorise à ne pas souscrire à toutes les pratiques de l'institution à laquelle elle est assujettie.

La figure 49 ci-après propose une modélisation des assujettissements de la professeure C.

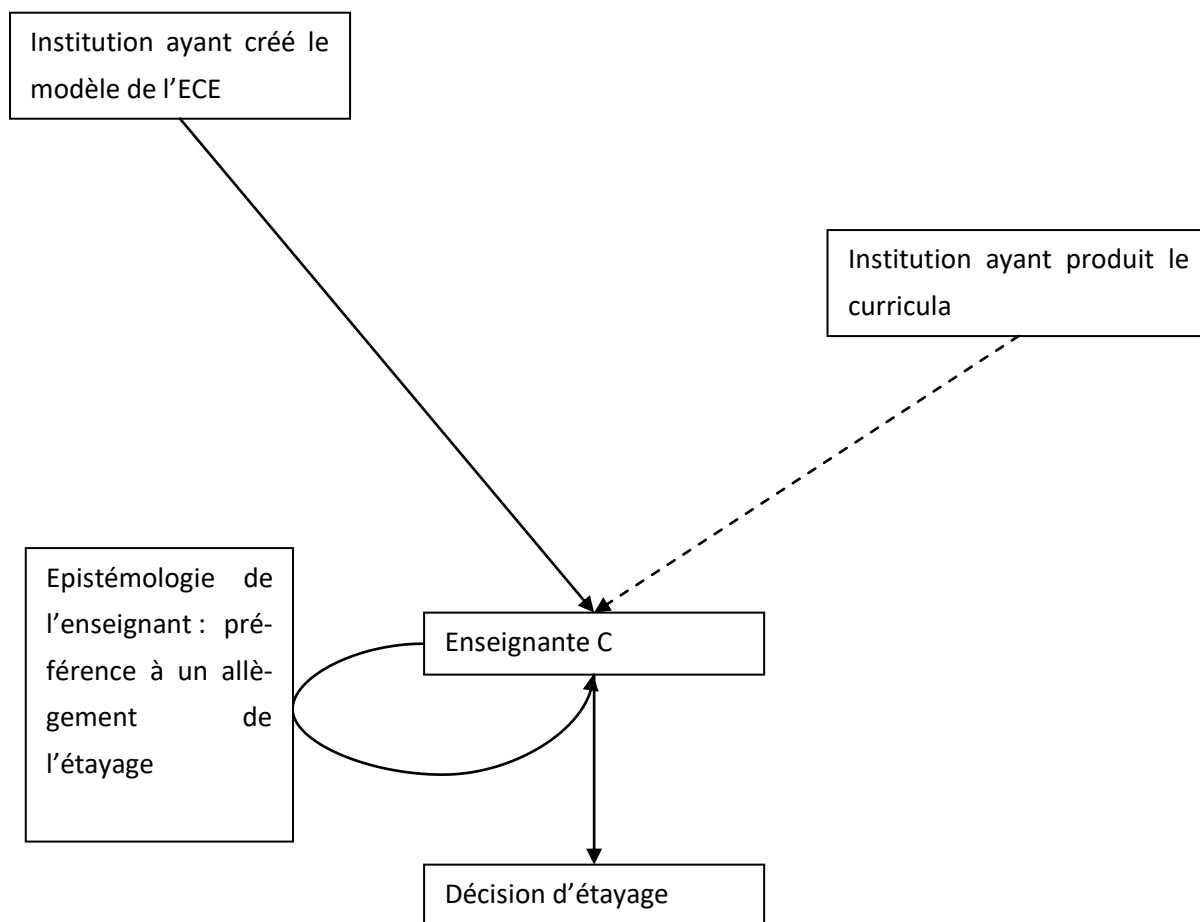


Figure 49 : Les assujettissements de l'enseignante C

Légende :

—————> : Assujettissements mis en évidence dans l'expérimentation

- - - - -> : Assujettissement non mis en évidence dans l'expérimentation mais existant (Chevallard, 1995)

Donc, pour cette enseignante, c'est surtout son épistémologie qui guide ses choix d'étayage et la part institutionnelle est limitée à une portion congrue.

Enfin, voyons maintenant les éléments praxéologiques établis à partir de l'entretien avec la professeure D.

IV. Construction et analyse de la praxéologie didactique de la professeure D

Pour concevoir la mission proposée par la professeure D, nous avons eu un échange téléphonique et un entretien par mail le 13 mai 2017.

IV.1. Construction de l'organisation praxéologique didactique

IV.1.1 Concernant l'organisation générale de la séance et la présentation de la situation

L'enseignante ne souhaite pas de versions différentes de la mission LabNbook. Une seule version est donc co-construite.

L'enseignante D ne demande pas de modification de la situation initiale.

Au cours de l'entretien, elle nous demande une confirmation : « je ne donne pas de fiche c'est sûr ? » exprimant là son étonnement devant un fait pratiquement automatique à savoir que pour chaque TP, il est nécessaire que les élèves reçoivent une « fiche de TP » de leur enseignant.

T= considérer que la mission LabNbook correspond à la fiche habituellement distribuée en début de séance de travaux pratiques.

$\theta_{PrD_PCK_Stratégie_FicheTP/LabNbookMatériel-FicheTP}$ = sur une fiche de TP distribuée en début de séance, se trouvent les consignes permettant de réaliser la séance. La page de la mission LabNbook remplace les consignes habituellement écrites sur une fiche de travaux pratiques.

IV.1.2 Concernant la formulation de l'hypothèse

Initialement, l'étape de la formulation de l'hypothèse appartient au bloc « mode opératoire » de l'éditeur de protocole de LabNbook. Cependant, l'enseignante demande à ce que l'étape de l'hypothèse soit détachée du bloc « mode opératoire » car ce niveau de la démarche n'appartient pas au mode opératoire. La demande de faire apparaître une étape « formulation de l'hypothèse » détachée du bloc « mode opératoire » implique, selon nous, l'idée que l'hypothèse au sein d'une démarche scientifique a une grande importance puisqu'elle existe au même niveau que le mode opératoire. Ceci rejoint l'idée qu'une démarche scientifique correspond à la mise à l'épreuve d'une hypothèse (Monod-Ansaldi et al., 2012)

Nous pouvons modéliser cette demande de la professeure D par les éléments praxéologiques suivants :

T= formaliser une étape « formulation de l'hypothèse » détachée de l'étape « mode opératoire ».

$\theta_{PrD_PCK_OrientationSciences_Enseignement/ApprentissageSciences_PositionnementHypothèse}$ = la conception du protocole est conduite sous le contrôle de l'hypothèse formulée. L'hypothèse doit appartenir à un bloc distinct.

Chapitre 1 : résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

Concernant cette étape de formulation de l'hypothèse, l'enseignante à aucun moment n'exprime une crainte concernant une difficulté pour les élèves d'émettre une ou des propositions. Cependant, lors de la réalisation de la séance, en début de chaque séance pour le premier et le deuxième groupe, l'enseignante prend le soin de demander à être appelée pour vérifier que l'hypothèse n'est pas « loufoque » : « PrD : Quand vous formulez l'hypothèse, vous m'appellez quand même pour que vous ne partiez pas un peu dans tous les sens, d'accord ? » (Groupe 1 – 00 :16 :50) et « PrD : Alors, quand vous allez formuler votre hypothèse, s'il vous plaît, vous m'appellez pour ne pas partir dans des hypothèses complètement loufoques. D'accord ? Je peux vous remettre sur le droit chemin, c'est bon pour tout le monde ? Eh bien, allez c'est parti ! » (Groupe 2- 00 :12 :16). Alors, si elle fait confiance pour que chaque élève formule une proposition, elle souhaite vérifier que cette hypothèse soit compatible avec ce qu'elle attend. Ainsi, les élèves peuvent émettre des hypothèses « loufoques » ; mais la professeure devra les aider à la modifier.

Voici la modélisation des praxéologies didactique mises en œuvre :

$\theta_{PD_PCK_Elèves_Conceptions_Hypothèse}$ = les élèves en fin de Première S sont capables de formuler une hypothèse dans la situation scientifique décrite.

$\theta_{PD_PCK_Elèves_Conceptions_Hypothèse_Loufoque}$ = les élèves peuvent émettre des hypothèses « loufoques ».

$\theta_{PD_PCK_OrientationSciences_Enseignement/ApprentissageDesSciences_VérificationHypothèse}$ = une démarche d'élève en classe ne doit pas commencer par une hypothèse loufoque.

$\theta_{PD_PCK_Stratégie_Vérification_Hypothèse}$ = le professeur doit vérifier pendant la séance qu'aucun élève ne base sa démarche sur une hypothèse « loufoque ».

D'autre part, une autre demande de la professeure D est énoncée ; il s'agit de remplacer notre question initiale « A votre avis, comment expliquer d'un point de vue cérébral le fait que Madame X soit capable de lire de nouveau six mois après son AVC ? » par une consigne qui a un verbe d'action en premier. L'enseignante justifie ceci en expliquant qu'elle a appris à fonctionner ainsi en formation initiale et que depuis, toutes ses consignes sont énoncées avec un verbe d'action en premier. Ainsi, est indiqué dans la mission LabNbook : « Proposer une hypothèse afin d'expliquer ce qui a permis à Mme X de retrouver une certaine capacité de lecture ». Ceci, il nous semble, est une connaissance professionnelle appartenant à la catégorie de la pédagogie générale car cela n'est pas limité à sa discipline. D'autre part, le fait que l'enseignante cherche à suivre une demande ayant été formulée lors de sa formation initiale indique que, en tous cas, pour ce cas-là, elle considère qu'il est nécessaire de suivre les principes fournis par l'institution. Nous retrouvons alors ici le problème qui s'était posé avec la professeure A et les connaissances professionnelles qui indiquaient une « allégeance » à ses collègues de travail. Comment intégrer ces connaissances dans le modèle des PCK ? Il s'agit encore une fois ici de suivre les pratiques d'une communauté ; nous proposons donc une connaissance appartenant à la catégorie des connaissances de la communauté de pratique, ici IUFM, auquel elle appartenait.

A partir de cet événement, nous pouvons expliciter les éléments praxéologiques de l'enseignante D :

T= formuler les consignes en débutant la phrase par un verbe d'action.

$\theta_{PrD_PK_Consignes_Formulation}$ = il est nécessaire de débiter toutes les consignes par un verbe.

$\theta_{PrD_PCKCommunauté_InstitutFormation}$ = il s'agit de suivre la recommandation énoncée lors de la formation initiale « débiter toutes les questions posées aux élèves par un verbe ».

IV.1.3 Concernant la conception du protocole

L'enseignante aurait souhaité que le bloc correspondant à la conception du protocole ne permette pas l'apparition de la liste de matériel telle que c'est indiqué. Nous estimons que cette demande est pour se conformer à l'épreuve des ECE qui existait alors en 2017. Pour cette épreuve du baccalauréat, les candidats étaient placés dans une salle où aucun matériel ne pouvait les aiguiller lors de la conception du protocole. Cependant, cette demande n'a pas pu être mise en œuvre du fait de difficultés techniques.

L'enseignante demande également à que la consigne de l'étape de conception du protocole soit réécrite en ajoutant « ce que je fais ». Ainsi, nous transposons dans la mission LabNbook : « expliquer comment vous feriez pour tester votre hypothèse (ce que je fais) ».

L'enseignante souhaite que les élèves puissent avoir des indications concernant les IRM anatomiques et les IRM fonctionnelles. Nous utilisons les fonctionnalités de la plateforme LabNbook pour accéder à sa demande comme montré ci-dessous :

Ressources documentaires: Qu'est-ce que les IRM ? Pour étudier le cerveau les scientifiques utilisent deux types d'IRM :

L'IRM anatomique permet d'obtenir des renseignements sur l'organe étudié : sa taille, sa forme, la présence de lésions, tumeurs mais pas sur la fonction.

Commentaire :

L'IRM fonctionnelle permet de visualiser les variations d'apport sanguin. Par exemple au niveau du cerveau, les variations du débit sanguin correspondent aux variations d'activité des neurones. Il est possible alors de visualiser les zones actives du cerveau.

Ces informations semblent indispensables pour l'enseignante pour que ses élèves conduisent à bien leur mission. Nous interprétons cette demande par le fait qu'elle a repéré la difficulté à bien comprendre la différence entre ce qu'apporte la lecture d'une IRM anatomique et celle d'une IRM fonctionnelle. L'enseignante estime alors que si la différence d'apport des deux types d'IRM est inscrite avant la liste de matériel, cela sera pris en compte par les élèves. Nous modélisons alors cette demande et notre interprétation par les éléments praxéologiques suivants :

T= préciser les renseignements apportés par les IRM anatomiques et ceux apportés par les IRM fonctionnelles.

$\theta_{PrD_PCK_Elèves_Difficultés_IRMa/IRMF_1}$ = les élèves ont des difficultés à différencier les deux types d'images IRM que nous utilisons en classe ce qui nécessite d'indiquer les données qui peuvent être extraites de ces images.

$\theta_{PrD_PCK_Stratégie_Difficultés_IRM_SupportEcrit}$ = les informations écrites exposant la différence entre ce qu'apporte les IRM anatomiques et IRM fonctionnelles permettent d'aplanir la difficulté des élèves à comprendre la différence entre IRM anatomique et IRM fonctionnelle.

Chapitre 1 : résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

La liste de matériel est conservée. Mais, comme nous l'avons déjà relaté dans la Partie 1.Chapitre 1 (en page 203), nous avons modifié la liste de matériel pour que les élèves aient directement les valeurs de visualisation pour chaque IRM sans qu'ils aient à cliquer en plus, comme on peut le voir sur la copie d'écran ci-dessous :

Ressources matérielles

- | | | | |
|--|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• IRM anatomique d'un sujet A sain, lecture par Eduanatomist, en B-W linear, seuil inférieur de 0 et seuil supérieur de 30• IRM anatomique de Madame X lors de son admission à l'hôpital, | <ul style="list-style-type: none">document PDF, lecture par logiciel Acrobat Reader• IRM fonctionnelle de Madame X lors d'une tâche de lecture, suite à son AVC et après plusieurs mois de rééducation, document PDF, lecture par logiciel Acrobat Reader | <ul style="list-style-type: none">• IRM fonctionnelle du sujet A sain lors d'une tâche de lecture, lecture par Eduanatomist, en Blue-Red-Fusion, seuil inférieur de 34 et seuil supérieur de 100• IRM fonctionnelle du sujet A sain lors de la vision de chaînes de | <ul style="list-style-type: none">consonnes, lecture par Eduanatomist, en Blue-Red-Fusion, seuil inférieur de 33 et seuil supérieur de 100• Logiciel Acrobat Reader• Logiciel Eduanatomist |
|--|--|--|--|

Concernant les valeurs de visualisation, l'enseignante D estime qu'il s'agit d'un « baratin technologique » car le fait de régler les seuils de la palette de visualisation n'apporte rien à l'élève. Nous avons déjà discuté de ce fait précédemment (Partie 3.Chapitre 4.V.2Etayer l'action de choisir les paramètres de visualisation, ci-dessus, en page 223-) : les valeurs des seuils de visualisation des IRM avec Eduanatomist sont le résultat d'une démarche statistique. Cependant, celle-ci reste trop obscure pour les enseignants et donc pour les élèves pour que cela amène une réflexion sur la construction statistique des images IRM.

Par contre, nous nous heurtons à une difficulté car notre enseignante D refuse la structuration en actions que la plateforme LabNbook lui offre. Elle argue que la démarche étant trop guidée, elle est en contradiction avec l'épreuve d'ECE de 2017 où seule la stratégie est demandée. L'enseignante accepte finalement l'idée de préstructurer le protocole en mettant deux étapes comme il est indiqué ci-dessous :

Proposer une stratégie de résolution permettant de tester votre hypothèse en établissant la liste des actions successives du mode opératoire

- **Etape A** Proposer un moyen pour localiser la zone lésée chez Mme X.
- **Etape B** Proposer un moyen pour localiser les zones corticales impliquées dans la récupération de la lecture de Mme X.

Pendant la discussion, l'enseignante réfléchit à haute voix concernant les aides majeures et aides mineures qui pourraient être apportées. L'idée d'aides majeure et mineure provient de l'épreuve d'ECE lors de la réalisation du protocole ; pour que le candidat réalise malgré ses difficultés le protocole, l'examineur peut proposer des aides qui sont plus ou moins décisives et influencent donc la note finale de l'ECE. Ainsi, nous pouvons formuler le même type de connaissances professionnelles que celles énoncées par la professeure A à savoir (et déjà mobilisé lors du refus de la liste d'actions paramétrées) :

T= établir les aides majeures et mineures pouvant être proposées à des élèves en difficultés pour la conception d'un protocole.

$\theta_{PrD_PCK_Evaluation_ECE}$ = les activités de formation pendant l'année doivent être semblables à celles lors de l'épreuve d'ECE.

IV.1.4 Concernant les étapes suivantes : prévision, communication, exploitation des résultats et conclusion

Les étapes concernant la prévision, la communication et l'exploitation des résultats avec les consignes ajoutées par la professeure A sont acceptées par l'enseignante. L'enseignante D demande que dans l'étape de la présentation des résultats, la consigne « les images doivent être légendées » soit enlevée car il s'agit d'une consigne trop évidente. Modélisons-le sous la forme praxéologique habituelle :

$\theta_{PrD_PK_Elèves_Difficultés_Consigne}$ = les consignes ne doivent pas énoncer des compétences qui doivent être maîtrisées par les élèves.

Par contre, l'enseignante ne souhaite pas l'étape 5 concernant la conclusion quant à l'hypothèse formulée. Elle inclut cette étape dans l'étape d'exploitation des résultats en notant dans la consigne comme cela est montré ci-dessous :

5 - Exploiter les résultats obtenus pour répondre au problème

Exploitation des documents

Etre concis : Ne détailler que les éléments utiles. Ne pas oublier d'invalider ou de valider votre hypothèse. (J'observe que... Or je sais que... J'en conclus que...)

Nous pensons que cette demande est en relation une fois encore avec le schéma habituel des épreuves d'ECE pour lesquelles il n'y a pas d'explicitation nette de la conclusion à la démarche (en général, l'hypothèse est à valider dans les sujets d'ECE).

T= réunir les consignes concernant l'exploitation des résultats et la conclusion de la démarche au sein de la même étape comme sur les sujets d'ECE.

$\theta_{PrD_PCK_Evaluation_ECE}$ = les activités de formation pendant l'année doivent être semblables à celles lors de l'épreuve d'ECE.

$\theta_{PA_PCK_Stratégies_Entraînement}$ = il est nécessaire de programmer des entraînements aux différentes étapes de l'ECE pendant l'année.

Enfin, nous voudrions revenir sur un élément qui est apparu à plusieurs reprises. L'enseignante D met en parallèle de la consigne une proposition de phrase qui débute par « je » : pour la conception du protocole « ce que je fais », pour les résultats attendus : « je m'attends à... », pour l'exploitation des résultats « J'observe que... Or je sais que... J'en conclus que... ». Cet étayage ajouté par l'enseignante témoigne de l'orientation de son étayage ; en instanciant les questions au sujet « je », elle indique à l'élève ce qu'il doit penser pour l'aider à progresser dans la démarche. De plus, comme ces phases sont utilisées de façon systématique pour les différentes situations scientifiques, cela fournit des repères à l'élève. Ceci est lié à la mobilisation d'une connaissance professionnelle qui appartient au domaine de la pédagogie générale.

Nous modélisons alors les éléments praxéologiques ainsi :

T= doubler les questions par une consigne commençant par « je »

$\theta_{PrD_PK_Consignes_Instanciation}$ = les consignes commençant par « je » aident les élèves à savoir ce qu'ils doivent faire et lui permettent de se repérer dans la démarche et de s'appuyer sur ce qu'ils ont déjà fait pour le même type de consigne.

IV.1.5 Conclusion concernant la praxéologie didactique de la professeure D

Nous récapitulons comme pour les autres enseignantes les types de tâches et technologies les justifiant que nous avons identifiés pour la professeure D.

Nous rajoutons cependant quelques éléments praxéologiques concernant la prise en compte des difficultés des élèves : concernant les difficultés de compréhension des deux types d'IRM par les élèves, l'enseignante D estime que des informations concernant les deux types d'IRM permettront d'aider les élèves. Par contre, elle refuse que soit indiqué le fait de légender les images dans l'étape de présentation des résultats. Là, elle estime qu'avoir l'idée pour les élèves de légender les images ne doit pas être une difficulté donc elle ne veut pas d'étayage particulier concernant le renseignement des images. Ainsi, il s'agit dans un premier temps d'évaluer ce qui va être difficulté pour l'élève et ce qui ne devrait pas l'être pour proposer un étayage. C'est pourquoi nous ajoutons comme élément praxéologique :

T= étayer par des consignes appropriées le travail de l'élève.

$\theta_{PrD_PK_Elèves_Difficultés}$ = seuls les éléments de la leçon posant des difficultés des élèves sont cibles d'un étayage.

Cet élément praxéologique comprend ce que nous avons établi dans notre situation scientifique à savoir les informations utiles pour distinguer la différence d'informations extraites des IRM anatomiques et des IRM fonctionnelles ainsi que notre interprétation du refus de l'enseignante d'indiquer qu'il est nécessaire de légender une image.

D'autre part, à deux reprises nous avons établi des modules praxéologiques concernant la formulation des consignes (concernant le fait qu'elles débutent par un verbe et qu'elles sont en général doublées par une phrase commençant par « je »). Nous considérons que ces deux éléments constituent la technique d'un type de tâches plus général portant sur la formulation des consignes. Et si l'enseignante D estime qu'il faut appliquer ces principes, c'est qu'elle pense que : $\theta_{PrD_PK_Consignes}$ = les principes de formulation des consignes doivent être appliqués pendant toute l'année, pour toutes les situations et ce pour que les élèves aient des repères.

Figure 50 : Modélisation de la praxéologie didactique de l'enseignante D

$T_{\text{Etayer Séance LabNbook}}$ = choisir les étayages à implémenter dans la mission LabNbook par la professeure D.
T= considérer que la mission LabNbook correspond à la fiche habituellement distribuée en début de séance de travaux pratiques.
$\theta_{\text{PrD_PCK_Stratégie_FicheTP/LabNbookMatériel-FicheTP}}$ = sur une fiche de TP distribuée en début de séance, se trouvent les consignes permettant de réaliser la séance. La page de la mission LabNbook remplace les consignes habituellement écrites sur une fiche de travaux pratiques.
T= formaliser une étape « formulation de l'hypothèse » détachée de l'étape « mode opératoire.
$\theta_{\text{PrD_PCK_Enseignement/ApprentissageSciences_PositionnementHypothèse}}$ = la conception du protocole est conduite sous le contrôle de l'hypothèse formulée. L'hypothèse doit appartenir à un bloc distinct.
T= formuler les consignes.
T= formuler les consignes en débutant la phrase par un verbe d'action.
$\theta_{\text{PrD_PK_Consignes_Formulation}}$ = il est nécessaire de débiter toutes les consignes par un verbe. $\theta_{\text{PrD_PCKCommunauté_InstitutFormation}}$ = il s'agit de suivre la recommandation énoncée lors de la formation initiale « débiter toutes les questions posées aux élèves par un verbe ».
T= doubler les questions par une consigne commençant par « je »
$\theta_{\text{PrD_PK_Consigne_Instanciation}}$ = les consignes commençant par « je » aident les élèves à savoir ce qu'ils doivent faire et lui permettent de se repérer dans la démarche et de s'appuyer sur ce qu'ils ont déjà fait pour le même type de consigne.
$\theta_{\text{PrD_PK_Consignes}}$ = les principes de formulation des consignes doivent être appliqués pendant toute l'année, pour toutes les situations et ce pour que les élèves aient des repères.
T= étayer par des consignes appropriées le travail de l'élève.
$\theta_{\text{PrD_PK_Elèves_Difficultés}}$ = seuls les éléments de la leçon posant des difficultés des élèves sont cibles d'un étayage.
T= apporter des informations pour aplanir les difficultés des élèves.
$\theta_{\text{PrD_PK_Elèves_Difficultés_Consigne}}$ = les consignes ne doivent pas énoncer des compétences qui doivent être maîtrisées par les élèves. $\theta_{\text{PrD_PCK_Stratégie_Difficultés_IRM_SupportEcrit}}$ = des informations écrites permettent d'aplanir certaines difficultés des élèves.
T= préciser les renseignements apportés par les IRM anatomiques et ceux apportés par les IRM fonctionnelles.
$\theta_{\text{PrD_PCK_Elèves_Difficultés_IRMa/IRMf_1}}$ = les élèves ont des difficultés à différencier les deux types d'images IRM que nous utilisons en classe ce qui nécessite d'indiquer les données qui peuvent être extraites de ces images.
$\theta_{\text{PrD_PCK_Elèves_Difficultés_SupportEcrit_IRM}}$ = les informations écrites exposant la différence entre ce qu'apporte les IRM anatomiques et IRM fonctionnelles permettent d'aplanir la difficulté des élèves à comprendre la différence entre IRM anatomique et IRM fonctionnelle.
T= étayer la mise en œuvre d'une démarche scientifique en classe.
T= faire formuler une hypothèse à partir d'une situation déclenchante.
$\theta_{\text{PD_PCK_Elèves_Conceptions_Hypothèse}}$ = les élèves en fin de Première S sont capables de formuler une hypothèse dans la situation scientifique décrite. $\theta_{\text{PD_PCK_Elèves_Conceptions_Hypothèse_Loufoque}}$ = les élèves peuvent émettre des hypothèses « loufoques ». $\theta_{\text{PD_PCK_OrientationSciences_Enseignement/ApprentissageDesSciences_VérificationHypothèse}}$ = une démarche d'élève en classe ne doit pas commencer par une hypothèse loufoque. $\theta_{\text{PD_PCK_Stratégie_Vérification_Hypothèse}}$ = le professeur doit vérifier pendant la séance qu'aucun élève ne base sa démarche sur une hypothèse « loufoque ».
T= suivre le canevas de la démarche telle qu'elle est présentée dans les sujets de l'épreuve ECE.
T= établir les aides majeures et mineures pouvant être proposées à des élèves en difficultés pour la conception d'un protocole.
T= réunir les consignes concernant l'exploitation des résultats et la conclusion de la démarche au sein de la même étape comme sur les sujets d'ECE.
$\theta_{\text{PrD_PCK_Evaluation_ECE}}$ = les activités de formation pendant l'année doivent être semblables à celles lors de l'épreuve d'ECE. $\theta_{\text{PA_PCK_Stratégies_Entraînement}}$ = il est nécessaire de programmer des entraînements aux différentes étapes de l'ECE pendant l'année.

IV.2. Mission LabNbook co-construites avec la professeure D

Une seule mission est proposée avec en particulier :

- la formulation de l'hypothèse ;
- la conception d'un protocole avec une préstructuration du protocole avec deux étapes et sans liste d'actions ;
- la prévision des résultats avec un questionnement permettant d'étayer la réflexion de l'élève : indiquer la forme sous laquelle vous pensez observer vos résultats et indiquer les résultats que vous pensez obtenir.
- L'étape de la conclusion a été supprimée.

IV.3. Analyse de l'organisation praxéologique didactique

Les choix de l'enseignante D pour le choix des étayages de sa mission sont régulièrement justifiés par une institution. Ainsi, lorsque la professeure D s'attache à commencer toutes les consignes par un verbe et à doubler la consigne par une consigne instanciée avec le pronom personnel « Je », cela est un modèle transmis par l'institut de formation initiale (PCK_{PD_Communaute_InstitutFormation}). Elle accepte la demande institutionnelle concernant le modèle de l'ECE. En cela, elle montre son assujettissement à deux éléments de l'institution : celle de la formation initiale et celle de son ministère de tutelle. Par contre, elle refuse une partie de l'étayage de la conception du protocole en invoquant l'institution ; de même, elle refuse l'étayage portant sur l'étape de la communication des résultats établi par les autres collègues ayant testé la mission. Elle ne se considère donc pas assujettie aux pratiques de la communauté des collègues de SVT ayant testé la mission LabNbook. L'enseignante D choisit donc les institutions auxquelles elle veut être assujettie. D'autant plus que l'enseignante D accepte la formulation de l'hypothèse qui n'est pourtant pas demandée dans l'épreuve de l'ECE. Ainsi, cette enseignante s'arrange avec certaines attentes institutionnelles qu'elle invoque lorsque cela va dans le même sens que son épistémologie.

L'assujettissement de l'enseignante D est donc fort vis-à-vis de l'institution initiale par contre, elle se ménage une part de liberté au sein du cadre institutionnel pour que son épistémologie soit prise en compte.

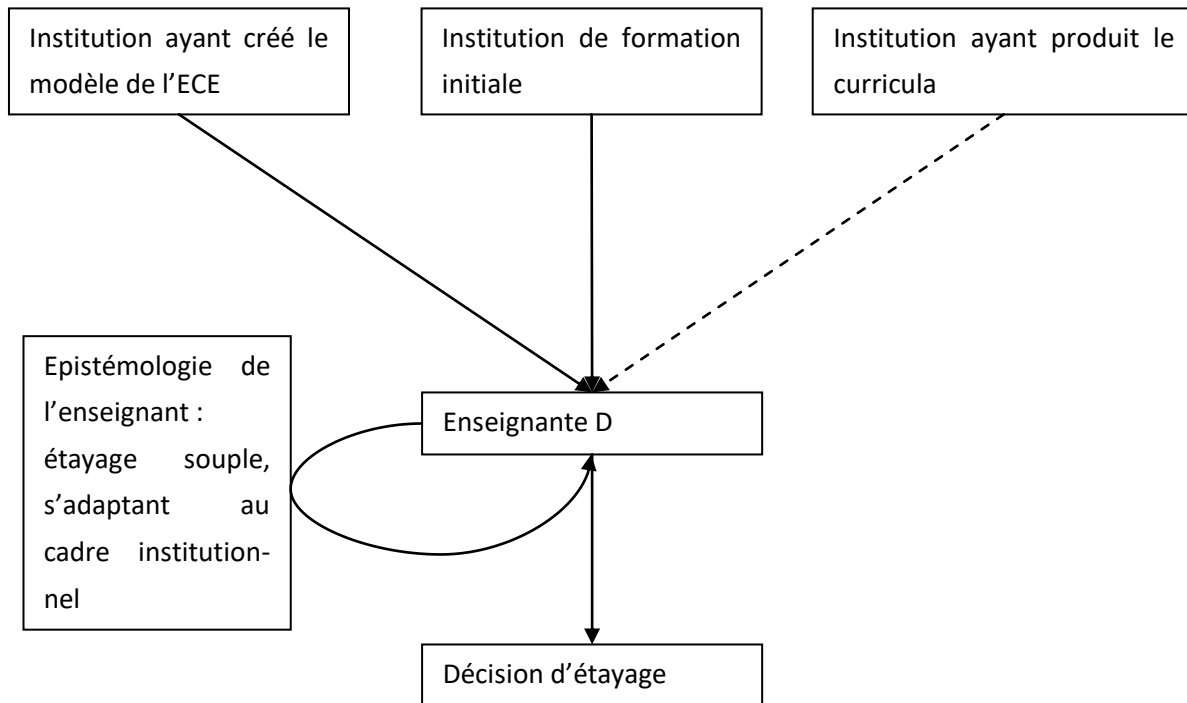


Figure 51 : Assujettissement de l'enseignante D par un « complexe d'institutions » (Chevallard, 1995, p. 1)

Légende :

- > : Assujettissements mis en évidence dans l'expérimentation
- - - - -> : Assujettissements non mis en évidence dans l'expérimentation mais existant (Chevallard, 1995)

V. Bilan concernant les connaissances mobilisées

Lorsque l'on répertorie les différentes catégories des connaissances professionnelles mobilisées par les enseignantes, une constatation s'impose : il y a une grande différence dans le nombre de connaissances mobilisées que nous avons pu expliciter : trente connaissances professionnelles différentes ont été identifiées pour le professeur A, dix-sept pour le professeur D, onze pour le professeur C et neuf pour le professeur B. (Cf. le Tableau 13 ci-dessous).

Tableau 13 : Différentes catégories des connaissances professionnelles mobilisées par les quatre enseignantes

Professeure A	Professeure B	Professeure C	Professeure D
2 PK	1 PK	2 PK	3 PK
2 PCK _{Communauté}			1 PCK _{Communauté}
6 PCK _{Orientation}	2 PCK _{Orientation}	4 PCK _{Orientation}	2 PCK _{Orientation}
7 PCK _{Stratégies}	2 PCK _{Stratégies}	1 PCK _{Stratégies}	4 PCK _{Stratégies}
1 PCK _{Curriculum}			
11 PCK _{Elèves}	3 PCK _{Elèves}	3 PCK _{Elèves}	6 PCK _{Elèves}
1 PCK _{Evaluation}	1 PCK _{Evaluation}	1 PCK _{Evaluation}	1 PCK _{Evaluation}
total : 30	total : 9	total : 11	total : 17

Légende :

- en bleu et gras : catégorie de connaissance professionnelle la plus mobilisée,
- en noir : catégorie de connaissance professionnelle la deuxième la plus mobilisée.

Chapitre 1 : résultats et analyse : la construction des praxéologies didactiques à partir des entretiens avec les enseignantes

La différence dans le nombre des connaissances professionnelles mobilisées peut trouver au moins deux explications :

- Un mode de production des données différents pour les quatre cas de notre expérimentation : en effet, pour les professeures A et D, les entretiens ont été réalisés à distance soit par mail soit par téléphone tandis que pour les professeures B et C, ils ont été effectués en présentiel. Nous pouvons faire l'hypothèse qu'avec ce mode de production des données (en présentiel), apparaît une nécessité moins grande d'explicitier ses propres idées, à se justifier.
- Un engagement pour justifier les décisions d'étayage différent en fonction de chaque enseignante : ainsi, l'enseignante A a cherché à tout justifier, et ceci, bien plus que les trois autres enseignantes ; et, c'est pour elle que le plus de connaissances professionnelles différentes ont pu être établies. Ceci rejoint le fait que les connaissances professionnelles sont difficilement explicitées (Jameau, 2017; Neumann et al., 2019; Park & Chen, 2012). Or, notre modélisation de l'activité d'étayage est très dépendante de la façon dont chaque enseignante a cherché à justifier ses choix.

De plus, la catégorie de connaissances la plus souvent mobilisée est souvent celle liée à la connaissance des difficultés de l'élève. La professeure B mobilise seulement 3 PCK élèves et elle propose un étayage de niveau élevé et la professeure D mobilise 6 PCK élèves et propose un étayage beaucoup plus souple. Donc, le fait de pouvoir expliciter les difficultés des élèves semble être en lien avec la mise en place d'un étayage souple (Bucheton & Soulé, 2009; Lavoie et al., 2006).

Enfin, il semble que ce ne soit pas le nombre de connaissances dans une catégorie qui donne leur poids dans la prise de décision de l'étayage car il n'y a qu'une seule connaissance liée à l'institution (PCK_{Evaluation} liée à l'ECE) pour toutes les enseignantes et c'est elle qui donne le cadre général de la séance sans être remise en cause.

VI. Conclusion du chapitre 1

Les praxéologies didactiques des quatre enseignantes ont été établies à partir des échanges lors de la préparation d'une séance d'enseignement portant sur la notion de Plasticité cérébrale en choisissant les étayages embarqués dans la plateforme LabNbook. Un deuxième objectif de ces entretiens menés avec chacune des enseignantes volontaires était la mise au point d'une mission LabNbook.

A l'issue de ces échanges, il s'avère que les missions LabNbook choisies sont globalement les mêmes pour les professeures A et B et C même si cette dernière enseignante n'a souhaité qu'une seule version de la mission, celle la plus étayée. La professeure D a demandé, elle, des étayages différents des autres professeurs.

La construction des praxéologies didactiques montre que chacune est spécifique à une enseignante même si certaines connaissances professionnelles sont communes. Ces praxéologies didactiques nous ont permis de nous interroger sur le poids des contraintes institutionnelles face aux connaissances professionnelles liées à l'épistémologie de l'enseignant. Et, dans chaque organisation praxéo-

logique didactique, les choix d'étayage apparaissent comme étant un compromis entre deux pôles : le premier constitué par les contraintes institutionnelles et le deuxième par l'épistémologie du professeur forcément individuelle, compromis penchant parfois plus vers l'un ou l'autre des deux pôles. De plus, il semble que l'effet de l'expérience professionnelle soit visible : plus l'expérience professionnelle dans le niveau considéré est grande et plus l'enseignante « s'arrange » avec les attentes institutionnelles.

Nous allons maintenant discuter de nos résultats en les mettant en regard avec la littérature.

Chapitre 2. Discussion des résultats : L'étayage, produit d'un équilibre entre demandes institutionnelles et exigence épistémologique indi- viduelle

Table des matières détaillée du chapitre 2

I. Relation entre attentes institutionnelles et connaissances professionnelles concernant l'apprentissage et l'enseignement des sciences lors de la mise en place d'étayage	275
II. Les connaissances professionnelles non reconstruites dans les organisations praxéologiques didactiques	278
III. Conclusion du chapitre 2	279

Une mission LabNbook portant sur la notion de plasticité cérébrale en classe de Première S a été co-conçue avec chacune des quatre enseignantes volontaires. Pour cela, nous avons conduit des entretiens. Ceux-ci nous ont permis d'établir des éléments de la praxéologie didactique de chaque professeure et en particulier les éléments de technologie constituant le *logos* de chaque enseignante. Ces éléments de technologie ont été catégorisés en nous appuyant sur le modèle des PCK.

Notre première question de recherche porte sur le poids relatif entre épistémologie de l'enseignant qui, d'après le modèle des PCK, oriente la façon d'enseigner d'un professeur et les conditions et contraintes institutionnelles qui, d'après la Théorie Anthropologique du Didactique, donne la direction à suivre pour enseigner. Ainsi, il peut y avoir conflit entre l'épistémologie du professeur et les demandes de l'institution à laquelle est assujetti cet enseignant.

I. Relation entre attentes institutionnelles et connaissances professionnelles concernant l'apprentissage et l'enseignement des sciences lors de la mise en place d'étayage

Chaque enseignante a mobilisé des connaissances professionnelles influencées par les demandes institutionnelles et d'autres issues de leur propre épistémologie.

Chapitre 2 : Discussion des résultats : l'étayage : équilibre entre demandes institutionnelles et exigences épistémologiques individuelle

Concernant les structures à l'origine des contraintes institutionnelles, cinq institutions dans notre expérimentation, ont été identifiées : 1) l'institution ayant élaboré le curriculum, 2) celle ayant établi l'épreuve d'évaluation des capacités expérimentales. Ces deux institutions ont un rayonnement national. 3) L'organisme de formation initiale est une institution dont le rayonnement est limité dans le temps (=le temps de la formation) bien qu'il irrigue les pratiques par la suite. Il y a 4) l'institution correspondant aux collègues de SVT du lycée d'appartenance, institution de rayonnement local et enfin, 5) celle des collègues de SVT d'autres lycées de l'académie, d'influence régionale, formant des collectifs (Gueudet & Trouche, 2008, p. 7), cette dernière relayant les conditions de l'institution de recherche à laquelle nous appartenons. Toutes ces structures forment un « complexe d'institutions » (Chevallard, 1995, p. 1) dont l'importance relative de l'une sur l'autre reste un choix individuel.

Les connaissances professionnelles liées au curriculum et à l'épreuve d'évaluation des capacités expérimentales du baccalauréat sont mobilisées par les quatre enseignantes. Or, ces connaissances sont liées à des institutions de rayonnement national. Ainsi, les enseignantes dans leur position de professeur au sein de ces institutions cherchent à avoir un rapport personnel à l'objet d'étude conforme au rapport institutionnel (Chevallard, 1995).

Concernant l'influence des communautés à rayonnement local et régional, elle est surtout identifiée chez l'enseignante A et aussi chez l'enseignante B. Or ces deux enseignantes proposent un étayage de haut niveau voire du surétayage. Lavoie et al (2006, p. 12) montrent que chez les enseignants stagiaires, le niveau d'étayage est plus fort du fait de « ce doute [...] quant à la capacité de leurs élèves à s'engager dans cette tâche [complexe...] ainsi que leur faible tolérance aux méprises [des élèves] ». Il nous semble reconnaître ce comportement chez ces deux professeures : elles ne souhaitent pas avoir des élèves en échec et augmentent alors le niveau d'étayage en intégrant des éléments d'étayage d'autres institutions que celles qui ont un rayonnement national. Les choix d'un enseignant se construisent avec la connaissance de « sa classe, ses élèves, les modalités d'interactions possibles, les contextes historiques, institutionnels, programmatiques, sociaux, cognitifs » (Calmettes, 2012, p. 43). Or ces connaissances peuvent se construire avec le temps d'enseignement (Brun-Ramousse, 2015; Jameau, 2015). Ainsi, les professeures A et B, considérées comme novices dans le niveau de classe considéré (Première S), semblent sans repère ; elles n'ont pas encore construit leurs connaissances et de la même façon « qu'un professeur stagiaire [...] tend, par sécurité, à se conformer aux normes dominantes » (Lagrange et al., 2006, p. 144), les professeures A et B s'appuient sur tous les éléments institutionnels qu'elles perçoivent pour concevoir leurs étayages. Grangeat (2011, p. 80) l'exprime ainsi : « les enseignants, et tout spécifiquement les nouveaux enseignants, exercent dans un monde commun d'enseignement qui les précède, qui est déjà là et s'impose à eux ». Ces professeures novices venant juste d'entrer dans une institution nouvelle pour elles et souhaitant en devenir de bons sujets, cherchent à mettre en conformité leur rapport personnel avec le rapport institutionnel (Chevallard, 2015). Mais comme celui-ci n'est pas explicité par l'institution de niveau national, elles s'appuient sur ce qu'elles en perçoivent dans les institutions de niveau local. Et, lorsque les deux professeures A et B perçoivent la différence entre leur PCK liée à la conception de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences et les attentes institutionnelles

locales⁸⁶, elles préfèrent suivre ce cadre institutionnel local (la communauté des enseignants de SVT) qui semble être une voie pour se mettre en conformité avec le rapport institutionnel. Ainsi, la construction de leur étayage prend en compte des attentes institutionnelles issues d'une imbrication d'institutions ayant des rayonnements différents (national, régional, local), considérant un élément d'une certaine institution, puis un autre élément d'une autre institution, etc. Faire ainsi les sécurise. Les enseignantes C et D, elles, refusent pour l'une la possibilité de différenciation des missions de LabNbook et pour la deuxième, la possibilité de proposer une liste d'actions paramétrées pour la conception du protocole. Elles s'affranchissent là de l'institution locale. Ceci s'explique par le fait qu'au cours de leur expérience professionnelle, en tant que bon sujet de l'institution, leur rapport personnel s'approche du rapport institutionnel et ces enseignantes n'ont plus besoin de s'appuyer sur les institutions locales pour se sentir des bons sujets de l'institution. L'enseignante C et l'enseignante D ne se réfèrent qu'aux institutions nationales et prennent peu en compte les attentes des institutions locales. Et, ces enseignantes proposent un étayage souple.

Ainsi, l'expérience professionnelle participe à la construction d'un rapport personnel qui semble autoriser une certaine distanciation avec le cadre institutionnel : priorité est donnée aux attentes des institutions à rayonnement national et l'étayage mis en œuvre est souple.

Concernant l'enseignante D, elle se réfère à l'institution de formation initiale en expliquant que sa façon de formuler les consignes correspond à ce qu'on lui avait appris lorsqu'elle était stagiaire. Nous retrouvons là l'idée que Margolinas et al (2005, p. 5) avaient relevé, à savoir « l'impact effectif de la formation initiale [...] très important » sur la conception d'un enseignement car « ce qui est présenté et étudié [en formation initiale] jouent un rôle décisif comme modèle ». Ici, la façon de formuler les consignes a été apprise par l'enseignante D lors de sa formation initiale et elle le prend comme modèle.

Notre première question de recherche concernait le poids relatif entre contraintes institutionnelles et épistémologie dans le choix des étayages par les enseignants. Il apparaît que les contraintes institutionnelles à rayonnement national sont prises en compte par toutes les enseignantes. L'assujettissement est donc fort. Par contre, les institutions à rayonnement local ont une grande importance pour les enseignantes qui n'ont que peu d'expérience dans le niveau de classe considéré et ce sont ces enseignantes qui ont tendance à produire un étayage serré. De plus, il semble y avoir une importante influence de l'institution de formation initiale. Ces assujettissements font que les connaissances professionnelles liées à l'enseignement et à l'apprentissage de la science spécifiques à chaque enseignante ne sont pas toujours prises en compte dans leur praxéologie didactique.

Nous avons discuté des PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} liées à l'apprentissage et à l'enseignement des sciences mais le modèle théorique des connaissances professionnelles proposent d'autres types de

⁸⁶ Les deux professeures considère que l'hypothèse testée en classe doit toujours être valide (professeure A) et qu'en classe, ce qui est dit doit être « vrai » (professeure B).

connaissances or certaines n'ont pas pu être explicitées à partir des entretiens. Nous en discutons dans le paragraphe suivant.

II. Les connaissances professionnelles non reconstruites dans les organisations praxéologiques didactiques

Les connaissances professionnelles sont catégorisées en plusieurs types : les SMK, Les PK, les KofC et les PCK. Parmi les PCK, les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} ont une expérience particulière car elles « chapeautent » les autres (Magnusson et al., 1999; Shulman, 1986). Ces PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} peuvent être catégorisées en trois PCK différentes : les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_Finalités-Buts}, les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_NOS} et les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_Conceptions-Enseignement/Apprentissage} (Friedrichsen et al., 2011) ; nous avons déjà discuté de ces dernières dans le paragraphe précédent.

Les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_Finalités-Buts} et les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences_NOS} n'ont pas pu être reconstruites à partir du discours des enseignantes.

Demirdöğen (2016, p. 515) affirme que les PCK liées à la nature de la science ne sont mobilisées que si « elles sont liées à des objectifs d'enseignement scientifique » ; ainsi si il n'y a pas une notion concernant la nature de la science à faire apprendre, les enseignants ne l'explicitent pas (Pélissier & Venturini, 2016) ; ce n'est pas dans leurs habitudes. (Maurines et al., 2013). Or, dans la séance proposée, il n'y avait pas de notions explicites à enseigner concernant la nature de la science donc les enseignantes n'ont pas pris en compte dans leur enseignement (et donc dans leur étayage) des éléments de la nature de la science.

Les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} liées aux buts et aux finalités de la science n'ont pas été non plus repérées dans les échanges avec les quatre enseignantes. Ces connaissances peuvent être liées à des notions comme l'intervention de l'enseignement de la science dans la construction d'un citoyen responsable (Hasni et al., 2006). Et, les enseignantes n'ont pas eu à expliciter ce type de notions pour décrire leurs choix d'étayage.

A aucun moment, nous avons établi des connaissances disciplinaires sur le contenu (ou SMK) pour nos quatre enseignantes. Ces connaissances liées à la discipline sont difficilement évoquées dans des discours entre enseignants (Jameau, 2012). Cet auteur (2012, p. 126) explique « dans le second degré, les enseignants sont disciplinaires ; ils ont tous un niveau d'étude scientifique équivalent et ne cherchent pas à justifier « théoriquement » leurs choix ». Dans notre expérimentation, la mission proposée à l'examen des enseignantes et le discours tenu par le chercheur montraient que les notions scientifiques mobilisées étaient maîtrisées par tous les acteurs de l'expérimentation. Les enseignantes volontaires n'ont pas alors trouvé utile d'explicitier les SMK éventuellement mobilisées pour la co-conception de la mission même si elles sous-tendent les discours liés aux difficultés des élèves par exemple.

Les connaissances liées au contexte, les KofC, n'ont pas été identifiées. Ce type de connaissances correspond à des éléments caractérisant la communauté et le fonctionnement des financements de l'établissement. Les KofC sont mobilisées lorsque des caractéristiques socioculturelles particulières sous-tendent des choix professionnels (Jameau, 2015). Les choix réalisés par les enseignantes lors de l'expérimentation ne sont pas orientés par les caractéristiques socioculturelles des élèves.

Enfin, les TPCK n'ont pas été identifiées dans notre recherche. Nous l'expliquons aisément par le fait que lors de la conception des missions avec LabNbook, l'utilisation des fonctionnalités de la plateforme LabNbook pour rédiger les consignes, etc... a été réalisée par le chercheur. C'est donc nous qui avons pris en charge la mise en forme du document sur la plateforme LabNbook ce qui n'a pas permis l'expression de TPCK par les enseignantes.

III. Conclusion du chapitre 2

Le degré d'étayage semble être lié à l'expérience professionnelle de l'enseignant. Chez un enseignant novice, il y a prise en compte des attentes de plusieurs institutions, qu'elles aient un rayonnement national ou local. En effet, un enseignant novice, pour être un bon sujet de l'institution, cherche à construire un rapport personnel conforme à l'institutionnel et pour cela, il s'aide de ce complexe d'institutions. Cette imbrication d'attentes institutionnelles conduit à la mise en place d'un étayage de haut niveau d'une part et d'autre part à un étouffement de la propre épistémologie de l'enseignant car non conforme. Ces deux effets tendent à s'atténuer chez les enseignants confirmés. Ceux-ci n'ont plus besoin du relai des institutions locales qui, finalement, ont moins de légitimité que l'institution nationale et au sein de ce seul cadre institutionnel national, leur épistémologie, conforme à l'institution, peut donc s'exprimer.

Conclusion de la Partie 4

La construction des praxéologies didactiques de chacune des professeures volontaires permet d'établir la part des contraintes institutionnelles et des éléments de l'épistémologie du professeur qui interviennent dans le choix des étayages. L'analyse de ces praxéologies didactiques permet déjà, avant la mise en œuvre de l'étayage, de distinguer des caractéristiques individuelles de l'étayage et donc du partage de l'étayage avec la plateforme LabNbook.

Ainsi, l'assujettissement à un complexe d'institutions est observable pour chaque enseignante. Ces institutions peuvent être à rayonnement local ou national. Ce complexe contribue à construire un complexe d'attentes institutionnelles imbriquées. L'ensemble des attentes est pris en compte surtout par les enseignantes novices dans le niveau d'enseignement, car ces enseignantes ne disposent pas de repère dans le niveau enseigné. Par contre, pour les enseignantes expérimentées, leur épistémologie étant proche de ce qui est attendu par l'institution nationale, elles prennent surtout en compte le cadre formé par les institutions à rayonnement national.

Ainsi, le *logos* ayant trait à l'épistémologie de l'enseignant intervient dans la mise en place de l'étayage mais surtout lorsque l'enseignant est expérimenté.

Quelques jours ou quelques semaines après ces entretiens selon les enseignantes, la mission conçue est réalisée par chaque professeure avec leur classe. Pendant la séance, chaque élève (ou binôme d'élèves) se connecte(nt) à la plateforme LabNbook et complète(nt) en ligne le rapport numérique au fur et à mesure de la séance. Les productions verbales de chaque enseignante pendant toute cette séance sont enregistrées et sont analysées. Dans la partie suivante est présentée l'analyse des productions verbales de chaque enseignante pour chacune des séances dans leur totalité.

Partie 5. Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

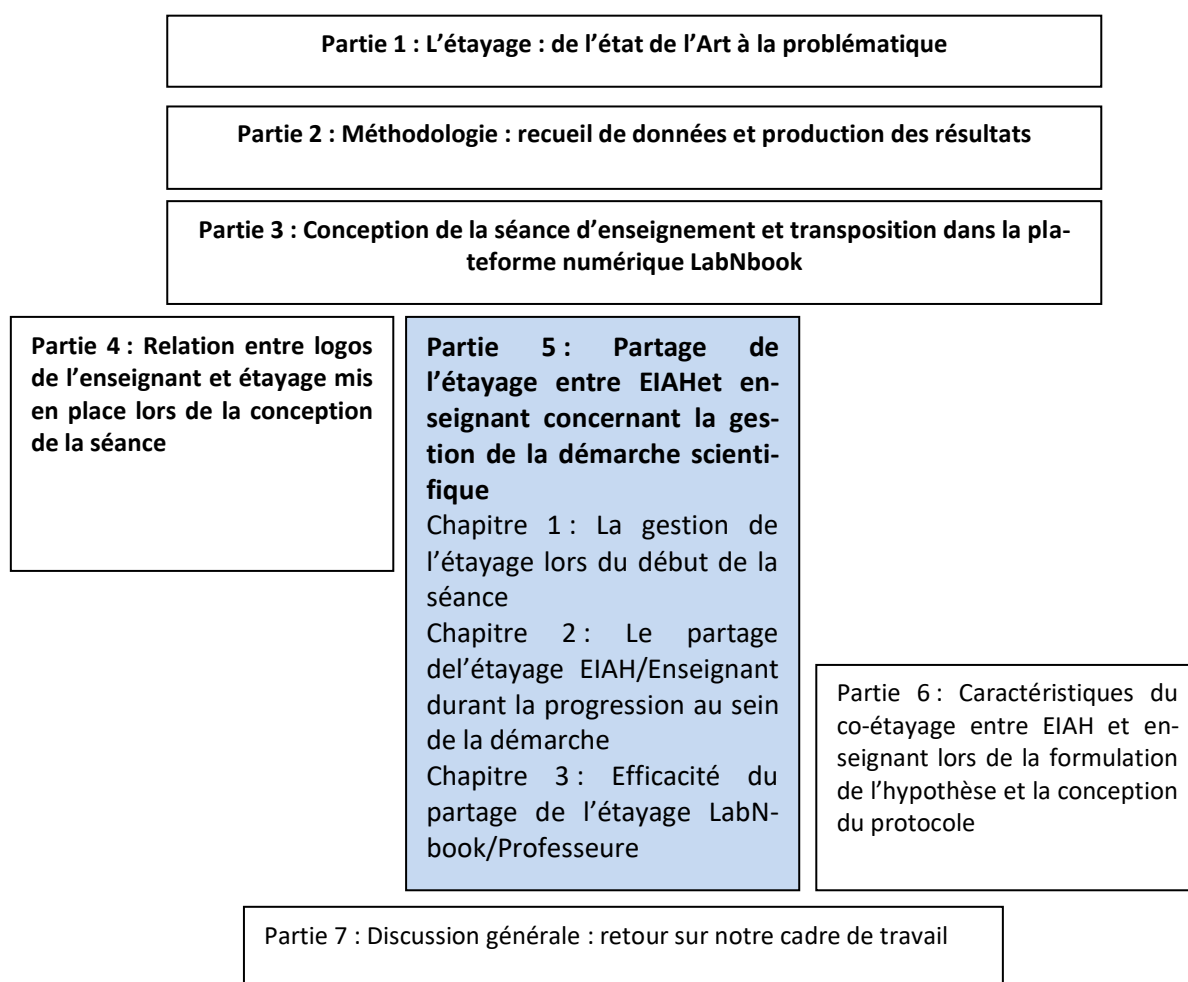


Figure 52 : Avancée dans le manuscrit

La mission LabNbook a été co-construite avec chacune des quatre enseignantes volontaires et leurs choix d'étayage ont été transposés dans la plateforme LabNbook. Chacune a ensuite réalisé cette séance avec sa classe. Dans la classe, chaque enseignante aide les élèves de la façon habituelle mais il

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

faut, dans le cadre de notre expérimentation, partager son « espace » avec l'EIAH. C'est cette façon de partager l'aide que nous allons analyser.

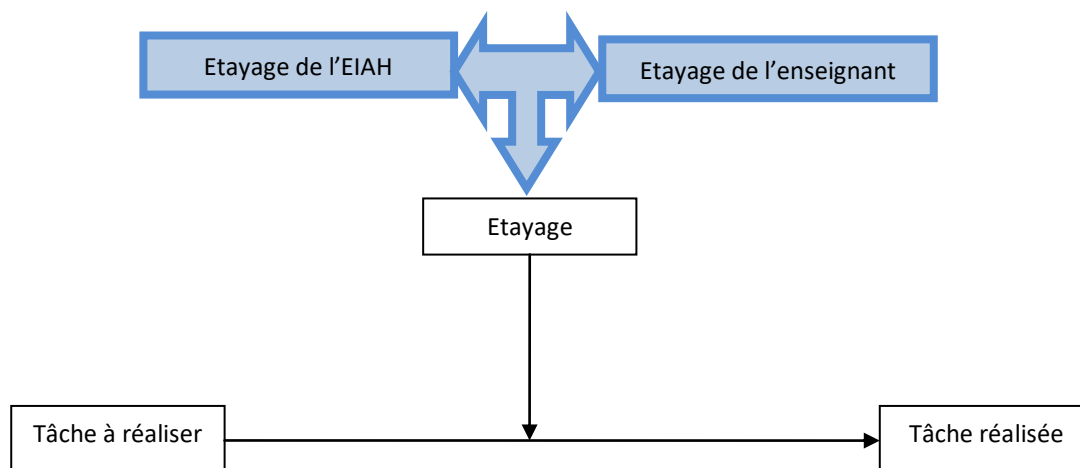


Figure 53 : Schématisation de la question de recherche n°2

L'étayage mis en œuvre pendant la séance pour permettre la réalisation des tâches par l'élève est un co-étayage entre celui embarqué dans l'EIAH et celui réalisé par l'enseignante, co-étayage dont nous ne connaissons pas les contours.

Pour cela, la séance a été filmée et les paroles échangées entre enseignante et élèves ont été enregistrées. A partir du sens des propos prononcés pendant la séance, nous avons établi quel était l'objet de l'échange avec l'élève (Cf. méthodologie présentée dans Partie 2.Chapitre 3 : Recueil et traitement des données permettant l'analyse de l'étayage mis en œuvre lors de la réalisation de la séance d'enseignement dans sa globalité ci-dessus en page 107).

L'objet des échanges peut être soit la gestion de l'atmosphère ou celle du temps intervenant dans la mise en place d'une atmosphère propice au travail ou bien alors correspondre à l'étayage du travail de l'élève. Dans ce dernier cas, en prenant en compte le sens des paroles, chaque moment d'étayage est associé à une étape de la démarche scientifique, démarche scientifique structurant l'activité de l'élève. Ainsi, dans l'analyse de la séance entière qui fait l'objet de cette partie du manuscrit, les moments d'étayage sont associés à une étape de la démarche scientifique ainsi qu'au public visé par cet étayage, c'est-à-dire un élève, un binôme d'élèves ou la classe entière. Ainsi, la séance entière est « découpée » en une suite d'échanges caractérisés par un public identifié et chaque échange est associé à une étape de la démarche scientifique ; un même échange peut être subdivisé en différents moments correspondant chacun à l'étayage d'une étape de la démarche scientifique. La succession de ces différents moments pour chaque séance constitue le premier type de résultats.

L'analyse de la succession des différents moments de séance a nécessité parfois de prendre en considération d'autres données :

- Le temps que l'enseignante passe à étayer chaque étape de la démarche scientifique pendant la réalisation de la séance qui a pu être calculé, de même, qu'a été établi le temps passé avec la classe entière comme public visé par l'étayage.
- Les paroles prononcées par l'enseignante : certains propos tenus par l'enseignante lors des échanges peuvent être riches d'enseignement. C'est pourquoi certaines paroles ont été extraites de la séance pour être analysées.
- Les réponses d'élèves dans les comptes-rendus : lors des échanges, nous pouvons établir l'aide apportée par l'enseignante mais nous ne pouvons pas nous rendre compte de l'effet de cette aide. Les réponses rédigées dans leur compte-rendu par chaque élève nous permettent de l'établir.

L'analyse de la distribution de l'étayage au cours de la séance entière a permis d'identifier des temps communs aux six séances réalisées, un temps correspondant au « début de la séance » et un temps correspondant à la suite de la séance. Nous présentons les caractéristiques de ces deux temps de la séance et leur analyse dans les chapitres 1 et 2. Le chapitre 3 nous permet d'aborder l'efficacité du co-étayage.

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

Chapitre 1. La gestion de l'étayage lors du début de la séance

Table des matières détaillée du chapitre 1

I.	Résultats : les caractéristiques du début de la séance	287
I.1.	Le public visé par l'étayage de l'enseignante.....	287
I.2.	Les objets des échanges de début de la séance.....	289
II.	Analyse et discussion : l'organisation de l'étayage entre l'enseignant et la plateforme LabNbook lors du début de la séance.....	293
III.	Conclusion du chapitre 1.....	294

La progression de l'étayage pendant la séance a été identifiée en fonction à la fois de l'étape de la démarche scientifique étayée et en fonction du public auquel est destiné l'étayage, public constitué soit par les différents groupes d'élèves soit par la classe entière.

Les transcriptions complètes ainsi que l'association à chaque moment de l'échange de l'étape de la démarche scientifique et du public sont présentées en Annexe 7 L'analyse de ces transcriptions correspond à nos résultats.

I. Résultats : les caractéristiques du début de la séance

Chaque scénario correspond à une succession dans le temps de cases complétées par le nom du public soit « classe » pour classe entière soit par exemple « E1 » pour le groupe d'élève que nous avons désigné comme le premier groupe.

I.1. Le public visé par l'étayage de l'enseignante

Pour les six séances, il apparaît que durant la première dizaine de minutes, le seul public visé par l'enseignante est la classe entière.

Les durées durant lesquelles chaque étape de la démarche scientifique est abordée ont été calculées de même que les durées durant lesquelles l'enseignante s'adresse à la classe entière. Ces différentes durées sont présentées dans la figure 54 ci-après.

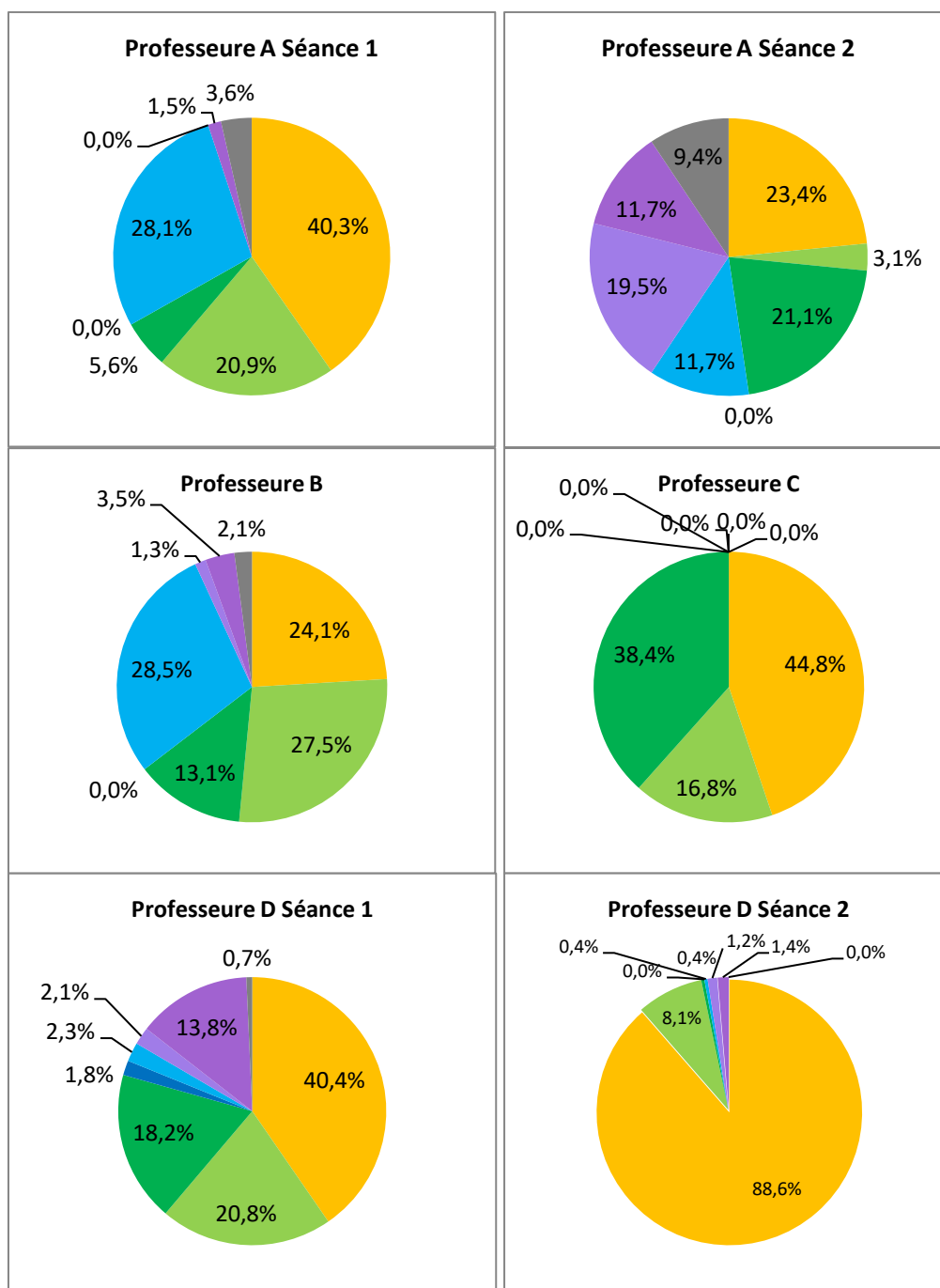


Figure 54 : Temps durant lequel chaque enseignante s'adresse à la classe entière en fonction de chaque étape de la démarche scientifique

Légende :

- Présentation de la situation scientifique et problématisation
- Formulation des hypothèses
- Conception du protocole
- Réalisation du protocole
- Communication des résultats
- Exploitation des résultats
- Conclusion

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

C'est lors de la présentation de la séance scientifique que se fait le maximum des échanges entre l'enseignante et la classe entière : 40% des échanges entre la Professeure A et la classe entière se font à ce moment là (avec le groupe 1), 23% pour cette même professeure avec le groupe 2, 45% pour la professeure C, 40% avec le groupe 1 pour la professeure D et 89% avec le groupe 2. Seule la professeure B n'obéit pas à ce schéma : les échanges avec la classe sont plutôt dévolus à la réalisation du protocole (29%) qu'à la présentation de la situation (24%). Ce moment en début de séance concentre les moments où l'enseignante s'adresse à la classe entière.

I.2. Les objets des échanges de début de la séance

Deux objets d'enseignement sont au cœur des discours de ces débuts de séance ; il y a le concept de la plasticité cérébrale et celui de la démarche scientifique.

Concernant le concept de plasticité cérébrale, il apparaît que les enseignantes se partagent en deux groupes selon leur stratégie :

- Les enseignantes A et C présentent la situation et le problème à résoudre sans pour autant s'appesantir dessus et cette étape n'excède pas 1'30 ;
- Les enseignantes B et D entament un échange avec la classe dont l'objectif est de remobiliser les acquis ; et cela prend plusieurs minutes (5'58 pour la professeure B, 3'49 et 9'20 pour la professeure D lors de la réalisation de, respectivement, la séance 1 et la séance 2) (Cf. graphiques présentés ci-dessus Figure 54). Dans ce deuxième cas, un échange avec la classe permet de redéfinir les notions qui vont être utilisées. Un exemple peut être pris avec la professeure D lors de la réalisation de la séance 1 ; l'Extrait 8 ci-dessous Extrait 8 présente l'échange :

Extrait 8 : de la séance de la professeure D, groupe 1

Temps	Locuteurs	Productions verbales
0:10:15	PrD	ça veut dire qu'il y a un problème au niveau des vaisseaux sanguins quel problème on a pu avoir soit les vaisseaux se sont bouchés soit il y a une hémorragie (COM : écriture au tableau)est-ce que tout le monde est d'accord avec ça le problème est que si les vaisseaux sont bouchés il y a une hémorragie (COM : Réalisation d'un croquis au tableau en parallèle de la discussion) conséquence qu'est-ce qu'il va se passer au niveau cellulaire
0:10:46	E	il n'y a plus d'apport en nutriments et
0:10:53	PrD	en nutriments et en quoi
0:10:55	E	En dioxygène
0:10:56	PrD	en dioxygène oui d'accord donc les cellules qu'est-ce qu'elles vont finir par faire elles vont mourir c'est ce qu'on vous explique ici comment on appelle les cellules du cerveau
0:11:01	E	(inaud.)
0:11:03	PrD	les neurones ne sont plus irrigués absence de dioxygène et de nutriments quand on vous dit en fait ici que les les neurones vont dégénérer ils vont mourir c'est bon pour tout le monde ça Alors chez cette dame on va observer des symptômes euh notamment on va détecter une incapacité à lire. Lire est une tâche qui est complexe en tout cas d'un point de vue cérébral à votre avis qu'est ce qui va se passer pour que je puisse lire la première chose quand je lis

Chapitre 1 : La gestion de l'étayage lors du début de la séance

Dans cet extrait, la professeure D reprend les notions de cortex cérébral visuel, de neurones en tant que cellule nécessitant du dioxygène et des nutriments. L'enseignante extrait ces notions du contexte dans lequel elles ont été construites pour les mettre en évidence dans l'optique de la résolution du problème scientifique. L'enseignante cherche à établir un cadre commun sur lequel s'appuyer pour débiter la séance.

Le deuxième objet d'étude qui est la démarche scientifique est aussi au cœur des échanges de début de cours : chaque professeure rappelle les étapes de la démarche scientifique, étapes qui vont devoir être réalisées. Le rappel des étapes de la démarche scientifique peut se faire « dans l'ordre » ou non, en les décrivant succinctement ou simplement en nommant l'étape.

Dans les tableaux qui suivent est présenté l'ordre dans lequel chaque enseignante présente les étapes de cette démarche scientifique.

Lors de la réalisation de la séance, **la professeure A** présente la situation rapidement et décrit rapidement quelques étapes de la démarche et ceci pour les deux groupes. Les deux tableaux (Tableau 14 et Tableau 15 ci-dessous) qui suivent proposent le « schéma » du début de séance pour les deux groupes :

Tableau 14 : Succession de l'objet des échanges entre l'enseignant A et la classe du groupe 1 en début de séance

Temps	Durée	Situation	Hypothèse	Conception	Prévision	Réalisation	Communication	Exploitation	Conclusion
00:08:56	00:00:50	classe							
00:09:49	00:00:26			classe					
00:10:15	00:00:35		classe						
00:10:50	00:00:29					classe			
00:11:19	00:00:16								

Tableau 15 : Succession de l'objet des échanges entre l'enseignant A et la classe du groupe 2 en début de séance

Temps	Durée	situation	hypothèse	Conception	Prévisions	Réalisation	Communi- cation	Exploitation	Conclusion
00:03:15	00:00:30	classe							
00:03:45	00:00:15					classe			
00:04:00	00:00:15						classe		
00:04:15	00:00:15							classe	
00:04:30	00:00:10								classe
00:04:40	00:00:10					classe			

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

Les indications concernant les étapes de la démarche ne sont pas les mêmes entre le premier et le deuxième groupe mais sont cependant globalement prises en compte dans le discours dans l'« ordre » classiquement évoqué (présentation de la situation scientifique avec formulation du problème – formulation de(s) hypothèse(s) – conception du protocole – réalisation du protocole – exploitation des résultats – conclusion quant à l'hypothèse formulée).

Pour le premier groupe, il y a mention de l'étape de l'hypothèse et de la conception du protocole alors que ces rappels disparaissent pour le second groupe et ce sont les étapes concernant le travail sur les résultats qui sont mentionnées. Nous ne pouvons pas croire que ces oublis sont liés au fait que l'enseignante pensait que ces étapes ne poseraient pas problème ; nous pensons plutôt que l'enseignante reste sur les derniers souvenirs qu'elle a de la séance du groupe 1 et les derniers souvenirs portent sur le travail des résultats.

Pour la **professeure B**, les étapes de la démarche sont mentionnées dans son discours à la classe (sauf la prévision des résultats et leur communication) mais de façon assez inhabituelle : du protocole, on passe à la situation, qui nous amène à la réalisation, puis on revient à la situation, bref, ... une présentation qui ne suit pas le déroulé de la démarche scientifique classique (Cf. schéma dans le Tableau ci-dessous).

Tableau 16 : Succession de l'objet des échanges entre l'enseignant B et sa classe en début de séance

Heure	Durée	Situation	Hypothèse	Protocole	Prévisions	Réalisation	Communication	Exploitation	Conclusion
0:01:33	00:01:19			classe					
0:02:52	00:06:28								
0:09:20	00:00:10	classe							
0:09:30	00:00:10					classe			
0:09:40	00:02:17	classe							
0:11:57	00:00:29								
0:12:26	00:02:29	classe							
0:14:55	00:00:05		classe						
0:15:00	00:00:10			classe					
0:15:10	00:00:05								classe
0:15:15	00:00:15			classe					
0:15:30	00:00:15					classe			
0:15:45	00:00:17							classe	
0:16:02	00:00:16								classe
0:16:18	00:00:28								
0:16:46	00:00:03					classe			

Chapitre 1 : La gestion de l'étayage lors du début de la séance

Concernant l'enseignante C, la situation est présentée ainsi que les deux premières étapes de la démarche : la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole et ne va pas au-delà (Cf. Tableau 17 ci-dessous). L'enseignante C précise à ses élèves pendant son discours qu'il s'agit d'un exercice qu'ils n'ont pas travaillé en Première S mais qu'ils le feront en terminale S pour la préparation au baccalauréat.

Tableau 17 : Succession de l'objet des échanges entre l'enseignant C et sa classe en début de séance

Temps	Durée	Situation	Hypothèse	Conception	Prévisions	Réalisation	Communication	Exploitation	Conclusion
00:05:44	00:00:56	classe							
00:06:40	00:00:34			classe					
00:07:14	00:00:21		classe						
00:07:35	00:01:12								
00:08:47	00:02:33			classe					

Enfin pour la professeure D, la présentation de la situation et les étapes de la démarche scientifique se font de façon très méthodique et en particulier avec le premier groupe (Cf. Tableau 18 et Tableau 19 ci-dessous).

Tableau 18 : Succession de l'objet des échanges entre l'enseignant D et le groupe 1 en début de séance

Temps	Durée	Situation	Hypothèse	Conception	Prévision	Réalisation	Communication	Exploitation	Conclusion
0:00:00	00:08:24								
0:08:24	00:03:49	classe							
0:12:13	00:01:53		classe						
0:14:06	00:00:14			classe					
0:14:20	00:00:10				classe				
0:14:30	00:00:13					classe			
0:14:43	00:00:12						classe		
0:14:55	00:00:03							classe	
0:14:58	00:00:04								classe

Tableau 19 : Succession de l'objet des échanges entre l'enseignant D et le groupe 2 en début de séance

Temps	Durée	Situation	Hypothèse	Concep- tion	Prévision	Réalisa- tion	Communi- cation	Exploita- tion	Conclusion
00:01:45	00:00:15	classe							
00:02:00	00:02:08								
00:04:08	00:06:57	classe							
00:11:05	00:00:25		classe						
00:11:30	00:00:26	classe							
00:11:56	00:00:03		classe						
00:11:59	00:00:02			classe					
00:12:01	00:00:02					classe			
00:12:03	00:00:06						classe		
00:12:09	00:00:07							classe	
00:12:16	00:00:14		classe						

Ainsi, ce temps de début de séance est caractérisé par un public particulier : la classe entière et par les objets des échanges qui sont la présentation de la situation et le rappel des différentes étapes de la démarche scientifique. Ce temps existe pour les six séances réalisées par les quatre professeures différentes ; nous considérons qu'il s'agit d'un moment particulier de la séance que nous nommons « début de la séance ».

II. Analyse et discussion : l'organisation de l'étayage entre l'enseignant et la plateforme LabNbook lors du début de la séance

Dans l'organisation praxéologique didactique des quatre enseignantes, toutes présentent face à la classe entière la situation scientifique et des étapes de la démarche scientifique en début de séance, durant la première dizaine de minutes ; c'est le temps du « début de la séance ». Or tous ces éléments ont été transposés dans la mission LabNbook. En effet, les éléments de la situation scientifique sont présentés dans les ressources et les étapes de la démarche scientifique sont formalisées par le rapport expérimental préstructuré. Mais les professeures n'envisagent pas de faire débiter la leçon sans qu'elles n'interviennent. C'est que le début de cours a une place très particulière dans la séance (Boilevin & Brandt-Pomares, 2007). Ce temps est vécu comme un « rituel » (Leblanc & Sève, 2012). Durant ce début de cours, un problème scientifique doit émerger et susciter la curiosité des élèves (Drouard, 2008). Il y a mise en place d'une atmosphère de classe permettant « d'engager les élèves dans l'action » (Bucheton & Soulé, 2009, p. 33). Et, il ne semble pas possible de laisser ce moment à la seule responsabilité de la plateforme numérique. Concernant les éléments mis en jeu, l'étayage des enseignantes dans ce cas là apparaît comme étant globalement le même que celui de la

mission LabNbook. Il y a donc ici chevauchement entre étayage de l'enseignante et étayage apporté par LabNbook.

Pour deux enseignantes, les professeures B et D, les prérequis qui vont être réinvestis pendant la séance font l'objet d'un échange dialogué avec la classe durant cette période de début de séance. Les enseignantes, en plus de préciser le cadre conceptuel dans lequel la classe va travailler, propose une mise en avant particulière des acquis (Broussal & Bucheton, 2008). C'est durant ces débuts de cours que les connaissances de référence sont rappelées : « le cadre que les débuts de cours installent, spécifie un mode singulier de mise en relation d'objets de connaissance, d'images, de discours potentiellement *disponibles*, mode de mise en relation sur la base duquel seront développés les nouveaux discours, les apprentissages à venir » (Broussal & Bucheton, 2008, p. 62). Les enseignantes peuvent vérifier qu'il n'y a pas des conceptions conformes concernant ces notions de référence (Jameau, 2012; Morge, 2003). Pour les deux professeures B et D, ces échanges dialogués correspondent à la mise en œuvre d'un étayage qui n'est pas proposé par l'EIAH. Il y aurait pu avoir complémentarité entre les deux étayages si les élèves avaient pu avoir accès à la mission LabNbook en ce début de séance ; mais les enseignantes ont pris en charge l'ensemble du début de cours : présentation de la situation scientifique et réinvestissement des prérequis.

Broussal et Bucheton (2008, p. 60) s'interrogent si l'action du professeur en « début de cours peut être considérée comme une tâche didactique en soi ». Il nous semble que nous pouvons répondre par l'affirmative au vu de nos résultats. En effet, le début de cours se caractérise par une constance du dispositif mis en place : face à face Professeur/Classe entière – prise en charge de l'énoncé de la situation scientifique avec construction d'un problème scientifique- rappel de certains acquis – échanges visant à conformer les praxéologies personnelles des élèves à la praxéologie institutionnelle. Mais d'autres travaux permettent aussi de confirmer l'idée d'une tâche didactique correspondant à la mise en œuvre d'un « début de cours ». Les ingrédients de la technique liés à cette tâche didactique sont d'ailleurs énoncés par les auteurs : il « cadre la séance et ses enjeux » (Bucheton & Soulé, 2009, p. 33), il débute la construction de la démarche en s'appuyant sur l'expérience personnelle de ses élèves (Bomchil & Darley, 1998), il réactive les connaissances de référence des élèves (Jameau, 2012; Morge, 2003) ou il permet une évaluation diagnostique en interrogeant à la cantonade la classe (Jameau, 2012).

III. Conclusion du chapitre 1

La prise en considération du public visé par les propos de l'enseignante surtout et les objets abordés par l'enseignante montre qu'il existe un temps particulier dans la séance correspondant au « début de séance ». Ce temps particulier est retrouvé pour chacune des séances de chaque enseignante. Durant ce début de séance, des tâches particulières sont accomplies et permettent à la fois la mise en place d'une atmosphère propice au travail et aux apprentissages par l'étayage mis en œuvre par l'enseignante, étayage permettant au minimum le rappel de certains prérequis et donc une mise en relief particulière de ces notions. Ici, il n'y a pas de partage d'étayage avec la plateforme numérique

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

quand bien même toutes les informations y sont transposées. L'enseignante prend en charge tous les aspects de ce temps de début de séance.

Suite à ce début de séance, l'enseignante quitte le face à face avec la classe entière et visite les groupes d'élèves qui travaillent alors en autonomie. Nous allons maintenant analyser le partage de l'étayage au cours du reste de la séance dans le chapitre 2 qui suit.

Chapitre 2. Le partage de l'étayage EIAH/enseignant durant la progression dans la démarche

Table des matières du chapitre 2

I.	Résultats et début d'analyse : l'étayage de la gestion de la démarche scientifique	297
I.1.	Scénario de la succession des étapes de la démarche scientifique pour chaque séance réalisée	298
I.2.	Progression de l'étayage au sein de la démarche scientifique pendant la séance, commune aux quatre enseignantes	305
I.3.	Allers et retours au sein de la démarche scientifique pendant un même échange	306
II.	Discussion des résultats et proposition d'un nouvel étayage : un partage de l'étayage entre EIAH et enseignant pour la conduite de la démarche scientifique	312
III.	Conclusion du chapitre 2	313

Passé le début de séance durant lequel l'enseignante est en face à face avec la classe entière, les élèves travaillent ensuite en autonomie en se connectant sur la plateforme LabNbook et en consultant la mission que l'enseignante et le chercheur ont co-construite. Chaque enseignante visite ensuite chaque groupe d'élèves soit en répondant à un appel, soit de façon spontanée. Elle n'intervient pratiquement plus face à la classe entière.

La démarche scientifique peut être formalisée par une suite d'étapes telles que : présentation de la situation scientifique, formulation de l'hypothèse, conception du protocole, prévision des résultats au vu de l'hypothèse et du protocole imaginé, réalisation du protocole avec acquisition des résultats, communication puis exploitation des résultats acquis avant de terminer avec la conclusion étant un retour sur l'hypothèse. Dans la partie qui suit, nous allons présenter la succession des étapes de la démarche scientifique qui sont étayées par chaque enseignante.

I. Résultats et début d'analyse : l'étayage de la gestion de la démarche scientifique

La succession des étapes de la démarche scientifique étayées par chacune des quatre enseignantes est présentée dans les six documents, un document par séance, proposées de la page 290 à la page 296. Ces documents nous permettent d'établir quelle étape de la démarche scientifique est étayée par l'enseignante et vers quel public.

I.1. Scénario de la succession des étapes de la démarche scientifique pour chaque séance réalisée

Dans les pages qui suivent, sont présentées les figures correspondant au scénario de chaque séance réalisée pour l'expérimentation.

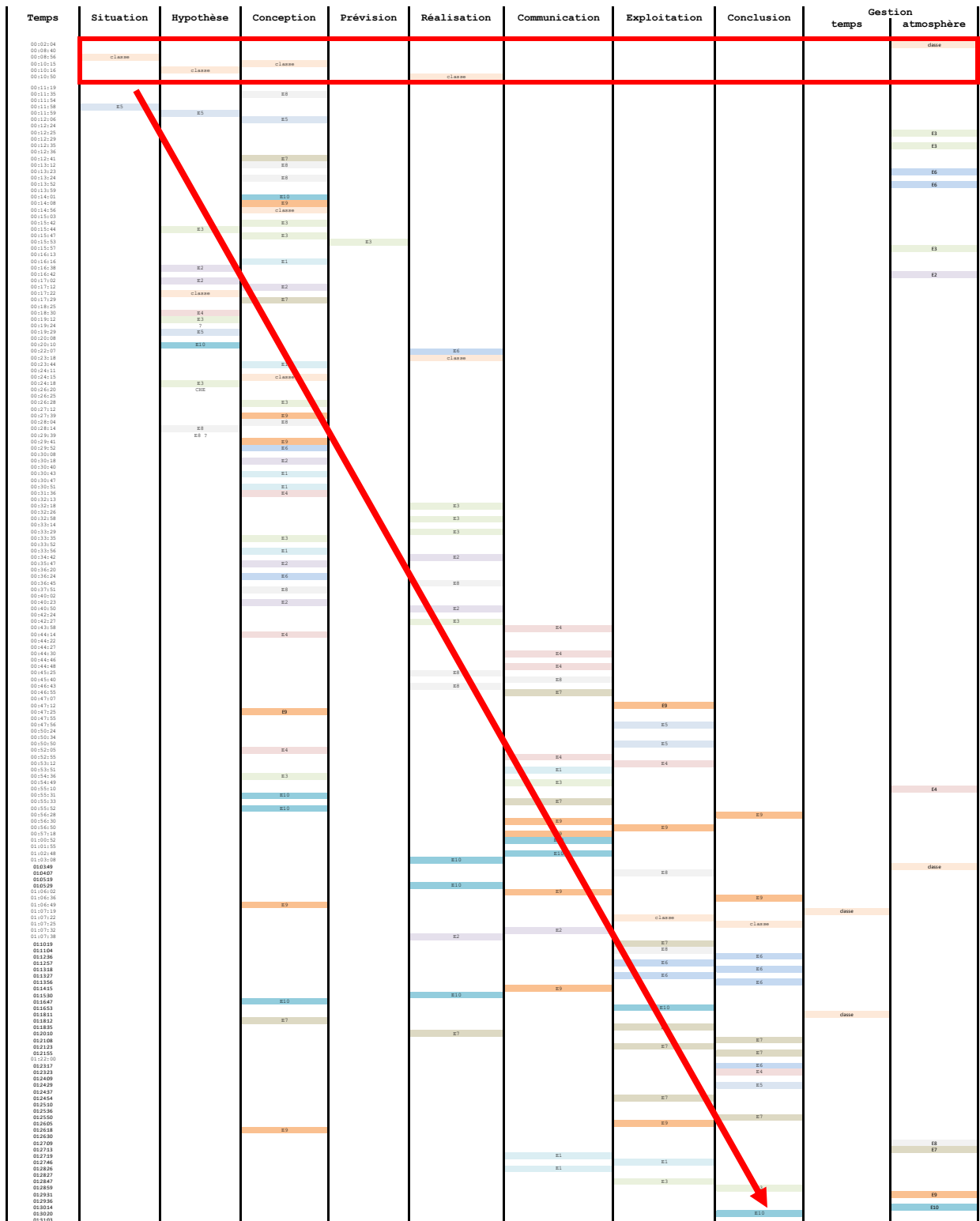
Légende commune :

Début de la séance : cadre rouge épais,

Progression globale de l'étayage : flèche rouge épaisse,

Allers et retours au sein de la démarche pour un même échange : couleurs des cases représentant un groupe d'élève se succédant et n'appartenant pas à la même colonne.

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement



Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

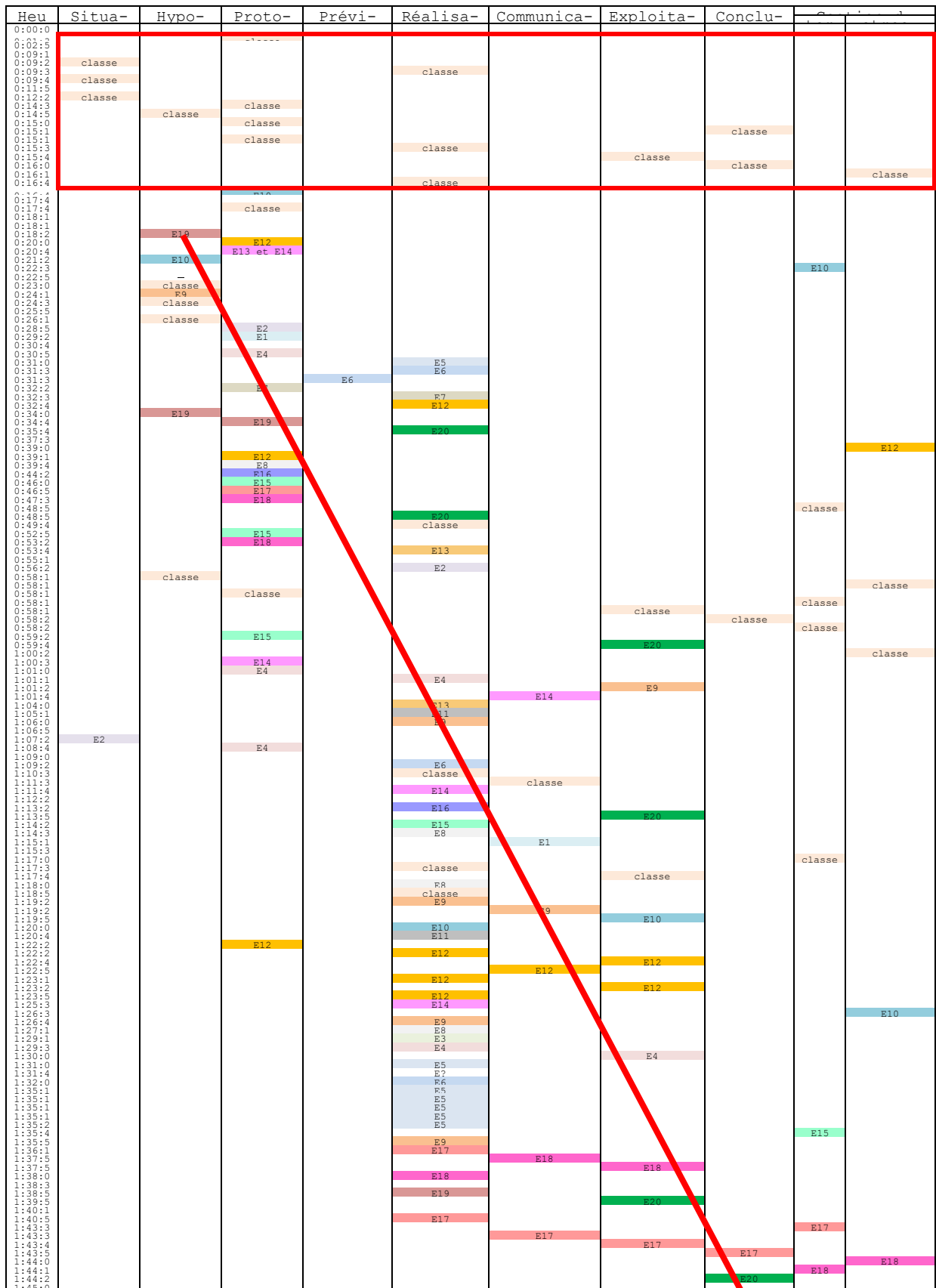


Figure 57 : Scénario de la séance réalisée par la Professeure

Chapitre 2 : Le partage de l'étayage EIAH/enseignant durant la progression au sein de la démarche scientifique

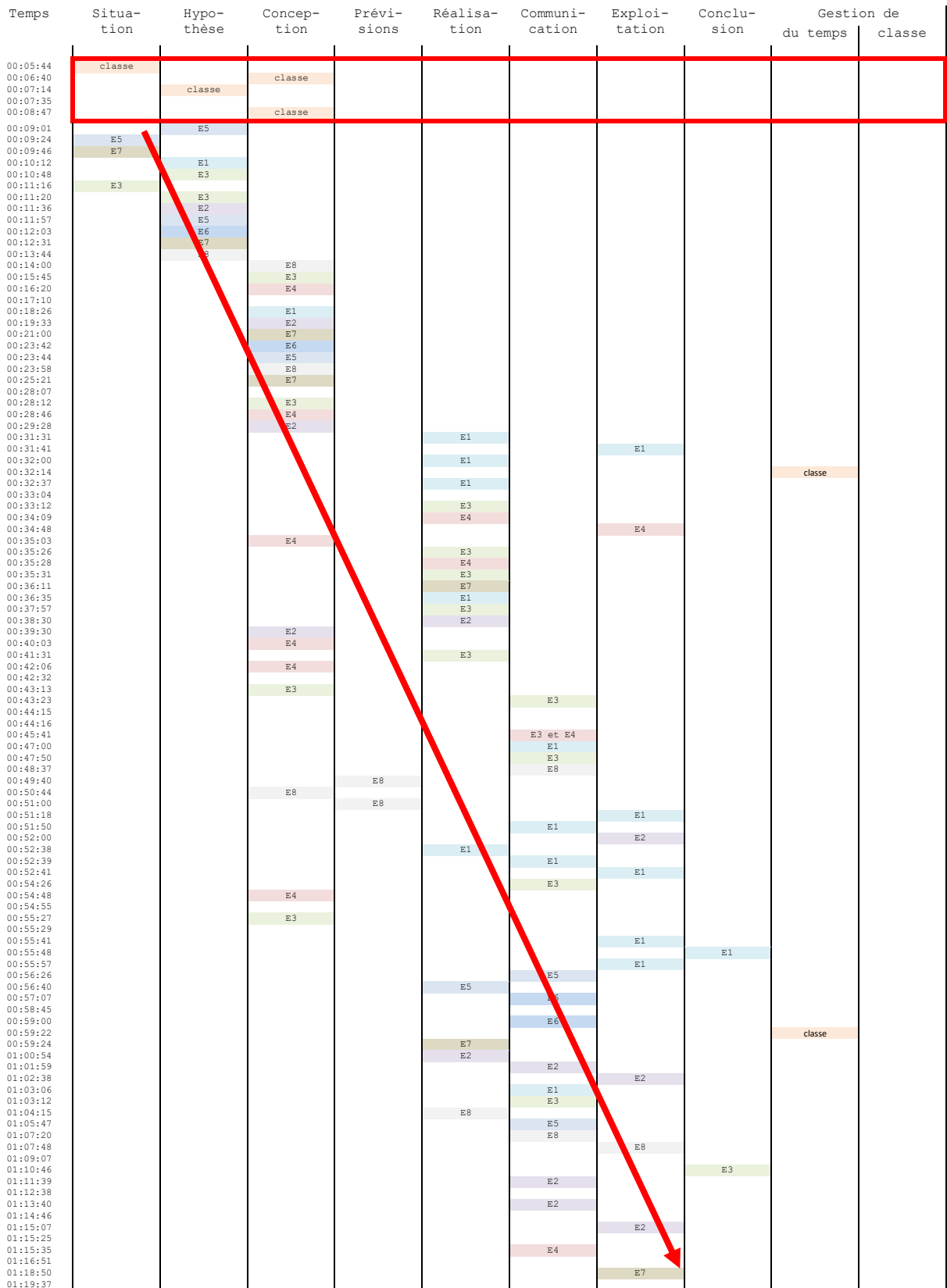


Figure 58 : Scénario de la séance réalisée par la Professeure C

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

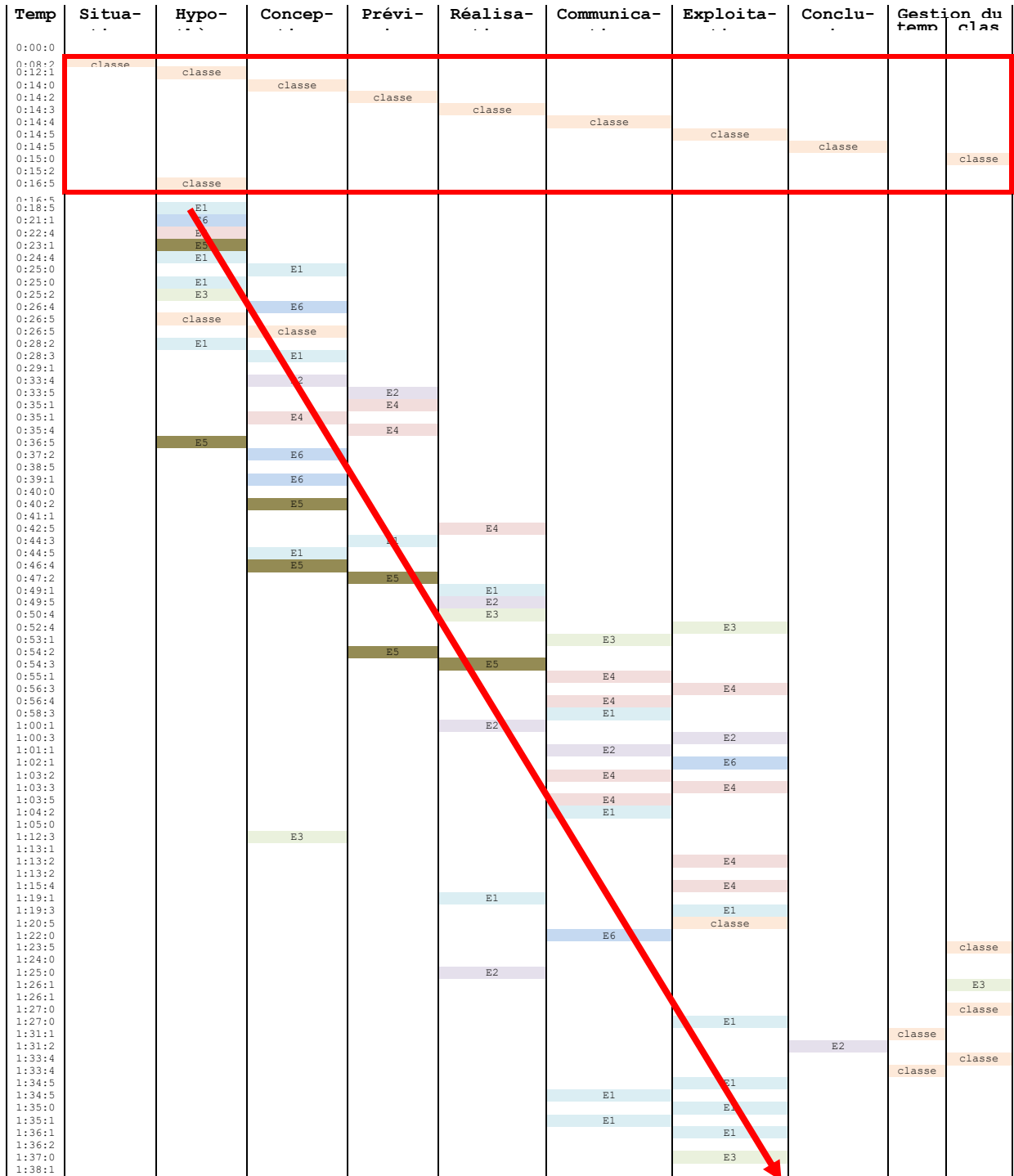


Figure 59 : Scénario de la séance avec le groupe 1 réalisée par la Professeure D

Chapitre 2 : Le partage de l'étayage EIAH/enseignant durant la progression au sein de la démarche scientifique

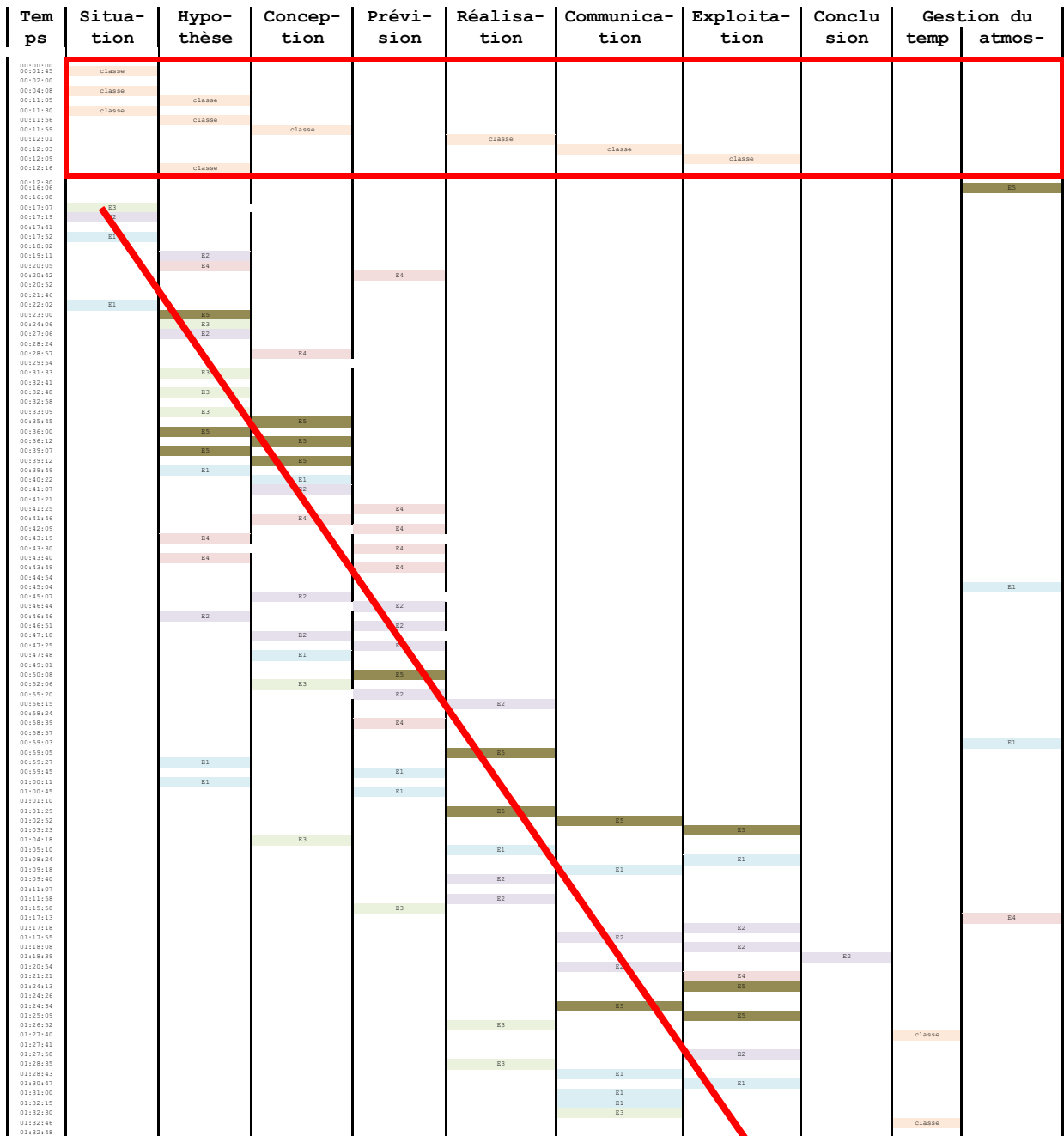


Figure 60 : Scénario de la séance avec le groupe 2 réalisée par la Professeure D

I.2. Progression de l'étayage au sein de la démarche scientifique pendant la séance, commune aux quatre enseignantes

Concernant l'étayage mis en œuvre durant la séance (passé le temps du début de la séance) par les enseignantes, une structuration commune de l'étayage apparaît quelque soit l'enseignante (ou la séance) considérée :

- L'enseignante n'étaye pas plus de quinze minutes une seule et même étape de la démarche scientifique.
- Avec le temps, grossièrement, l'étayage débute à l'étape de la formulation de l'hypothèse pour grossièrement terminer en fin de séance l'étape de conclusion ou d'exploitation des résultats.
- L'étayage est mené de front pour des étapes différentes lors des échanges successifs ; il y a une imbrication des étapes pour lesquelles il y a intervention. Très schématiquement, on peut repérer trois temps dans l'avancée de l'ensemble de la classe : dans un premier temps, il y a étayage de l'étape de formulation de l'hypothèse à laquelle s'ajoute la conception du protocole puis la prévision des résultats. Dans un deuxième temps, il y a étayage de l'étape de la conception du protocole avec la réalisation du protocole ainsi que la communication des résultats. Enfin, un dernier temps correspond globalement à l'étayage portant sur les étapes liées aux résultats (communication, exploitation et conclusion) avec parfois, un retour sur l'étape de l'hypothèse. Mais ce schéma souffre de nombreuses distorsions montrant que la pensée de chaque élève soutenue par l'étayage ne suit pas de façon linéaire la suite des étapes de la démarche.

L'étayage embarqué dans LabNbook correspond, nous le rappelons, à la structuration du rapport expérimental par les étapes de la démarche scientifique.

La combinaison de l'étayage de l'enseignante et de l'EIAH est montrée par le fait que l'enseignante échange avec des élèves successivement à propos de différentes étapes ; cela reflète l'avancée différente de chaque groupe d'élèves. Le fait que ces élèves puissent avancer de façon différente s'explique par l'étayage embarqué dans la mission LabNbook. Ils s'appuient sur la formalisation des étapes du rapport expérimental préstructuré de la mission LabNbook. Ainsi, chaque groupe progresse dans les étapes en fonction de son avancée dans la démarche. La plateforme numérique propose aux élèves la succession classique et non modifiable des étapes de la démarche scientifique, succession qu'ils suivent ; et l'enseignante s'adapte au niveau de progression de chaque groupe. Il y a donc un partage de l'étayage entre EIAH et enseignante qui semble efficace ; à la plateforme numérique, le soin de proposer la structure de la démarche et à l'enseignante, celui de s'adapter à l'avancée de chacun.

Chapitre 2 : Le partage de l'étayage EIAH/enseignant durant la progression au sein de la démarche scientifique

Nous avons dans ce paragraphe pris en compte la succession les échanges avec les différents groupes d'élèves ; nous allons dans le paragraphe qui suit considérer les échanges qui ont lieu avec un seul groupe d'élèves.

I.3. Allers et retours au sein de la démarche scientifique pendant un même échange

Lors d'un seul et même échange et donc avec le même groupe d'élèves, la succession des étapes étayées ne se fait pas toujours en suivant l'ordre classique des étapes de la démarche c'est-à-dire que de la formulation de l'hypothèse, on passe à la conception du protocole puis à la prévision des résultats etc. L'exemple ci-après, un extrait de la séance réalisée par la professeure D avec son groupe 2 (Cf. Extrait ci-dessous) illustre ce fait qu'au sein d'un même échange.

Extrait 9 : Extrait de la séance avec le groupe 2 réalisée par la professeure D

Temps	Public	Locuteurs	Productions verbales	Situation	Hypothèse	Conception	Prévision
00:59 :27	E1	PrD	ambre je suis à toi/ va-z-y alors t'en es où ouais c'est bien (7'') donc tu valides tu as validé voilà alors tes résultats attendus/ qu'est-ce que tu t'attends comme résultats déjà tu vas utiliser quels documents tu l'as marqué dessus on va utiliser des/		E1		
00:59 :45	E1	PrD	alors tes résultats attendus/ qu'est-ce que tu t'attends comme résultats déjà tu vas utiliser quels documents tu l'as marqué dessus on va utiliser des/				E1
01:00 :01	E1	E1	des IRM/				E1
01:00 :01	E1	PrD	heu:::: qu'est-ce que tu attends comme résultats par rapport/				E1
01:00 :08	E1	E1	je m'attends à voir des différences/				E1
01:00 :11	E1	PrD	P : c'est quoi ton hypothèse/		E1		
01:00 :13	E1	E1	(inaud.)		E1		
01:00 :19	E1	PrD	donc quand tu dis je propose que les neurones qui restaient où dans la zone touchée ou/		E1		
01:00 :29	E1	E1	ben (silence 5'')		E1		
01:00 :34	E1	PrD	quand tu dis rester ça veut dire quoi/		E1		
01:00 :37	E1	E1	dans la zone touchée/		E1		
01:00 :40	E1	PrD	dans la zone touchée/donc dans la zone touchée il y a une partie des neurones qui n'est pas touchée/		E1		
01:00 :43	E1	E1	j'espère pour elle/ oui si après six mois de rééducation elle a réussi/		E1		
01:00 :45	E1	PrD	donc là qu'est-ce que tu t'attends à obtenir/ ça veut dire quoi ça veut dire que quand tu vas la tester cette dame d'un point de vue IRM fonctionnelle /qu'est-ce que tu vas observer/				E1

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

Dans notre exemple, le début de l'échange porte brièvement sur la formulation de l'hypothèse puis passe ensuite à la prévision des résultats ; or, devant l'imprécision de la réponse de l'élève E1, la professeure revient sur l'étape de la formulation de l'hypothèse. Elle demande ce qui a été supposé par le binôme et demande des précisions sur l'hypothèse qui a été formulée. Une fois celle-ci explicitée avec la précision qui convient à l'enseignante, cette dernière revient sur l'étape de la prévision des résultats. L'enseignante guide la réflexion de l'élève en faisant des allers et retours au sein de la démarche scientifique.

Lors de cet épisode, par rapport à l'ordre classique des étapes de la démarche scientifique, il y a un retour en arrière puis une avancée, chacun de ces « mouvements » se fait avec un saut puisqu'il n'y a pas prise en compte de l'étape de conception du protocole qui classiquement se trouve entre l'étape de formulation de l'hypothèse et de la prévision des résultats. Les mouvements de l'étayage sont schématisés dans la figure 61.

Temps	Situation	Hypothèse	Conception	Prévision	Réalisation	Communication	Exploitation	Conclusion	Gestion du temps	Gestion de l'atmosphère
00:59:27		E1								
00:59:45				E1						
01:00:11		E1								
01:00:45				E1						

Figure 61 : Schéma montrant les bonds en avant (flèches bleues) ou en arrière (flèches rouges) de l'étape sur lequel porte l'étayage de l'enseignante D (extrait de la séance 2)

Nous avons analysé ainsi chacun des mouvements de l'étayage au sein d'un même échange pour chaque échange de chacune des séances réalisées par les quatre enseignantes. Des mouvements, bonds en avant ou en arrière, sont identifiés dans chacune des six séances analysées. Les tableaux 20 et 21 ci-après montrent les différents types de sauts entre les différentes étapes.

Chapitre 2 : Le partage de l'étayage EIAH/enseignant durant la progression au sein de la démarche scientifique

Tableau 20 : Nombre de sauts en avant au sein de la démarche scientifique, sauts initiés par l'étayage de chaque enseignante

Sauts en avant	Hypothèse/ Réalisation	Hypothèse/ Prévision	Conception/ Réalisation	Conception/ Communication	Conception/ Exploitation	Communication /Conclusion	Réalisation /Conclusion	Réalisation/ Exploitation
Prof A S1		1	1	3	2	1	1	
Prof A S2	2	2	2				1	2
Prof B			2	1				4
Prof C								2
Prof D S1								3
Prof D S2		3						1
Total	2	6	5	4	2	1	2	12

Tableau 21 : Nombre de sauts en arrière au sein de la démarche scientifique, sauts initiés par l'étayage de chaque enseignante

Sauts en arrière	Prévision/ Hypothèse	Prévision/ Conception	Conception/ Hypothèse	Réalisation/ Hypothèse	Réalisation/ Prévision	Réalisation/ Conception	Com- muni- cation /Conce- ption	Com- muni- cation /Réalisa- tion	Exploi- tation/ Com- muni- cation	Exploi- tation/ Con- cep- tion	Exploi- tation/ Réalisa- tion	Conclu- sion/ Com- muni- cation	Conclu- sion/ Réalisa- tion	Conclu- sion/ Exploi- tation
Prof A S1			3	1		3	1	2	2			1		3
Prof A S2	2		2	2	1	1		3	2	1	2		2	6
Prof B					1			1			4			
Prof C		1				1	1	3	1	1	1			1
Prof D S1		1			1				6					
Prof D S2	4	2	2						4			1		
Total	6	4	7	3	3	5	2	9	15	2	7	2	2	10

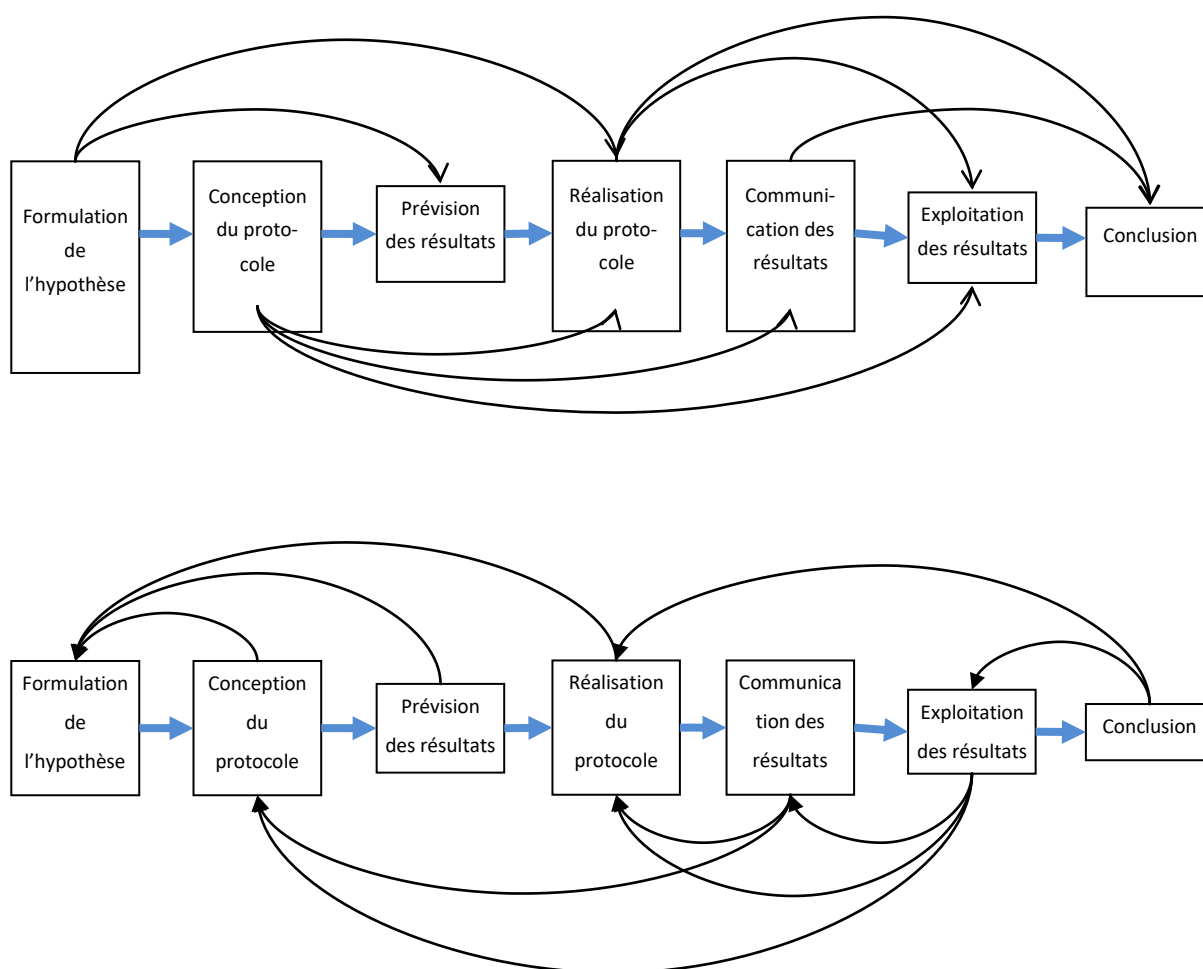
Tous ces mouvements trahissent le chemin d'une réflexion étayée par l'enseignante. Or, cette progression non linéaire de la pensée n'est pas explicitée dans la mission LabNbook puisque les étapes se succèdent dans le rapport expérimental. Ainsi, si la plateforme LabNbook se charge de l'étayage de la gestion globale de la démarche, c'est l'enseignante qui prend en charge la progression de la réflexion qui n'avance pas de façon automatique d'une étape vers l'étape suivante. L'enseignante prend en compte ce que dit l'élève, prospecte la praxéologie personnelle de l'élève. Il s'agit donc là

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

d'un partage de l'étayage entre enseignante et EIAH, partage contrôlé par la différence d'individualisation de l'étayage : un étayage fixe apporté par l'EIAH et un étayage adaptatif apporté par l'enseignante.

La figure 62 ci-dessous modélise la gestion linéaire de la démarche prise en charge par LabNbook et la prise en charge de l'étayage de la praxéologie personnelle de l'élève par l'enseignante.

Figure 62 : Passage d'une étape de la démarche à une autre par étayage apporté par LabNbook (flèches épaisses bleues) et par l'enseignant (flèches noires fines) soit en faisant des bonds en avant (figure du haut) soit en faisant des bonds en arrière (figure du bas)



Chaque étape draine ou irrigue d'autres étapes de la démarche ; toutes sont interconnectées.

L'étayage mis en œuvre par chaque enseignante provoque donc des allers-et-retour entre les différentes étapes de la démarche scientifique. Certains mouvements sont plus fréquents que d'autres et si l'on prend l'ensemble des séances analysées (Cf. Tableaux 29 et 30, ci-dessus, en page 308), le plus grand nombre de « sauts en avant » se fait entre la réalisation et l'exploitation des résultats (35%) et celui des « sauts en arrière » se fait entre l'exploitation des résultats et leur communication (19%). C'est comme si, lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique, la communication des résultats

Chapitre 2 : Le partage de l'étayage EIAH/enseignant durant la progression au sein de la démarche scientifique

étaient « trop tôt » et devrait plutôt être après l'étape d'exploitation des résultats. Les deux extraits ci-après (Cf. Extrait 10 et Extrait 11 ci-dessous) nous permettent de comprendre pourquoi il peut exister ce type d'aller et retour.

Dans ce premier extrait, la professeure D intervient pour la réalisation du protocole mais finalement étaye l'exploitation des résultats : à partir de ce qui est observé lors de la réalisation du protocole, l'exploitation des résultats se fait.

Extrait 10 : extrait de la séance 2 réalisée par le professeur D

Temps	Public	Locuteurs	Productions verbales	Situation	Hypothèse	Conception	Prévision	Réalisation	Exploitation	Conclusion
1:19:16	E1	E1	Là on n'a que la lecture de mots est-ce qu'on met aussi 84 70 parce que à quoi on compare les consonnes du coup vu que					E1		
1:19:26	E1	PrD	Et bien toujours la même la même/					E1		
1:19:31	E1	E1	On n'a pas le témoin					E1		
1:19:34	E1	PrD	Alors là c'est juste pour vous montrer que quand on lit des consonnes vous avez vu on va reconnaître les lettres/ on va voir les lettres et il y a deux zones qui vont être activées/ par contre de l'autre côté quand on fait l'autre imagerie fonctionnelle c'est quand c'est sain ce qui se passe ici qu'est ce qui se passe c'est que quand on va lire c'est le fait de lire il n'y a que cette zone qui va être activée/est ce que vous comprenez/						E1	
1:20:11	E1	E1	oui oui						E1	

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

Dans le deuxième extrait, l'étayage porte d'abord sur l'exploitation des résultats puis il y a des retours sur l'étape de communication de ces résultats : c'est à partir de ce qui est compris des résultats, que ce qui doit être communiqué se dévoile.

Extrait 11 : extrait de la séance 2 réalisée par le professeur A

Heure	Public	Locuteurs	Productions verbales	situation	hypothèse	protocole	Prévisions	Réalisation	Communication	Exploitation	Conclusion
00:45:21	E9	PA	dans la partie trois						E9		
00:45:27	E5	PA	dis-moi							E5	
00:45:28	E5	E5	voilà après							E5	
00:45:30	E5	PA	après je fais quoi c'est ça ta question							E5	
00:45:32	E5	E5	oui							E5	
00:45:34	E5	PA	alors je compare							E5	
00:45:37	E5	E5	alors ce n'est pas au même endroit-là c'est plus du côté gauche et là c'est plus du côté droit.							E5	
00:45:43	E5	PA	donc je n'ai pas les mêmes choses lors ça m'apprend quoi au final si ce n'est pas les mêmes zones qui sont actives ? hein Thomas, tu en conclus quoi ?							E5	
00:45:52	E5	E5	ça c'est elle avait appris mais en utilisant une différente partie du cerveau.							E5	
00:46:00	E5	PA	voilà elle avait appris en mobilisant d'autres parties du cerveau.							E5	
00:46:05	E5	PA	Donc tu vas faire des petites copies d'écran						E5		
00:46:10	E5	PA	et tu vas essayer de nous mettre des petits commentaires.							E5	
00:46:13	E5		((passage non transcrit)) ((COM : communication des images))						E5		

La présentation de l'étape de la communication des résultats nécessite qu'il faille « donner du sens » aux résultats encore faut-il connaître ce sens. Pour qu'il soit ainsi alors les résultats devraient déjà être inclus dans un raisonnement, raisonnement ayant été mené plus tôt dans la démarche. Cette réflexion concernant les résultats peut s'amorcer lors de l'étape de la prévision des résultats mais le temps passé par les professeurs à étayer cette étape reste très court (Cf. Figure 63, en page 308, ci-après nous y reviendrons dans le Chapitre 3 page 315).

Ainsi, il semble que l'existence d'une étape située entre la réalisation du protocole et celle de la communication des résultats correspondant à « la production des résultats » puisse être envisagée. Cette étape serait l'intermédiaire entre la réalisation du protocole, des manipulations, et les étapes de communication et exploitation des résultats, ces deux étapes correspondant finalement à la formalisation des résultats. Elle correspondrait à une étape de mise en relation des données recueillies

par expérimentation, des hypothèses formulées et des données concernant la situation scientifique. Or, l'étayage de LabNbook concernant la gestion de la démarche (suivant en cela la présentation habituelle de la démarche scientifique) occulte finalement ce moment de compréhension des résultats, puisque seules apparaissent les étapes « classiques » de la démarche obligeant l'élève à penser aux résultats qu'il va devoir communiquer avant de savoir ce qui est exploitable. Ce sont les professeurs qui prennent en charge l'étayage de cette étape de compréhension des résultats.

II. Discussion des résultats et proposition d'un nouvel étayage : un partage de l'étayage entre EIAH et enseignant pour la conduite de la démarche scientifique

Passé le moment particulier du début de séance caractérisé par un public correspondant à la classe entière, l'enseignante quitte le face à face avec la classe et visite les élèves. Elle choisit de se rendre auprès de l'un ou l'autre groupe soit après un appel d'élève soit de façon spontanée. La succession des éléments de l'étayage montre que l'étayage ne suit pas les étapes de la démarche de façon linéaire. Chaque enseignante vient étayer la réalisation d'une étape en s'appuyant sur des éléments d'une étape précédente ou au contraire d'une étape suivante ; ces allers et retours au sein de la démarche sont réalisés par toutes. En effet, la modélisation de la démarche scientifique propose une structuration en étapes mais elle ne correspond pas à la réalité du travail scientifique. Cette démarche « est une reconstruction, à finalité de démonstration » (Coquidé, 2000, p. 63). Ces va-et-vient de la pensée sont ceux du scientifique en action (Brahic, 2013; Drouard, 2008), c'est-à-dire du scientifique faisant preuve de réflexivité (Guichard, 2008). Pour cet auteur (Guichard, 2008, p. 61), la réflexivité correspond à un « moteur pour alimenter cette dynamique », dynamique correspondant à ces mouvements.

Ainsi, il y a un partage de l'étayage entre enseignante et EIAH :

- L'EIAH apporte une structuration des étapes de la démarche et en cela gère l'avancée de cette démarche et donne une indication sur le niveau de performance ; par les consignes et les espaces libres, il y a une demande d'énonciation des praxéologies personnelles qui peuvent être formalisées dans les espaces libres dans la mission. Cet étayage est fixe.
- L'enseignante, elle, étaye la réflexivité de chaque élève en organisant les va-et-vient entre les différents moments de la réflexion scientifique. Cet étayage est adaptatif.

Ainsi, ce co-étayage EIAH/Enseignante correspond à une coopération distribuée, les deux partenaires ayant des tâches différentes mais avec les mêmes objectifs à atteindre (Grangeat, 2011, p. 80).

A la spécificité des caractéristiques de l'étayage, fixe avec l'EIAH permettant une structuration de la démarche scientifique et adaptatif avec chaque enseignante correspondant au soutien à la réflexion de l'élève, s'ajoute aussi une différence de disponibilité entre les deux tuteurs. Ainsi, l'étayage du

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

tuteur numérique se fait pour chaque élève tout au long de la séance tandis que l'étayage par l'enseignante ne peut se faire que de façon ponctuelle élève par élève (Lehtinen & Viiri, 2017).

L'analyse de la progression de l'étayage au sein de la démarche scientifique en classe fait apparaître l'existence d'une étape dont l'existence est implicite, entre la réalisation du protocole et la formalisation des résultats. C'est l'étape de la transformation des données en résultats. En effet, la réalisation du protocole doit s'accompagner de l'acquisition des résultats mais encore faut-il savoir ce qui est résultat dans ce qui est obtenu. Cette étape correspond au moment où l'élève met en relation les résultats qu'il attendait, le raisonnement qui l'a conduit à envisager ces résultats et à décider si l'hypothèse initialement formulée a été validée ou non. Mais pour cela, l'élève doit percevoir les données et les considérer comme des résultats.

Il nous semble que cette nouvelle rubrique dans le rapport pourrait être indiquée, associée à un questionnement qui aurait pour fonction d'étayer la réflexion de l'élève. Cet étayage devrait permettre de mettre en relation les différents éléments de raisonnement. Par exemple pour notre situation, pour faire comprendre le fait que lors de la lecture seule la zone occipito-temporale gauche est activée, nous pourrions proposer le questionnement suivant :

- En ne considérant que le cortex occipital, où est localisée la zone activée lors de la lecture chez le sujet témoin ?
- En ne considérant que le cortex occipital, où est localisée la zone activée lors de la lecture chez Madame X après sa rééducation ?
- Rappeler les résultats qui étaient attendus ?
- Peut-on considérer que l'hypothèse a été validée ou non ?

Ce questionnement permet de prendre conscience de la différence de localisation des zones activées lors d'une même activité (la lecture) chez deux individus, un témoin (le sain) et un test (Madame X, six mois après son AVC).

Ce questionnement provoque la mise en place d'un étayage serré qui ne doit pas être à disposition de tous les élèves mais de ceux qui peuvent être en difficultés.

III. Conclusion du chapitre 2

L'étayage mis en œuvre par les enseignantes lors de la réalisation des séances présente des caractéristiques communes :

- Un début de séance uniquement pris en charge par l'enseignante malgré un étayage implémenté dans l'EIAH proposant *a priori* le même type de ressources ;
- Un partage de l'étayage entre l'enseignante et l'EIAH lors du reste de la séance : l'EIAH prenant en charge la gestion linéaire de la démarche tandis que l'enseignante étaye la réflexivité de l'élève en accompagnant des allers et retours au sein de la démarche. Le caractère adaptable ou non explique le partage de cet étayage.

Le troisième chapitre de cette partie consacrée à l'analyse de l'étayage nous permet d'aborder l'efficacité de du co-étayage.

Chapitre 3. Efficacité du partage de l'étayage LabNbook/Professeure : exemple avec l'étape de la prévision des résultats

Table des matières détaillée du chapitre 3

I.	Résultats : mise en relation du temps d'étayage avec le taux de réussite à la tâche	315
II.	Analyse des résultats et discussion	319
III.	Conclusion du chapitre 3 :	319

Concernant la gestion de la démarche scientifique, l'existence d'un partage de l'étayage entre enseignante et EIAH a été montrée dans le chapitre précédent. Nous cherchons dans ce troisième chapitre à établir s'il existe une influence du co-étayage sur la réussite des élèves. Pour cela, nous avons mis en relation plusieurs types de données : la durée durant laquelle l'enseignante étaye l'étape, et le taux de réussite à cette étape par les élèves.

I. Résultats : mise en relation du temps d'étayage avec le taux de réussite à la tâche

L'objet des échanges entre enseignante et élèves a été identifié et le profil de chaque enseignante est présenté ci-dessous. Le diagramme circulaire montre le temps passé pour chaque étape par rapport à l'ensemble de la séance.

Chapitre 3 : Efficacité du partage de l'étayage LabNbook/Enseignant : exemple avec l'étape de la prévision des résultats

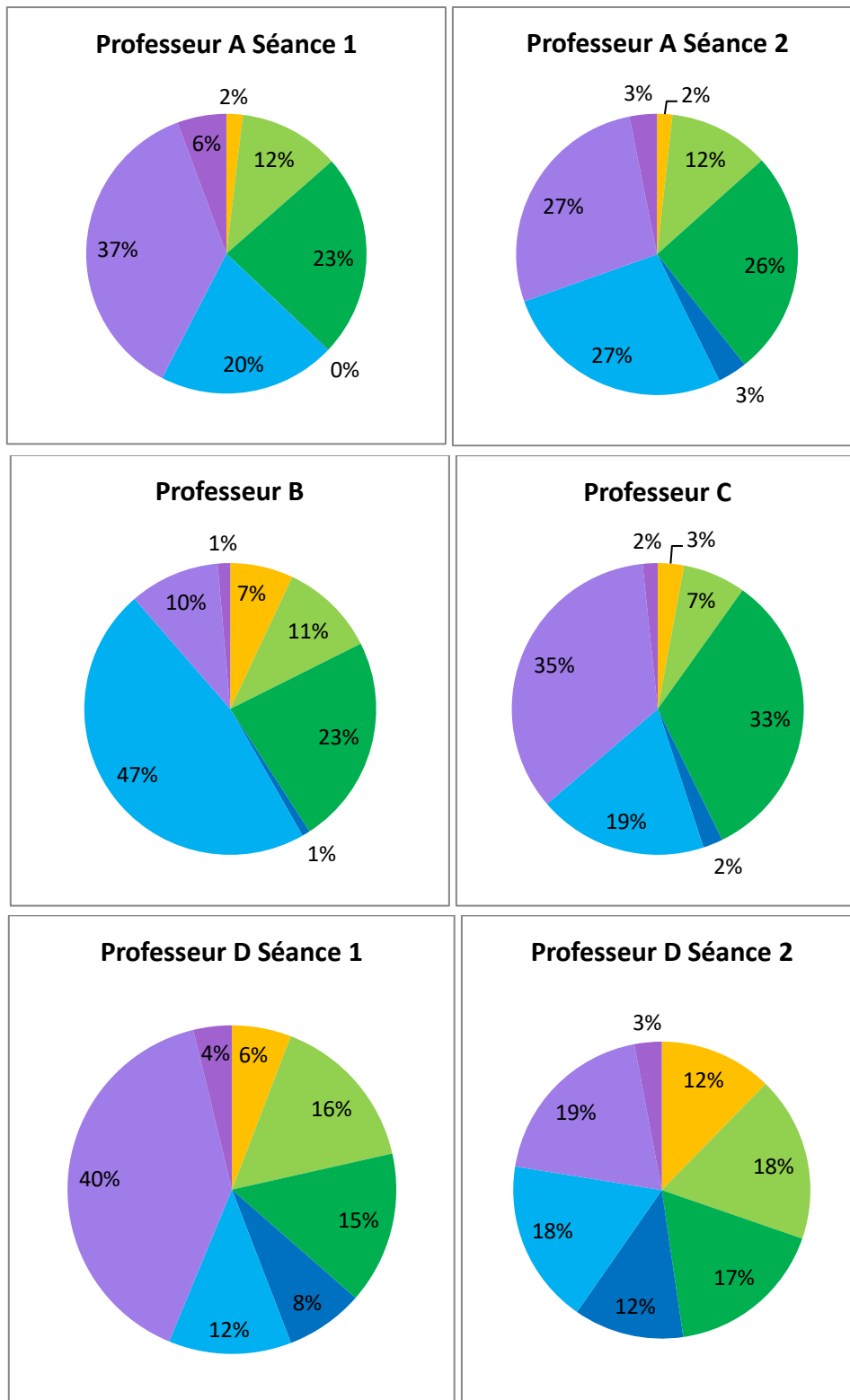


Figure 63: Profil des quatre enseignantes : Durée de chaque étape de la démarche lors de la réalisation de leur séance

- Présentation de la situation
- Formulation de l'hypothèse
- Conception du protocole
- Prévion des résultats
- Réalisation du protocole
- Formalisation des résultats
- Conclusion

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

Les durées passées pour étayer les étapes présentent des différences importantes en fonction des enseignantes. Par exemple, la professeure B étaye longuement (47% du temps de la séance) l'étape de la réalisation du protocole au contraire des autres professeures (durée n'excédant pas 27%). Par contre, la professeure D n'étaye pas longtemps l'étape de la conception du protocole (15 et 17% du temps de la séance) alors que pour les autres professeures, la durée de cette étape n'est jamais en-deçà de 23%.

Il existe donc bien des profils didactiques distincts pour chaque professeure. Ainsi, la professeure A est caractérisée par un profil s'équilibrant entre la conception du protocole, sa réalisation et la formalisation des résultats. Le profil de la professeure B est caractérisé par un long temps concernant la réalisation du protocole. Le profil de la professeure C se dessine autour de deux pôles : la conception du protocole et la formalisation des résultats. Et enfin, la professeure D, en particulier pour la deuxième séance, présente un profil qui se répartit de façon presque égale entre les différentes étapes de la démarche. La mise en œuvre de l'étayage apparaît donc bien être spécifique à chaque enseignante.

Parmi les sept étapes de la démarche scientifique, une étape en particulier a attiré notre attention car il s'agit de celle qui est la moins représentée de toute : il s'agit de l'étape de la prévision des résultats. Il nous a semblé intéressant d'établir la relation entre l'existence ou non d'un partage de l'étayage entre EIAH et enseignante et les taux de réussite des élèves à cette étape.

Lors de la co-conception de la mission LabNbook, nous avons proposé un étayage sous forme de deux questions dans une rubrique intitulée « Prévisions de résultats ». Les enseignantes avaient eu un comportement différent face à l'étayage proposé. Les professeurs A, B et D avaient accepté cet étayage tandis que la professeure C n'avait pas souhaité conserver la première question sur la nature des résultats.

L'étayage pour l'étape de la prévision des résultats correspondait à deux questions : 1) indiquer la forme sous laquelle vous pensez observer vos résultats et 2) indiquer les résultats que vous pensez obtenir. Et, nous attendions les notions suivantes comme réponse à ces questions : 1) les résultats seront obtenus sous la forme d'IRM anatomiques et fonctionnelles ; 2) La zone cérébrale lésée par l'AVC chez Madame X doit se trouver au niveau de la zone de lecture. La position de la zone de lecture sera repérée sur une IRM fonctionnelle de l'individu sain en train de lire. La zone cérébrale activée par la lecture chez Madame X après rééducation ne sera pas au niveau de la zone de lecture.

Comme les comptes-rendus de la mission LabNbook s'enregistrent automatiquement sur la plateforme LabNbook, nous avons à notre disposition ces comptes-rendus rédigés par les élèves de chaque enseignante. Et, à partir de ceux-ci, nous avons déterminé le pourcentage d'élèves ayant énoncé ou non les notions attendues dans leurs réponses. Nous avons donc cherché à repérer dans les réponses d'élèves : toutes idées, mentions concernant des images ou IRM du cerveau ; toutes idées ou mentions de l'observation d'une zone lésée dans le cerveau de Madame X et toutes idées

Chapitre 3 : Efficacité du partage de l'étayage LabNbook/Enseignant : exemple avec l'étape de la prévision des résultats

ou mentions de l'observation d'une différence d'activités entre des zones cérébrales lors de la lecture.

Les résultats sont présentés dans le Tableau 22 ci-dessous

Tableau 22 : Pourcentage de réussite concernant la formulation des prévisions des résultats

	Mention d'images IRM	Mention de zones cérébrales lésées chez Madame X	Mentions de zones cérébrales activées lors de la lecture	Rubrique entièrement non complétée
Professeur A Séance 1	60%	30%	80%	20%
Professeur A Séance 2	70%	20%	80%	20%
Professeur B	47%	16%	0,32	42%
Professeur C	25%	38%	0,50	13%
Professeur D Séance 1	100%	67%	100%	0%
Professeur D Séance 2	80%	80%	100%	0%

Les élèves de l'enseignante D sont ceux qui ont le plus fort taux de réussite puisque plus de 67% ont mentionné les trois notions et aucun n'a pas complété la rubrique. Au contraire, les élèves de la professeure B sont presque la moitié à ne pas avoir complété la rubrique et, au mieux 47% ont indiqué une idée attendue. Concernant les élèves de la professeure C, le taux d'élèves ayant indiqué que les résultats attendus allaient être sous forme d'images IRM est le plus bas (25%). Le taux de réussite des élèves de la professeure A ne se distinguent pas ; ils sont intermédiaires.

D'autre part, nous avons établi le temps dévolu à chaque étape dans le discours de chaque enseignante. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 23 : Temps passé par chaque enseignante pour étayer l'étape de la prévision des résultats

	Prévision des résultats
Professeur A Séance 1	00:00:04
	0%
Professeur A Séance 2	00:02:19
	3%
Professeur B	00:00:46
	1%
Professeur C	00:01:22
	2%
Professeur D Séance 1	00:05:02
	8%
Professeur D Séance 2	00:09:05
	12%

C'est la professeure D qui passe le plus de temps à étayer cette étape de la démarche scientifique alors que les professeures B et C n'y consacrent que très peu de temps (respectivement 1% et 2%). Le temps pour étayer cette étape augmente entre la première et la deuxième séance pour l'enseignante

Partie 5 : Partage de l'étayage entre EIAH et enseignant lors de la mise en œuvre de la démarche scientifique pendant une séance d'enseignement

A puisque de 0%, la professeure A intervient durant la deuxième séance ensuite 3% du temps pour l'étape de la prévision des résultats.

Nous allons mettre en relation dans la partie qui suit le taux de réussite, le temps passé par chaque enseignante à étayer cette partie et l'étayage qui avait été choisi par chaque enseignante.

II. Analyse des résultats et discussion

La professeure B ne consacre que 1% du temps à cette étape lors de la réalisation de l'étape de la prévision des résultats et pourtant presque la moitié de ses élèves complètent la première partie de l'étape de prévision des résultats en indiquant la nature des résultats censés être obtenus. Dans les missions de cette enseignante, est implémenté l'étayage pour cette étape.

La professeure C, elle, n'avait pas souhaité comme étayage la question portant sur la forme des résultats (= indiquer la forme sous laquelle vous pensez observer vos résultats) et le temps de son étayage concernant cette étape est très court : 2% du temps total de la séance. Dans leurs rapports, seul ¼ des binômes a mentionné les images cérébrales ou IRM concernant la nature des résultats ; il s'agit du plus faible score de nos résultats et la moitié des réponses des élèves concernant les résultats obtenus ne font pas mention d'une différence d'activités cérébrales. Ils prévoient cependant que des connexions nerveuses vont se reconstruire. Or ce type de réponse ne peut pas être perçu, testée avec le matériel dont on dispose pour cette expérimentation.

Ces deux constatations peuvent être des arguments quant à une fonction efficace de l'étayage de la plateforme. Lorsque l'étayage de LabNbook est présent et même avec un étayage très court en classe (par exemple la séance avec la professeure B), il y a un taux de réussite non négligeable à la question alors que lorsque l'étayage de LabNbook est absent (mission de la professeure C), le taux de réussite est inférieur à celui que l'on peut attendre.

A l'inverse, la professeure D est celle qui consacre le plus de temps (8% et 12%) de ses échanges avec les élèves à la prévision des résultats. Ses élèves ont les scores de réussite les plus importants concernant leurs réponses pour cette rubrique et aucun n'a pas répondu. De plus, l'étayage pour l'étape de prévision des résultats est embarqué dans LabNbook.

Ainsi, un étayage embarqué dans un environnement numérique a une influence positive sur les scores de réussite des élèves même si l'étayage de l'enseignant est faible. Ceci peut être relié à la disponibilité permanente du tuteur tout au long de la leçon (Lehtinen & Viiri, 2017). Mais, il semblerait que parallèlement à un étayage embarqué dans la plateforme numérique, un étayage du professeur soit nécessaire pour une meilleure réussite des élèves.

III. Conclusion du chapitre 3 :

L'analyse des données que nous venons de faire semble montrer l'importance d'un double étayage : celui embarqué dans la plateforme LabNbook et celui apporté par l'enseignant. L'étayage embarqué dans LabNbook offre une structuration et un questionnement qui oriente la réflexion de l'élève et l'enseignante offre un étayage individualisé qui permet la réussite de l'élève.

Conclusion de la partie 5

Pendant la réalisation de la séance d'enseignement en présence de l'EIAH LabNbook, il s'organise un partage de l'étayage entre la plateforme numérique et l'enseignante pour la gestion de la démarche scientifique ; la combinaison des deux étayages (EIAH/enseignant) est commune pour chacune des quatre enseignantes.

Ce partage est provoqué par des caractéristiques différentes de l'étayage pouvant être mis en œuvre par l'un et l'autre acteur. En effet, la disponibilité du tuteur est différente : la plateforme LabNbook est toujours disponible pour l'étayage tandis que l'enseignant n'est disponible que ponctuellement. Et, l'EIAH ne peut proposer que des étayages fixes tandis que l'enseignante peut proposer des étayages adaptatifs. Alors, c'est l'EIAH qui prend en charge l'étayage concernant la structuration de la démarche scientifique en étapes tandis que l'enseignante prend en charge les étayages supportant la réflexivité de l'élève et correspondant à des allers et retours au sein de la démarche scientifique. Il semble que la combinaison de ces deux étayages soit favorable à la réussite de l'élève.

Le début de la séance est apparu comme étant particulier : ce moment de la séance est une tâche didactique qui n'est pas laissée à la charge de l'EIAH et est donc toujours sous la responsabilité de l'enseignante.

Ce partage de l'étayage ou co-étayage existe donc entre un EIAH et un enseignant ; il s'agit maintenant de comprendre en quoi il peut consister. C'est pour répondre à cette question que l'étayage mis en œuvre pendant deux étapes de la séance a été analysée de façon fine. C'est ce que nous présentons dans la partie suivante.

Partie 6. Analyse du co-étayage entre EIAH et enseignant établies lors de l'analyse de deux étapes : la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole

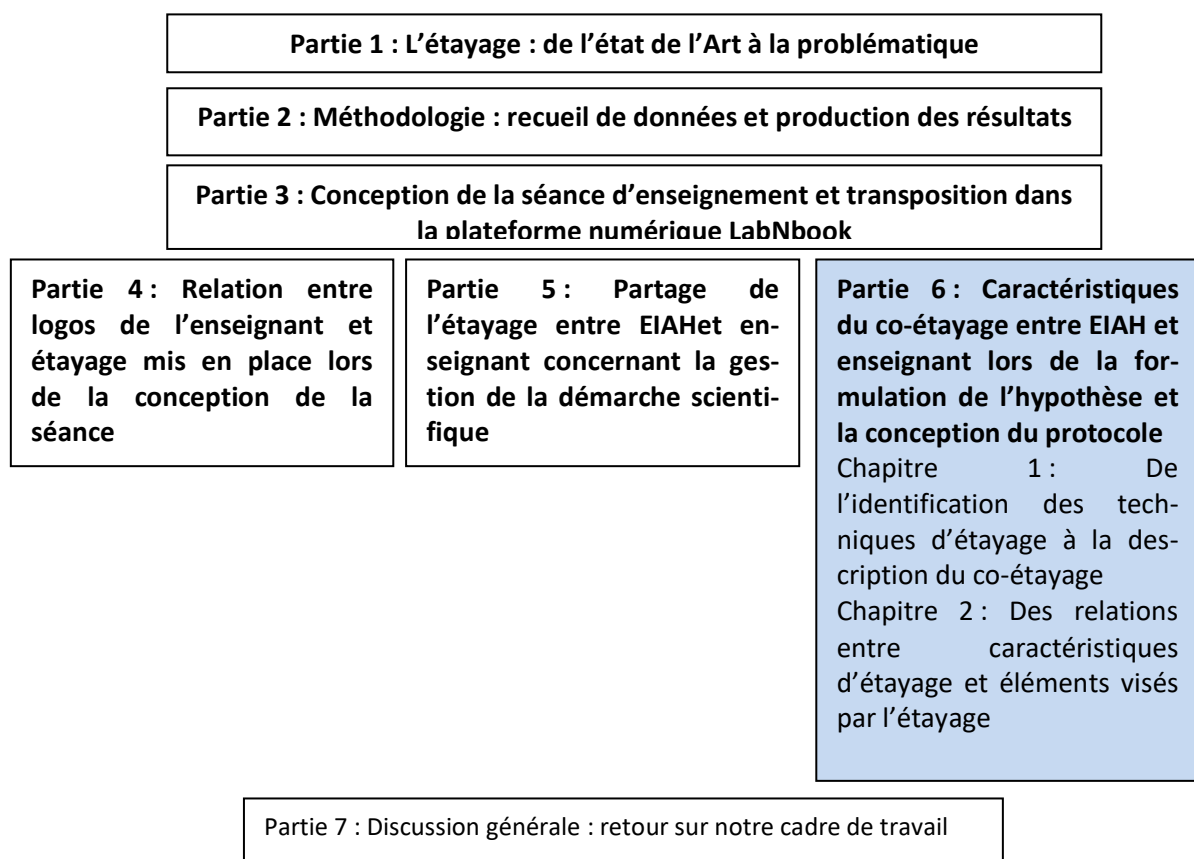


Figure 64 : Avancée dans le manuscrit

Seuls deux moments de la séance ont été choisis pour être analysés finement : la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole. En effet, l'étayage de la formulation de l'hypothèse embarqué dans LabNbook correspond seulement à une question tandis que celui de la conception du protocole correspond à une préstructuration du protocole et à la proposition d'une liste d'actions. L'étayage est donc de niveau différent et nous pensons que nous pourrions établir une adaptation de l'étayage de l'enseignante. Pour établir les caractéristiques de l'étayage des enseignantes à partir de leur discours, nous avons construit une méthodologie décrite dans la Partie 2.Chapitre 4, en page 117.

L'analyse fine de l'étayage mis en place par l'enseignante est réalisée autour de deux pôles :

La façon dont l'étayage est réalisée, la technique d'étayage décrite par deux éléments : le type de tâche de l'étayage choisi parmi les quinze types de tâches répertoriés (expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle, réaliser un feedback positif vis-à-vis de la praxéologie personnelle de l'élève,) et la fonction remplie par cet étayage (choisie parmi les onze fonctions identifiées : Faire comprendre la tâche à effectuer, Réduire les possibilités pour l'élève...);

L'objet d'étayage caractérisé par : le type d'élément praxéologique visé (*praxis* institutionnelle, *praxis* personnelle de l'élève, ...), l'objet d'enseignement (le concept scientifique, la démarche scientifique, ...) et l'élément praxéologique visé appartenant à la praxéologie institutionnelle (construite dans la Partie 3.Chapitre 3.III Praxéologie institutionnelle de la séance d'enseignement à la page 191) (comme par exemple : $T_{\text{Démarche_Hypothèse_Technique}}$ = imaginer une réponse ou des réponses au problème ou $\theta_{\text{Neurones_AVC}}$: un accident vasculaire cérébral provoque un arrêt de l'irrigation sanguine d'une zone du cerveau. Ces neurones privés de dioxygène meurent alors et ne peuvent plus accomplir leur fonction. Les conséquences de l'AVC dépendent de la fonction qu'avaient les neurones.) ou appartenant à la praxéologie personnelle de l'élève ou du professeur.

Le discours de chaque enseignante a été découpé en se basant sur l'élément praxéologique visé par l'étayage. Les résultats obtenus et leur analyse sont présentés ci-après.

Chapitre 1. De l'identification des techniques d'étayage à la description du co-étayage

Table des matières détaillée du chapitre 1

I.	Résultats et analyse : La caractérisation du co-étayage des quatre enseignantes avec l'EAH	326
I.1.	Caractérisation de l'étayage de l'enseignante A	327
I.1.1	Les caractéristiques globales de l'étayage de l'enseignante A	327
I.1.2	L'évolution de l'étayage lors du déroulement de la séance	330
a.	La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la formulation de l'hypothèse	330
b.	La succession de la technique d'étayage lors de la conception du protocole	332
c.	Bilan : le profil didactique de la professeure A	333
I.1.3	L'organisation du co-étayage entre la professeure A et la plateforme LabNbook	335
I.2.	Caractérisation de l'étayage de l'enseignante B	335
I.2.1	Les caractéristiques globales de l'étayage de l'enseignante B	335
I.2.2	L'évolution de l'étayage lors du déroulement de la séance	338
a.	La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la formulation de l'hypothèse	338
b.	La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la conception du protocole	339
c.	Bilan : Le profil didactique de la professeure B	340
I.2.3	L'organisation du co-étayage entre la professeure B et la plateforme LabNbook	341
I.3.	Caractérisation de l'étayage de l'enseignante C	342
I.3.1	Les caractéristiques globales de l'étayage de l'enseignante C	342
I.3.2	La succession des techniques d'étayage en fonction du temps :	344
a.	La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la formulation de l'hypothèse	344
b.	La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la conception du protocole	345
c.	Bilan : le profil didactique de la professeure C	346
I.3.3	L'organisation du co-étayage entre la professeure C et la plateforme LabNbook	347
I.4.	Caractérisation de l'étayage de l'enseignante D	348
I.4.1	Les caractéristiques globales de l'étayage de l'enseignante D	348
a.	Les types de tâches d'étayage	348
b.	Les objets d'étayage	349
I.4.2	La succession des techniques d'étayage en fonction du temps	351

a.	La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la formulation de l'hypothèse	351
b.	La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la conception du protocole	352
c.	Bilan : le profil didactique de la professeure D	353
I.4.3	L'organisation du co-étayage entre la professeure D et la plateforme LabNbook.....	354
I.5.	Evolution de l'étayage mis en œuvre par les professeures A et D entre la première et la deuxième séance	355
I.5.1	Evolution des caractéristiques de l'étayage de la professeure A lors de la réalisation de la deuxième séance.....	355
I.5.2	Evolution des caractéristiques de l'étayage de la professeure D lors de la réalisation de la deuxième séance.....	360
I.5.3	Bilan	363
II.	Discussion des résultats : un étayage spécifique à chaque enseignante irrigué par le <i>logos</i> de l'enseignante	364
II.1.	Un étayage spécifique à chaque enseignante.....	364
II.2.	Proposition de nouveaux étayages	366
III.	Conclusion du chapitre 1 :	367

L'analyse des discours de chaque enseignante a permis de modéliser leur technique d'étayage. En tenant compte des éléments majoritaires des caractéristiques d'étayage, un profil d'étayage pour chaque enseignante peut être établi ; les éléments le constituant sont le type de tâche d'étayage et la fonction d'étayage ainsi que l'objet d'étayage ciblé.

Les documents présentant les résultats que nous commentons se trouvent en Annexes 8 et 9.

En Annexe 8, se trouvent les analyses des discours des quatre enseignantes pour les deux étapes, formulation de l'hypothèse et conception du protocole.

En Annexe 9, se trouvent les répartitions en pourcentage des différents éléments caractérisant l'étayage des quatre professeures.

I. Résultats et analyse : La caractérisation du co-étayage des quatre enseignantes avec l'EAH

Pour chaque professeure participant à l'expérimentation, nous présentons d'abord une description des caractéristiques de l'étayage (concernant la technique d'étayage puis l'objet d'étayage), nous poursuivons ensuite par une description de l'évolution de l'étayage au cours du déroulement de la séance. Et, à partir de ces descriptions, nous cherchons ensuite à établir le profil didactique pour chacune des deux étapes (formulation de l'hypothèse et conception du protocole), puis nous terminons par une analyse du co-étayage avec LabNbook.

I.1. Caractérisation de l'étayage de l'enseignante

A

I.1.1 Les caractéristiques globales de l'étayage de l'enseignante A

La description du profil se fait à partir des éléments majoritairement mobilisés et ce, en fonction de l'étape de la formulation de l'hypothèse et de celle de la conception du protocole.

Lors de la formulation de l'hypothèse :

Le type de tâche le plus fréquemment mis en œuvre est «Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle » (60% des interventions) à mettre en relation avec la fonction prépondérante de l'étayage de la professeure A qui est de « Faire comprendre la tâche à effectuer » (35%). Les tâches à effectuer correspondent surtout à deux éléments de la *praxis* de la praxéologie institutionnelle (75%) et qui sont : « $T_{\text{LabNBook_Formalisation_Hypothèse}}$ = Formaliser l'hypothèse dans l'espace libre par écrit » (17,5%) permettant de viser l'objet combiné LabNbook et Démarche scientifique (25%) et « $T_{\text{Démarche_Formalisation_Hypothèse}}$ = Formaliser l'hypothèse par écrit » (7,5%) intervenant dans la prise en compte de l'objet démarche scientifique (30%).

Le deuxième type de tâche le plus souvent réalisé bien que dans une moindre mesure est : « Faire choisir entre deux éléments, l'un de la praxéologie institutionnelle et l'autre de la praxéologie personnelle » (12,5% des interventions). Il s'agit de faire choisir une des deux hypothèses ($\theta_{\text{Hypothèse}_1}$ = Les neurones de la zone lésée se sont multipliés, la lésion a été réparée et la fonction de lecture a pu être de nouveau prise en charge par cette même zone ou $\theta_{\text{Hypothèse}_2}$ = Les neurones de la zone lésée ont été détruits, ils n'ont pas pu être régénérés et une autre zone corticale a pris en charge la fonction de lecture) ; ce type de tâche a comme fonction de « réduire les possibilités pour l'élève » (13%). Et l'objet d'enseignement visé par l'étayage est majoritairement le concept scientifique (la plasticité cérébrale -évoqué dans 45% des moments d'étayage-) uniquement avec des éléments technologiques correspondant à l'énoncé des hypothèses.

Lors de la conception du protocole,

Le type de tâche d'étayage le plus largement mis en œuvre est : «Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle » (60% des interventions) qui permet d'accomplir la fonction prépondérante de l'étayage de la professeure A qui est de « Faire comprendre la tâche à effectuer » (50%). Ces techniques visent surtout LabNbook seul avec des éléments de la *praxis* (56%) appartenant à la praxéologie institutionnelle (67%) correspondant aux tâches à réaliser pour manipuler la plateforme : « $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Actions_Protocole}}$ = Choisir parmi les actions proposées dans le menu déroulant celles que l'on souhaitera réaliser et cliquer dessus » (9,5%), « $T_{\text{LabNbook_Modifier}}$ = Cliquer sur les trois petits points à côté du Mode opératoire pour pouvoir compléter les rubriques » (7%) et de « $T_{\text{LabNbook_Valider}}$ = cliquer sur Valider pour poursuivre » (7%). Un autre élément de la *praxis* institutionnelle est souvent évoqué : « $T_{\text{LabNbook/PlasticitéCérébrale_EditeurProtocole_Actions_Exemples}}$ = cliquer sur " Ouvrir un logiciel" », « $T =$ choi-

sir "Ouvrir l'image" » (5%) ; dans ce cas, l'enseignante propose là un étayage qui a fonction de démonstration.⁸⁷

Deux autres types de tâche d'étayage liés à la praxéologie personnelle des élèves sont aussi mobilisés mais avec une fréquence peu élevée :

- « Questionner pour aider à formuler un élément de la praxéologie personnelle de l'élève » (13%), étayage qui a pour fonction de faire expliciter sa propre praxéologie à l'élève (12% des cas)
- « Réaliser un feedback positif vis-à-vis d'un élément de la praxéologie personnelle de l'élève » (11%) confortant l'élève dans sa propre praxéologie (12%).

Dans ces deux cas, c'est l'élément praxéologique « T_{Démarche_Protocole_Conception_Visualisation}= imaginer les actions à réaliser pendant le protocole pour pouvoir visualiser des images IRM » (5%) qui est surtout visé.

Ainsi, il est possible de modéliser l'étayage mis en œuvre par la professeure A en prenant en compte les caractéristiques dominantes de cet étayage. La figure 65 ci-dessous propose cette modélisation.

⁸⁷ Il y a un élément de technologie qui est aussi explicité. Ils'agit de : « $\theta_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_1}}$ = La plateforme LabNbook permet de formaliser une suite d'actions d'un protocole mais pas de les faire réaliser automatiquement », en réponse à la remarque d'un élève qui pensait qu'une fois les actions choisies dans la plateforme, elles se réalisaient automatiquement.

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance : formulation de l'hypothèse et conception du protocole

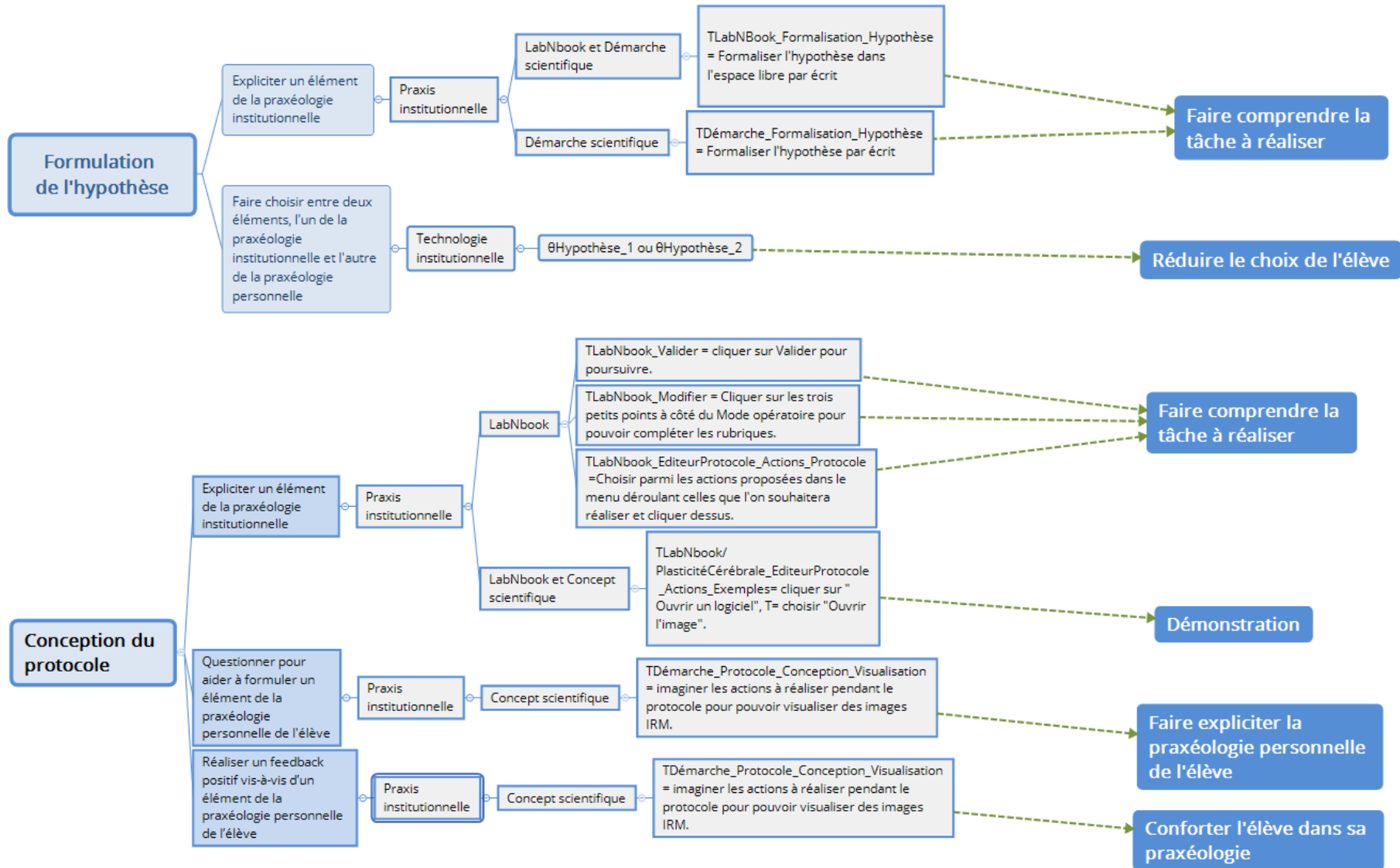


Figure 65 : modélisation des caractéristiques dominantes de l'étayage de la Professeure A

Les deux éléments praxéologiques les plus mobilisés par l'enseignante A, formulation de l'hypothèse et conception du protocole confondus, sont « $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Actions_Protocole}}$ = Choisir parmi les actions proposées dans le menu déroulant celles que l'on souhaitera réaliser et cliquer dessus ». (7%) et « $T_{\text{LabNBook_Formalisation_Hypothèse}}$ = Formaliser l'hypothèse dans l'espace libre par écrit ». (6%). Or, ces deux types de tâches correspondent à des actions déjà étayées par LabNbook. En effet, il est intuitif de comprendre que l'espace libre après la question portant sur l'hypothèse est à compléter avec la réponse c'est-à-dire que l'on fait l'action correspondant à une consigne implicite qui est « compléter le champ libre ci-après en y inscrivant votre réponse ». De même, il est aussi intuitif de cliquer sur chacune des actions proposées dans la liste pour constituer le protocole répondant ainsi à une consigne que l'on pourrait formuler ainsi « cliquer sur chaque action que vous souhaitez sélectionner pour constituer votre protocole ». L'étayage de l'enseignante semble être redondant avec celui de la plateforme numérique.

Ainsi, à l'issue de cette première analyse, nous pouvons établir quelques caractéristiques de la technique d'étayage de la professeure A :

- Cette enseignante cherche à informer pour mettre en œuvre la praxéologie institutionnelle en explicitant plutôt des éléments de la *praxis* institutionnelle.
- La professeure évite aux élèves de partir dans une direction qu'elle ne souhaite pas en réduisant les possibilités de l'élève : 1) en lui faisant choisir entre les deux choix d'hypothèses lors de la première étape et 2) en proposant des exemples pour la conception du protocole ce qui équivaut à proposer une démonstration aux élèves.

Nous allons voir maintenant comment évolue l'étayage au cours de la séance, au niveau de chaque groupe et entre les deux étapes de la démarche.

I.1.2 L'évolution de l'étayage lors du déroulement de la séance

a. La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la formulation de l'hypothèse

L'intervention face à la classe entière de la professeure A concernant la formulation de l'hypothèse est brève, deux minutes en début de séance. Il s'agit d'expliciter des éléments technologiques de la praxéologie. L'enseignante indique qu'il existe deux versions de la mission et elle précise à la classe que l'hypothèse est à valider. Le terme « valider » utilisé montre qu'un élément du profil didactique que nous avons identifié lors de la mise en place de la mission LabNbook est de nouveau mobilisé par l'enseignante ; il s'agit de « $\theta_{\text{PA_PCK_Enseignement des Sciences_Hypothèse}}$ = l'enseignant doit faire en sorte que l'hypothèse à tester en classe lors d'une séance expérimentale doit être vérifiée ». Ainsi, pour la professeure A, une hypothèse en classe est une proposition à valider et non pas à tester.

Passé le discours fait en classe, la professeure visite ensuite chaque groupe d'élèves sauf quatre groupes, deux de ces groupes car les élèves n'ont pas d'hypothèse à formuler (ils ont la version 2 de

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

la mission) et les deux autres groupes car ils ont accompli leur tâche seuls, sans besoin d'aide et plutôt rapidement car le professeur ne s'y arrête pas.

Pour les trois premiers groupes visités (groupes E2, E3, E5) jusqu'à 00 :20 :10, l'enseignante rappelle le type de tâche (T_{Démarche-Hypothèse}: formuler l'hypothèse) et explicite le type de tâche correspondant à la formalisation de l'hypothèse (T_{LabNbook_Formalisation_Hypothèse}: formaliser l'hypothèse par écrit au niveau de l'onglet dédié dans LabNbook). Les interventions sont donc uniquement liées à l'explicitation de *praxis* institutionnelle.

Par la suite, après les vingt premières minutes, pour les autres groupes visités, la technique d'étayage utilisée varie :

- Si les élèves ont une idée et ont déjà écrit leur hypothèse (E3, E5), le professeur réalise un feedback positif concernant leur écrit.

Si les élèves visités ne semblent pas avoir d'idée pour leur hypothèse (groupes E4, E7, E10) le professeur énonce le choix qu'ils ont à faire entre deux hypothèses : Hypothèse 1 : la zone cérébrale lésée est réactivée six mois après l'AVC ou Hypothèse 2 : une autre zone cérébrale est dédiée à la lecture après la récupération.

Nous pouvons modéliser l'action d'étayage de l'enseignante A par la Figure 66 ci-après :

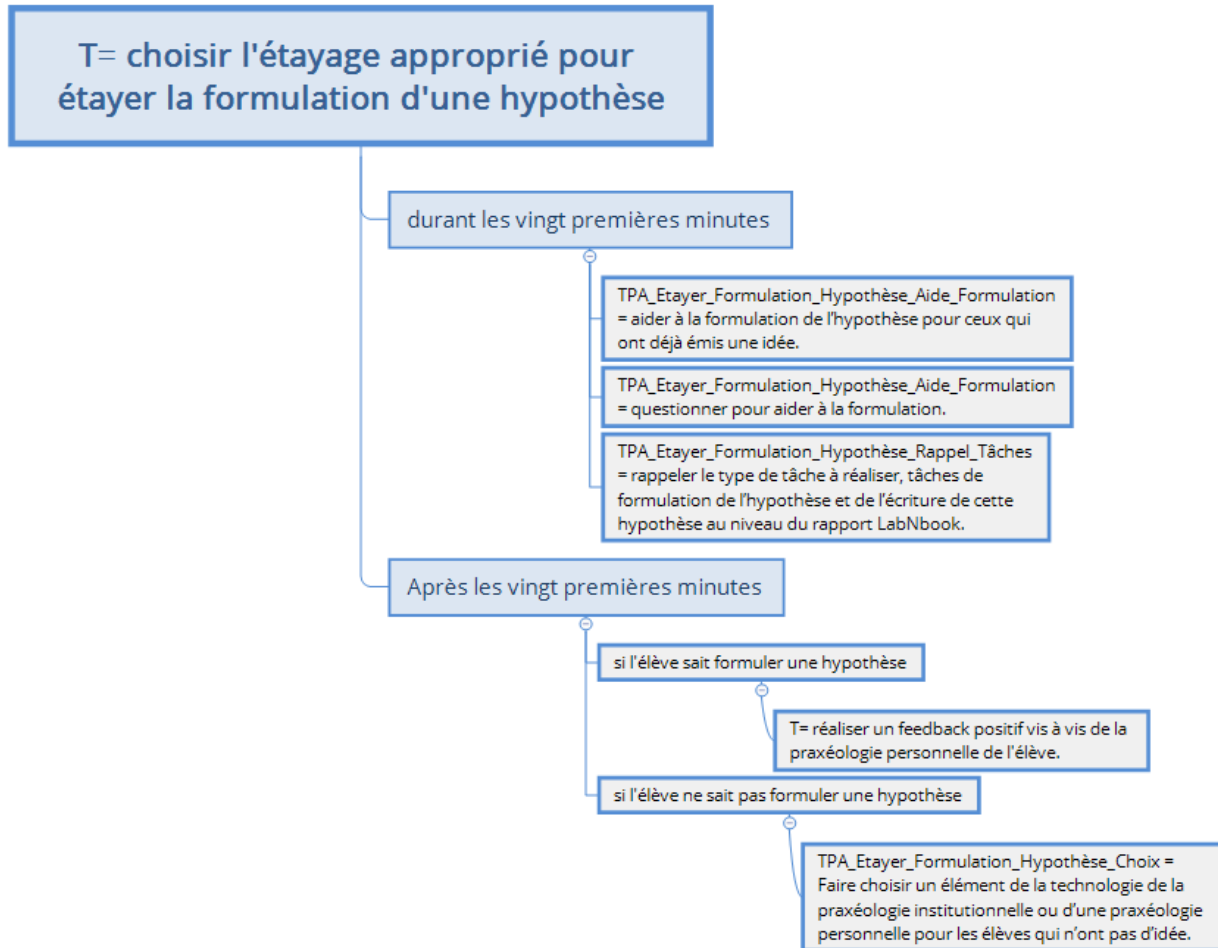


Figure 66 : Modélisation de la technique d'étayage de la Professeure A lors de la formulation de l'hypothèse

b. La succession de la technique d'étayage lors de la conception du protocole

L'étayage concernant l'étape de conception du protocole s'étale pratiquement tout au long de la séance, à partir des onze premières minutes (00 :11 :35) jusqu'à la fin de la séance (01 :26 :23). L'étayage de la professeure A évolue au cours de la séance : les deux premières interventions (groupes E8 et E5) décrivent simplement ce qui doit être fait avec la plateforme LabNbook : ajouter des étapes au protocole et des actions au niveau de chaque étape. Puis, rapidement, l'enseignante étoffe son discours en prenant un exemple. La pratique didactique est donc ici d'explicitier le type de tâche suivant : « $T_{\text{LabNbook/PlasticitéCérébrale_EditeurProtocole_Actions_Exemples}}$ = cliquer sur " Ouvrir un logiciel" », « $T =$ choisir "Ouvrir l'image". Ensuite, après une vingtaine de minutes de classe, il s'agit de choisir des actions qui sont « utiles » : « $T_{\text{EnseignanteA_LabNbook/PlasticitéCérébrale_LabDoc_Choix_ActionsUtiles}}$ = choisir les actions utiles parmi celles qui sont proposées afin de concevoir le protocole adapté à la situation scientifique ». Ce type de discours est justifié par un élément de technologie de la praxéologie didactique que nous formulons ainsi : « $\theta_{\text{PA_PCK_Enseignement des Sciences_Protocole/LabNbook}}$ = toutes les actions proposées dans la mission LabNbook ne sont pas utiles et ne sont donc pas à choisir de même que le matériel ».

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

Ainsi, la prise en compte de l'étayage apporté par la préstructuration du protocole évolue au cours de la séance : de l'explicitation concernant la façon d'utiliser la plateforme de façon générale à la proposition d'exemples puis à la demande de ne prendre en compte que les actions utiles. Cet étayage qui s'étoffe au fur et à mesure que se déroule la séance est montré par la Figure 67 Ci-dessous :

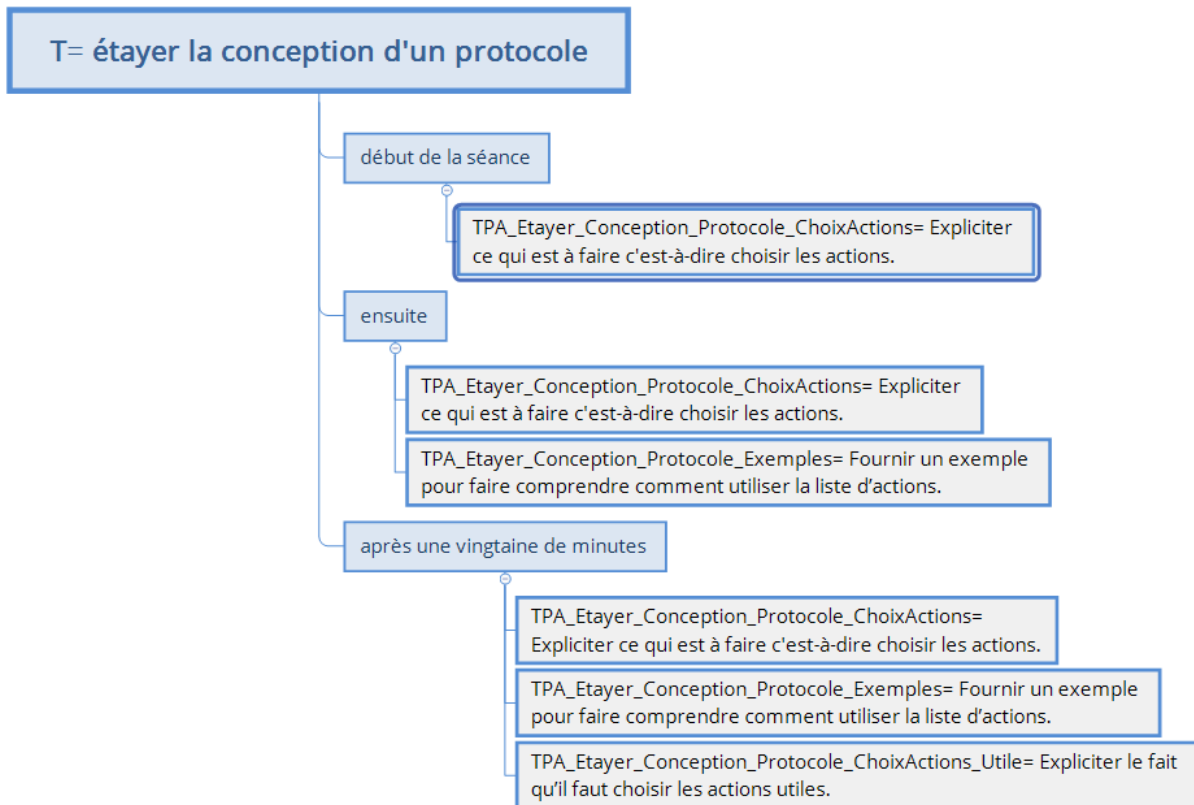


Figure 67 : Modélisation de la technique d'étayage de la Professeure A lors de la conception du protocole

c. Bilan : le profil didactique de la professeure A

Certaines caractéristiques de l'étayage de la professeure A peuvent être mises en relation avec le profil didactique élaboré à partir du discours de l'enseignante lors de l'élaboration de la mission LabNbook. Il avait été établi que cette professeure voulait être rassurante, éviter de mettre les élèves en difficulté, faire en sorte que chaque élève réussisse.

L'analyse de l'étayage lors de la formulation de l'hypothèse montre que le deuxième type de tâches d'étayage le plus souvent mobilisé est celui proposant de faire choisir entre les deux hypothèses. Par cet étayage, les élèves sont alors fortement guidés, transformant par exemple le type de tâche $T_{\text{Dem-Expé_PC_Réparatrice_hypothèse}}$ en $T_{\text{Dem-Expé_PC_Réparatrice_ChoisirHypothèse}}$. Cela semble révéler l'idée que pour l'enseignante, ses élèves ne peuvent pas parvenir seuls à expliciter une hypothèse, il faut alors les guider. Cette façon d'agir peut être reliée à deux technologies que nous avons identifiées lors des entretiens pendant la co-conception de la mission LabNbook : « $\theta_{\text{PA_PCK_Difficulté des élèves_Hypothèse}} = \text{un élève a des difficultés à formuler une hypothèse valide}$ » et « $\theta_{\text{PA_PCK_Apprentissage des sciences_Hypothèse}} = \text{l'enseignant ne doit pas mettre un élève face à un échec, ce qui se réalise lorsqu'il prend conscience}$ ».

que l'hypothèse qu'il a formulée est fausse » et en relation avec la théorie que nous avons précédemment identifiée : « Θ_{PA} = un professeur doit vraiment accompagner, rassurer l'élève ». Ceci est en cohérence avec le fait que l'une des techniques d'étayage relativement souvent utilisée est la réalisation de feedback positif vis-à-vis de la praxéologie personnelle de l'élève ; cela conforte notre idée d'un professeur souhaitant être rassurant et valorisant par rapport à ce qui est fait par les élèves.

L'analyse de l'étayage lors de la conception de la mission LabNbook montre que ce sont surtout des éléments de la *praxis* qui sont mobilisés et l'enseignante exprime les questions qui sont soulevées dans la mission LabNbook, des questions qui justifient la liste du matériel (des IRM) et de façon plus générale la liste des états des paramètres et des actions. Lorsqu'elle exprime ce questionnement, il nous semble que l'enseignante prend la place de l'élève et exprime les questions qu'elle se poserait si elle était à la place de celui-ci. Nous avons retrouvé cette même propension à prendre la place de l'apprenant lors de la co-conception de la mission LabNbook. En effet, lorsque nous avons émis l'idée de faire formuler l'hypothèse à ses élèves, la professeure A avait alors fait appel à son expérience d'apprenante et avait expliqué qu'elle n'avait pas aimé prendre conscience que l'hypothèse testée était fausse. Nous pouvons alors construire un élément de la technologie de la praxéologie didactique de la professeure A qui est un élément de connaissances professionnelles lié à la conception de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences : « $\Theta_{PA_PCK_OrientationDesSciences_EnseignementDesSciences_ExpérienceD'apprenante}$ = se mettre à la place de l'élève lors de l'accomplissement d'une tâche permet de produire un étayage adéquat ».

Dans les deux étapes (formulation de l'hypothèse et conception du protocole), les éléments d'étayage appartiennent très largement à la *praxis* institutionnelle confortant là notre idée d'une enseignante cherchant à faire faire aux élèves afin que chacun réalise la tâche à faire. Une nouvelle connaissance professionnelle peut alors être énoncée : « $\Theta_{PA_PCK_Enseignement/ApprentissageSciences_Démarche}$ = l'enseignant doit faire en sorte que chaque élève puisse trouver rapidement dans le discours de l'enseignant une information sur laquelle s'appuyer pour progresser dans la démarche ». Et, en effet, la fonction de cet étayage est de faire comprendre la tâche à effectuer à l'élève. Une connaissance professionnelle liée à cette stratégie peut alors être explicitée : « $\Theta_{PA_Stratégie_Hypothèse}$ = l'étayage apporté par l'enseignant pendant la séance permet de faire comprendre la tâche à effectuer à l'élève ».

Ainsi, le profil didactique d'une enseignante cherchant à établir des étayages permettant à chacun de ses élèves de réussir est validé par notre analyse des étayages mis en place pendant les deux étapes de la séance.

Nous allons voir maintenant l'organisation de l'étayage mis en place par l'enseignante et celui de la plateforme LabNbook.

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

I.1.3 L'organisation du co-étayage entre la professeure A et la plateforme LabNbook

L'étayage embarqué dans LabNbook et celui de l'enseignante sont activés en même temps lors des deux étapes que nous avons analysées. Deux cas ont pu être repérés :

- Surenchère d'étayage : lors de la réalisation de la séance, l'étayage de l'enseignante A évolue au cours de la visite des groupes d'élèves : que ce soit pour la formulation de l'hypothèse ou pour la conception du protocole, il y a un étayage mis en place qui provoque une réduction des possibilités pour les élèves : pour la formulation de l'hypothèse, avec la proposition de choisir entre deux hypothèses et lors de la réalisation du protocole, par les questions à se poser, par la proposition d'exemples puis en énonçant le fait que toutes les actions ne sont pas à choisir. Ces deux actions correspondent pour nous à une augmentation du niveau d'étayage proposé par LabNbook. Ainsi, dans ce cas là, le co-étayage correspond à une surenchère d'étayage.
- Complémentarité : l'enseignante peut prendre en charge des éléments non embarqués dans LabNbook comme par exemple les feedbacks positifs vis-à-vis de la praxéologie personnelle de l'élève ou l'aide permettant l'explicitation de ces praxéologies personnelles. En cela, l'étayage de l'enseignante complète l'étayage numérique.

Une remarque nous permet de compléter l'analyse de l'étayage pendant la séance réalisée par l'enseignante A. Avec le groupe 1, à 00:30:22, E2 demande « après ces images j'ai vu on peut faire des captures d'écran/ » et, à partir de cette remarque d'élève, cette action que l'enseignante n'avait pas prise en compte, va être commentée par elle et par là, l'importance de l'acquisition des résultats est révélée. Il y a donc ici un étayage de LabNbook pour les élèves qui se tourne vers l'enseignante.

Ainsi, dans le cas de la professeure A, le co-étayage se traduit par trois modalités : un étayage numérique 1) renforcé par la répétition des mêmes éléments d'étayage, 2) appuyé par la prise en charge par l'enseignante de tâches de granularité plus fine de la praxéologie non embarqué dans LabNbook ou enfin 3) complété lorsque l'enseignante prend en charge des étayages non embarqués dans l'EIAH. Enfin, l'étayage de LabNbook impacte aussi l'étayage de l'enseignante.

Voyons maintenant l'analyse concernant l'enseignante B.

I.2. Caractérisation de l'étayage de l'enseignante B

I.2.1 Les caractéristiques globales de l'étayage de l'enseignante B

Comme pour l'enseignante A, nous nous appuyons sur les éléments majoritairement mobilisés lors de l'étayage. Pour l'enseignante B, des caractéristiques communes ont été identifiées lors de l'étayage des deux étapes.

Pour les deux étapes, le type de tâche mobilisé très majoritairement est « Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle » (70% pour l'hypothèse et 56% pour le protocole) auquel on peut ajouter « répondre en explicitant un élément de la praxéologie institutionnelle (10% pour l'hypothèse et 21% pour le protocole). Ainsi, la professeure B s'attache à expliciter des éléments de la praxéologie institutionnelle soit de façon spontanée soit en réponse à des questions d'élèves. Ce type de tâche d'étayage est en relation avec le fait que la fonction principale de l'étayage est « Signaler une caractéristique déterminante » (à 33% pour l'hypothèse et 15% pour le protocole). Les éléments visés par l'étayage appartiennent largement à la praxéologie institutionnelle (80% pour l'hypothèse et 77% pour le protocole) et correspondent souvent à l'objet concept scientifique (40% pour l'hypothèse et 26% pour le protocole). Enfin, lors de l'étayage des deux étapes, il n'y a pas d'élément particulier praxéologique qui soit visé puisque chacun des cinq types de tâche ou chacune des dix technologies ne sont évoqués qu'une, deux ou trois fois dans le discours d'étayage.

Par contre, pour la conception du protocole, les éléments praxéologiques visés par l'étayage appartiennent à la fois à la *praxis* et à la technologie institutionnelle et portent aussi sur LabN-book+Concept scientifique alors que lors de la formulation de l'hypothèse, il s'agit largement des éléments de la technologie institutionnelle (55%) et le deuxième objet visé par l'étayage est la démarche scientifique (40%).

Nous modélisons les caractéristiques de l'étayage de la professeure B par la figure 68 ci-après.

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance : formulation de l'hypothèse et conception du protocole

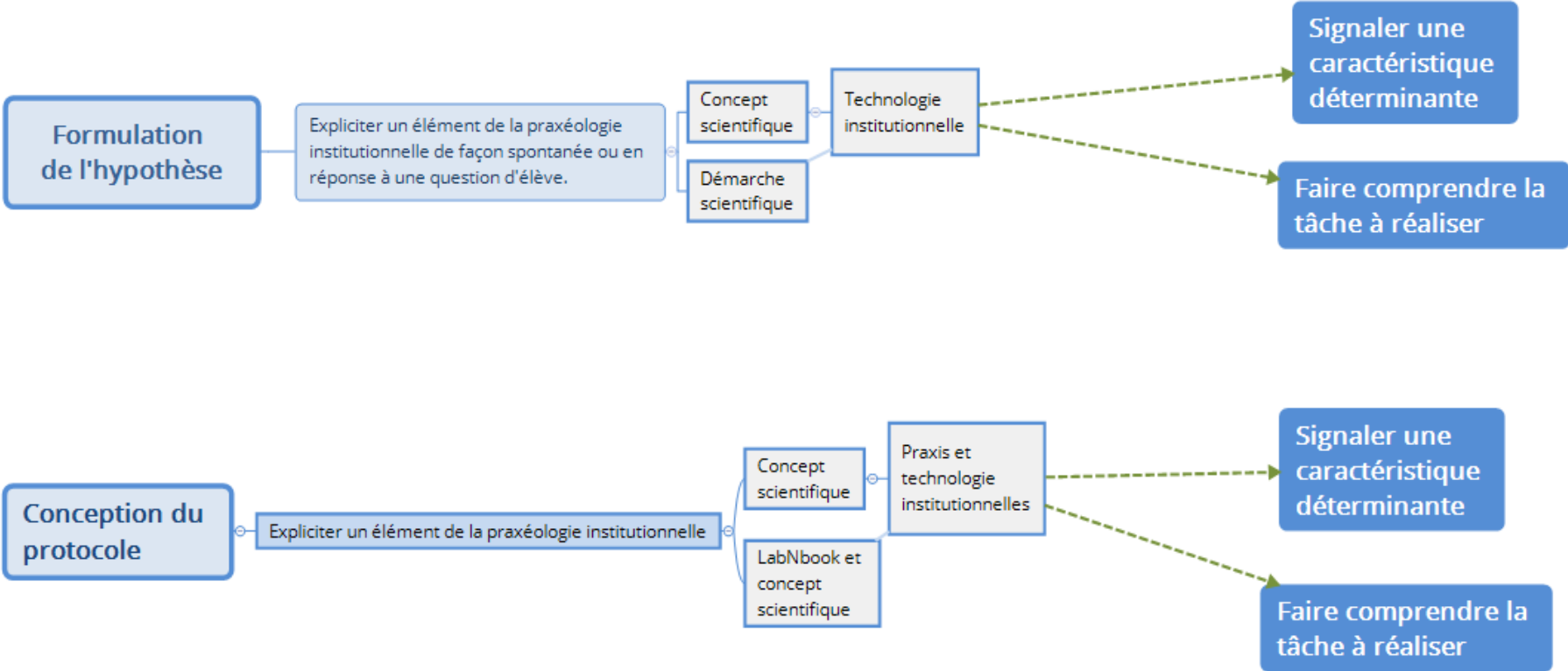


Figure 68 : modélisation des caractéristiques dominantes de l'étayage de la Professeure B

Ainsi, en première analyse, l'étayage de l'enseignante B est très tourné vers l'explicitation d'éléments de la praxéologie institutionnelle que ce soit pour l'une ou l'autre étape.

I.2.2 L'évolution de l'étayage lors du déroulement de la séance

a. La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la formulation de l'hypothèse

La caractéristique de l'étayage de la professeure B est qu'elle s'adresse souvent à la classe entière. Ainsi, pour la formulation de l'hypothèse, deux minutes en début de séance permettent à l'enseignante d'explicitier un élément de la praxéologie institutionnelle. Ensuite, le professeur répond à deux élèves en explicitant encore une fois un élément de la praxéologie institutionnelle. Suite aux difficultés rencontrées par ces deux élèves, l'enseignante choisit de s'adresser une nouvelle fois à la classe en explicitant à nouveau des éléments de la praxéologie institutionnelle et en cherchant à rassurer la classe. Un échange court avec un élève amène de nouveau l'enseignante à explicitier des éléments de la praxéologie institutionnelle à la classe et, après 26 minutes, à formuler l'hypothèse valide en s'appuyant sur les réponses d'élèves. Peut-être pouvons-nous alors relier le fait que l'enseignante finit par énoncer l'hypothèse valide pour tous les élèves de la classe à un certain manque de confiance envers leurs capacités à accomplir les tâches demandées, manque de confiance perçue lors de la co-conception de la mission LabNbook.

La figure 69 ci-après permet de visualiser la succession des techniques d'étayage au cours de la séance.

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

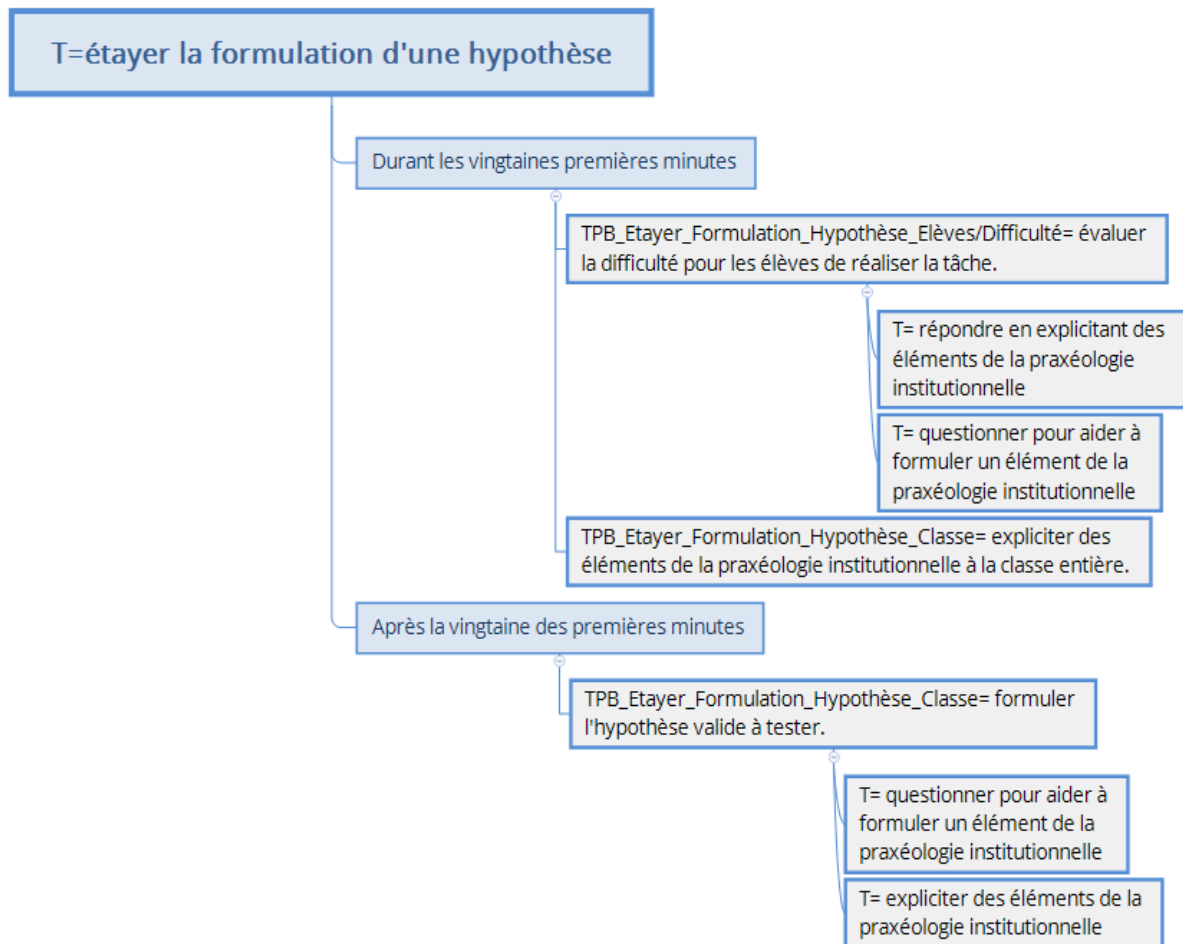


Figure 69 : Modélisation de la technique d'étayage de la Professeure B lors de la formulation de l'hypothèse

b. La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la conception du protocole

Durant les quinze premières minutes, la professeure B s'adresse à la classe entière en exprimant des éléments de la praxéologie institutionnelle. Lors de l'interaction avec l'élève (E10), elle perçoit des difficultés en particulier liées à l'existence des deux versions de la mission LabNbook. L'enseignante choisit alors de s'adresser à la classe entière pour préciser ces éléments de la praxéologie institutionnelle. Ainsi, pendant vingt minutes, l'enseignante intervient surtout en explicitant des éléments de la praxéologie institutionnelle liés à l'existence des deux versions de la mission LabNbook, l'une très guidée et l'autre moins.

Après ces vingt premières minutes, la professeure B passe auprès des élèves, treize postes sur les vingt occupés. Les visites sont soit pour répondre à une des questions d'élèves, soit spontanées.

Durant les dix minutes qui suivent, l'enseignante explicite surtout des éléments concernant la conception d'un protocole : « $\theta_{\text{Démarche_Ressources_Conception}}$ = le protocole est imaginé à partir du matériel proposé ». Par la suite, l'étayage vise alors les éléments intervenant dans la conception du protocole en

alternant les éléments portant sur la manipulation de LabNbook et ceux portant sur les éléments du concept scientifique c'est-à-dire quelles sont les actions, les valeurs de paramètres choisis, pourquoi etc.

Nous pouvons alors modéliser la succession de l'étayage au cours de la séance par la Figure 70 ci-après :

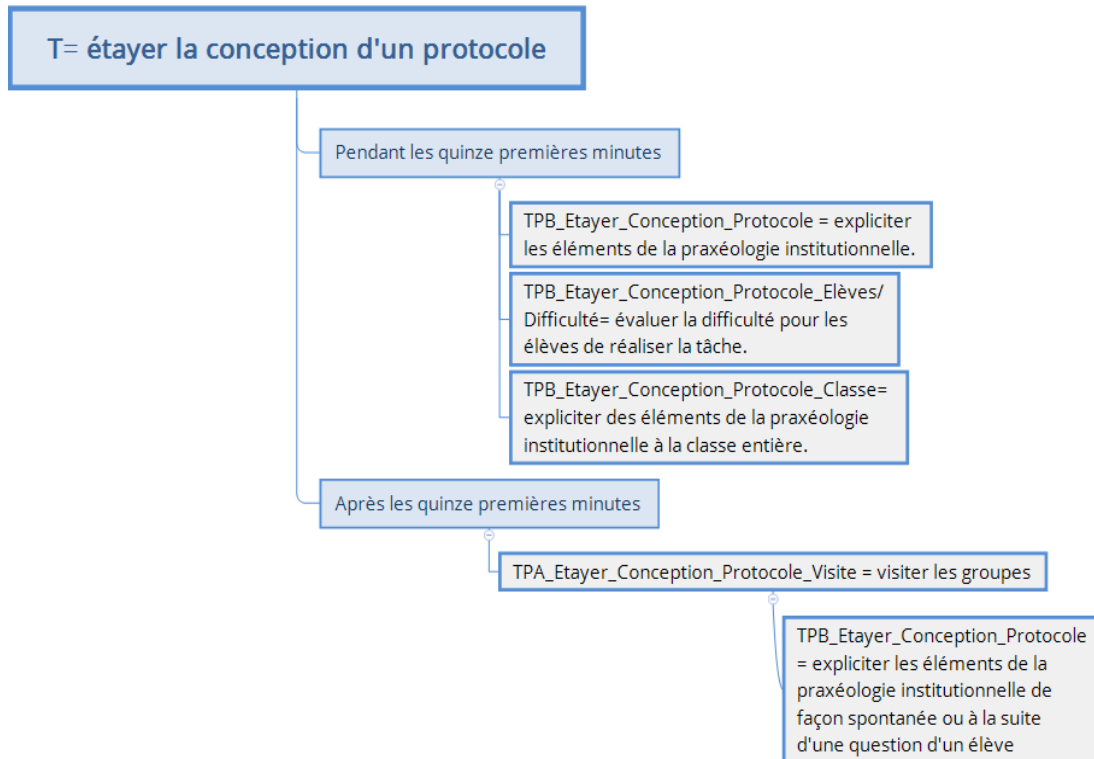


Figure 70 : Modélisation de la technique d'étayage de la Professeure B lors de la conception du protocole

c. Bilan : Le profil didactique de la professeure B

L'entretien précédant la réalisation de la séance ne nous avait pas permis d'établir beaucoup d'éléments concernant le profil didactique de la professeure B. Une idée avait été émise qu'elle pouvait manquer de confiance concernant la concentration de certains élèves ; l'enseignante avait en effet exprimé l'idée que les consignes écrites pouvaient être plus prises en compte que les consignes orales. La réalisation de la séance permet de préciser cette affirmation. Lorsque la professeure B se rend compte que certains de ses élèves ont des difficultés pour formuler une hypothèse, elle énonce à la classe l'hypothèse qui va être validée par l'expérience. Ainsi, l'enseignante B semble craindre que les élèves ne puissent pas formuler une hypothèse valide ; cette crainte n'avait cependant pas été exprimée lors de l'entretien réalisé avant la séance.

Concernant la conception du protocole, l'étayage est surtout basé comme nous l'avons déjà dit sur une explicitation des éléments de la praxéologie institutionnelle lors d'échanges initiés par les éléments de la plateforme LabNbook. La tendance de l'enseignante est d'apporter les éléments qui manquent à la réflexion des élèves lorsqu'il y a des problèmes dans la manipulation de LabNbook

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

mais aussi lors des choix des actions ou des paramètres. Un exemple est présenté dans l'extrait ci-après : la professeure B indique à l'élève E17 ce qui doit être choisi comme paramètre dans LabN-book.

Extrait 12 : de la séance réalisée par la professeure B

Public	Temps	Productions verbales
E17 (version 2)	00:46:58	P : est-ce que tu t'en sors toi ? E : oui.
E17 (version 2)	00:47:02	P : toi aussi tu en es là hein en fait on peut regarder ensemble / alors donc celui des zones cérébrales observées/ donc comparer le sain à celui de madame X c'est bien /ça ne pose pas de problème c'est bien /
E17 (version 2)	00:47:03	P: l'observation témoin correspondant c'est ce qu'on s'était dit /donc témoin on dit que c'est madame X et que le sain est le test/ parce que c'est elle qui est en référence ici/ hein ça va / ça va E17: ça va.

Il y a donc une forte tendance à dire ce qui doit être pensé ou fait peut être par manque de confiance envers les élèves à accomplir la mission dans le temps imparti ; nous pouvons donc expliciter la connaissance professionnelle suivante : « $\theta_{PB_Enseignement/ApprentissageSciences_Etayage}$ = la plupart des élèves ont du mal à réaliser la démarche que ce soit au niveau de l'hypothèse ou de la conception du protocole alors l'enseignant doit alors fournir explicitement l'information manquante rapidement ».

I.2.3 L'organisation du co-étayage entre la professeure B et la plateforme LabNbook

L'enseignante B a tendance à expliciter les éléments qui manquent à la réflexion de l'élève. Ainsi, concernant la formulation de l'hypothèse, l'enseignante face aux interrogations des élèves choisit de formuler l'hypothèse valide à l'issue d'un échange dialogué. Il s'agit là d'une pratique que l'on peut qualifier de surétayage puisque c'est faire à la place de l'élève. De même, concernant la conception du protocole, l'enseignante a tendance, comme nous l'avons déjà vu, à expliciter les éléments des praxéologies institutionnelles lors d'échanges initiés par les éléments de la mission LabNbook. En reprenant l'exemple que nous avons pris ci-dessus, c'est l'élément de technologie « $\theta_{EnseignanteB_Témoin_MadameX}$ = Madame X est la référence dans le protocole ; elle est donc le témoin tandis que le sujet sain, est l'expérience test » qui est donné à l'élève. Le fait d'explicitement ce qui manque à la réflexion des élèves semble confirmer la tendance à la professeure B à donner ce qui manque sans chercher à faire trouver.

L'utilisation de la plateforme LabNbook a permis la mise en place d'échanges entre enseignante et élèves qui n'auraient pas été s'il n'y avait pas eu la liste d'actions. Ainsi, certains échanges concernant les notions d'expériences témoin et expériences test ont été initiés par les actions de LabNbook par exemple à 00:27:57, l'élève E6 demande « ici c'est quoi l'observation test/ ». Or, la notion d'expériences test et témoin, comme nous l'avons exposée dans la partie théorique, est une notion capitale (Darley, 2007) dans la démarche expérimentale. Nous pensons alors qu'à ces moments particuliers, c'est l'étayage embarqué dans la mission qui a initié la réflexion

chez l'élève concernant la notion d'expérience test et témoin. Il y a eu transfert de l'étayage de LabNbook à l'élève (via l'action à compléter), puis de LabNbook à l'enseignante (via la question posée par l'élève sur l'action à compléter) à un étayage de l'enseignante à l'élève (via la réponse de celle-ci à l'élève).

Donc, d'après notre analyse, le co-étayage entre LabNbook et l'enseignante B se distingue par deux éléments :

- Un surétayage : l'étayage apporté par LabNbook est augmenté à un niveau supérieur par la professeure B en faisant à la place de l'élève ;
- Un étayage pour la professeure B provoqué par l'étayage de LabNbook qui initie une discussion entre enseignante et élève sur la notion de témoin.

I.3. Caractérisation de l'étayage de l'enseignante C

I.3.1 Les caractéristiques globales de l'étayage de l'enseignante C

La façon dont est mené l'étayage par l'enseignante C est marqué par un changement entre la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole.

Lors de la formulation de l'hypothèse,

Un type de tâche est très largement mis en œuvre « Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle » (80% du nombre total des types de tâches), permettant d'accomplir la fonction prédominante de l'étayage « Faire comprendre la tâche à effectuer » (67%). Cet étayage porte surtout sur l'objet LabNbook (55% des moments d'étayage) à travers des éléments de la *praxis* institutionnelle (72%) et en particulier l'élément praxéologique le plus souvent visé par l'étayage qui est : « $T_{\text{LabN-Book_Hypothèses}}$ = Cliquer sur le mot Hypothèse pour pouvoir compléter la rubrique. (27%) ».

Pendant la conception du protocole,

Le type de tâche « Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle » est aussi majoritaire mais sa fréquence n'est que de 30% et l'élément praxéologique le plus souvent mobilisé est « $T_{\text{LabN-book_EditeurProtocole_Actions_Protocole_ActionsFines}}$ = après avoir cliqué sur étape, cliquer sur chaque action que l'on souhaite réaliser ».

Un autre type de tâche majoritaire est « Réaliser un feedback positif vis-à-vis d'un élément de la praxéologie personnelle de l'élève » (28%) ce qui permet de « Conforter l'élève dans sa praxéologie personnelle » (31%).

L'objet LabNbook, combiné avec le concept scientifique ou seul (39% et 35%) est largement visé par l'étayage, et ce par des éléments de la *praxis* institutionnelle (30%) et aussi de la *praxis* personnelle conforme à la *praxis* institutionnelle (30%) avec en particulier un élément praxéologique : « $T_{\text{PC_Comp_Témoin/Test_IRMa_X/Sain}}$ = comparer les IRM anatomiques de Madame X et du sujet sain » (11%).

Nous modélisons l'étayage de l'enseignante C par ses caractéristiques dominantes dans la figure 71 ci-après.

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance : formulation de l'hypothèse et conception du protocole

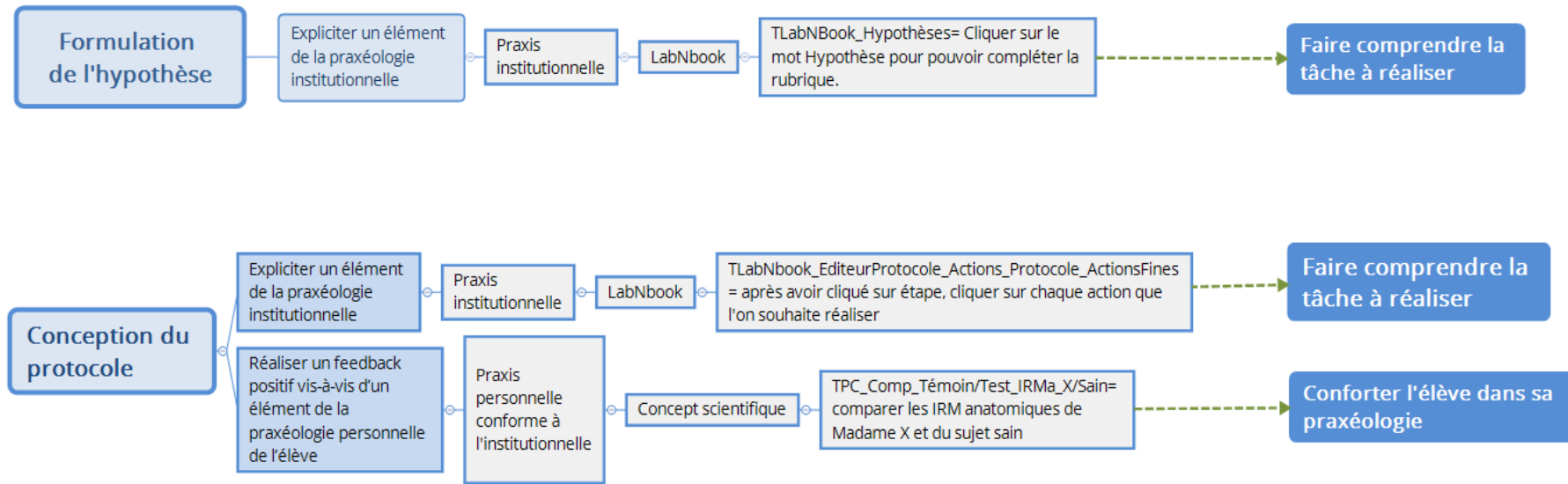


Figure 71 : modélisation des caractéristiques dominantes de l'étayage de la Professeure C

L'enseignante C a largement étayé vis-à-vis de LabNbook et a conforté les élèves dans leur praxis personnelle conforme à l'institutionnelle vis-à-vis du concept scientifique.

I.3.2 La succession des techniques d'étayage en fonction du temps :

a. La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la formulation de l'hypothèse

Au début de la séance, l'étayage est focalisé sur la manipulation de LabNbook qui se résume à : il est nécessaire de cliquer sur le mot hypothèse pour pouvoir faire l'hypothèse. La large majorité des interventions, qu'elles soient en début ou en fin du temps pour la formulation de l'hypothèse, est axé sur l'objet LabNbook. Seul le groupe E6, qui est le troisième groupe visité à la douzième minute, reçoit un étayage dont l'objet est le concept scientifique. La professeure C rappelle en effet le problème: « PC : en fait l'hypothèse, c'est comment tu vas expliquer que cette dame que cette dame a été capable de relire au bout de six mois. (E6, 00 :12 :03), et fait une allusion à une notion qui a été vue dans les séances auparavant (le cerveau régionalisé) « PC : et qu'on a vu qu'il y avait bien des zones particulières pour chaque fonction » (E6, 00 :12 :07).

La Figure 72 ci-dessous illustre les caractéristiques principales de l'étayage de la professeure C lors de la formulation de l'hypothèse :

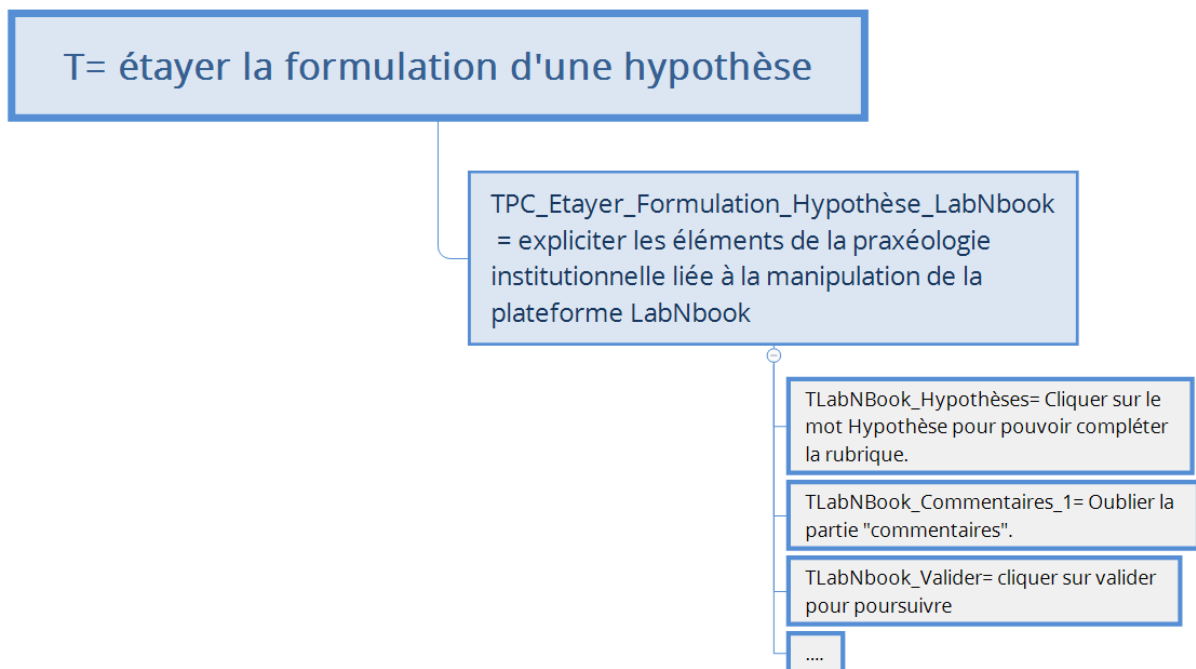


Figure 72 : Modélisation de la technique d'étayage de la Professeure C lors de la formulation de l'hypothèse

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

b. La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la conception du protocole

L'intervention devant la classe entière concernant l'étape de la conception du protocole est brève, ne dure que quelques minutes. Ensuite l'enseignante visite tous les groupes.

Durant les dix-huit premières minutes de visite aux élèves, les interventions de la professeure C sont liées à l'explicitation d'éléments de la praxéologie institutionnelle. L'enseignante vise par son étayage par exemple les éléments suivants : « $T_{\text{LabNbook_Ressources_Matériel}}$ = Prendre connaissance du matériel disponible pour la situation scientifique étudiée dans la rubrique "Matériel" », « $T_{\text{PC_Comp_Témoïn/Test_IRMa_X/Sain}}$ = comparer les IRM anatomiques de Madame X et du sujet sain » ou « $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Actions_Protocole_ActionsFines}}$ = après avoir cliqué sur étape, cliquer sur chaque action que l'on souhaite réaliser ». Passé ce moment, les échanges entre l'enseignante et les élèves visités permettent l'explicitation soit d'éléments de praxéologie institutionnelle de la part de l'enseignante soit d'éléments de praxéologie personnelle à l'élève et sont souvent ponctués de feedback positif : sur seize visites, huit sont marquées par un feedback positif prononcé par l'enseignante vis-à-vis de ce qui a été fait ou dit de la part des élèves du groupe. S'ajoutent à partir de la vingt-troisième minutes, des réflexions de la part du professeur qui trahissent sa propre praxéologie vis-à-vis de la plateforme LabNbook comme par exemples : « $T_{\text{EnseignanteC_LabNbook_LabDoc_Choix_SensActions}}$ = éliminer les actions dont le sens n'est pas compris » ou « $\theta_{\text{EnseignanteC_LabNbook_Complétude}}$ = Toutes les actions proposées ne sont pas nécessairement à prendre en compte ; il faut choisir celles qui semblent pertinentes ». L'enseignante exprime ses doutes quant à l'intérêt d'un étayage guidé par une liste d'actions, n'ayant pas toujours établi l'intérêt de chacune des actions.

Ainsi, pendant les vingt premières minutes, l'enseignante en prenant en compte ce qui est dit ou a été réalisé par les élèves s'assure que ceux-ci parviennent à manipuler la plateforme LabNbook et ont compris la tâche à réaliser. Après, elle visite les groupes pour résoudre les problèmes qui se posent (action « valider » non réalisée, mot à indiquer au niveau d'un paramètre à proposer ...) mais en étant parfaitement confiante dans ce qui est réalisé par ses élèves.

La figure 73 ci-après modélise les caractéristiques principales de l'étayage de la professeure C lors de la conception du protocole par les élèves :

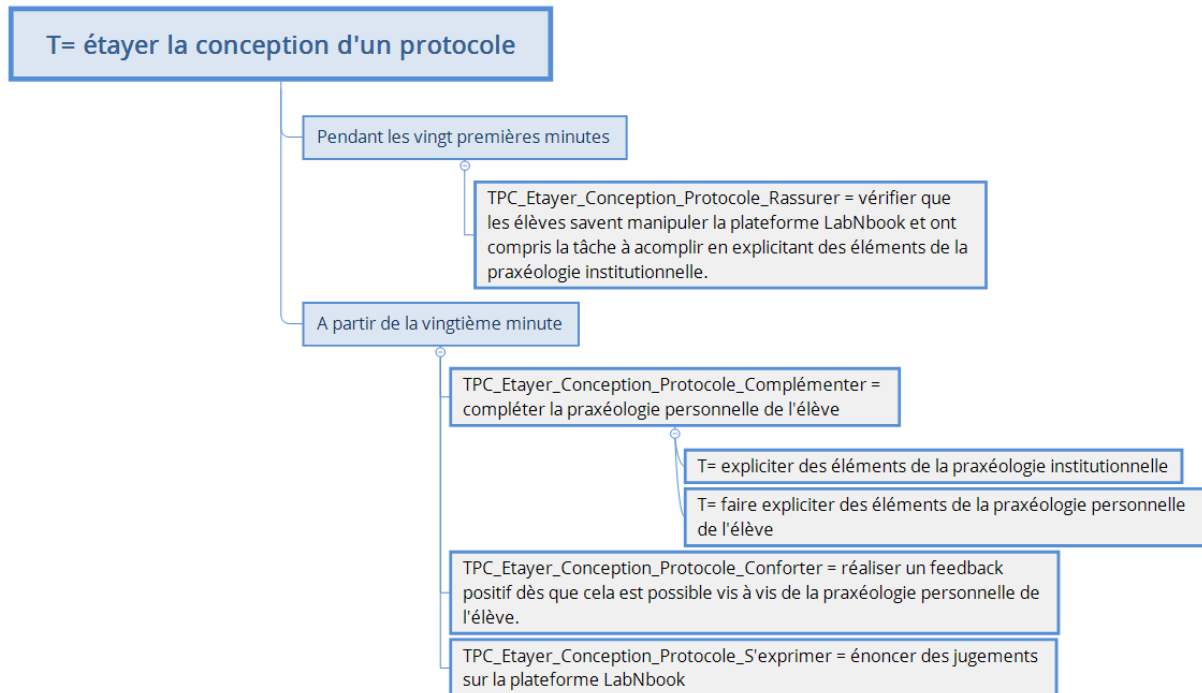


Figure 73 : Modélisation de la technique d'étayage de la professeure C lors de la conception du protocole par les élèves

c. Bilan : le profil didactique de la professeure C

Lors des entretiens avant la séance, nous avons repéré chez l'enseignante une grande confiance envers ses élèves puisqu'elle pensait par exemple qu'ils pourraient formuler une hypothèse sans problème. Nous avons aussi senti chez cette enseignante une petite appréhension à devoir manipuler un outil numérique nouveau ; elle n'avait, par exemple, pas voulu proposer aux élèves deux versions de la mission pendant une séance.

Cette légère appréhension explique sans doute le fait qu'au début de la séance, lors de la formulation de l'hypothèse, l'étayage de la professeure C vise surtout des éléments techniques liés à l'utilisation de la plateforme LabNbook. Au contraire, nous retrouvons la confiance de la professeure C envers ses élèves, confiance que nous avons perçue en début d'expérimentation lors des entretiens. Passé l'étape de la formulation de l'hypothèse et le début de l'étape de la conception du protocole, notre professeure C étant rassurée, elle intervient par visite spontanée ou pour répondre à une question d'élève. La professeure C communique sa confiance en exprimant très souvent des retours positifs sur ce qui a été fait par les élèves. L'enseignante visite les groupes pour compléter les praxéologies personnelles ou/et pour valider ce qui est fait. Nous pouvons établir les éléments de la technologie didactique de la professeure C ainsi : « $\theta_{PC_PCK_Elèves_Ressources_LabNbook}$ = Les élèves ont des ressources pour parvenir à résoudre les problèmes informatiques que le professeur C ne sait pas toujours résoudre » et « $\theta_{PC_PK_FeedbacksPositifs}$ = un enseignant doit valoriser ce qui est plutôt bien fait par un élève » ainsi que « $\theta_{PC_PK_MiseConformité}$ = un élève doit pouvoir mettre en conformité sa praxéologie personnelle avec l'institutionnelle à l'aide du professeur ».

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

Ainsi, la confiance de la professeure C dans les capacités de ses élèves concernant la manipulation de la plateforme LabNbook a été construite au cours de l'étape de la formulation de l'hypothèse ; par la suite, la professeure C s'axe sur les praxéologies personnelles des élèves et non plus sur l'explicitation d'éléments permettant la manipulation de la plateforme LabNbook.

I.3.3 L'organisation du co-étayage entre la professeure C et la plateforme LabNbook

Le mélange entre méfiance envers l'EIAH et confiance envers les élèves aboutit à la mise en place d'un étayage qui est majoritairement porté par la plateforme LabNbook en début de séance puis qui, au fur et à mesure de la séance, s'axe sur le concept scientifique. Les éléments d'étayage liés aux objets démarche scientifique et concept scientifique sont minoritaires aux dépens de la plateforme LabNbook.

Grossièrement, en début de séance, l'étayage apporté par l'enseignante correspond pour une forte part à un étayage pour la plateforme LabNbook apportant les éléments permettant sa maîtrise. Une autre part est de conforter les élèves dans ce qu'ils font or si ils sont confortés dans ce qu'ils font c'est qu'ils ont réussi à accomplir les tâches en s'appuyant sur l'étayage apporté par la plateforme LabNbook. Il s'agit donc là d'une organisation qui montre une sorte d'indépendance entre d'une part, l'étayage apporté par LabNbook, et d'autre part, celui apporté par l'enseignante. Celle-ci explique (ou s'assure) comment fonctionne l'EIAH ; les élèves accomplissent leur tâche en s'appuyant sur l'étayage de l'EIAH et enfin, l'enseignante valide par des feedbacks positifs ce qui a été accompli. Les savoirs institutionnels (démarche scientifique et plasticité cérébrale) ne sont pas vraiment les objets de l'étayage.

Donc, le co-étayage ici est surtout caractérisé par deux éléments :

- Un objet d'étayage de la part de l'enseignante qui est l'EIAH
- Puis la prise en charge d'un étayage non pris en charge par l'EIAH : le feedback positif.

I.4. Caractérisation de l'étayage de l'enseignante D

I.4.1 Les caractéristiques globales de l'étayage de l'enseignante D

a. Les types de tâches d'étayage

L'étayage de la professeure D se base sur trois types de tâches majoritairement mises en œuvre lors des deux étapes analysées.

Lors de la formulation de l'hypothèse, ces trois types de tâches sont :

- « Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle » (28%), élément lié à l'objet « démarche scientifique ».
- « Réaliser un feedback positif vis-à-vis d'un élément de la praxéologie personnelle de l'élève » (24%), en relation avec la fonction de « Conforter l'élève dans sa praxéologie personnelle » (38%) et ceci pour un élément de la praxis personnelle conforme avec la praxis institutionnelle avec l'élément « $T_{\text{Démarche_Hypothèse_Technique}}$ = imaginer une réponse ou des réponses au problème. » (Objet visé : démarche scientifique).
- « Questionner pour aider à formuler un élément de la praxéologie personnelle de l'élève » (18%) accomplissant la fonction de « Faire expliciter par l'élève un élément de sa praxéologie personnelle » (25%), qui permet l'explicitation des éléments de la technologie personnelle de l'élève (22%) comme $\theta_{\text{Perso_Hypothèse_1}} = \theta_{\text{Hypothèse_1}}$ Les neurones de la zone lésée se sont multipliés, la lésion a été réparée et la fonction de lecture a pu être de nouveau prise en charge par cette même zone ou $\theta_{\text{Perso_Hypothèse_2}} = \theta_{\text{Hypothèse_2}}$ Les neurones de la zone lésée ont été détruits, ils n'ont pas pu être régénérés et une autre zone corticale a pris en charge la fonction de lecture.

Lors de la conception du protocole, ces trois types de tâches sont :

- « Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle » (32%) qui permet d'accomplir la fonction de « signaler une caractéristique déterminante » (23%), évoquant des éléments de la praxis et de la technologie institutionnelle.
- « Réaliser un feedback positif vis-à-vis d'un élément de la praxéologie personnelle de l'élève » (26%), en relation avec la fonction de « Conforter l'élève dans sa praxéologie personnelle » (26%) et ceci pour un élément de la praxis personnelle conforme avec la praxis institutionnelle avec l'élément « $T_{\text{PC_Comp_Témoin/Test_IRMa_X/Sain}}$ = comparer les IRM anatomiques de Madame X et du sujet sain » (14%) (objet visé : concept scientifique).

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance : formulation de l'hypothèse et conception du protocole

- « Questionner pour aider à formuler un élément de la praxéologie personnelle de l'élève » (18%) accomplissant la fonction de « Faire expliciter par l'élève un élément de sa praxéologie personnelle » (25%).

Les éléments praxéologiques correspondent à l'objet Concept scientifique (70%).

b. Les objets d'étayage

Les deux objets d'étayage les plus ciblés par l'étayage de l'enseignante D sont la démarche scientifique et le concept scientifique. Lors de la formulation de l'hypothèse, c'est plus la démarche scientifique qui est visée (56%) tandis que lorsque c'est la conception du protocole c'est plus le concept scientifique qui l'est (70%).

Les deux objets d'étayage sont visés par des éléments appartenant à la praxéologie personnelle de l'élève (63% pour l'étape de formulation de l'hypothèse et 58% pour celle de la conception du protocole) et en particulier par des éléments de la *praxis* et de la technologie personnelle de l'élève conforme à la *praxis* institutionnelle (respectivement 22% et 16% pour l'étape de formulation de l'hypothèse et 26% et 16% pour celle de la conception du protocole).

LabNbook n'est que très peu souvent évoqué (6% et 7%) seul et 7% combiné au concept scientifique uniquement pour la conception du protocole.

Lors de la formulation de l'hypothèse, un type de tâches surtout est visé par l'étayage ; il s'agit de « $T_{\text{Démarche_Hypothèse_Technique}}$ = imaginer une réponse ou des réponses au problème » (avec 22%). Or, l'étayage de la professeure D vise ce type de tâche uniquement par la réalisation d'un feedback positif. En effet, l'enseignante visitant les groupes fait un retour positif lorsque ceux-ci sont parvenus à formuler une hypothèse (que ce soit « $\theta_{\text{Hypothèse_1}}$ = Les neurones de la zone lésée se sont multipliés, la lésion a été réparée et la fonction de lecture a pu être de nouveau prise en charge par cette même zone » ou « $\theta_{\text{Hypothèse_2}}$ = Les neurones de la zone lésée ont été détruits, ils n'ont pas pu être régénérés et une autre zone corticale a pris en charge la fonction de lecture »).

Lors de la conception du protocole, deux éléments de la praxéologie institutionnelle ont été surtout évoqués (soit à travers les élèves lorsque leur propre praxéologie était conforme à la praxéologie institutionnelle soit à travers la praxéologie institutionnelle) : « $T_{\text{PC_Comp_Témoin/Test_IRMa_X/Sain}}$ = comparer les IRM anatomiques de Madame X et du sujet sain » (14%) et « $T_{\text{PC_Comp_Témoin/Test_IRMf_X/Sain}}$ = comparer des IRM fonctionnelle de Madame X et du sujet sain lors d'une tâche de lecture » (9%). Ces deux éléments correspondent aux types de tâches qui correspondent à la structuration du protocole implémenté par la professeure D dans LabNbook.

Nous modélisons les caractéristiques dominantes de l'étayage de la professeure D dans la figure 74 ci-après.

Chapitre 1 : De l'identification des techniques d'étayage à la description du co-étayage

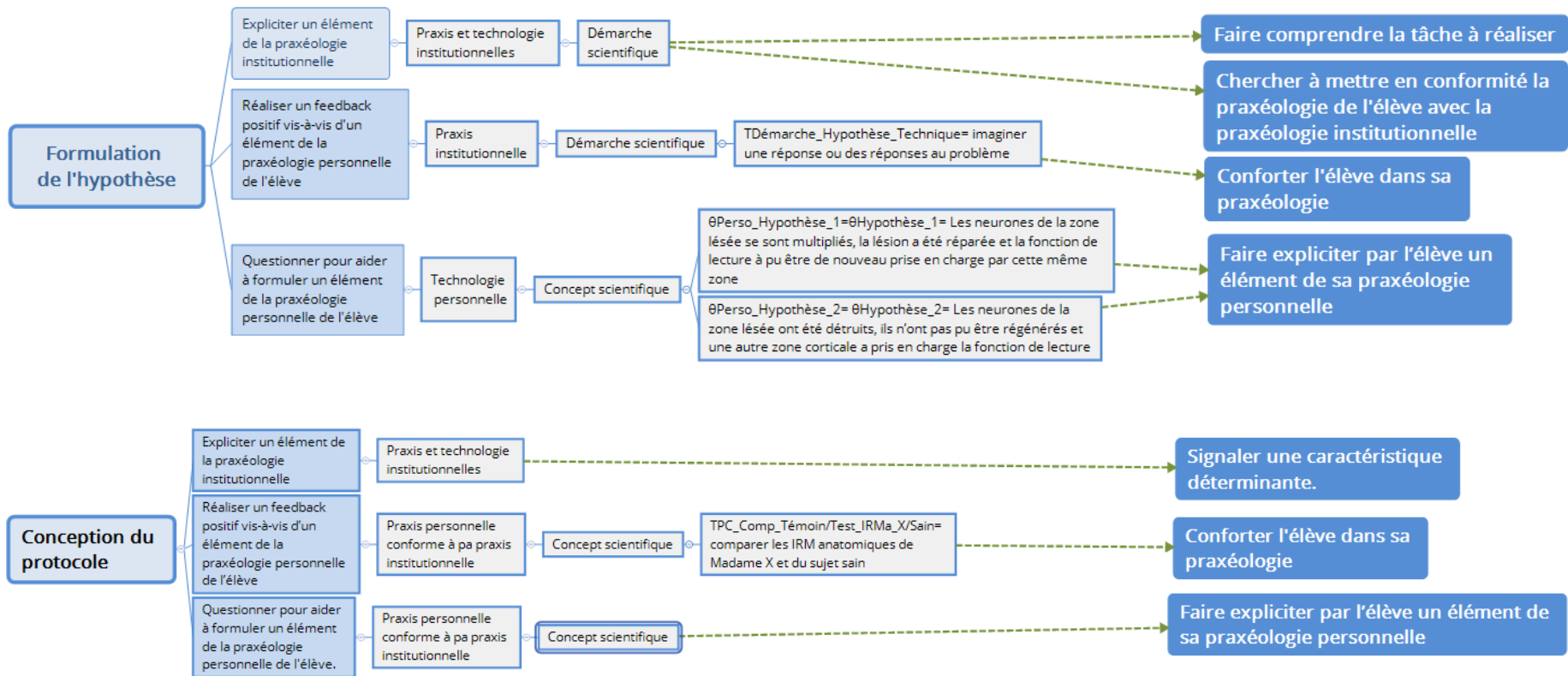


Figure 74 : modélisation des caractéristiques dominantes de l'étayage de la Professeure D

I.4.2 La succession des techniques d'étayage en fonction du temps

a. La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la formulation de l'hypothèse

L'intervention à la classe dure quelques minutes, pendant laquelle l'enseignante explicite à la suite d'un échange un élément de la technologie lié à l'hypothèse dans une démarche scientifique : « $\theta_{\text{Démarche_Hypothèse}_1}$ = une hypothèse est une idée, une réponse possible que l'on imagine au problème posé ». Elle termine en exprimant un élément de sa propre praxéologie : « $\theta_{\text{EnseignanteD}_1}$ = les hypothèses formulées par les élèves peuvent être trop farfelues, c'est pourquoi le professeur doit cadrer leur formulation ».

Après ce bref temps durant lequel la professeure D s'adresse à la classe, elle visite tous les groupes les uns après les autres. La technique d'étayage au niveau de chaque groupe peut être modélisée de la façon suivante :

- Si les élèves du groupe énoncent une hypothèse qui correspond à « $\theta_{\text{Hypothèse}_2}$ = Les neurones de la zone lésée ont été détruits, ils n'ont pas pu être régénérés et une autre zone corticale a pris en charge la fonction de lecture. » alors, après une éventuelle phase de questionnement pour préciser leur pensée, l'enseignante réalise un feedback positif.
- Si les élèves du groupe énoncent une hypothèse qui correspond à « $\theta_{\text{Hypothèse}_1}$ = Les neurones de la zone lésée se sont multipliés, la lésion a été réparée et la fonction de lecture a pu être de nouveau prise en charge par cette même zone » alors, l'enseignante questionne les élèves pour qu'ils précisent leur pensée afin qu'ils énoncent une hypothèse qui soit vérifiable : la professeure D questionne (en général) jusqu'à ce qu'ils réalisent que cette hypothèse ne peut être possible que si des neurones de la zone lésée n'ont pas été détruits et peuvent régénérer l'ensemble de l'aire corticale.

La figure 75 ci-après modélise la technique d'étayage de la professeure D pour l'étape de la formulation de l'hypothèse par les élèves.

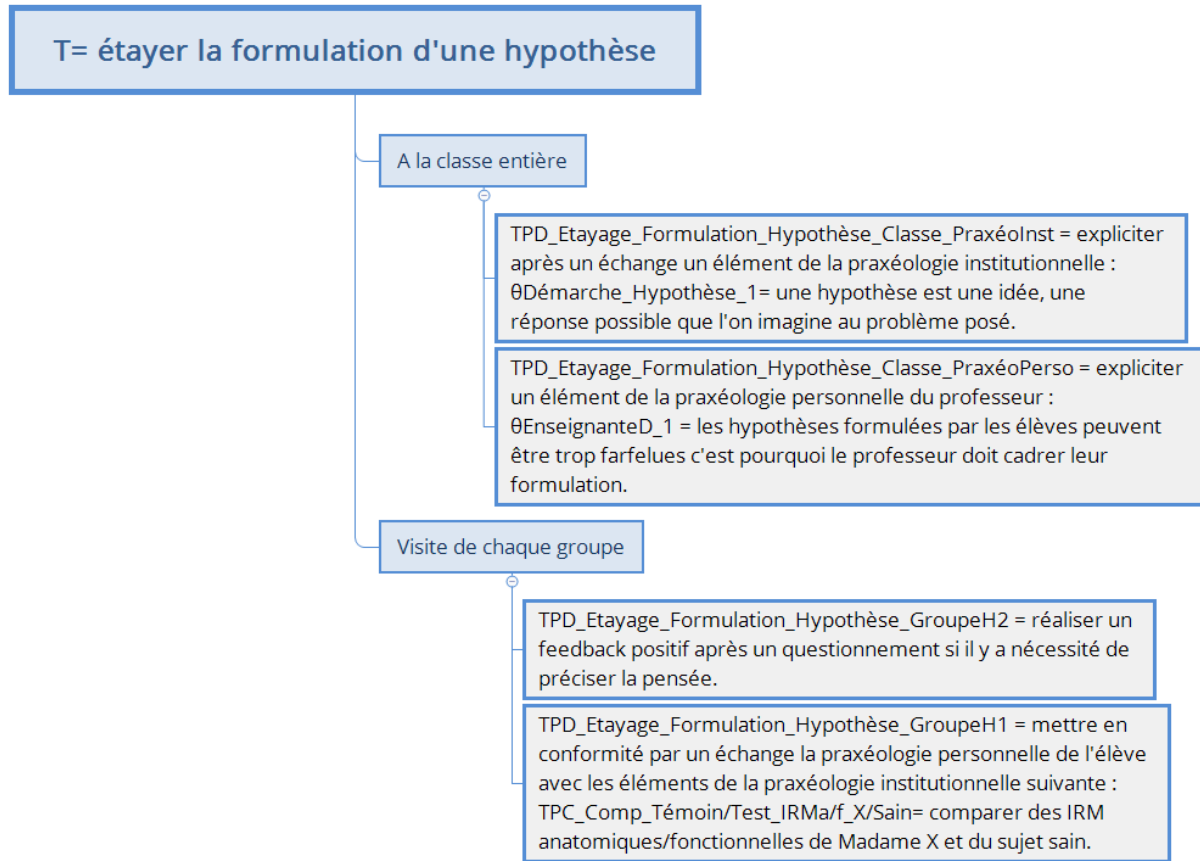


Figure 75 : Modélisation de la technique d'étayage de la professeure D lors de la formulation de l'hypothèse

b. La succession des techniques d'étayage en fonction du temps lors de la conception du protocole

Pour la conception du protocole, l'intervention devant la classe est partagée en trois temps mais toutes se font dans les vingt minutes qui suivent le moment où l'enseignante lance la séance. Après être passé au niveau de deux groupes, la professeure D fait une intervention pour l'ensemble de la classe pendant laquelle, par un échange collectif, elle permet l'expression des différences entre IRM anatomique et IRM fonctionnelle par l'explicitation d'éléments de la praxéologie institutionnelle. Puis de nouveau après la visite d'un groupe, elle re-intervient de façon collective pour exprimer cette fois ci un élément de la *praxis* institutionnelle qui correspond à la nécessité de superposer l'IRM fonctionnelle à l'IRM anatomique du même sujet. Après ces deux mises au point, la professeure D ne fait plus d'intervention à la classe et visite les groupes les uns après les autres, de façon spontanée ou pour répondre à leurs sollicitations.

Lorsqu'elle va voir un groupe, l'enseignante prend connaissance de ce qui est déjà inscrit dans la mission LabNbook dans l'étape de conception du protocole puis elle intervient :

- Si ce qui est écrit convient à l'enseignante (correspondant à « T_{PC_Comp_Témoin/Test_IRMa_X/Sain}= comparer des IRM anatomiques de Madame X et du sujet sain » et « T_{PC_Comp_Témoin/Test_IRMf_X/Sain}= comparer des IRM fonctionnelle de Madame X et du sujet sain

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

lors d'une tâche de lecture ») alors l'enseignante réalise un feedback positif vis-à-vis de l'expression de cette praxéologie personnelle.

- Si ce n'est pas le cas, l'enseignante établit un échange basé surtout sur un questionnement ou sur le rappel du matériel disponible. Tant que le groupe n'a pas émis l'idée d'une comparaison de l'IRM du sujet test avec le sujet témoin, l'enseignante ne quitte pas le groupe. C'est durant ces moments que sont explicités les éléments de praxéologie des objets d'étude.

Nous pouvons donc modéliser l'action d'étayage de la professeure D par le diagramme ci-dessous :

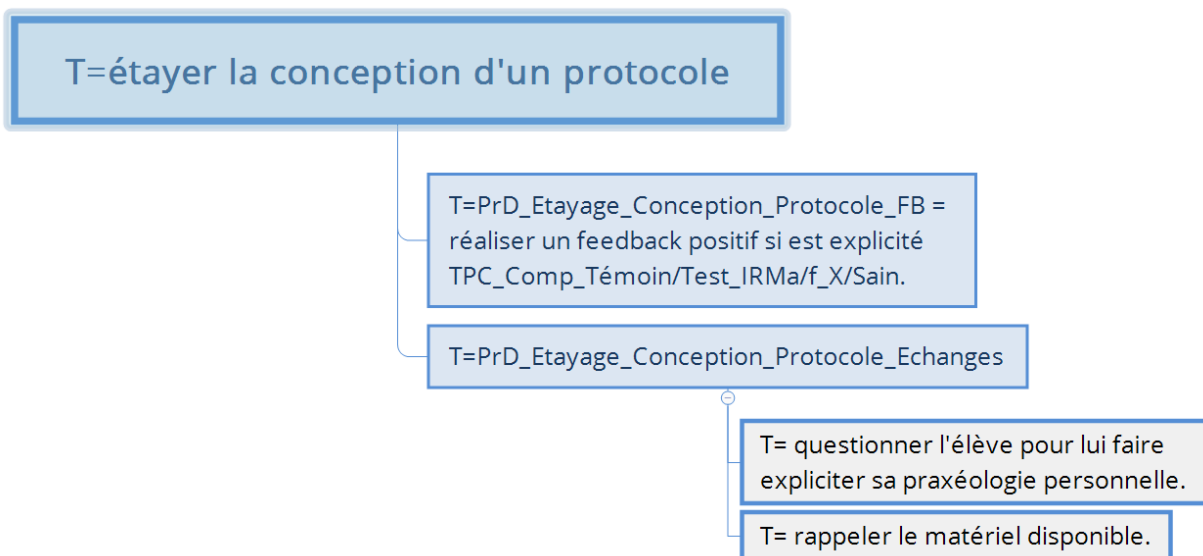


Figure 76 : Modélisation de la technique d'étayage de la professeure D lors de la conception du protocole

c. Bilan : le profil didactique de la professeure D

La caractéristique de la professeure D est de s'appuyer sur les praxéologies personnelles des élèves pour faire formuler une hypothèse ou concevoir un protocole par des élèves. Si l'hypothèse n'est pas testable ou si le protocole n'est pas conforme à la praxéologie institutionnelle, alors un échange s'établit jusqu'à ce que l'élève énonce ce qui doit être conforme.

C'est l'enseignante qui met les « limites » à ce qui doit être conforme. Pour la formulation de l'hypothèse, les élèves doivent énoncer l'origine des cellules qui permettent la régénération de la zone lésée lorsque c'est l'hypothèse 1 qui est explicitée et tant que cela n'est pas dit, la professeure D questionne. Lors de la conception du protocole, la notion de témoin pour les observations est un élément sur lequel elle ne transige pas et va jusqu'à faire réaliser l'observation de l'IRM anatomique de Madame X sans comparer avec le témoin pour montrer que ce dernier est indispensable. Cette opiniâtreté à faire expliciter ce que pense chaque élève montre une confiance dans ce que peuvent réaliser les élèves. Nous pouvons donc formuler : « $\theta_{PD_PCK_Enseignement/ApprentissageSciences_Hypothèse}$ = L'explicitation de l'hypothèse, quelle qu'elle soit, doit être cohérente avec le cadre théorique accepté jusque-là » ainsi que « $\theta_{PD_PCK_Enseignement/ApprentissageSciences_Protocolo_Témoin}$ = L'explicitation du témoin dans

une expérience est un élément fondamental d'une expérimentation ». Il nous semble que la praxéologie de l'enseignante D s'appuie sur un élément théorique qui est : « $\Theta_{PD_Elèves_Confiance}$ = l'étayage de l'enseignant doit s'appuyer sur ce que dit, fait, exprime l'élève. Celui-ci est capable de progresser dans son raisonnement si ses propres arguments ne résistent pas à l'épreuve de l'expérience ». L'idée de l'existence de cette confiance avait été établie lors de la co-conception de la mission par exemple lorsque la professeure D n'avait pas émis de réserve à faire formuler leur propre hypothèse à ses élèves.

I.4.3 L'organisation du co-étayage entre la professeure D et la plateforme LabNbook

La professeure D n'avait pas souhaité les actions paramétrées dans la mission LabNbook, aussi cela explique le fait que l'objet « LabNbook » soit très peu évoqué lors des échanges entre l'enseignante et ses élèves.

L'analyse du discours de la professeure D permet d'établir les caractéristiques de l'étayage de celle-ci. L'étayage se distingue par une grande importance donnée aux praxéologies personnelles de chaque élève que ce soit lors de la formulation de l'hypothèse ou lors de la conception du protocole.

Avec cette enseignante, les rôles de chaque acteur sont bien distincts :

- à LabNbook, d'apporter des informations et une structuration en deux étapes du protocole,
- aux élèves, de prendre connaissance des informations apportées par LabNbook et d'accomplir leurs tâches,
- à l'enseignante, de faire expliciter par chaque élève sa praxéologie personnelle, de lui la faire modifier si celle-ci n'est pas conforme avec la praxéologie institutionnelle en s'appuyant à la fois sur les informations apportées par LabNbook et sur leurs acquis.

Il y a ici un co-étayage qui est marqué par :

- la prise en charge des fonctions d'informations et de structuration par LabNbook, fonctions qui peuvent être parfois reprises par l'enseignante,
- la prise en charge par l'enseignante de la fonction de faire expliciter la praxéologie personnelle de chaque élève, de mener un échange pour la rendre conforme à la praxéologie institutionnelle (éventuellement) et de conforter l'élève par un feedback positif. Ces fonctions ne peuvent pas être accomplies par LabNbook.

Nous venons d'analyser les étayages menés par les quatre enseignantes pendant la réalisation de la séance avec LabNbook, étayages qui ont été menés de façon différente par chacune avec un appui différent sur LabNbook. Voyons maintenant si les caractéristiques de l'étayage évoluent entre une séance réalisée deux fois à la suite ; cela a été possible car les deux professeures A et D ont réalisé la même séance avec deux groupes différents.

I.5. Evolution de l'étayage mis en œuvre par les professeures A et D entre la première et la deuxième séance

I.5.1 Evolution des caractéristiques de l'étayage de la professeure A lors de la réalisation de la deuxième séance

Pour la professeure A, lors de la réalisation de la deuxième séance, il y a une forte réduction du nombre d'interventions : on passe de 47 moments d'étayage à seulement 32 pour l'étape de la formulation de l'hypothèse et de 104 moments d'étayage à 73 pour la conception du protocole. Il s'agit d'un ajustement qui fait que le nombre des éléments d'étayage que nous avons distingués se rapproche maintenant de la valeur moyenne (environ trente pour la formulation de l'hypothèse et environ soixante-deux pour la conception du protocole). La professeure A a eu tendance à réaliser un étayage très soutenu par rapport aux autres enseignantes. Cela peut être mis en relation avec son profil didactique déterminé en début d'expérimentation, à savoir une enseignante soucieuse de faire en sorte que tous les élèves produisent la bonne réponse. La première séance réalisée a sans doute permis de rassurer l'enseignante sur les capacités des élèves à accomplir les tâches qu'ils doivent réaliser et peut-être est-ce pour cela qu'ensuite elle « desserre » son étayage la deuxième séance.

Concernant la technique d'étayage, que ce soit lors de la formulation de l'hypothèse ou de la conception du protocole, la technique d'étayage majoritairement mise en œuvre reste la même : il s'agit d'explicitier des éléments de la praxéologie institutionnelle. Il n'y a pas vraiment de modification des types de tâches d'étayage entre la première séance et la deuxième séance (Cf. Figure 77 Ci-dessous).

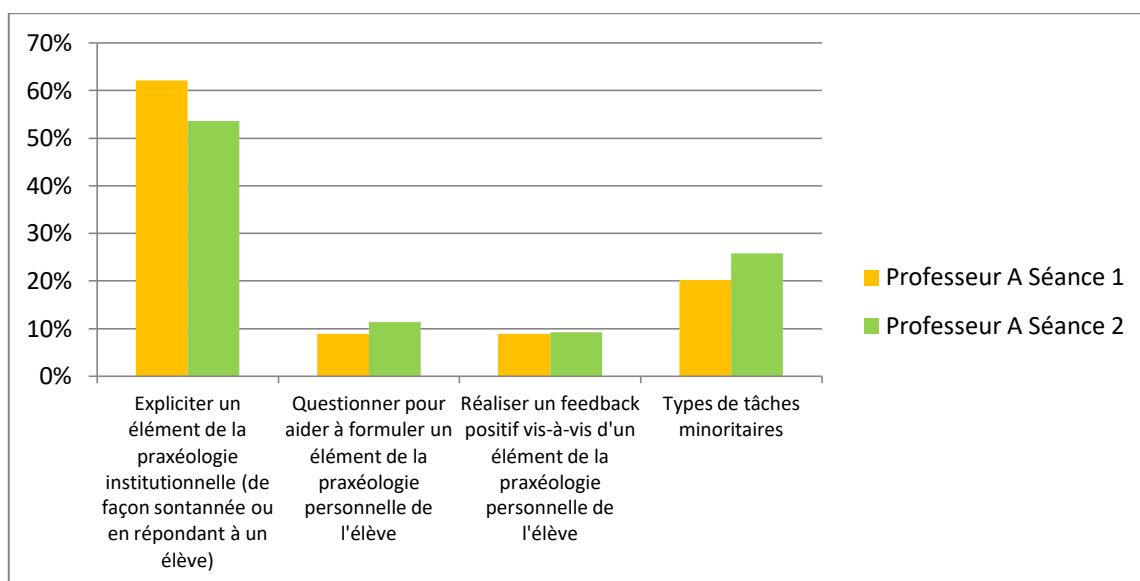


Figure 77 : Evolution du pourcentage des quatre types de tâches majoritairement mises en œuvre par le professeur A entre la première et la deuxième séance

Cependant, lors de la formulation de l'hypothèse, trois nouveaux types de tâches apparaissent, même si c'est de façon restreinte : il s'agit de « Jouer le rôle de modérateur au sein d'un débat pour laisser s'exprimer un élément des praxéologies personnelles des élèves » (7%), « mettre en œuvre la praxéologie institutionnelle » (7%) c'est à dire que l'enseignante réalise elle-même la manipulation sur la plateforme LabNbook et « Reformuler un élément de la praxéologie institutionnelle » (7%).

Autant le premier nouveau type de tâche (Jouer le rôle de modérateur...) semble montrer une enseignante sereine devant les idées exprimées par ses élèves, autant les deux autres types de tâche sont associés à une enseignante qui a appris de la séance qui vient de s'achever.

Ainsi, le type de tâche correspondant à « la mise en œuvre de la praxéologie institutionnelle » est associé à « T_{LabNbook_Modifier}=cliquer sur les trois petits points à côté du mode opératoire pour pouvoir compléter les rubriques ». Ceci est montré avec les deux extraits de la séance avec le groupe 2 ci-dessous.

Extrait 13 : de la séance 2 de la professeure D

E8 version 1	00:17:50	E8 (inaud.) peut pas compléter dessus PA on ne peut pas compléter dessus alors tac tac tac et voilà c'est tout bon	Mettre en œuvre la praxéologie institutionnelle	Praxis institutionnelle	LabNBook	T _{LabNbook_Modifier} = Cliquer sur les trois petits points à côté du Mode opératoire pour pouvoir compléter les rubriques.
E6 version 1	00:20:41	PA ici hypothèse modifier là hypothèse tac normalement voilà à vous avez c'est bon	Mettre en œuvre la praxéologie institutionnelle	Praxis institutionnelle	LabNBook	T _{LabNbook_Modifier} = Cliquer sur les trois petits points à côté du Mode opératoire pour pouvoir compléter les rubriques.

Le troisième nouveau type de tâche qui est la « reformulation d'un élément de la praxéologie institutionnelle » se font lorsque l'enseignante reformule « $\theta_{\text{Hypothèse}_2}$ = Les neurones de la zone lésée ont été détruits, ils n'ont pas pu être régénérés et une autre zone corticale a pris en charge la fonction de lecture. » pour les élèves qui ont cette hypothèse à valider.

Ces deux types de tâches (« Mettre en œuvre... » et « Reformuler ... ») semblent montrer une professeure A qui ne veut pas « perdre de temps » ni au niveau de l'apprentissage de la plateforme LabNbook ni au niveau d'un problème de compréhension de la part des élèves pour un élément institutionnel à disposition des élèves (hypothèse 2).

Donc, finalement, si l'on prend en compte l'ensemble des deux moments de la séance : le nombre de type de tâches mises en œuvre augmente et passe de 11 à 13 et « expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle » devient un peu moins prépondérant et passe de 55% à 42%. Il y a donc une augmentation de la palette de la technique d'étayage.

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

Concernant les fonctions atteintes par l'étayage, (Cf. Figure 78, ci-dessous), elles restent globalement les mêmes avec quelques légères modifications : une légère diminution de la fréquence de « Faire comprendre la tâche à effectuer » et de « Réduire les possibilités pour l'élève ». Par contre, on note une légère augmentation de « chercher à mettre en conformité la praxéologie personnelle avec la praxéologie institutionnelle » et de « signaler une caractéristique déterminante ».

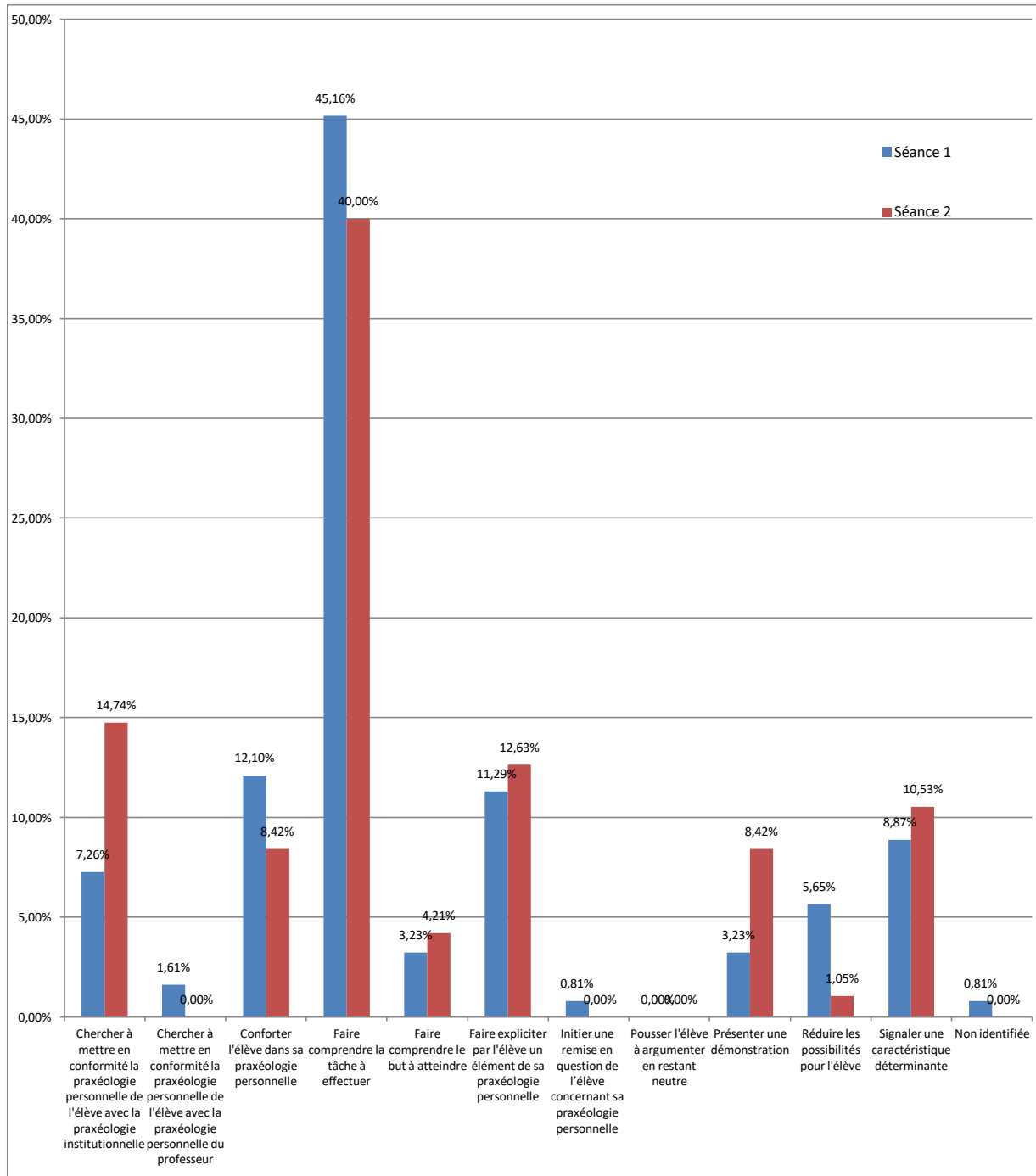


Figure 78 : évolution des fonctions remplies par l'étayage entre les séances 1 et 2 réalisées par la professeur A

Concernant les objets visés par l'étayage, (Cf. Figure 79, ci-dessous) de façon globale, ils restent stables au cours de la réalisation de la séance, excepté le concept scientifique qui est un peu plus visé par l'étayage (+13%) aux dépens des objets Démarche scientifique et LabNbook.

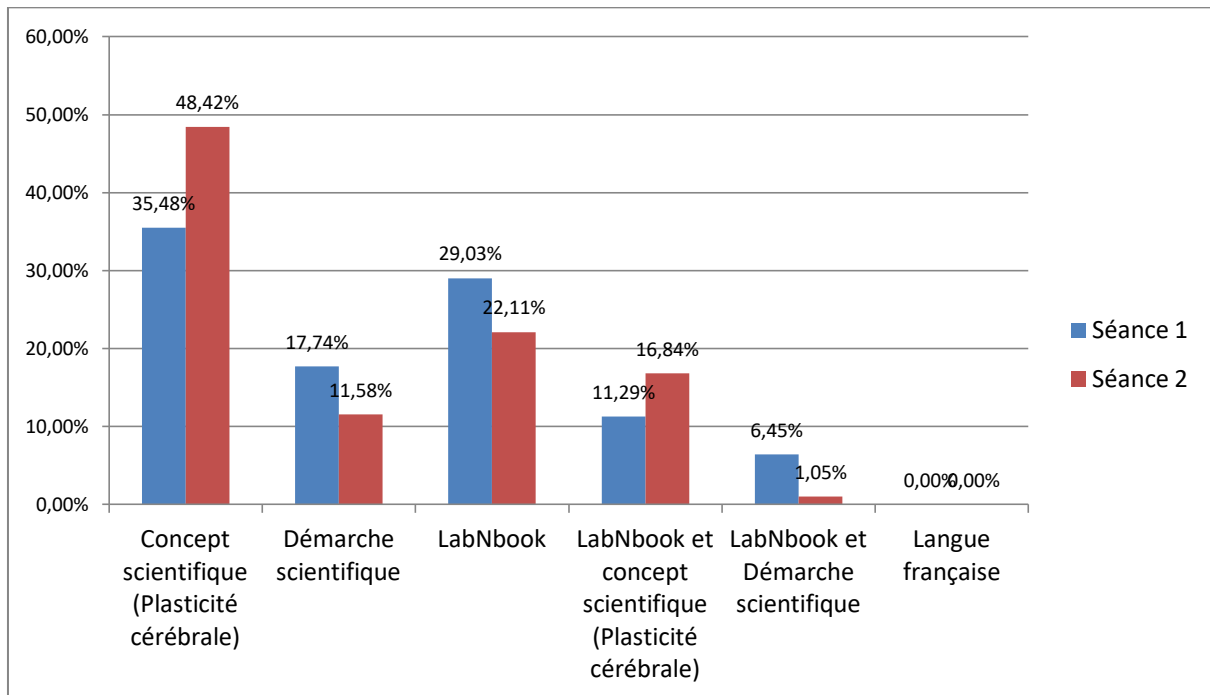


Figure 79 : évolution des objets visés par l'étayage entre les séances 1 et 2 réalisées par la professeure A

Concernant le domaine des praxéologies, ce sont toujours des éléments de la *praxis* institutionnelle qui sont majoritairement visés par l'étayage (44%) et dans une moindre mesure des éléments de la technologie institutionnelle (26%).

Lorsque sont considérés de façon globale la nature de la praxéologie, institutionnelle ou personnelle de l'élève ou personnelle du professeur (sans faire la distinction entre *praxis* et *logos*), la fréquence des différents types de praxéologies est stable.

Concernant les éléments praxéologiques visés par l'étayage, il y a environ le même nombre de différents éléments : 61 pour la première séance et 57 pour la deuxième séance.

Quelques remarques peuvent être faites sur l'évolution de leur mobilisation :

- Un des types de tâches visé, spécifique à la professeure A lors de la première séance reste encore fortement visé par l'étayage lors de la deuxième séance ; il s'agit de « T_{LabNbook/PlasticitéCérébrale_EditeurProtocole_Actions_Exemples} = cliquer sur " Ouvrir un logiciel", T= choisir "Ouvrir l'image". » Nous avons vu que le fait d'explicitier un exemple était une technique d'étayage souvent mise en œuvre par la professeure A et c'est encore le cas.
- Par contre, une technique d'étayage était lors de la première séance souvent mise en œuvre ; il s'agissait de faire choisir entre les deux hypothèses : $\theta_{\text{Hypothèse}_1}$ = Les neurones de la

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

zone lésée se sont multipliés, la lésion a été réparée et la fonction de lecture a pu être de nouveau prise en charge par cette même zone et $\theta_{\text{Hypothèse}_2}$ = Les neurones de la zone lésée ont été détruits, ils n'ont pas pu être régénérés et une autre zone corticale a pris en charge la fonction de lecture ». Cet élément n'est, au cours de la séance 2, que visé une seule fois.

- Les deux éléments techniques ($T_{\text{LabNbook_Modifier}}$ = Cliquer sur les trois petits points à côté du Mode opératoire pour pouvoir compléter les rubriques et $T_{\text{LabNbook_Valider}}$ = cliquer sur Valider pour poursuivre.) liés à la manipulation de LabNbook restent encore visés par l'étayage lors de la deuxième séance, preuve que l'utilisation d'un nouvel EIAH est toujours coûteux.
- Le type de tâche suivant « $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Actions_Protocole}}$ = Choisir parmi les actions proposées dans le menu déroulant celles que l'on souhaitera réaliser et cliquer dessus », reste fortement visé ; cela montre l'importance de ce type de tâche car il correspond au principe d'utilisation général de la préstructuration du protocole par LabNbook.
- Enfin, le type de tâche « $T_{\text{LabNbook_Formalisation_Hypothèse}}$ = Formaliser l'hypothèse dans l'espace libre par écrit » disparaît pratiquement dans la deuxième séance. Nous pouvons interpréter ce phénomène par le fait que l'enseignante, suite à la réalisation de la première séance, a compris que les élèves de façon intuitive savent où et comment inscrire leur hypothèse dans le rapport de LabNbook et que ses interventions concernant cet aspect ne sont pas vraiment utiles.

Finalement, deux éléments marquent l'évolution de la technique d'étayage de la professeure A entre la séance 1 et la séance 2 : 1) une diminution du nombre d'éléments étayés et 2) un maintien global des caractéristiques de l'étayage. Après une première séance où l'appréhension devant une nouvelle situation scientifique et un nouvel outil, l'enseignante a « fait du zèle », celle-ci retrouve un nombre d'intervention qui doit être habituel. Et, les éléments étayés le sont globalement de la même façon. Ceci confirme l'idée de la possibilité de mettre à jour un « profil didactique » présentant à la fois de constances liées à l'« habitus » et des variabilités correspondant à l'adaptation à une nouvelle situation d'enseignement.

Voyons maintenant l'évolution de l'étayage pour la professeure D qui a lui aussi pu réaliser la même séance avec deux groupes d'élèves différents.

I.5.2 Evolution des caractéristiques de l'étayage de la professeure D lors de la réalisation de la deuxième séance

Concernant la technique d'étayage, le nombre d'éléments étayés restent globalement stables entre les deux séances : 75 pour la première séance à 81 pour la deuxième séance.

L'évolution des types de tâches mobilisés entre la première et la deuxième séance est présentée dans le Figure 80 ci-après.

Les deux pôles caractéristiques de l'étayage de la professeure D, à savoir le pôle institutionnel et le pôle propre à l'élève, restent présents lors de la deuxième séance. « Expliciter des éléments institutionnels », « Réaliser un feedback positif vis-à-vis d'un élément de la praxéologie personnelle de l'élève » et « Questionner pour aider à formuler un élément de la praxéologie personnelle de l'élève » sont les types de tâches les plus fréquemment mobilisées. Ce dernier type de tâches (Questionner pour aider ...) est même plus mis en œuvre lors de la deuxième séance que la première (+11%) ; ceci peut être expliqué par le fait que l'enseignante D a compris après avoir réalisé la première séance que tous les élèves étaient capables de mobiliser, avec son aide, les éléments nécessaires à la réalisation de la praxéologie.

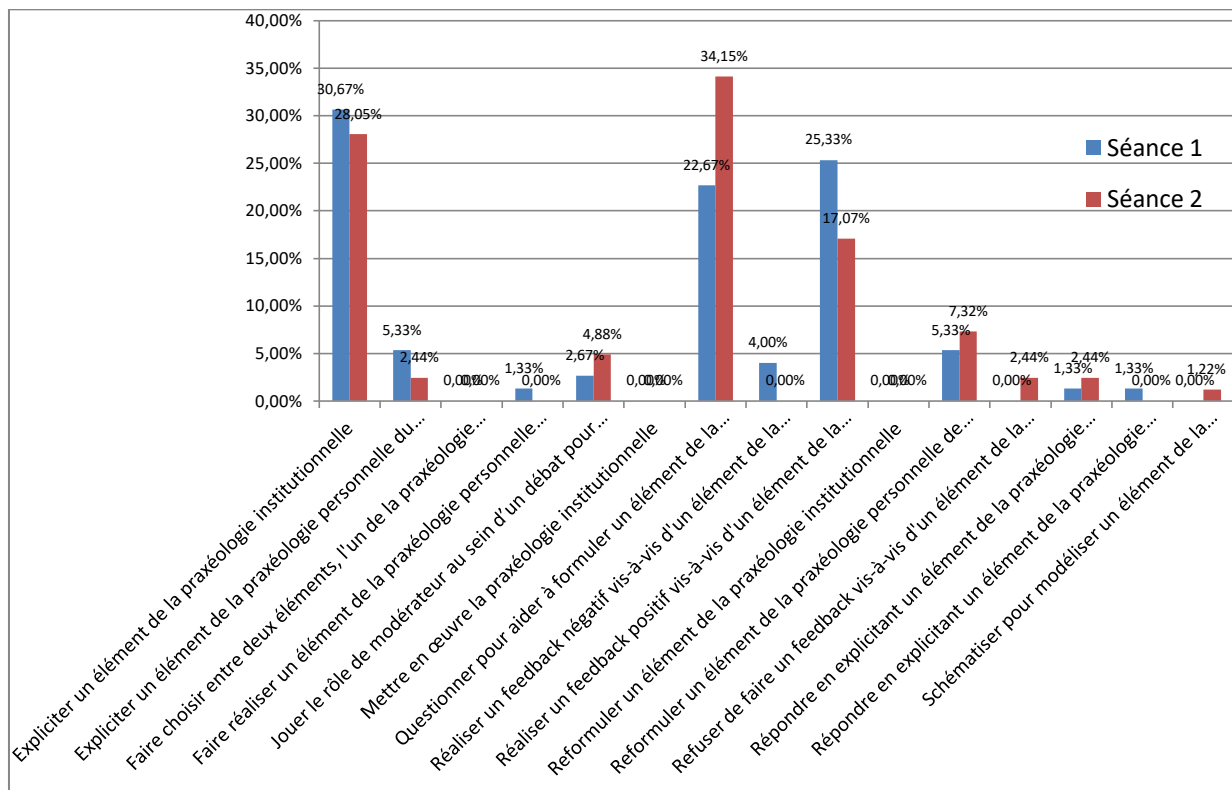


Figure 80 : Evolution entre les séances 1 et 2 des types de tâches d'étayage mises en œuvre par la professeure D

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

Concernant les caractéristiques de l'objet d'étayage, (Cf. Tableau 24, ci-dessous), la part des différents types de praxéologies reste stable avec une forte prépondérance des praxéologies personnelles de l'élève. Il existe une augmentation des éléments liés à la technologie lors de la deuxième séance et surtout ceux liés à la mobilisation d'éléments des technologies propres aux élèves.

Tableau 24 : Evolution entre les séances 1 et 2 des différents types de praxéologies

	Séance 1	Séance 2
Praxéologie institutionnelle	33,33%	35,37%
<i>Praxis</i> institutionnelle	14,67%	20,73%
Technologie institutionnelle	18,67%	14,63%
Praxéologie personnelle de l'élève	60,00%	62,20%
<i>Praxis</i> personnelle de l'élève	5,33%	1,22%
<i>Praxis</i> personnelle de l'élève conforme à la <i>praxis</i> institutionnelle	24,00%	10,98%
Technologie personnelle de l'élève	9,33%	26,83%
Technologie personnelle de l'élève (conforme à la technologie institutionnelle)	5,33%	0,00%
Technologie personnelle de l'élève (conforme à la technologie institutionnelle)	16,00%	23,17%
Praxéologie personnelle du professeur	6,67%	2,44%
<i>Praxis</i> personnelle du professeur	0,00%	0,00%
Technologie personnelle du professeur	6,67%	2,44%

Cependant, l'origine des éléments de la praxéologie est majoritairement liée aux praxéologies personnelles des élèves et cette tendance est encore plus accentuée lors de la deuxième séance.

Nous retrouvons là les caractéristiques d'une enseignante qui cherche à s'appuyer sur ce que les élèves comprennent, savent ou ignorent. D'ailleurs, les deux fonctions qui sont de faire expliciter et de conforter les élèves dans leur propre praxéologie restent majoritaires pendant les deux séances.

Les objets visés par l'étayage restent globalement les mêmes et dans le même ordre d'importance comme le montre le Tableau 25, ci-dessous. Cependant, la part concernant la démarche scientifique diminue à la deuxième séance au profit du concept de la plasticité cérébrale. LabNbook n'intervient toujours que très peu, cela s'explique nous l'avons déjà dit car l'enseignante D n'avait pas souhaité la préstructuration du protocole.

Tableau 25 : Evolution des objets cibles de l'étayage entre les séances 1 et 2

	Séance 1	Séance 2
Concept scientifique (Plasticité cérébrale)	56,00%	68,29%
Démarche scientifique	33,33%	17,07%
LabNbook	6,67%	10,98%
LabNbook et concept scientifique (Plasticité cérébrale)	4,00%	1,22%
LabNbook et Démarche scientifique	0,00%	0,00%
Langue française	0,00%	2,44%

Concernant les éléments des praxéologies mobilisés, il y a globalement le même nombre d'éléments visés par l'étayage : 43 pour la première séance et 41 pour la deuxième séance. Et, quelques remarques peuvent être faites :

- Trois éléments technologiques ont été visés avec la même fréquence entre la séance 1 et la séance 2. Il s'agit des éléments de technologie liés à la formulation des hypothèses. Lorsque c'est l'hypothèse H1 qui est visée (« $\theta_{\text{Perso_Hypothèse_1}} = \theta_{\text{Hypothèse_1}}$ = Les neurones de la zone lésée se sont multipliés, la lésion a été réparée et la fonction de lecture a pu être de nouveau prise en charge par cette même zone ».), alors il y a explicitation de l'élément praxéologique personnelle « $\theta_{\text{Perso_Cadre théorique_Régénération}}$: les cellules appartenant au cortex lésé n'ont pas toutes été détruites et ont recolonisé le tissu cérébral par la suite. ». Et sinon, c'est l'autre hypothèse qui a été exprimée : « $\theta_{\text{Perso_Hypothèse_2}} = \theta_{\text{Hypothèse_2}}$ = Les neurones de la zone lésée ont été détruits, ils n'ont pas pu être régénérés et une autre zone corticale a pris en charge la fonction de lecture. ».
- L'élément technique « $T_{\text{LabNbook_Valider}}$ = cliquer sur Valider pour poursuivre. » est autant mobilisé pendant la première et la deuxième séance ; il est lié à la manipulation de l'outil informatique.
- L'élément technique « $T_{\text{PC_Comp_Témoin/Test_IRMa_X/Sain}}$ = comparer les IRM anatomiques de Madame X et du sujet sain » fait partie des éléments fréquemment visés par l'étayage quelque soit la séance. Nous avons vu que la professeure D portait une grande importance à la formulation de l'observation témoin. Ceci se confirme pour la séance 2. Par contre, « $T_{\text{PC_Comp_Témoin/Test_IRMf_X/Sain}}$ = comparer des IRM fonctionnelle de Madame X et du sujet sain

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance : formulation de l'hypothèse et conception du protocole

lors d'une tâche de lecture. », est beaucoup moins fréquent dans la séance 2. Nous n'avons pas vraiment d'explications à cela.

- Les éléments « θ_{IRMa-2} : les IRM anatomiques permettent de détecter des lésions cérébrales. » et « θ_{IRMf-1} : les IRM fonctionnelles permettent de visualiser des zones qui sont plus activées que d'autres lors de la réalisation d'une tâche cognitive. » sont par contre plus fréquemment évoqués pendant la deuxième séance par rapport à la première. Cela pourrait être mis en relation avec le fait que, contrairement à la première séance, l'enseignante ne réactive pas ces connaissances avec l'ensemble de la classe en début de séance.
- Enfin, l'élément technique « $T_{Démarche_Hypothèse_Technique}$ = imaginer une réponse ou des réponses au problème » est un élément fréquemment évoqué que ce soit au cours de la première ou de la deuxième séance. Nous l'expliquons par le fait que c'est un des premiers types de tâche qui intervient dans la séance.

L'organisation de l'étayage lors de la formulation de l'hypothèse est la même que pour la séance 1 : tous les groupes sont visités et après un échange permettant de préciser la praxéologie personnelle des élèves, l'enseignante valide leur hypothèse à tester. Pour la conception du protocole, la stratégie suivie est la même : il s'agit pour l'enseignante que l'observation témoin soit bien explicitée dans le protocole des élèves.

Finalement, la comparaison de la praxéologie de l'enseignante de la séance 2 par rapport à la séance 1 montre qu'il n'y a pas vraiment de grandes modifications mis à part une augmentation des moments de questionnements pour l'explicitation des praxéologies personnelles des élèves. La praxéologie de l'enseignante est donc stable.

I.5.3 Bilan

Que ce soit pour la professeure A ou la professeure D, les praxéologies didactiques restent stables. Les caractéristiques (types de tâches, fonctions, objets visés...) restent globalement les mêmes sauf cas particuliers que nous expliquons par une confiance accrue dans les capacités des élèves après la réalisation d'une première séance.

II. Discussion des résultats : un étayage spécifique à chaque enseignante irrigué par le *logos* de l'enseignante

Lors de la réalisation de la séance, les quatre enseignantes ont mis en œuvre un étayage qui ne présente pas les mêmes caractéristiques ; en effet, chacune peut être caractérisée par un profil d'étayage particulier.

II.1. Un étayage spécifique à chaque enseignante

Quelques éléments ont attiré notre attention :

L'enseignante D est la seule à avoir un étayage qui vise pour une grande part des éléments de la praxéologie personnelle des élèves. Ainsi, lors de l'étape de la formulation de l'hypothèse, mais aussi lors de la conception du protocole, l'enseignante D montre une grande opiniâtreté à faire énoncer une hypothèse cohérente avec les prérequis. Sans jamais donner de réponses toutes faites, son étayage matérialisé par des questionnements oblige les apprenants à composer avec les éléments de la situation et les éléments de savoir déjà acquis. Cette enseignante use beaucoup aussi de la réalisation de feedback or faire un feedback (même simple tels que nous avons décidé de les considérer) nécessite de savoir établir l'écart entre la référence et ce qui est produit par l'élève.

Les étayages de l'enseignante D et de LabNbook sont donc complémentaires. L'enseignante D prend en charge ce que l'EIAH ne peut pas faire, à savoir donner la priorité à la praxéologie personnelle de l'élève ; l'enseignante se « spécialise » dans les fonctions qui sont complexes car savoir faire expliciter des praxéologies personnelles aux élèves nécessite de savoir poser les questions adéquates comprendre ce que chaque réponse d'élève signifie *réellement*, y réagir pour mettre en évidence les failles des raisonnements ; il faut pour cela aller au-delà des paroles prononcées, faire énoncer celles qui sont tues. L'enseignante D joue le rôle de l' « esprit de contrôle » (Cariou, 2015) nécessaire à la construction d'un raisonnement rigoureux. Cette tendance à s'appuyer d'abord sur ce que pense, fait l'élève correspond à une façon générale de conduire la classe. Cette façon de diriger l'étayage est en relation avec l'élément de la théorie que nous avons identifié lors de la construction de son organisation praxéologique didactique à savoir l'idée que les élèves sont capables de réaliser en classe les tâches qu'on leur donne. Ainsi, la professeure D présente des caractéristiques d'étayage particulières car elle laisse l'étayage de la plateforme accomplir ses fonctions tandis qu'elle prend en charge ce qui ne l'est pas par l'EIAH comme la réalisation des feedbacks et l'explicitation des praxéologies personnelles des élèves. Le co-étayage est là basé sur un partage des tâches qui peut être réalisé car il est accepté par l'enseignante.

La professeure C pourrait se rapprocher de ce profil mais son appréhension envers la plateforme numérique qui a généré un fort étayage envers l'EIAH en début de séance nous empêche de le confirmer. Cette enseignante avait été angoissée à l'idée de la manipulation de la plateforme LabNbook entraînant une sur-représentation de cet objet dans son étayage.

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

A l'inverse, l'analyse des discours de la professeure A montre une volonté de réduire les choix des élèves dès qu'il n'y a pas de réussite de la tâche tandis que la professeure B énonce très rapidement les éléments nécessaires à la tâche. Lehtinen et Viiri (2017) ont aussi montré qu'il y avait une tendance à proposer un étayage ayant pour fonction de réduire les choix des élèves chez les enseignants stagiaires, ce qui peut avoir quelques similitudes avec notre situation d'expérimentation, les professeures A et B étant novices dans le niveau d'enseignement considéré. Pour ces deux dernières enseignantes, leur étayage n'est que peu adaptatif et révèle une volonté de ne pas laisser les élèves en difficultés, élément de la théorie de l'organisation praxéologique déjà identifiée dès la co-conception de la séance. Pour ces enseignantes, leur étayage s'ajoute à celui apporté par la plateforme LabN-book soit par chevauchement (même type d'étayage apporté par les deux acteurs), soit par surenchère lorsque l'étayage de l'enseignant va plus loin dans la finesse de l'explicitation des actions. Le chevauchement peut s'expliquer par le fait que l'enseignante oriente la prise en compte des informations par le fait qu'elle l'énonce elle-même : face à une situation générant de l'incertitude, l'enseignante « impose un sens » (Altet, 2002, p. 90). De plus, l'enseignante B propose un étayage qui correspond régulièrement à du surétayage dans le sens où elle énonce ou fait ce que l'élève doit énoncer ou faire. Il y a donc pour ces deux enseignantes une tendance à une augmentation du niveau d'étayage proposé par la plateforme LabNbook. Concernant la professeure B, il est cependant nécessaire de rappeler les conditions matérielles de la réalisation de la séance : cette enseignante a réalisé la séance avec 20 élèves, chacun devant un poste informatique à gérer et dans une salle qui n'autorisait les visites au sein des rangées que difficilement au contraire des autres enseignantes qui avaient entre 6 et 10 binômes à gérer dans une salle où tous les bureaux étaient faciles d'accès. Ces conditions matérielles pourraient donc atténuer nos analyses tant il est vrai qu'un groupe nombreux d'élèves et dans une salle dont les bureaux sont difficiles d'accès peut contribuer à entraver la mise en œuvre de l'enseignement (Lermigeaux-Sarrade, 2018). Cependant, les choix d'étayage et les discours recueillis lors de la co-conception de la séance avaient déjà montré cette tendance à ne pas laisser les élèves dans la difficulté. Ainsi, il nous semble que les conditions matérielles de réalisation de la séance ne peuvent pas constituer l'unique raison de cette tendance au surétayage.

Il n'existe donc pas un seul enseignant qui pratique de la même façon que son collègue et cela même si des traits communs peuvent être identifiés (Orlandi, 1991; Vérin & Peterfalvi, 1985). Une pratique personnelle s'appuie sur des conceptions individuelles de l'enseignement et de l'apprentissage (Roditi, 2010), conceptions pouvant être formalisées par l'organisation praxéologique didactique ; et, à chaque enseignante, son organisation praxéologique didactique.

Un fait nous a étonné : l'absence de la mention à l'une ou l'autre hypothèse lors de la conception du protocole ; la conception d'un protocole reste la construction d'un plan pour tester une (ou plus) hypothèse. Peut-être cela peut-il être expliqué par le fait, déjà identifié dans les pratiques enseignantes, que le protocole est réalisé en dehors d'un réel lien (= une relation de mise à l'épreuve) avec l'hypothèse (Gohau, 1992; Orlandi, 1991; Richoux & Beaufils, 2005).

La comparaison des caractéristiques des étayages apportés par chaque professeur lors de la réalisation de la séance pendant la formulation de l'hypothèse et celui apporté lors de la conception du protocole montre que la technique d'étayage ne varie pas vraiment sauf pour la professeure B, pour qui il y a une assez forte diminution des éléments de la praxéologie personnelle de l'élève lors du passage à la conception du protocole. Cela serait lié à la volonté de cette enseignante de ne pas vouloir d'élèves en difficulté ; il est alors plus simple d'énoncer les éléments de la praxéologie institutionnelle.

Cette constance de l'organisation de l'étayage est retrouvée lors de l'analyse de l'évolution des caractéristiques de l'étayage entre la réalisation de la séance pour le groupe 1 et le groupe 2 pour les professeures A et D : leurs pratiques restent globalement stables. Ainsi, est mis en évidence l'idée que le fonctionnement des enseignants s'appuie sur un ensemble d'habitudes qui limitent les changements dans leurs pratiques (Chesnais, 2011; Couchouron et al., 1996; Hirn, 1995; Peltier-Barbier et al., 2003). Ainsi, Bécu-Rubinault (2007) parle de l'existence d'une cohérence au sein d'une « structure conceptuelle » élaborée avec l'expérience professionnelle. Celle-ci permettrait la mise en place progressive de cette organisation par une structuration des connaissances professionnelles.

II.2. Proposition de nouveaux étayages

En nous inspirant des techniques d'étayage des enseignantes, nous pouvons proposer de nouveaux éléments d'étayage permettant de diminuer les choix pour les élèves.

La caractérisation de l'étayage des quatre enseignantes a permis d'identifier deux éléments praxéologiques institutionnels associés à un étayage ayant une fonction de réduction des choix des élèves. Il s'agit d'intégrer ces éléments d'étayage à la mission LabNbook. Ainsi, :

- Pour la formulation de l'hypothèse : écrire les deux hypothèses possibles.

Nous pourrions, dans la version guidée de la mission LabNbook, indiquer les deux hypothèses (« $\theta_{\text{Hypothèse}_1}$ = Les neurones de la zone lésée se sont multipliés, la lésion a été réparée et la fonction de lecture a pu être de nouveau prise en charge par cette même zone et $\theta_{\text{Hypothèse}_2}$ = Les neurones de la zone lésée ont été détruits, ils n'ont pas pu être régénérés et une autre zone corticale a pris en charge la fonction de lecture. »), à charge pour l'élève de choisir celle qui correspond le mieux à sa pensée.

Ainsi, il y aurait trois niveaux d'étayage pour la formulation de l'hypothèse : le niveau pour lequel l'étayage est le plus faible correspond à la question demandant de trouver une hypothèse expliquant comment Madame X récupère sa fonction de lecture ; le deuxième niveau proposerait de choisir entre les deux hypothèses et le troisième niveau demanderait à valider l'hypothèse correspondant à une prise en charge de la fonction de lecture par une autre zone cérébrale.

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

- Pour la conception du protocole : indiquer que l'IRMa du sujet sain est l'élément de l'expérience témoin.

Ceci réduit le choix des élèves car alors le sujet témoin est identifié. Il est possible de l'indiquer dans les ressources matérielles pour les élèves en difficultés. Ainsi, concernant la conception du protocole, une version étayée à un niveau fort indiquerait dans les consignes que le témoin (ou sujet contrôle) est le sujet A c'est-à-dire le sujet sain.

III. Conclusion du chapitre 1 :

Les paroles prononcées par chaque enseignante nous ont permis de construire les praxéologies didactiques pour deux étapes de la séance : la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole.

Pour chacune des enseignantes, une praxéologie spécifique a été identifiée reflétant la façon dont l'enseignante gère le partage de l'étayage avec l'EIAH. Ce co-étayage est spécifique à chaque enseignante : pour l'une il y a surenchère d'étayage, pour une deuxième, il y a surétayage, pour la troisième enseignante, il y a indépendance complète et enfin pour la quatrième, il y a un partage des responsabilités entre la professeure et l'EIAH. Ces caractéristiques semblent être ancrées dans la pratique de chaque enseignante car que ce soit au sein de la séance ou entre deux séances, il n'y a pas d'évolutions notables. Cette constance dans les pratiques ainsi que les caractéristiques de cet étayage s'expliqueraient par le *logos* de chaque enseignante. Il est donc possible d'établir des profils didactiques qui dépendent en grande partie de ce que pense l'enseignante des capacités des élèves. Si elle considère que l'élève ne pourra pas formuler une hypothèse seul, manipuler sans aide préalable l'EIAH, ne pourra pas établir seul les étapes du protocole, alors l'enseignante peut sur-étayer ou proposer un étayage qui est le même que celui proposé par l'EIAH ou proposer un étayage de plus haut niveau. Si par contre, l'enseignante considère que l'élève peut accomplir la tâche en s'appuyant sur sa praxéologie personnelle, l'enseignante développe alors un étayage basé sur les praxéologies personnelles des élèves en leur demandant de les expliciter et en réalisant des feedbacks.

Concernant les objets visés par l'étayage, une évolution existe entre l'étape de la formulation de l'hypothèse et la conception du protocole avec une plus grande part de l'objet d'étude ponctuel LabNbook ; ceci peut être en partie expliqué par le fait que l'EIAH LabNbook apporte un étayage de plus haut niveau pour la conception du protocole et donc obligatoirement se trouve au centre des échanges plus souvent.

La professeure A a tendance à mettre en œuvre un étayage qui réduit les choix des élèves, la professeure B, à sur-étayer, la professeure D à faire expliciter la praxéologie personnelle des élèves. Cette dernière fonction paraît complexe à implémenter dans un EIAH, nous l'avons déjà dit. Par contre, il nous semble possible d'embarquer dans l'EIAH des étayages qui permettent de réduire les choix des élèves, à charge pour l'enseignant de choisir les élèves qui seront destinataires de ce type d'étayage. La réduction des choix provoque alors une augmentation du niveau d'étayage embarqué dans LabNbook.

Chapitre 1 : De l'identification des techniques d'étayage à la description du co-étayage

Lors de la construction de notre problématique, nous nous étions questionnées sur l'influence de l'enseignant sur la façon d'étayer, nous venons d'établir cette influence. Nous nous étions aussi demandé si l'étayage était dépendant des éléments du savoir et des contraintes institutionnelles. C'est ce sur quoi nous allons nous questionner maintenant, dans le chapitre qui suit.

Chapitre 2. Les relations entre caractéristiques d'étayage et éléments du savoir :

Table des matières détaillée du chapitre 1

I.	Résultats : Des caractéristiques de l'étayage en lien avec des éléments du savoir	370
I.1.	Les éléments praxéologiques visés par l'étayage commun aux quatre enseignantes.....	370
I.2.	Les éléments praxéologiques les plus souvent visés par l'étayage.....	371
I.3.	Les associations entre caractéristiques d'étayage	373
II.	Analyse et discussion des résultats et proposition de nouveaux étayages	374
II.1.	Relation entre objet d'enseignement et étayage	374
II.2.	L'objet LabNbook en tant qu'objet visé par l'étayage.....	376
III.	Conclusion du chapitre 2 :	378

Lors de l'énoncé de la problématique, nous avons proposé que ce co-étayage soit dépendant des contraintes institutionnelles, du *logos* du professeur et des caractéristiques du savoir en jeu. Nous avons montré dans le chapitre précédent l'influence du *logos* de l'enseignant ; nous allons maintenant nous attarder sur l'influence possible des caractéristiques du savoir et des contraintes institutionnelles.

La plasticité cérébrale et la démarche scientifique sont les deux objets d'enseignement de la séance d'enseignement. La construction de leur organisation praxéologique a permis de formaliser ce qui était attendu par l'institution. A ces deux objets d'enseignement, s'est ajouté un autre objet d'enseignement, local celui-ci ; il s'agit de la plateforme LabNbook. Et avec celui-ci, s'est ajouté deux autres objets combinés : l'objet LabNbook combiné avec la démarche scientifique et l'objet LabNbook combiné avec le concept de plasticité cérébrale.

Dans le chapitre qui suit, nous allons essayer de construire des relations entre caractéristiques de l'étayage et éléments du savoir.

I. Résultats : Des caractéristiques de l'étayage en lien avec des éléments du savoir

Dans un premier temps, nous avons recherché les éléments praxéologiques institutionnels qui avaient été visés par un étayage par les quatre professeurs.

I.1. Les éléments praxéologiques visés par l'étayage commun aux quatre enseignantes

Pour établir les éléments praxéologiques ciblés par l'étayage, nous identifions ceux qui sont communs à l'étayage des quatre enseignantes.

Cent-vingt-deux éléments praxéologiques ont été identifiés dont cinquante-trois types de tâches et soixante-neuf éléments technologiques. Nous ne prenons pas en compte les éléments des praxéologies personnelles des élèves et des professeurs identifiés : dix-sept techniques et vingt-quatre éléments de technologies. Sur les quatre-vingt-et-un éléments de praxéologies appartenant aux praxéologies institutionnelles, seuls cinq de ces éléments sont communs aux quatre enseignantes et avec des fréquences toujours bien inférieures à 10% (Cf. Tableau 26, ci-dessous).

Tableau 26 : Fréquence de la mobilisation des cinq éléments praxéologiques étayés par les quatre enseignantes

	Professeure A			Professeure B			Professeure C			Professeure D		
	Conception du protocole	Formulation de l'hypothèse	Total	Conception du protocole	Formulation de l'hypothèse	Total	Conception du protocole	Formulation de l'hypothèse	Total	Conception du protocole	Formulation de l'hypothèse	Total
$T_{\text{Démarche Hypothèse Technique}}$ = imaginer une réponse ou des réponses au problème	0,00%	5,00%	1,61%	0,00%	5,00%	1,69%	0,00%	3,33%	1,19%	0,00%	21,88%	9,33%
$T_{\text{LabNbook Modifier}}$ = Cliquer sur les trois petits points à côté du Mode opératoire pour pouvoir compléter les rubriques.	7,14%	2,50%	5,65%	5,13%	0,00%	3,39%	0,00%	6,67%	2,38%	0,00%	3,13%	1,33%
$T_{\text{LabNbook Valider}}$ = cliquer sur Valider pour poursuivre.	7,14%	0,00%	4,84%	5,13%	0,00%	3,39%	1,85%	6,67%	3,57%	4,65%	3,13%	4,00%
$\theta_{\text{Démarche Protocole Conception}}$ = Pour tester la validité d'une hypothèse, un protocole est imaginé, conçu et ensuite il est réalisé.	1,19%	2,50%	1,61%	0,00%	5,00%	1,69%	3,70%	0,00%	2,38%	2,33%	0,00%	1,33%
$\theta_{\text{Démarche_Protocole_Ressources}}$: un protocole se conçoit à partir des ressources à disposition.	4,76%	0,00%	3,23%	5,13%	0,00%	3,39%	3,70%	0,00%	2,38%	4,65%	0,00%	2,67%

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance : formulation de l'hypothèse et conception du protocole

Parmi ces cinq éléments visés par l'étayage des quatre enseignantes :

- deux sont liés à l'étayage de la plateforme LabNbook : « $T_{\text{LabNbook_Modifier}}$ = Cliquer sur les trois petits points à côté du Mode opératoire pour pouvoir compléter les rubriques » et « $T_{\text{LabNbook_Valider}}$ = cliquer sur Valider pour poursuivre ».
- les trois autres éléments ont trait à la démarche scientifique : un élément est lié à la formulation de l'hypothèse : « $T_{\text{Démarche_Hypothèse_Technique}}$ = imaginer une réponse ou des réponses au problème » et deux éléments sont liés à la conception du protocole : « $\theta_{\text{Démarche_Ressources_Conception}}$ = Pour tester la validité d'une hypothèse, un protocole est imaginé, conçu et ensuite il est réalisé » et « $\theta_{\text{Démarche_Protocole_Ressources}}$: un protocole se conçoit à partir des ressources à disposition ».

Il n'y a pas d'élément praxéologique lié au concept scientifique qui ait été visé par un étayage par les quatre enseignantes.

Pour approfondir notre analyse, nous avons identifié les éléments praxéologiques les plus souvent mobilisés (donc pas forcément communs aux quatre enseignantes) pour chaque objet d'enseignement de la séance. Ceci est présenté dans le paragraphe suivant.

I.2. Les éléments praxéologiques les plus souvent visés par l'étayage

De façon absolue, l'élément praxéologique le plus souvent visé par un étayage est « $T_{\text{PC_Comp_Témoin/Test_IRMa_X/Sain}}$ = comparer les IRM anatomiques de Madame X et du sujet sain ». Il a été visé 4,39% de fois par un étayage ce qui correspond à une fréquence de 15 fois sur 342 fois.

Regardons maintenant les éléments praxéologiques les plus souvent étayés visés en fonction des cinq objets d'enseignement. Nous avons aussi établi pour chacun de ces éléments, la technique et la fonction d'étayage associés. Les résultats sont présentés dans le tableau 27 ci-dessous.

Tableau 27 : Eléments praxéologiques institutionnels les plus souvent étayés et la technique et la fonction majeures de l'étayage associées

Objet d'étayage	Eléments praxéologiques les plus fréquemment ciblés par l'étayage et leur fréquence	Technique d'étayage (fréquence) associée à la fonction majoritaire	
Plasticité cérébrale (34%)	T _{PC_Comp_Témoin/Test_IRMa_X/Sain} = comparer les IRM anatomiques de Madame X et du sujet sain	4,39%	Réaliser un feedback positif vis-à-vis d'un élément de la praxéologie personnelle de l'élève (67%)
Démarche scientifique (25%)	T _{Démarche_Hypothèse_Technique} = imaginer une réponse ou des réponses au problème	3,22%	Réaliser un feedback positif vis-à-vis d'un élément de la praxéologie personnelle de l'élève (82%)
	T _{Démarche_Protocole_Conception} = imaginer les actions à réaliser pendant le protocole.	2,34	Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle (100%)
LabNbook (24%)	T _{LabNbook_Valider} = cliquer sur Valider pour poursuivre.	4,09%	Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle (64,3%)
	T _{LabNbook_Modifier} = Cliquer sur les trois petits points à côté du Mode opératoire pour pouvoir compléter les rubriques.	3,51%	Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle (100%)
	T _{LabNbook_EditeurProtocole_Actions_Protocole} = Choisir parmi les actions proposées dans le menu déroulant celles que l'on souhaitera réaliser et cliquer dessus.	3,51%	Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle (75%)
LabNbook et Plasticité cérébrale (10%)	T _{LabNbook/PlasticitéCérébrale_EditeurProtocole_Actions_Exemples} = cliquer sur " Ouvrir un logiciel", T= choisir "Ouvrir l'image".	1,46%	Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle (100%)
LabNbook et Démarche scientifique (6%)	T _{LabNBook_Formalisation_Hypothèse} = Formaliser l'hypothèse dans l'espace libre par écrit.	2,92%	Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle (75%)

Légende : les éléments praxéologiques d'étayage communs aux quatre enseignantes sont surlignés par une trame verte pour ceux liés à l'objet LabNbook, en orange pour celui lié à la démarche scientifique.

L'objet d'étayage le plus souvent évoqué est le concept de plasticité cérébrale (34%) ; viennent ensuite la démarche scientifique (25%) et la plateforme LabNbook (24%). Cet objet apparaît comme largement représenté compte tenu du fait qu'il ne s'agit pas d'un objet d'enseignement « institutionnel ». Les deux autres objets mobilisés en moins forte proportions (au plus : 10%) sont les deux objets combinés : LabNbook + Plasticité cérébrale et LabNbook + démarche scientifique.

La prise en compte des éléments praxéologiques visés par l'étayage ne montre pas des éléments qui se détachent nettement en étant souvent étayés. Leur fréquence d'étayage n'est toujours que de quelques pour cents.

Tous les éléments que l'on retrouve un peu plus évoqués pendant la leçon appartiennent à la *praxis* et six sur les huit éléments sont étayés par explicitation par l'enseignante avec pour fonction de faire comprendre la tâche à effectuer. Deux éléments praxéologiques sont les cibles d'un feedback positif de la part de l'enseignante ; il s'agit des types de tâches correspondant au fait que l'élève a réussi à

indiquer qu'il fallait comparer l'image IRM anatomique de l'individu sain et celle de madame X après son AVC et le deuxième type de tâche est celui qui valide l'idée d'avoir réussi à formuler une hypothèse (quelle que soit la validité future de l'hypothèse). Ce type d'étayage ne remplit qu'une seule fonction qui est : Conforter l'élève dans sa praxéologie personnelle.

Nous allons maintenant prendre en compte chaque objet de savoir et établir s'il existe un lien entre celui-ci et une façon d'étayer.

I.3. Les associations entre caractéristiques d'étayage

Les caractéristiques de l'étayage des trois objets principaux d'étayage, le concept scientifique, la démarche scientifique et la plateforme LabNbook, permettent d'établir qu'il existe des différences de caractéristiques d'étayage entre ces trois objets. Nous avons pris en compte uniquement le ou les types de tâche d'étayage les plus fréquemment utilisés. Le Tableau 28 ci-dessous présente les résultats obtenus.

Tableau 28 : Relation entre fréquence des caractéristiques d'étayage majoritaire et objet de savoir

Objets d'étayage	Types de tâche d'étayage	Fonctions d'étayage
Le concept scientifique (la plasticité cérébrale)	Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle (62%)	Faire comprendre la tâche à effectuer (27%) Signaler une caractéristique déterminante (10%)
	Réaliser un feedback positif vis à vis de la praxéologie personnelle de l'élève (14%)	Conforter l'élève dans sa praxéologie personnelle (14%)
La démarche scientifique	Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle (28%)	Faire comprendre la tâche à effectuer (10%)
	Questionner pour faire formuler sa praxéologie personnelle à un élève (28%)	Faire expliciter la praxéologie personnelle à un élève (23%)
	Réaliser un feedback positif vis à vis de la praxéologie personnelle de l'élève (22%)	Conforter l'élève dans sa praxéologie personnelle (22%)
LabNbook	Expliciter un élément de la praxéologie institutionnelle (69%)	Faire comprendre la tâche à effectuer (66%)

Concernant l'objet LabNbook, l'étayage est surtout réalisé par explicitation d'éléments praxéologiques permettant à l'élève de comprendre ce qu'il faut réaliser.

Ce type d'étayage est aussi réalisé avec l'objet Plasticité cérébrale pour lequel l'explicitation de certains éléments institutionnels (des éléments de la *praxis*) permet de savoir la tâche à réaliser et aussi quels éléments praxéologiques (des éléments de technologie) sont caractéristiques. Une deuxième technique d'étayage peut être repérée : le feedback positif qui est utilisé pour conforter l'élève dans sa praxéologie ; la part de cette technique est relativement peu importante par rapport à la technique d'explicitation un élément de la praxéologie institutionnelle mais elle n'est pas non plus négligeable.

Par contre, l'étayage de la démarche scientifique est caractérisé par deux autres techniques : questionner l'élève pour lui permettre d'explicitation sa praxéologie personnelle et réaliser des feedbacks positifs, uniquement lié à la praxéologie personnelle de l'élève.

Finalement, à « l'échelle » de l'objet apparaît des liens entre caractéristiques de l'étayage et objet. Il semble donc exister une caractérisation de l'étayage en fonction de l'objet de savoir considéré. Nous allons en discuter maintenant.

II. Analyse et discussion des résultats et proposition de nouveaux étayages

II.1. Relation entre objet d'enseignement et étayage

Il apparaît une spécificité de l'étayage en fonction de l'objet d'enseignement considéré. Le fait que LabNbook soit surtout associé à un étayage d'explicitation d'élément institutionnel pour faire comprendre la tâche à effectuer est à mettre en relation avec le fait qu'il s'agit d'un objet d'enseignement ponctuel, réservé à cette seule séance. Aussi, les difficultés auxquelles peuvent se heurter les élèves dans la manipulation de la plateforme font l'objet d'une aide simple, énoncé de la *praxis* (« dire ce qu'il faut faire ») pour poursuivre.

Concernant la plasticité cérébrale, il s'agit d'un concept nouveau qui s'appuie sur des prérequis récents, étudiés dans les quelques semaines avant l'expérimentation. Cela peut expliquer l'explicitation d'éléments institutionnels pour aider les élèves. Une autre part de l'étayage correspond à des feedbacks positifs ; les apprenants semblent donc capables de réaliser une tâche même concernant un objet d'enseignement récent.

Concernant la démarche scientifique, la technique d'étayage se distingue des deux autres objets et deux hypothèses peuvent être faites pour expliquer la différence de caractéristiques d'étayage entre les deux objets d'enseignement :

- La démarche scientifique est un objet qui est manipulé théoriquement depuis que les élèves ont des cours de SVT (c'est-à-dire pour des élèves de Première depuis 6 années). L'étayage des enseignantes s'appuie donc sur les notions concernant la démarche scientifique ac-

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

quises au cours de toutes ces années et comme le dit Sensevy (2019, p. 99), « la longue fréquentation des savoirs, leur usage répété » participent à l'élaboration de la connaissance (Delhaxhe, 1997), un objet de savoir « ancien » (Assude, Gelis, 2002) .

- D'autre part, si le texte du savoir concernant l'objet Plasticité cérébrale est bien institutionnalisé, ce n'est pas le cas de celui concernant la démarche scientifique. Nous avons pu le constater lors de la construction de la praxéologie institutionnelle de l'objet Démarche scientifique (Partie 3.Chapitre 2.II). Or, si le rapport institutionnel est flou, chaque enseignant va « bricoler » pour proposer une activité et un élève construira son propre rapport personnel en regard de celui finalement individualisé de chaque enseignant. Ainsi, l'élève n'a pas un comportement aussi standardisé que ce qu'il peut avoir avec un concept scientifique dont le *logos* est clairement explicité.

Nous n'avons pas mis en évidence un lien fort entre élément praxéologique institutionnel et étayage. En effet, les fréquences d'étayage étaient trop faibles pour chaque élément étayé pour pouvoir l'énoncer de façon indiscutable. Deux raisons possibles à cela : une spécificité de l'étayage par les enseignantes, déjà mise en évidence dans le chapitre précédent, provoque un choix des éléments praxéologiques visés par l'étayage individuel. Le fait qu'il y ait peu d'éléments praxéologiques étayés en commun serait un reflet de la spécificité de l'étayage de chacune. Mais ceci peut être aussi expliqué par notre méthodologie : notre volonté de « coller » au discours de chaque enseignante a provoqué peut-être l'énoncé d'éléments praxéologiques de niveau trop fin ce qui a provoqué une « atomisation » de ces éléments praxéologiques empêchant la mise en évidence de régularités liées aux savoirs mobilisés au niveau des éléments praxéologiques.

Nous avons pour objectif de proposer de nouveaux étayages. Peu d'éléments praxéologiques ont été largement visés par un étayage nous venons de le voir. Cependant, il peut être intéressant de transposer les éléments de technologie associés à la fonction d'étayage « Signaler une caractéristique déterminante » dans la mission LabNbook. En effet, le fait que ces éléments aient été explicités pendant la réalisation des séances avec pour fonction de signaler une caractéristique déterminante montre leur importance dans la réalisation de la tâche. Aussi, nous proposons que ces éléments de technologie soient sous la forme de ressources au niveau de la rubrique à laquelle l'élément technologique est rattaché. Les éléments de technologie que nous pensons implémentés sont présentés dans le tableau 29.

Tableau 29 : Eléments de technologie pouvant être transposés dans la mission LabNbook

LabNbook	$\theta_{\text{LabNbook/D�marche_EditeurProtocole_VersionsDiff�rentes}}$ = LabNbook permet de différencier les missions comme par exemple proposer de faire concevoir leur protocole aux élèves dans une mission V1 en s'appuyant uniquement sur des actions paramétrées et dans une version V2, en s'appuyant sur un protocole déjà structuré avec des étapes ainsi que les actions paramétrées.
	$\theta_{\text{LabNbook_Versions_Hypotheses}}$ = LabNbook permet de différencier les missions comme par exemple proposer dans une mission V1 de faire formuler leur propre hypothèse aux élèves et dans une version V2, de leur donner l'hypothèse à valider.
Hypothèse	$\theta_{\text{D�marche_Hypothese_1}}$ = une hypothèse est une idée, une réponse possible que l'on imagine au problème posé.
	$\theta_{\text{D�marche_Hypothese_2}}$ = une démarche n'est pas établie pour valider une hypothèse mais pour tester sa validité. En conséquence, qu'une hypothèse soit valide ou non n'est pas l'essentiel, l'important est d'avoir cherché à la valider.
	$\theta_{\text{D�marche_Hypothese_3}}$ = seul le cadre théorique est mobilisé pour imaginer les hypothèses.
	$\theta_{\text{Hypothese-CadreTh�orique}}$ = la formulation d'une hypothèse se base sur les connaissances déjà acquises comme par exemple sur les notions liées au cerveau.
	$\theta_{\text{CerveauRégionalisé}}$: le cortex cérébral est organisé en zones qui chacune traite un aspect du message nerveux. Par exemple, la zone V3 du cortex visuel traite les aspects liée à la forme de l'image visualisée.
	$\theta_{\text{Probl�me_Scientifique_X}}$ = un problème scientifique fait apparaître un paradoxe comme par exemple dans le cas où Madame X retrouve ses facultés de lecture plusieurs mois après qu'elle ait subi un AVC lui ayant été cette capacité et qu'elle ait suivi une r�education adaptée.
$\theta_{\text{CasMadameX}}$: après un AVC, madame X ne peut plus lire. Quelques mois après r�education, elle retrouve ses facultés de lecture.	
Protocole	$\theta_{\text{D�marche_Protocole}}$: un protocole est une suite d'actions que l'on peut faire.
	$\theta_{\text{Protocole_Ressources}}$: un protocole se conçoit à partir des ressources à disposition.
	$\theta_{\text{Ressources_mat�rielles_MadameX_2}}$: les IRM de Madame X peuvent être visualisées avec le logiciel Acrobat Reader.
	$\theta_{\text{Eduanatomist_Ressources_mat�rielles_1}}$: Le logiciel Eduanatomist est utilisé au lycée.
	$\theta_{\text{IRM_1}}$: les IRM permettent d'accéder à la structure et au fonctionnement du cerveau sans intervention chirurgicale.
	$\theta_{\text{IRM_2}}$: il existe deux types d'IRM : des IRM anatomiques et des IRM fonctionnelles.
	$\theta_{\text{IRMa-2}}$: les IRM anatomiques permettent de détecter des lésions cérébrales.
	$\theta_{\text{IRMf_1}}$: les IRM fonctionnelles permettent de visualiser des zones qui sont plus activées que d'autres lors de la réalisation d'une tâche cognitive.
	$\theta_{\text{SujetA/SujetSain}}$ = Le sujet A est un sujet qui est sain.

Nous allons dans le paragraphe suivant nous attarder sur l'objet LabNbook.

II.2. L'objet LabNbook en tant qu'objet visé par l' tayage

Durant la réalisation des séances, les enseignantes interviennent régulièrement pour étayer l'utilisation de la plateforme LabNbook avec en particulier $T_{\text{LabNbook_Validator}}$, $T_{\text{LabNbook_Modifier}}$, $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Actions_Protocole}}$. Or, ces tâches correspondent à des actions non explicitées dans la plate-

Partie 6 : Caractérisation du co-étayage entre EIAH et enseignant lors de deux étapes de la séance :
formulation de l'hypothèse et conception du protocole

forme LabNbook. Il n'est, en effet, pas écrit des consignes telles que « cliquer sur valider pour pouvoir continuer ». Cela a dû sembler intuitif pour les concepteurs de la plateforme. Cependant, les enseignantes éprouvent le besoin de l'énoncer pour délivrer les élèves de cette difficulté. Ainsi, nos enseignantes interviennent régulièrement pour la manipulation de l'EIAH (Boilevin & Brandt-Pomares, 2007). L'énoncé par les enseignantes de ces tâches forme du bruit ; le bruit, c'est « ce qui n'est pas pertinent pour la tâche concernée, dans le sens où il n'est pas lié à une conception sur la notion » (Leroux & Jean-Daubias, 2007, p. 109). Pour limiter le bruit, il est donc nécessaire d'explicitier la façon d'utiliser les fonctionnalités du logiciel même si cela paraît pour les concepteurs intuitifs. Pour cela, il peut être intéressant de prendre en compte les éléments de la praxéologie de l'objet LabNbook qui ont été énoncés par les quatre enseignantes au cours de la réalisation des six séances. Ces éléments peuvent nous permettre de proposer de nouveaux étayages.

Ainsi, les éléments de la technique d'étayage liés à l'objet LabNbook peuvent être proposés comme nouveaux étayage. Il peut être possible de les formaliser par écrit dans un protocole d'utilisation par exemple pour une utilisation plus simple de la plateforme LabNbook. Les éléments de la *praxis* pouvant être explicités sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 30 : Ingrédients de la technique pouvant permettre une utilisation de la plateforme LabNbook sans bruit

- $T_{\text{LabNbook}/\text{Démarche_Formalisation_Protocole}}$ = cliquer sur les actions choisies pour les faire apparaître sur le document numérique.
- $T_{\text{LabNBook_Commentaires_1}}$ = Oublier la partie "commentaires".
- $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Actions_Paramètres_2}}$ = Inscrire une valeur dans l'espace laissé libre.
- $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Actions_Protocole}}$ = Choisir parmi les actions proposées dans le menu déroulant celles que l'on souhaitera réaliser et cliquer dessus.
- $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Actions_Protocole_ActionsFines}}$ = après avoir cliqué sur étape, cliquer sur chaque action que l'on souhaite réaliser
- $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Actions_Supprimer}}$ = Supprimer l'action superflue.
- $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Etapes_Ajouter}}$ = ajouter une étape au protocole en cliquant sur "Ajouter une action/étape" puis en laissant appuyer sur l'étape ajoutée pour la déplacer jusqu'à la place désirée.
- $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Etapes_Intercaler}}$ = intercaler une étape entre celles existantes en cliquant sur "Ajouter une action/étape" puis en laissant appuyer sur l'étape ajoutée pour la déplacer jusqu'à la place désirée.
- $T_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_Actions_Nommer}}$ = compléter en donnant un nom à l'observation réalisée pour qu'elle puisse être prise en compte dans la suite des actions du protocole.
- $T_{\text{LabNBook_Hypothèses}}$ = Cliquer sur le mot Hypothèse pour pouvoir compléter la rubrique.

- $T_{\text{LabNbook_Modifier}}$ = Cliquer sur les trois petits points à côté du Mode opératoire pour pouvoir compléter les rubriques.
- $T_{\text{LabNbook_Valider}}$ = cliquer sur Valider pour poursuivre.

Il semble aussi nécessaire d'indiquer l'élément de technologie suivant : « $\theta_{\text{LabNbook_EditeurProtocole_1}}$ = La plateforme LabNbook permet de formaliser une suite d'actions d'un protocole mais pas de les faire réaliser automatiquement. » car de façon régulière il a fallu détromper les élèves du caractère de réalisation automatique de LabNbook.

Enfin, pourquoi ne pas proposer la tâche : « $T_{\text{LabNbook/PlasticitéCérébrale_EditeurProtocole_Actions_Exemples}}$ = cliquer sur "Ouvrir un logiciel", T= choisir "Ouvrir l'image" » en enregistrant une action choisie déjà paramétrée dans la liste et paramétrée pour montrer un exemple des fonctionnalités de LabNbook ?

Ces propositions d'étayage de l'utilisation de la plateforme LabNbook s'appuient sur les difficultés qui ont surgi pendant les séances, difficultés qui ont été gérées par chaque enseignante en apportant un étayage, étayage correspondant le plus souvent à énoncer la tâche à réaliser, mais aussi en proposant un exemple d'utilisant de la plateforme. Ces propositions d'étayage lié à LabNbook pourraient faire que la manipulation de LabNbook ne fasse pas trop de bruit dans la séance.

III. Conclusion du chapitre 2 :

La recherche de régularité entre savoir et caractéristiques de l'étayage a permis de construire des associations d'étayage entre objet de savoir et technique d'étayage majoritairement utilisée et fonction d'étayage majoritairement remplie par cette technique.

Les différences de caractéristiques d'étayage semblent s'expliquer par le statut de l'objet. Ainsi, la démarche scientifique est un objet d'enseignement et ceci depuis de nombreuses années, son étayage est très axé sur la praxéologie personnelle de l'élève ; pour l'objet Plasticité cérébrale, qui est aussi un objet d'enseignement, l'étayage est axé en partie sur la praxéologie personnelle de l'élève mais surtout sur l'explicitation d'éléments institutionnels. Enfin, l'objet ponctuel, l'EIAH LabNbook est lui presque exclusivement ciblé par un étayage caractérisé par une explicitation d'éléments techniques institutionnels.

Conclusion de la partie 6

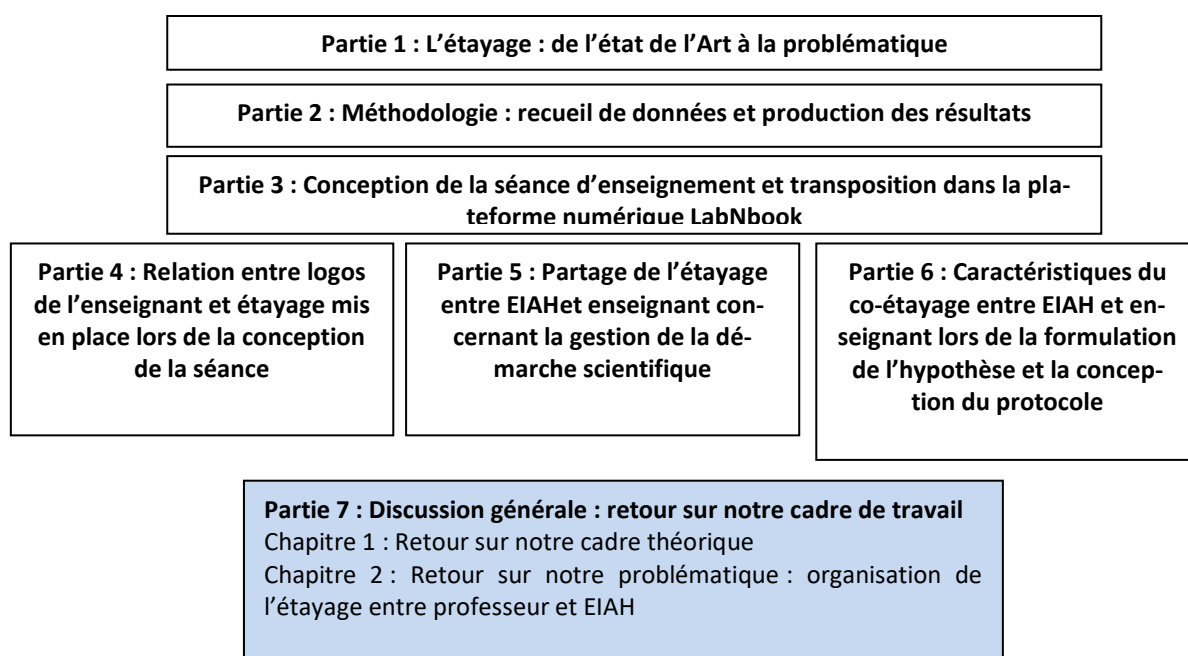
Le partage de l'étayage entre l'enseignante et l'EIAH a à la fois une composante spécifique de l'enseignante et à la fois une composante liée au savoir :

En effet, il existe bien une part individuelle dans le partage de l'étayage entre un EIAH et une enseignante car selon la professeure considérée, l'organisation ne se fait pas de la même façon. Ainsi pour les deux enseignantes novices quant au niveau d'enseignement considéré, elles tendent à surenchérir à l'étayage proposé par LabNbook c'est-à-dire à proposer le même type d'étayage que celui embarqué dans LabNbook mais en explicitant des éléments de la praxéologie d'un niveau plus fins que ceux transposés dans LabNbook. Les deux enseignantes expérimentées, elles, n'organisent pas de la même façon leur étayage. Pour l'une, en début de séance, un objet d'étayage occupe presque tout l'espace ; il s'agit de LabNbook puis pendant le reste de la séance, elle valide ce que font les élèves. Pour la dernière enseignante, il y a un partage net de la responsabilité de l'étayage entre ce qui peut être pris en charge par LabNbook et ce qui peut être pris en charge par l'enseignante à savoir les techniques d'étayage portant sur les praxéologies personnelles des élèves. Cette individualisation du co-étayage dépend, nous semble-t-il, du *logos* de l'enseignant.

De plus, il apparaît que selon l'objet de savoir considéré la technique d'étayage diffère : ainsi pour l'objet démarche scientifique, objet d'enseignement sur l'ensemble de la scolarité en SVT, l'étayage est plus axé sur les praxéologies personnelles de l'élève contrairement à l'objet Plasticité cérébrale, dont l'étayage porte surtout sur l'explicitation d'éléments institutionnels.

Partie 7. Discussion générale : retour sur notre cadre de travail

Figure 81 : Avancée dans le manuscrit



L'objet de tout notre travail de thèse est de comprendre comment s'organise l'étayage entre un enseignant et un EIAH.

La co-construction d'une séance au sein de l'EIAH LabNbook avec quatre enseignantes a permis d'identifier des éléments de la praxéologie didactique propre à chacune. La réalisation de cette séance par chaque enseignante devant sa classe a montré que l'étayage est structuré par des éléments de sa praxéologie didactique et en particulier de son *logos*. D'autre part, l'étayage d'un objet d'enseignement est dépendant de sa position temporelle dans le curriculum : plus il est familier aux élèves, plus l'étayage ciblera leur praxéologie personnelle.

Le cadre théorique utilisé pour nos analyses correspond en une modélisation praxéologique de l'activité de l'enseignant par une combinaison à la fois du volet praxéologique de la Théorie Anthropologique du Didactique (Bosch & Chevillard, 1999; Chevillard, 1998) et aussi par le cadre des connaissances professionnelles (PCK), le bloc technologico-théorique des praxéologies didactiques étant alimenté par les connaissances professionnelles (Magnusson et al., 1999; Shulman, 1986). Une des connaissances professionnelles, la PCK liée à l'orientation de l'enseignement des sciences a dans ce modèle une position particulière, hiérarchiquement supérieure aux autres PCK.

Nous allons, dans cette dernière partie du manuscrit, faire un retour sur ce modèle d'analyse qui, élaboré en début de travail, a pu être éprouvé par son opérationnalisation durant l'expérimentation.

En outre, notre problématique était axée sur l'analyse du partage de l'étayage entre un enseignant et un EIAH. L'analyse de ce co-étayage a mis en évidence l'existence de différentes combinaisons en fonction de chaque enseignante. Nous allons en rediscuter dans le chapitre 2 de cette partie.

Chapitre 1. Retour sur notre cadre théorique

Table des matières détaillée du chapitre 1

I.	Une position hiérarchique des PCK _{OrientationEnseignementDesSciences} discutable	383
II.	Le contenu des PCK _{OrientationEnseignementDesSciences}	384
III.	Identification d'une nouvelle catégorie de connaissances : les communautés à l'origine de connaissances partagées : les K _{Communauté}	385
IV.	Le double cadre théorique : praxéologie/PCK : clarification des deux dimensions d'une connaissance	386
V.	Conclusion du chapitre 1	386

Le cadre théorique que nous avons conçu pour analyser l'étayage d'un enseignant est, comme nous l'avons rappelé, l'enchâssement de deux modèles théoriques : la praxéologie, volet de la Théorie Anthropologique du Didactique (Bosch & Chevallard, 1999; Chevallard, 1998) et le modèle des connaissances professionnelles (Magnusson et al., 1999; Shulman, 1986), celui-ci étant alimenté par des éléments de l'épistémologie des enseignants établis par de nombreux travaux (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Guilbert & Meloche, 1993; Lederman, 1992; Richoux & Beaufiles, 2005 entre autres).

Pour analyser l'étayage d'un enseignant, nous avons fait « fonctionner » ce dispositif théorique, nous allons maintenant discuter de ce fonctionnement à la lumière des résultats obtenus dans nos travaux.

I. Une position hiérarchique des PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} discutable

Dans le modèle des connaissances professionnelles, les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} concernant l'enseignement des sciences « chapeautent » les autres catégories de PCK (Cross, 2010; Friedrichsen et al., 2011; Jameau, 2015; Magnusson et al., 1999). Cependant, la mise en évidence des composants du modèle des connaissances professionnelles et leur interactions restent difficiles (Neumann et al., 2019; Padilla & Van Driel, 2011; Park & Chen, 2012). Par exemple, Padilla et Van Driel (2011) identifient des relations entre PCK_{Curriculum}, PCK_{Elèves} et PCK_{Stratégies}. Pour Park et Chen (2012), quand PCK_{Évaluation} est mobilisée, c'est en général avec PCK_{Stratégies} et PCK_{Elèves}. Si conformément à notre modèle, les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} chapeautent d'autres connaissances, alors il devrait apparaître une relation forte dans nos résultats entre l'épistémologie de l'enseignant et les autres connaissances mobilisées.

Dans notre expérimentation, deux cas de figures sont apparus correspondant chacun au moment où l'étayage a été analysé : le moment de la conception de la séance et le moment de sa réalisation.

Lors de la conception de la séance, les enseignantes ont évoqué à la fois des contraintes institutionnelles et des éléments de leur épistémologie. Ces contraintes institutionnelles, qu'elles soient locales ou nationales, ont été de nombreuses fois convoquées pour justifier des choix d'étayage en contraignant parfois les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}. Il est apparu que les contraintes institutionnelles constituent un cadre au-dedans duquel peuvent s'exprimer, si elles sont compatibles, les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}. La rigidité du cadre institutionnel est d'autant plus forte que l'enseignante est novice dans le niveau d'enseignement considéré.

Lors de la réalisation de la séance, la spécificité de l'étayage de chaque professeure est apparue de façon éclatante. La mise en œuvre d'un étayage est individuelle, ainsi la combinaison des éléments praxéologiques mobilisés par cet étayage forme une structure caractéristique de chaque enseignante, structure qui reflète ses PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}.

Ainsi, lors de la conception de la séance, il semble que ce sont les contraintes institutionnelles qui aient une position dominante. Celles-ci forment un cadre peu déformable (Calmettes, 2012). Les enseignants sont assujettis au cadre institutionnel qu'ils se sont choisis. Puis lors de la réalisation de la séance, au sein de ce cadre prédéterminé, il y a mise en œuvre d'une praxéologie spécifique à chaque enseignant reflétant les PCK_{OrientationEnseignementDesSciences} mobilisées et s'exprimant dans l'activité. Les contraintes de la classe entraînent une diminution de l'assujettissement au cadre institutionnel.

Il s'agit d'ailleurs maintenant de discuter de la nature des connaissances constituant ces PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}.

II. Le contenu des PCK_{OrientationEnseignementDesSciences}

Lors de la constitution de notre cadre théorique, nous avons établi les quelques éléments correspondant à l'épistémologie en général associée aux enseignants de sciences expérimentales. Des caractéristiques avaient été explicitées : une science scolaire empirique, une démarche linéaire et standardisée, un savoir absolu. En effet, la science scolaire est basée sur l'empirisme et l'inductivisme, les acteurs niant le fait que toute observation soit entachée de théorie (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Calmettes, 2012; Richoux & Beauvils, 2005). Ainsi, sans laisser la place à une recherche personnelle à l'élève, sans le laisser tester ses propres idées, se tromper, l'enseignant mène les étapes de la démarche l'une après l'autre suivant son propre plan (Calmettes, 2010; Cariou, 2009; Désautels & Larochelle, 1998). Ce type d'enseignement scientifique tend à créer l'idée que le savoir scolaire est un savoir absolu ; et, les idées telles que la science se construit en permanence et que les savoirs actuels ne sont pas des vérités, ne sont pas des notions construites en classe. Nous pensions donc retrouver ce type d'idées sur la science scolaire chez les enseignantes participant à l'expérimentation.

D'autres éléments avaient aussi été établis concernant la qualité des protocoles expérimentaux produits par les élèves. Les rapports expérimentaux sont souvent peu rigoureux, sans valeurs chiffrées et les actions fines du protocole sont omises (Bonnat, 2017; Girault et al., 2012).

Concernant les idées sur la science, des éléments de l'épistémologie classique des professeurs ont été retrouvés : l'étape de la formulation de l'hypothèse a ainsi révélé de façon flagrante l'idée que la démarche en classe ne se construit pas avec les idées des élèves mais avec celle du professeur. Les analyses que nous avons faites à la fois des entretiens avant la séance puis des discours lors de la réalisation de la séance montrent que les enseignantes ont une relation ambiguë avec la liberté qu'elles croient offrir à leurs élèves : sitôt la consigne donnée, les enseignantes vérifient les hypothèses pour qu'elles ne soient pas « loufoques », explicitent la « bonne » hypothèse ou œuvre pour réduire les choix des élèves.

Ainsi, une hypothèse formulée par les élèves ne doit pas être émise sans un contrôle serré de l'enseignant. Notre expérimentation semble donc confirmer l'idée que les enseignants préfèrent des hypothèses sinon valides en tous cas appartenant à un cadre qu'elles maîtrisent (Cariou, 2009; Goffard & Weil-Barais, 2005), une hypothèse devant être validable ou infirmable (Boilevin & Brandt-Pomares, 2011).

Par contre, nous pouvons atténuer l'idée que l'enseignant s'aveugle dans une démarche linéaire. L'analyse de l'étagage lors de la réalisation de la séance d'enseignement a montré que l'étagage s'appuie sur de nombreux allers et retours au sein de la démarche scientifique sans que les enseignants n'y soient réticents. Si une démarche linéaire est souvent associée à la pratique des enseignants (Bonnat, 2017; Cariou, 2009; Hazard, 2010; Saavedra, 2015), nos travaux montrent que cela n'est pas toujours vrai.

Enfin, concernant l'idée d'une science portée surtout par des expériences pratiques, seule la professeure B passe plus de la moitié de son temps à étayer la réalisation du protocole c'est-à-dire les manipulations pratiques ; pour les trois autres enseignantes, le temps passé est d'au maximum le quart de la séance. Cela peut aller à l'encontre de ce qui est proposé dans la littérature, l'idée d'enseignants juste pressés de faire manipuler ou de faire « voir » les élèves (Orlandi, 1991; Richoux & Beaufile, 2005). Mais, nous pouvons aussi faire une autre hypothèse concernant ce temps réduit d'étagage de manipulation : la façon dont le rapport expérimental de la mission LabNbook est conçu propose une longue partie conceptuelle (hypothèse, conception du protocole, prévision des résultats). Or les enseignantes suivent les élèves qui sont guidés par la mission avec sa partie conceptuelle bien développée. Ainsi, l'étagage embarqué dans la plateforme LabNbook peut forcer l'enseignant à passer du temps sur la partie conceptuelle de la démarche ce qui finalement oriente sa façon d'enseigner. L'étagage de l'EIAH à destination de l'élève impacte finalement l'activité de l'enseignant.

III. Identification d'une nouvelle catégorie de connaissances : les communautés à l'origine de connaissances partagées : les $K_{\text{Communauté}}$

Un nouveau type de connaissances professionnelles a été identifié ; il s'agit de l'origine de certaines connaissances professionnelles, celles partagées avec une communauté identifiée.

Deux enseignantes ont fait appel à ce type de connaissances pour justifier leur action. La professeure D justifie sa façon de formuler les consignes par ce qui lui avait été transmis par son institution de formation initiale. Cette connaissance fait référence à un système qui est au-dessus de la classe, un système dans lequel les différents membres interagissent pour approfondir leurs connaissances (Cristol, 2017). Aussi, ce type de connaissances transmises par les communautés auxquelles appartient un enseignant est loin d'être négligeable et il est même étonnant que ce type de connaissances n'ait pas été établi auparavant. En effet, lors de son activité professionnelle, un enseignant appartient à plusieurs communautés (Hammoud, 2012). Il partage avec d'autres collègues non seulement une mission commune mais aussi des connaissances et des ressources ; ceci correspond à la définition de travail collectif telle que la donne Grangeat (2011). Et, même si Chevallard (2011, p. 6) expose l'idée que « la culture traditionnelle du métier porte à croire que [les professeurs] doivent répondre *par eux-mêmes*, sans autre secours que leur « inventivité », leur « talent », etc., aux questions que l'exercice du métier leur fait rencontrer », Hammoud (2012) met en évidence l'influence des collègues sur la conception d'une séance de chimie par une enseignante, même si les connaissances produites par ces échanges n'ont pas été formalisées. Lorsque l'enseignant fait référence à la communauté à l'origine d'une des connaissances professionnelles qu'il mobilise, il convoque cette communauté pour légitimer la connaissance, comme si cette communauté fournissait une caution. Il pourrait s'agir d'un élément constituant un élément de la théorie du quadruplet praxéologique de l'enseignant.

Finalement, avec ce type de connaissances $K_{\text{Communauté}}$ est indiquée l'origine de la connaissance et par la prise en compte de cette dernière, sa position hiérarchique. C'est ainsi que nous faisons évoluer le modèle des connaissances professionnelles en ajoutant la catégorie $K_{\text{Communauté}}$.

IV. Le double cadre théorique : praxéologie/PCK : clarification des deux dimensions d'une connaissance

Modéliser avec le cadre des connaissances professionnelles fait naître un écueil lié à la double dimension des connaissances, la dimension concernant le savoir et celle concernant l'action (Cross, 2009; Hammoud, 2012; Kermen & Izquierdo, 2017; Loughran et al., 2004). Selon nous, l'articulation du cadre des connaissances professionnelles et celui de la praxéologie permet de lever cette difficulté. Ainsi, la *praxis* d'une organisation praxéologique modélise les connaissances dans l'action tandis que le *logos* modélise le discours sur ces actions, ces deux éléments peuvent correspondre aux deux dimensions de la connaissance. Et, cet enchâssement des deux modèles théoriques a bien fonctionné lors de notre modélisation de l'action enseignante.

V. Conclusion du chapitre 1

Le professeur choisit les étayages lors de la conception de la séance en mobilisant des connaissances professionnelles (le *logos* de l'organisation praxéologique didactique) appartenant à différentes catégories. Les connaissances professionnelles alimentées par les cadres institutionnels sont celles qui

sont les plus prégnantes lors de ce temps hors-classe. C'est au sein de cette enceinte institutionnelle dont les parois sont les attentes institutionnelles que se glissent les autres éléments de connaissances déjà éprouvés lors de son expérience professionnelle. Toutes ces connaissances forment un système finalement cohérent. La dimension opératoire de ces connaissances est formalisée dans notre modèle par le côté *praxis* de l'organisation praxéologique didactique de chaque enseignant. Pour que l'acte d'étayer soit au plus près formalisé par notre modèle, il a été nécessaire de créer une autre catégorie de connaissances professionnelles fondamentales, celles correspondant aux communautés auxquelles l'enseignant se réfère.

L'épistémologie des enseignants telle qu'elle a été modélisée semble à la fois se conformer à ce que la littérature propose, à savoir l'idée d'une démarche scientifique établie à partir d'une hypothèse valide dès le départ mais aussi s'en détacher de par l'existence d'allers et retours au sein de la démarche scientifique lorsqu'elle est effectivement étayée en classe.

Chapitre 2. Organisation de l'étayage entre Professeur et EIAH

Table des matières détaillée du chapitre 2

I. Les différents modes de co-étayage	389
II. L'étayage, une des trois préoccupations principales de l'enseignant au service du savoir	391
III. Un effet inattendu : un étayage à destination des élèves impactant la pratique de l'enseignant	391
IV. Conclusion du chapitre 2	392

L'objet de notre travail portait sur l'étayage d'un enseignant lorsqu'il réalise une séance d'enseignement avec un EIAH. Pour cela, nous avons établi, dans la première partie de ce manuscrit, les éléments pouvant caractériser un étayage en nous appuyant sur la littérature (Bonnat, 2017; Bruner, 1983; Bucheton & Soulé, 2009; Lavoie et al., 2006; Marzin-Janvier, 2013; Pea, 2004; Reiser, 2004; Saavedra, 2015). Ces caractéristiques (supports, modalités, fonctions d'étayage) ont été intégrées dans la modélisation de la praxéologie didactique d'étayage que nous avons construite puis utilisée. Ainsi, l'acte d'étayer peut être formalisé par une technique d'étayage visant un objet d'étayage ce qui accomplit une fonction d'étayage pour l'apprentissage de l'élève.

Cette modélisation nous a permis d'approfondir à quoi correspondait le partage de l'étayage entre un EIAH et un enseignant. Ce sont ces éléments de réflexion que nous vous présentons dans ce chapitre.

I. Les différents modes de co-étayage

La réalisation d'une séance d'enseignement en présence d'un EIAH oblige l'enseignant à en tenir compte et alors, débute le co-étayage (Girault et al., 2012).

Notre expérimentation a mis à jour plusieurs modes de cohabitation avec un EIAH. Cela diffère en fonction de l'importance de la prise en charge laissée à l'EIAH, et, notre expérimentation a permis d'en constater quelques degrés allant d'un partage confiant entre les deux acteurs à une prise en charge forte de l'étayage par l'enseignant.

Le partage de l'étayage peut être complémentaire c'est-à-dire que les éléments de savoir visés par l'étayage de l'enseignant ne sont pas les mêmes que ceux implémentés dans l'EIAH. Lors du co-étayage de la gestion de la démarche scientifique, l'EIAH apporte la structuration linéaire de la démarche avec les consignes permettant de réaliser chacune des étapes et l'enseignant intervient pour étayer la réflexivité de l'élève en autorisant, en initiant les allers et retours entre ces différentes étapes confortant ainsi les résultats de Lehtinen et Viiri (2017). Cet objet de savoir, la démarche

scientifique, est visé par un étayage s'appuyant fortement sur les praxéologies personnelles de l'élève. Là, l'enseignant laisse la responsabilité de la tâche à l'élève. Ce type d'étayage ne peut donc être mis en place que si l'étayage est adaptatif c'est-à-dire pouvant être individualisé et ce rôle est accompli par l'enseignant. Ainsi un enseignant apporte une aide plus variée que l'EIAH (Lehtinen & Viiri, 2017). Cette constatation est en accord avec une autre étude sur la linguistique ne portant pas essentiellement sur le co-étayage mais y faisant mention (Colognesi & Lucchini, 2018). Ainsi, ce partage complémentaire de l'étayage se base sur une prise en charge des responsabilités par chacun des acteurs en accord avec les caractéristiques de l'étayage que chacun peut développer. Les tâches accomplies par l'EIAH et celles réalisées par l'enseignant sont différentes mais convergent vers un même objectif ce qui permet de « comprendre le rôle de chacun pour prendre la part de responsabilité qui convient » dans cette « coopération distribuée » (Grangeat, 2011, p. 80-81).

L'étayage de l'enseignant peut aussi se superposer à celui proposé par l'EIAH : les éléments praxéologiques sont visés par le même type d'étayage proposé par les deux acteurs. Ces derniers proposent d'étayer le même élément praxéologique de l'objet de savoir en usant de la même technique en poursuivant la même fonction.

L'étayage mis en œuvre par l'enseignant peut aussi être de niveau supérieur à celui de l'EIAH c'est à dire que l'étayage correspond à une explicitation des éléments de la tâche d'un niveau plus fin que ceux implémentés dans l'EIAH. Ceci correspond à une surenchère d'étayage. Cet étayage entraîne une réduction des choix à faire par les élèves.

L'enseignant peut aussi en dire « trop » c'est-à-dire à surétayer, l'élève sera alors obligé de recevoir ce surétayage quand bien même les aides de l'EIAH auraient été suffisantes pour réaliser la tâche seul. Dans ce cas là, il y a une réduction complète des choix à faire par l'élève.⁸⁸

Ainsi, globalement, le partage de l'étayage est à l'initiative de l'enseignant. Et, les modalités de ce partage sont à mettre en relation avec le *logos* de l'enseignant et en particulier avec l'élément théorique exprimant la confiance de ce dernier dans les capacités de l'élève à accomplir la tâche. Cela implique alors que les modalités du partage de l'étayage ne sont pas inhérentes à l'EIAH et à son étayage embarqué mais plutôt liées aux caractéristiques de l'étayage mis en place habituellement par l'enseignant.

De plus, il est à noter que le caractère fixe ou adaptatif est fondamental dans l'organisation du partage de l'étayage entre EIAH et enseignant. Et, c'est du *logos* de l'enseignant que dépend le caractère adaptable de son étayage. Cependant, l'étayage fixe de l'EIAH est transposé par un concepteur qui est, lui aussi, guidé par son propre savoir.

⁸⁸ Si la seule source de l'étayage est laissée à l'EIAH, alors l'élève devra s'en contenter ; cette dernière situation n'a pas été observée au cours de notre expérimentation mais elle avait été provoquée par Bonnat (2017) pour ses travaux de thèse.

Lors de l'état de l'art, nous avons dû nous positionner par rapport à ce qui était étayage dans l'action d'un enseignant. Nous allons maintenant discuter de ce point dans le paragraphe qui suit.

II. L'étayage, une des trois préoccupations principales de l'enseignant au service du savoir

La revue de littérature en début de ce travail nous avait conduites, au fur et à mesure de nos lectures, à élargir la notion d'étayage. Nous avons alors été amenées à adopter le point de vue de Bucheton et Soulé (2009), à savoir que l'étayage constituait une des préoccupations principales d'un enseignant au côté du pilotage de la leçon, de la gestion de l'atmosphère, du tissage, toutes ces préoccupations étant dirigées vers l'apprentissage d'un savoir.

Au vu de notre travail d'analyse de l'étayage de quatre enseignantes différentes réalisant six séances différentes, il apparaît que toutes les interventions orales de l'enseignant, en classe, à quelques très rares exceptions près, peuvent être affiliées à la gestion de l'atmosphère de classe, du pilotage de la leçon et à l'étayage. Par contre, les actes de tissage, c'est-à-dire le fait de s'appuyer sur le rappel de ce qui a été fait avant, dans le même curriculum mais aussi dans les autres curricula mais aussi ce qui se fait en dehors de l'école, ont été intégrés dans notre modélisation de l'étayage. Aussi, pour nous, le fait de s'appuyer sur des éléments mis en place avant ou en dehors de l'école, le tissage, constitue une forme d'étayage.

III. Un effet inattendu : un étayage à destination des élèves impactant la pratique de l'enseignant

L'analyse des productions verbales des enseignantes lors de la réalisation de la séance en présence des élèves permet de mettre en évidence un phénomène auquel nous ne nous attendions pas : l'étayage embarqué dans LabNbook guide la pratique de l'enseignant.

Un premier exemple a été présenté dans le chapitre précédent (Chapitre 1.II : Le contenu des PCK_O^{orientationEnseignementDesSciences}, ci-dessus) : l'étayage concernant la partie conceptuelle du rapport expérimental semble avoir provoqué chez les enseignantes un allongement de cette partie conceptuelle par rapport à la partie concernant la réalisation du protocole. D'autres exemples ont été soulignés lors de la prise en compte de notions du fait de la présence de l'action ou d'un paramètre à choisir dans l'étayage de la conception du protocole, comme par exemple la notion de témoin ou l'action d'acquérir des coordonnées des plans de coupe. La présence de ces éléments d'étayage embarqués dans LabNbook provoque un étayage qui se dirige finalement vers l'enseignant. Ceci se réalise car le choix d'une partie de l'étayage embarqué est le fait du concepteur de la séance. Il s'agit donc avant toute construction de mission dans LabNbook d'établir avec soin les étayages à y intégrer. Quintana et Fishman (2006) avaient implémentés des éléments d'étayage qui étaient sciemment à destination d'enseignants dans un EIAH. Dans notre travail, il s'agit d'un transfert d'étayage : d'un étayage destiné à l'élève, c'est l'enseignant qui en bénéficie avant d'en faire bénéficier ses élèves.

Ainsi, l'étayage destiné aux élèves influence le cours de la séance et contraint l'enseignant à les suivre. Des échanges portant sur des aspects de la démarche expérimentale parfois oubliés et pourtant fondamentaux sont alors initiés.

IV. Conclusion du chapitre 2

Le partage de l'étayage entre l'enseignant et l'EIAH LabNbook semble surtout contrôlé par le *logos* du professeur. Ainsi, ce ne sont pas les caractéristiques de l'EIAH qui contrôlent le co-étayage mais bien la façon de faire de l'enseignant. C'est ce qui fait qu'un enseignement est un acte « éminemment personnel » (Roditi, 2008, p. 73).

En nous appuyant sur les travaux de Bucheton et Soulé (2009), les interventions en classe de l'enseignant peuvent toutes être rattachées au pilotage de la leçon, à la gestion de l'atmosphère de la classe et à l'étayage avec inclus dans cette dernière « préoccupation » le tissage. Ainsi, en classe, l'enseignant est dirigé vers un seul but qui est l'apprentissage d'un savoir et que ce soit lors de la gestion du temps (avec ainsi la prise en compte des contraintes institutionnelles), de la gestion de l'atmosphère (avec la mise en place d'un cadre propice au travail) ou de l'étayage (avec la mise en place de stratégies d'aide à l'élève) toutes les actions de l'enseignant ne tendent que vers ce savoir.

Enfin, l'étayage embarqué dans l'EIAH est contrôlé par le *logos* des concepteurs de la séance et, par ricochet, cet étayage peut soutenir non seulement la réflexion de l'élève mais aussi, et de façon étonnante, celle de l'enseignant.

Conclusion de la partie 7

Le cadre théorique que nous avons construit pour analyser le co-étayage a été mis à l'épreuve durant l'analyse des données obtenues pendant l'expérimentation.

A l'issue de nos analyses, quelques aménagements concernant le cadre des connaissances professionnelles peuvent être proposés : le fait que les $PCK_{\text{OrientationEnseignementDesSciences}}$ chapeautent les autres PCK dépend du moment où l'on analyse l'étayage et de la rigidité que l'enseignant donne au cadre institutionnel, rigidité qui est liée à son expérience professionnelle. Une nouvelle connaissance professionnelle a été identifiée, $PCK_{\text{Communauté}}$. Celle-ci permet d'indiquer à la fois l'origine d'un élément du *logos* mais aussi la hiérarchie de ce savoir parmi les autres et donc son importance dans la construction des praxéologies didactiques.

Malgré ces petits aménagements, notre cadre théorique a permis d'analyser avec finesse le co-étayage entre un enseignant et l'EIAH LabNbook et ses différentes modalités (complémentarité, superposition, surenchère, surétayage) ont été identifiées et l'importance du *logos* de l'enseignant dans la mise en œuvre de son étayage a été reconnue.

Conclusion et perspectives

Etayer pour un enseignant, c'est aider un élève à accomplir une tâche qu'il n'aurait pas toujours pu faire seul (Astolfi & Peterfalvi, 1993; Bucheton & Soulé, 2009; Vallat, 2012). Face à certaines difficultés répertoriées dans les apprentissages en science comme la gestion de la démarche scientifique, des EIAH sont conçus afin de décharger l'enseignant de certaines tâches d'étayage (d'Ham et al., 2014). La plateforme LabNbook fait partie de ces EIAH et propose des soutiens pour la rédaction d'un compte-rendu expérimental et en particulier la rédaction d'un protocole expérimental, étape qui présentent des difficultés identifiées chez les apprenants (D'Ham et al., 2019 ; Marzin & de Vries, 2013). Nous souhaitons comprendre comment se faisait le partage de l'étayage entre celui embarqué dans l'EIAH et celui mis en œuvre par l'enseignant dans une séance où les deux tuteurs, numérique et humain, intervenaient.

L'analyse de l'étayage dans nos travaux s'est basée sur la modélisation praxéologique à la fois pour le savoir en jeu mais aussi pour les pratiques didactiques de l'enseignant. Ceci a permis d'établir avec finesse la technique et la fonction de l'étayage à chaque élément praxéologique du savoir étayé. Cette méthodologie a conduit à identifier à la fois les spécificités individuelles de l'étayage mais aussi la structuration commune de l'aide en fonction de l'objet étayé. De plus, la catégorisation des éléments du *logos* des praxéologies didactiques par le modèle des connaissances professionnelles a permis d'établir les influences des institutions, de l'épistémologie du professeur et de sa confiance envers les élèves avec l'étayage établi.

Les étayages choisis lors de la conception de la séance ou mis en œuvre lors de la réalisation de la séance d'enseignement sont marqués à la fois par des caractéristiques spécifiques à chaque enseignant et par des caractéristiques communes aux enseignants.

Ainsi, Le choix des étayages fixes de la plateforme LabNbook par un enseignant lors de la conception de la séance est déterminé par son *logos* qui peut être modélisé par l'explicitation de connaissances professionnelles (Gess-Newsome & Lederman, 1999; Magnusson et al., 1999; Shulman, 1987). Certaines des connaissances professionnelles mobilisées alors sont induites par les institutions auxquelles sont assujettis les enseignants. Chez les enseignants novices, leur manque de repères les amène à donner leur confiance et à prendre en compte diverses institutions de rayonnement national et local dont ils perçoivent les attentes. Les enseignants expérimentés, eux, ont une épistémologie conforme à l'institutionnelle et ils privilégient donc les éléments provenant de l'institution de rayonnement national. Enfin, il semble que plus encore que les éléments de connaissances inspirés par l'institution et par l'épistémologie, l'étayage soit sélectionné par la façon dont l'enseignant choisit de gérer les difficultés des élèves : à un enseignant qui n'accepte pas de laisser un élève dans la difficulté, des étayages de haut niveau tendant même au surétayage sont proposés, alors que pour les enseignants qui acceptent la difficulté de l'élève comme étape de son apprentissage, les étayages fixes sont moins serrés. L'analyse de l'étayage lors de la réalisation de la séance confirme les profils d'étayage établis lors de la conception de la séance. Apparaît alors des caractéristiques d'étayage

Conclusion

spécifiques à chaque enseignant et pouvant être justifiées par les éléments déjà identifiés. Avec un enseignant qui refuse de mettre en difficulté l'élève, un étayage d'un haut niveau voire un surétayage est mis en place. Avec un enseignant acceptant la difficulté de l'élève, un étayage faisant la part belle aux praxéologies personnelles des apprenants est activé. L'épistémologie du professeur ou de façon plus large son *logos* exerce une forte influence sur sa façon d'étayer. Du fait de la méthodologie choisie, le *logos* de chaque enseignant a été surtout établi dans notre expérimentation par des entretiens lors de la co-conception des missions LabNbook. Même si cela nous a permis d'établir des caractéristiques individuelles fortes, validées souvent ensuite par des remarques faites par le professeur au cours de la séance, nous restons insatisfaites. Il aurait fallu prendre le temps en début d'expérimentation de conduire des entretiens pour construire avec plus d'éléments le *logos* de chaque enseignante pour ensuite en tester les éléments avec l'analyse de la conception et de la réalisation de la séance d'enseignement.

Au côté des spécificités individuelles contrôlées par des connaissances portant sur l'épistémologie du professeur et sa façon de gérer les difficultés de l'élève, apparaît des éléments constituant une structure commune de l'étayage à une séance d'enseignement de biologie. Ainsi, le début de la séance qui consiste à présenter la situation scientifique conduisant à la problématisation est systématiquement pris en charge par l'enseignant. Ce moment de la séance apparaît comme un rituel dont l'enseignant considère qu'il ne peut qu'être le seul responsable (Broussal & Bucheton, 2008; Leblanc & Sève, 2012). En outre, la structure classique de la démarche scientifique (problématisation, formulation d'hypothèses, conception d'un protocole, prévision des résultats, réalisation du protocole, formalisation des résultats) n'est pas remise en cause et la responsabilité de sa gestion est laissée à l'EIAH. C'est l'enseignant qui prend la responsabilité d'étayer les allers et retours au sein des étapes de la démarche pour aider au raisonnement de l'élève. Il y a donc là un partage franc entre gestion de la démarche par le tuteur artificiel et gestion du raisonnement de l'élève par l'enseignant.

Enfin, il semble aussi que l'objet de savoir étayé influence les caractères de l'étayage. Il existe une relation entre l'objet et les caractères de l'étayage qui le vise. Ainsi, à un objet d'étude ponctuel est associé un étayage basé sur une explicitation d'éléments techniques institutionnels, à un objet d'étude familier (la démarche scientifique), correspond plutôt un étayage basé sur les praxéologies personnelles de l'apprenant.

L'analyse de l'étayage mis en œuvre dans une séance permet d'établir la façon dont l'enseignant organise son étayage en prenant en compte, ou non, celui implémenté dans l'EIAH.

L'étayage de l'enseignant peut se surajouter à celui de l'EIAH en proposant un étayage avec les mêmes caractéristiques ou d'un niveau supérieur que celui embarqué dans le tuteur numérique. Ce type de partage de l'étayage est plutôt mis en place par les enseignants novices et qui souhaite ne pas avoir d'élèves en difficultés.

Dans d'autres situations, l'enseignant peut prendre en charge des étayages non transposés dans l'EIAH et ne pas prendre en charge ceux qui y sont transposés. Dans ce cas là, il y a un vrai partage de l'étayage, où chaque acteur prend sa part de responsabilité. La plateforme numérique ne pouvant prendre en charge que des étayages fixes, alors les étayages embarqués correspondent à des élé-

Conclusion

ments de ressources ou une structuration de la situation scientifique. L'enseignant, pouvant adapter son étayage à ce qu'il perçoit de la pensée de l'élève, prend en charge les étayages liés aux praxéologies personnelles de l'élève.

Il ne s'agit pas non plus d'oublier l'effet d'étayage sur l'enseignant par un tuteur pensé pour offrir de l'aide à des élèves. Cet étayage sur la façon d'enseigner s'est produit à la fois sur la nature des notions mobilisées mais aussi sur la manière de conduire la démarche comme par effet « rebond ». L'étayage de l'EIAH fait s'interroger l'élève sur un élément, il interpelle l'enseignant qui alors se questionne lui aussi sur cet élément.

Ainsi, le co-étayage qu'il corresponde à un vrai partage des responsabilités ou non repose sur la façon dont l'enseignant conçoit l'étayage, rejoignant là Lehtinen et Viiri (2017, p. 204) qui énoncent ainsi : « the responsibility for creating this beneficial distribution rests with the teachers. ». D'Ham et al (2014) s'interrogeaient à la fin de leur article sur ce qui doit être à la charge du tuteur humain et artificiel. Pour nous, il s'agit de s'appuyer sur la fonction de l'étayage liée à la propriété d'adaptabilité ou non de l'étayage : les étayages dont les fonctions ne sont pas liées aux praxéologies personnelles des élèves peuvent être implémentés dans le tuteur artificiel tandis que les techniques d'étayage dont les fonctions ont trait aux praxéologies personnelles de l'élève sont prises en charge par l'enseignant car l'enseignant perçoit des signes que l'EIAH ignore.

Quelques caractéristiques du co-étayage ont été établies mais un aspect n'a pu être que rapidement abordé dans notre travail de recherche ; il s'agit d'évaluer l'efficacité du co-étayage dans l'apprentissage de l'élève. D'après nos travaux, il semblerait qu'un étayage s'appuyant sur les praxéologies personnelles des élèves dispensé par un enseignant confiant en leurs capacités couplé à un étayage fixe proposé par un EIAH est la combinaison permettant d'obtenir le plus de réussite. Mais, ce même étayage fixe embarqué par l'EIAH semble pallier un soutien qui s'approche du surétayage proposé à ses élèves par un enseignant inquiet. Il serait grandement intéressant d'explorer plus largement l'intérêt des différentes combinaisons du co-étayage pour l'apprentissage de l'élève.

Enfin, par nos travaux, nous avons proposé l'existence d'une nouvelle catégorie de connaissances professionnelles, les connaissances liées à la communauté de pratiques. Il serait intéressant de comprendre comment s'organise les interrelations entre ce type de connaissance et les autres connaissances professionnelles.

Au début de notre travail, co-étayage était un simple mot ; cette notion n'avait pas été étudiée jusque là à notre connaissance. Son exploration au cours de cette étude nous a permis de construire des relations entre le savoir et la façon d'enseigner d'un professeur, puis entre cette façon d'enseigner et les institutions dans lesquelles existe l'enseignant ; cela a mis à jour un système riche d'influences, système qu'il conviendrait d'approfondir.

Bibliographie

Bibliographie

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the Sources for our Understandings about Science : Enduring confluents and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353-374.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science : A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Achiam, M., & Marandino, M. (2014). A framework for understanding the conditions of science representation and dissemination in museums. *Museum Management and Curatorship*, 29(1), 66-82.
- Albe, V. (2011). Finalités socio-éducatives de la culture scientifique. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 174, 119-138.
- Alluin, F. (2007). *L'image des sciences physiques et chimiques au lycée, LEGT et LP (Les Dossiers)*. Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance.
- Altet, M. (2002). Une démarche de recherche sur la pratique enseignante : L'analyse plurielle. *Revue Française de Pédagogie*, 138, 85-93.
- Armand, A. (2014). Programmes, horaires, examens changent-ils la pédagogie ? *Administration & Éducation*, 143, 103-105.
- Artaud, M. (2003). *Analyser des praxéologies mathématiques et didactiques « à calculatrice » et leur écologie*. In J.B. Lagrange & al. (Eds). Actes du Colloque Européen ITEM. Reims : IUFM.
- Astolfi, J.-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (1998). *Mots-clés de la didactique des sciences : Repères, définitions, bibliographies*. De Boeck.
- Astolfi, J.-P., & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *ASTER*, 16, 103-141.
- Aydin, S., & Boz, Y. (2012). Review of Studies Related to Pedagogical Content Knowledge in the Context of Science Teacher Education : Turkish Case. *Educational sciences : theory & practice*, 12(1), 497-505.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Vrin.
- Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, 38, 6-39.
- Barnier, G. (2012). *Théories de l'apprentissage et pratiques d'enseignement*. Site consulté : http://www.ac-nice.fr/iencagnes/file/peda/general/Theories_apprentissage.pdf
- Barreau, H. (2013). *L'épistémologie*. P.U.F.
- Barth, B.-M. (1985). Jérôme Bruner et l'innovation pédagogique. *Communication et langage*, 66(1), 46-58.
- Bazile, J., & Mayen, P. (2002). Le développement des concepts scientifiques à partir des conceptualisations dans l'action proposition de didactique professionnelle. *ASTER*, 34, 75-96.
- Beaufils, D., & Naoum, S. (1989). Quelles activités expérimentales avec les ordinateurs dans l'enseignement des sciences ? *ASTER*, 8, 55-80.
- Bécu-Robinault, K. (2007). Connaissances mobilisées pour préparer un cours de sciences physiques. *ASTER*, 45, 165-188.
- Belhoste, B. (1990). L'enseignement secondaire français et les sciences au début du XXe siècle. La réforme de 1902 des plans d'études et des programmes. *Revue d'histoire des sciences*, 43(4), 371-400.

Bibliographie

- Bell, R. L. (2009). Teaching the nature of science : Three critical questions. *Best Practices in Science Education*, 22, 1–6.
- Blanquet, E., & Picholle, E. (2016). Profil épistémologique des enseignants français du primaire au regard de la science. *Actes des 9ème rencontres de l'ARDiST*, 370-375.
- Boilevin, J.-M., & Brandt-Pomares, P. (2007). *Intégration d'ordinateurs portables dans l'organisation de l'étude en physique et en technologie*. Congrès international AREF, Strasbourg.
- Boilevin, J.-M., & Brandt-Pomares, P. (2011). Démarches d'investigation en sciences et en technologie au collège : Les conditions d'évolution des pratiques. In M. Grangeat, *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (p. 51-62). École normale supérieure de Lyon.
- Boivin-Delpieu, G., & Bécu-Robinault, K. (2016). Caractérisation des déterminants de l'action professorale par le croisement d'une enquête quantitative et d'analyses de cas. *Actes des 9ème rencontres de l'ARDIST*, 326-331.
- Bomchil, S., & Darley, B. (1998). L'enseignement des sciences expérimentales est-il vraiment inductiviste ? *ASTER*, 26, 86-108.
- Bonnat, C. (2017). *Etayage de l'activité de conception expérimentale par un EIAH pour apprendre la notion de métabolisme cellulaire en terminale scientifique*. Thèse de doctorat. Université Grenoble Alpes.
- Bosch, M., & Chevallard, Y. (1999). La sensibilité des activités mathématiques aux ostensifs. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19(1), 77-124.
- Bosc-Miné, C. (2014). Caractéristiques et fonctions des feed-back dans les apprentissages. *L'Année psychologique*, 114(2), 315-353.
- Brahic, A. (2013). Science et croyance : L'illusion du vrai et la certitude du faux. *Raison présente*, 188(1), 59-85.
- Broussal, D., & Bucheton, D. (2008). Interagir en début de cours : Enjeux didactiques et discursifs. *Éducation et didactique*, 2(3), 59-75.
- Brousseau, G. (1978). L'observation des activités didactiques. *Revue française de pédagogie*, 45(1), 129-139.
- Brousseau, G. (1984/1998). *La théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.
- Bru, M. (2002). Pratiques enseignantes : Des recherches à conforter et à développer. *Revue française de pédagogie*, 138(1), 63-73.
- Bruillard, É., Komis, V., & Laferrière, T. (2012). TIC et apprentissage des sciences : Promesses et usages. Introduction. *RDST*, 6, 9-21.
- Bruner, J. (1983). *Le développement de l'enfant : Savoir faire, savoir dire*. PUF.
- Brun-Ramousse, V. (2015). *Connaissances professionnelles, transposition didactique interne et changement de programme*. Mémoire de Master. Université Joseph Fourier. Grenoble I.
- Brun-Ramousse, V. & Marzin-Janvier, P. (2018). Evolution des connaissances professionnelles cinq années après une réforme curriculaire. *10 rencontres scientifiques de l'ARDIST*, Mars 2018, Saint-Malo, France..
- Bucheton, D., & 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.
- Calmettes, B. (2010). Analyse pragmatique de pratiques ordinaires, rapport pragmatique à l'enseigner. Étude de cas : Des enseignants experts, en démarche d'investigation en physique. *RDST*, 2, 235–272.

Bibliographie

- Calmettes, B. (2012). *Modélisation pragmatiste de l'action didactique de l'enseignant. Le cas des démarches d'investigation en physique, en collège*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches. Université Toulouse II - Le Mirail.
- Calmettes, B., Venturini, P., Amade-Escot, C., & Terrisse, A. (2007). Analyse didactique des pratiques effectives d'une enseignante expérimentée, en physique, en 1ère S, dans un lycée de « centre ville ». *Actes des cinquièmes rencontres de l'ARDiST*. La Grande Motte : France.
- Cariou, J.-Y. (2009). *Former l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves dans une démarche s'appuyant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences*. Thèse de doctorat. Université de Genève.
- Cariou, J.-Y. (2011). Histoire des démarches en sciences et épistémologie scolaire. *RDST*, 3, 83–106.
- Cariou, J.-Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherches en éducation*, 21, 12–33.
- Carré, P. (2015). De l'apprentissage à la formation. Pour une nouvelle psychopédagogie des adultes. *Revue française de pédagogie*, 190(1), 29-40.
- Cens, I., Dupé, C., Monnier, A.-L., Bourny, G., Coppens, N., Fumel, S., & Rocher, T. (2007). *L'évaluation internationale PISA 2003 : Compétences des élèves français en mathématiques, compréhension de l'écrit et sciences*.
- Chaachoua, H. (2010). *La praxéologie comme modèle didactique pour la problématique EIAH. Etude de cas : La modélisation des connaissances des élèves*. Mémoire d'Habilitation à diriger des Recherches. Université Joseph Fourier - Grenoble I.
- Chaachoua, H. (2018). T4TEL, un cadre de référence didactique pour la conception des EIAH. In Actes du 6e congrès pour la Théorie Anthropologique du Didactique. Autrans : France.
- Chaachoua, H., & Bessot, A. (2016). La notion de variable dans le modèle praxéologique. *Actes du 5e congrès pour la Théorie Anthropologique du Didactique*. CITAD-Congrès International sur la Théorie Anthropologique du Didactique, Castro-Urgiales : Espagne.
- Chaachoua, H., Ferraton, G., & Desmoulins, C. (2013). Utilisation du modèle praxéologique de référence dans un EIAH. In Gisèle Cirade, M. Artaud, M. Bosch, J.-P. Bourgade, Y. Chevallard, C. Ladage, & T. A. Sierra (Éd.), *Evolutions contemporaines du rapport aux mathématiques et aux autres savoirs à l'école et dans la société* (p. 301-324). Toulouse: France.
- Chalmers, A. (1976). *Qu'est ce que la science ?* (M. Biezunski, Trad.). La découverte.
- Chesnais, A. (2011). Apprentissages en mathématiques en sixième : Contextes différents, pratiques différentes et inégalités. *Revue française de pédagogie*, 176, 57-72.
- Chesnais, A., Cross, D., & Munier, V. (2017). Étudier les effets de formations sur les pratiques : Réflexions sur les liens entre connaissances et pratiques. *RDST*, 15, 97-130.
- Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : Perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12(1), 73-111.
- Chevallard, Y. (1994). Les processus de transposition didactique et leur théorisation. In Arzac, G. ; Chevallard, Y. ; Martinand, J.-L. & Tiberghien, A. (Eds). *La transposition didactique à l'épreuve* (pp. 135-180). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Chevallard, Y. (1995). La fonction professorales : Esquisse d'un modèle didactique. Les actes de l'école d'été, In R. Noirfalise et M.-J. Perrin-Glorian (Eds), *Actes de la VIIIe école d'été de didactique des mathématiques* (Saint-Sauves, 22-31 août 1995). Clermont Ferrand : IREM.

Bibliographie

- Chevallard, Y. (1997). Familiale et problématique, la figure du professeur. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 3(17), 17-54.
- Chevallard, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : L'approche anthropologique. In R. Noirfalise (Éds), *Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques, Les Actes de l'université d'été*, (pp. 91-120). Clermont-Ferrand : IREM.
- Chevallard, Y. (2002). Organiser l'étude : 1. Structures et fonctions. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot & R. Floris (Éds), *Actes de la XIème école d'été de didactique des mathématiques* (pp. 3-32). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Chevallard, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. In S. Maury & M. Caillot (Éds), *Rapport au savoir et didactiques* (pp. 81-104). Paris : Fabert.
- Chevallard, Y. (2011). L'évolution du paradigme scolaire et le devenir des mathématiques : Questions vives et problèmes cruciaux. In A. Bronner, C. Bulf, C. Castela, J.-P. Georget, M. Larguier, B. Pedemonte, A. Pressiat & E. Roditi (Eds), *Questions vives en didactique des mathématiques : problèmes de la profession d'enseignant, rôle du langage, 16e école d'été de didactique des mathématiques* (pp.85-120). Grenoble : La Pensée Sauvage
- Clément, P. (1998). La biologie et sa didactique, dix ans de recherche. *Aster*, 1998, 27, 57-93.
- Clément, P. (2013). *Le Délai de Transposition Didactique (DTD) dans les Livres du Maître. Exemples en Biologie*. 9ème journée Pierre Guibbert, Lyon.
- Cohen, L. (2003). Visual Word Recognition in the Left and Right Hemispheres : Anatomical and Functional Correlates of Peripheral Alexias. *Cerebral Cortex*, 13(12), 1313-1333.
- Cohen, Laurent, Dehaene, S., Naccache, L., Lehéricy, S., Dehaene-Lambertz, G., Hénaff, M.-A., & Michel, F. (2000). The visual word form area: Spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, 123(2), 291-307.
- Cohen, Laurent, Lehéricy, S., Henry, C., Bourgeois, M., Larroque, C., Sainte-Rose, C., Dehaene, S., & Hertz-Pannier, L. (2004). Learning to read without a left occipital lobe : Right-hemispheric shift of visual word form area. *Annals of Neurology*, 56(6), 890-894.
- Colognesi, S., & Lucchini, S. (2018). Aider les élèves à organiser leurs écrits : Les effets d'un étayage destiné à travailler la superstructure textuelle. *Repères. Recherches en didactique du français langue maternelle*, 57, 143-162.
- Combessie, J.-C. (2007). *La méthode en sociologie*. Collection Repères, 5e éd. La découverte.
- Coquidé, M. (2000). *Le rapport expérimental au vivant*. Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches, École normale supérieure de Cachan-ENS Cachan.
- Coquidé, M., Bourgeois-Victor, P., & Desbeaux-Salviat, B. (1999). « Résistance du réel » dans les pratiques expérimentales. *ASTER*, 28, 57-77.
- Coquidé, M., Fortin, C., & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : Fondements et démarches, intérêts et limites. *ASTER*, 49, 51-78.
- Coquidé, M., & Tirard, S. (2007). Neuroplasticité : Enseigner de nouveaux savoirs ou un nouveau regard ? In *Neuroplasticité*. Vuibert : Adapt-Snes.
- Couchouron, M., Viennot, L., & Courdille, J.-M. (1996). Les habitudes des enseignants et les intentions didactiques des nouveaux programmes d'électricité en classe de quatrième. *Didaskalia*, 8, 81-96.
- Cristol, D. (2017). Les communautés d'apprentissage : Apprendre ensemble. *Savoirs*, 43(1), 10-55.

Bibliographie

- Croset, M.-C. (2009). *Modélisation des connaissances des élèves au sein d'un logiciel éducatif d'algèbre : Étude des erreurs stables inter-élèves et intra-élève en termes de praxis-en-acte*. Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier, Grenoble I.
- Croset, M.-C., & Chaachoua, H. (2016). Une réponse à la prise en compte de l'apprenant dans la TAD. *RECHERCHES EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES*, 36(2), 161-196.
- Cross, D. (2009). *Les connaissances professionnelles de l'enseignant : Reconstruction à partir d'un corpus vidéo de situations de classe de chimie*. Thèse de doctorat, Université Lumière-Lyon II.
- Cross, D. (2010). Action conjointe et connaissances professionnelles de l'enseignant. *Education & didactique*, 4(3), 39-60.
- Cross, D., & Grangeat, M. (2014). Etude de la mise en œuvre de PCK en relation avec la production d'élèves et le contexte didactique. *Skholé*, 18, 95–103.
- Cross, D., & Lepareur, C. (2015). PCK at Stake in Teacher – Student Interaction in Relation to Students' Difficulties. In M. Grangeat (Éd.), *Understanding science teacher professional knowledge growth* (p. 47-61). SensePublishers.
- d'Ham, C., Girault, I., & Marzin, P. (2014). Des environnements numériques pour étayer l'investigation scientifique et la conception expérimentale : De copex-chimie à LabBook. *Skholé*, 18, 265–275.
- Darley, B. (1996). Exemple d'une transposition didactique de la démarche scientifique dans un TP de biologie en DEUG 2ème année. *Didaskalia*, 9, 31-56.
- Darley, B. (2007). La démarche d'investigation et son vocabulaire. *Grand N*, 79, 99-111.
- de Hosson, C., Mathé, S., & Méheut, M. (2010). La « démarche d'investigation » dans les collèges français. *Actes des journées scientifiques DIES 2010*, 19-28.
- De Jong, T. (2006). Scaffolds for scientific discovery learning. In J. Elen and R.E Clark (Éd.) *Handling complexity in learning environments : Theory and research*, p. 107-128).
- Dehaene, S. (2014). *C3RV34U* (Editions De la Martinière). Cité des sciences et de l'industrie.
- Dehaene, S. (2015). *Education, plasticité cérébrale et recyclage neuronal*. Cours du Collège de France.
- Delhaxhe, A. (1997). Le temps comme unité d'analyse dans la recherche sur l'enseignement. *Revue française de pédagogie*, 118(1), 106-125.
- Demerval, R. & White, F. (1993). La psychologie de Vygotsky et la pédagogie de la situation-problème : remarques et commentaires. *Spirale*, 10-11, 29-37.
- Demirdöğen, B. (2016). Interaction Between Science Teaching Orientation and Pedagogical Content Knowledge Components. *Journal of Science Teacher Education*, 27(5), 495-532.
- Désautels, J., & Laroche, M. (1998). A propos de la posture épistémologique des enseignants et enseignantes de science. In E. L. Jossem, A. Tiberghien, & J. Barojas (Éd.), *Connecting research in physics education with teacher education*. International Commission on Physics Education.
- Desbeaux-Salviat, B., & Rojat, D. (2006). Réalité et virtualité dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre. *ASTER*, 43, 109-132.
- Desouches, C., Alluin, O., Mutaftschiev, N., Dousset, E., Magalon, G., Boucraut, J., Feron, F., & Decherchi, P. (2005). La réparation nerveuse périphérique : 30 siècles de recherche. *Revue Neurologique*, 161(11), 1045-1059.
- Dessus, P. (2007). Systèmes d'observation de classes et prise en compte de la complexité des événements scolaires. *Carrefours de l'éducation*, 23(1), 103-117.

Bibliographie

- Develay, M. (1989). Sur la méthode expérimentale. *ASTER*, 8, 3-15.
- D'Ham, C. (2016). *Didactique et EIAH*. Support de cours pour le Master PIF, Université Grenoble Alpes.
- D'Ham, C., Wajeman, C., Girault, I., & Marzin-Janvier, P. (2019). *LabNbook, plateforme numérique support des pédagogies actives et collaboratives en sciences expérimentales*. EIAH 2019 : Environnement Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Jun 2019, Paris, France..
- Didier, J.-P. (2009). *La plasticité de la fonction motrice*. Springer.
- Dortier, J.-F. (2009). *Les sciences humaines : Panorama des connaissances*. Ed. Sciences Humaines.
- Drouard, F. (2008). La démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences. *Grand N*, 82, 31-51.
- Droz Mendelzweig, M. (2010). La plasticité cérébrale de Cajal à Kandel : cheminement d'une notion constitutive du sujet cérébral. *Revue d'histoire des sciences*, 63(2), 331-367.
- Dupont, J.-C. (2007). La neuroplasticité Quelques données épistémologiques et historiques. In *Neuroplasticité Enseigner de nouveaux savoirs ou un nouveau regard ?* Vuibert : Adapt-Snes.
- Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., Rosengrant, D., Jordan, R., & Hmelo-Silver, C. E. (2010). Design and Reflection Help Students Develop Scientific Abilities : Learning in Introductory Physics Laboratories. *Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 54-98.
- Eurydice. (2006). *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe : État des lieux des politiques et de la recherche*. Direction générale de l'Éducation et de la Culture- Commission européenne.
- Forissier, T., & Clément, P. (2003). Teaching 'biological identity' as genome/environment interactions. *Journal of Biological Education*, 37(2), 85-90.
- Fournier, M. (2019). *Jean Piaget. Comment l'intelligence se développe-t-elle ?* 54(3), 12-12.
- Friedrichsen, P., Driel, J. H. V., & Abell, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95(2), 358-376.
- Gandolfo, G., & Deschaux, O. (2010). Histoire de la découverte du cerveau et de l'évolution des méthodes d'exploration. *Biologie Géologie*, 2, 127.
- Gandolfo, G., & Grammont, F. (2005). Les divers aspects de la neuroplasticité. *Biologie Géologie*, 2, 291-312.
- Gaussel, M., & Reverdy, C. (2013). *Neurosciences et éducation : La bataille des cerveaux* (N° 86; Dossier d'actualité Veille et Analyses). ENS de Lyon. f
- Gayon, J. (2005). De la biologie comme science historique. *Les Temps Modernes*, n° 630-631(2), 55.
- Georges, F., & Pansu, P. (2011). Les feedbacks à l'école : Un gage de régulation des comportements scolaires. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 176, 101-124.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge : an introduction and orientation in J., & Lederman, N. G. (Éd.) *Examining Pedagogical Content Knowledge : The Construct and its Implications for Science Education*. Springer Netherlands.
- Giordan, A. (1978). Observation-expérimentation [mais comment les élèves apprennent-ils ?] : Mais comment les élèves apprennent-ils ? *Revue française de pédagogie*, 45(1), 66-73.
- Girault, I., Berthet, A., & D'Ham, C. (2016). *Caractérisation des difficultés rencontrées par des élèves concevant une expérience de chimie*. Les 9e Rencontres de l'ARDiST, Lens.
- Girault, I., & D'Ham, C. (2015). Copex-chimie, un environnement numérique pour aider les élèves à concevoir une expérimentation de dosage spectrophotométrique. *L'actualité chimique*, 396, 44-45.

Bibliographie

- Girault, I., D'Ham, C., Marzin, P., & Wajeman, C. (2017). *Rétroactions personnalisées dans un environnement dédié à la conception expérimentale*. *Orphée rendez-vous*, Jan 2017, Font Romeu, France
- Girault, I., D'Ham, C., Ney, M., Sanchez, E., & Wajeman, C. (2012). Characterizing the Experimental Procedure in Science Laboratories : A preliminary step towards students experimental design. *International Journal of Science Education*, 34(6), 825-854.
- Glaser, C., & Schlaug, G. (2003). Brain Structures Differ between Musicians and Non-Musicians. *The journal of neuroscience*, 23(27), 9240-9245.
- Godin, C. (2006). *La philosophie pour les nuls*. First.
- Goffard, M., & Weil-Barais, A. (2005). *Enseigner et apprendre les sciences : Recherches et pratiques*. A. Colin.
- Gohau, G. (1992). Esprit déductif versus esprit inductif. *Aster*, 14, 9-19.
- Goldman, S. A., & Nottebohm, F. (1983). Neuronal production, migration, and differentiation in a vocal control nucleus of the adult female canary brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 80(8), 2390.
- Gomez, F. (1999). Formateur de professeurs des lycées et collèges. Une identité troublée. *Recherche & formation*, 30(1), 121-142.
- Grandaty, M. (2011). Interactions et apprentissages disciplinaires : La médiation de l'enseignant. *Carrefours de l'éducation*, HS 1(3), 121-135.
- Grangeat, M. (2011). Le travail collectif enseignant : Éléments de modélisation du développement professionnel. In *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique. Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (p. 79-106). Ecole Normale Supérieure de Lyon.
- Grossman, P. (1990). *The making of a teacher : Teacher knowledge and teacher education*. New York : Teachers College Press.
- Grossman, P., & Shulman, L.-S. (1994). Knowing, believing, and the teaching of English." In T. Shanahan (Éd.) *Teachers thinking, teachers knowing : Reflections on literacy and language education..*
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2008). Du travail documentaire des enseignants : Genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Éducation et didactique*, 2(3), 7-33.
- Guichard, É. (2008). L'écriture scientifique : Grandeur et misère des technologies de l'intellect. *Cahiers Sens public*, 7-8(3-4), 53-79.
- Guilbert, L., & Meloche, D. (1993). L'idée de science chez des enseignants en formation : Un lien entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions ? *Didaskalia*, 2, 7-30.
- Hammoud, R. (2012). *Le travail collectif des professeurs en chimie comme levier pour la mise en œuvre de démarches d'investigation et le développement des connaissances professionnelles. Contribution au développement de l'approche documentaire du didactique*. Thèse de doctorat - Université Claude Bernard - Lyon I; Université Libanaise.
- Hasni, A., Lenoir, Y., & Lebeaume, J. (Éd.). (2006). *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire : Dans le contexte des réformes par compétences*. Presses de l'Université du Québec.
- Hazard, B. (2010). *La mise en œuvre du socle et l'évolution d'une discipline, les Sciences de la Vie et de la Terre*. Inspection Générale de l'Éducation Nationale.
- Hébrard, J. (1997). *L'histoire de l'enseignement des sciences en France*. Fondation La main à la pâte. Site consulté : [/fr/page/14613/lhistoire-de-lenseignement-des-sciences-en-france](http://fr/page/14613/lhistoire-de-lenseignement-des-sciences-en-france)

Bibliographie

- Hirn, C. (1995). Comment les enseignants de sciences physiques lisent-ils les intentions didactiques des nouveaux programmes d'optique de classe de quatrième ? *Didaskalia*, 6, 39-54.
- Hu, J.-J. (2014). *A critical review of Pedagogical Content Knowledge' components : Nature, principle and trend*. 2(4), 14.
- Hubel, D. H., Wiesel, T. N., & LeVay, S. (1977). Plasticity of Ocular Dominance Columns in Monkey Striate Cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 278(961,), 377-409.
- Jacrot, B., Pebay-Peyroula, E., Mache, R., & Debru, C. (2006). *Physique et biologie : Une interdisciplinarité complexe*. EDP Sciences.
- Jameau, A. (2012). *Les connaissances mobilisées par les enseignants dans l'enseignement des sciences : Analyse de l'organisation de l'activité et de ses évolutions*. Thèse de doctorat. Université de Bretagne occidentale.
- Jameau, A. (2015). Les connaissances professionnelles des enseignants et leur évolution à travers une analyse de l'activité. Une étude de cas en physique au collège. *Education & didactique*, 9(1), 9-31.
- Jameau, A. (2017). Connaissances professionnelles et travail documentaire des enseignants : Une étude de cas en chimie au lycée. *RDST*, 15, 33-58.
- Joshua, S. (1989). Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire. *ASTER recherches en didactique des sciences expérimentales*, 8, 29-53.
- Kermen, I. (2007). *Prévoir et expliquer l'évolution des systèmes chimiques Observation de la mise en place d'un nouveau programme de chimie en terminale S: Réactions des enseignants et des élèves face à l'introduction de l'évolution des systèmes chimiques*. Thèse de doctorat - Université Paris-Diderot-Paris VII.
- Kermen, I., & Izquierdo, M. (2017). Connaissances professionnelles didactiques pour l'enseignement des sciences et des technologies : un thème de recherche encore récent dans les recherches francophones. *RDST*, 15, 9-32.
- Kermen, I., & Meheut, M. (2008). Mise en place d'un nouveau programme à propos de l'évolution des systèmes chimiques : Impact sur les connaissances professionnelles d'enseignants. *Didaskalia*, 32, 77-116.
- Kozanitis, A. (2005). *Les principaux courants théoriques de l'enseignement et de l'apprentissage : Un point de vue historique*. Site consulté : http://sup.ujf-grenoble.fr/sites/default/files/Ressources%20SUP/Bibliographie/historique_approche_enseignement.pdf
- Kremer-Marietti, A., & Dhombres, J. (2006). *L'épistémologie—Etat des lieux et positions* (Ellipses). Ellipses.
- Lagrange, J.-B., Lecas, J.-F., & Parzysz, B. (2006). Les professeurs-stagiaires d'IUFM et les technologies : Quelle instrumentation ? *Recherche & formation*, 52, 131-147.
- Lambert, M., Rossier, A., & Daele, A. (2009). *Le feedback aux étudiant-e-s*. Site consulté : https://pedagogieuniversitaire.files.wordpress.com/2009/08/memento_feedback_29juillet2009_vl.pdf
- Lassègue, J. (1996). La méthode expérimentale, la modélisation informatique et l'intelligence artificielle. In : N°22, 1996/1. . Pp. 21-65; *Intellectica. Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*, 1(22), 26-65.
- Latour, B. (2001). *Le métier de chercheur, regard d'un anthropologue : Une conférence-débat à l'INRA, Paris, le 22 septembre 1994* (2e éd. rev. et corr). Institut National de la Recherche Agronomique.

Bibliographie

- Lavoie, N., Lévesque, J.-Y., & Léger, D. (2006). *L'étayage d'enseignantes de première et deuxième années du primaire dans des tâches d'écriture réalisées à partir d'une lecture orale de textes littéraires*. 7ème rencontre des chercheurs en Didactique de la Littérature, IUFM de Montpellier.
- Leblanc, S., & Sève, C. (2012). Vidéo-formation et construction de l'expérience professionnelle. *Recherche & formation*, 70, 47-60.
- Lecomte, J. (1998). Lev Vygotski (1896-1934). Pensée et langage. *Sciences Humaines*, 81, 42-44.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science : A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Lehtinen, A., & Viiri, J. (2017). Guidance Provided by Teacher and Simulation for Inquiry-Based Learning : A Case Study. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 193-206.
- Lermigeaux-Sarrade, I. (2018). *Rôle de l'organisation de l'espace de travail sur les activités effectives et empêchées des enseignants : Rôle de la configuration de la salle de sciences dans l'apprentissage de la compétence d'argumentation*. Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes.
- Leroux, P., & Jean-Daubias, S. (2007). EIAH partenaires des acteurs de la situation d'apprentissage. In M. Baron, D. Guin, & L. Trouche (Éd.), *Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage : Conception et usage, regards croisés* (p. 107-136). Hermès science publications : Lavoisier.
- Lestage, P. (2008). *Support de cours à l'ESPE du Limousin : Jérôme Bruner*. site consulté : <https://sites.google.com/site/lestagerecherchesetcours/cours-de-philippe-lestage>
- Lhoste, Y., & Peterfalvi, B. (2009). Problématisation et perspective curriculaire en SVT : l'exemple du concept de nutrition. *Aster*, 49, 79-108.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science : Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- Mafféo, V. (2007). De l'utilisation des images biomédicales. In *Neuroplasticité* (Vuibert : Adapt-Snes).
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Éd.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The construct and its implications for science education*, (p. 95-132). Boston : Kluwer Academic Publishers.
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J., & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(8), 4398-4403.
- Mangane, D. (2014). *Enseignement et apprentissage de la stéréochimie en terminale D au Bénin : Raisonnements des élèves et points de vue des enseignants*. Thèse de doctorat. Université Paris-Diderot - Paris VII.
- Mangane, D., & Kermen, I. (2016). Connaissances professionnelles des enseignants dans l'enseignement de la chimie une étude de cas en stéréochimie. *9e rencontres scientifiques de l'ARDIST - 30, 31 mars et 1 avril 2016, LENS*.
- Margolinas, C. (2015). Situations, savoirs et connaissances... Comme lieux de rencontre? *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 19, 31-49.
- Margolinas, C., Canivenc, B., Redon, M.-C. D., Rivière, O., & Wozniak, F. (2005). Que nous apprend le travail mathématique hors classe des professeurs pour la formation des maîtres ? In COPIRELEM, *Actes du 31e colloque sur la formation des maîtres, Quelles mathématiques faire vivre à l'école ? Quels outils pour les maîtres?* (p. 1-19). IREM de Toulouse.

Bibliographie

- Marzin, P., D'Ham, C., & Sanchez, E. (2007). How to scaffold the students to design experimental procedures ? A situation experienced by 108 high-school students. *Proceeding of ESERA 2007- International Conference in Malmö, August 21-25, 2007, Sweden*, 4.
- Marzin-Janvier, P. (2013). *Comment donner du sens aux activités expérimentales ?* Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches - Université Joseph Fourier - Grenoble I.
- Marzin-Janvier, P. (2015). Étayer la conception expérimentale par des environnements informatiques : Études en génétique. *RDST*, 12, 87-112.
- Marzin, P., & De Vries, E. (2013). Students' design of a biometric procedure in upper secondary school. *International Journal of Technology and Design Education* 23, 361–376.
- Marzin-Janvier, P., Ergun, M., Girault, I., D'Ham, C., Baudrant, G., Biau, M., & Sanchez, E. (2005). La construction de protocole de travaux pratiques de chimie à l'aide d'un logiciel : Quels apports pour les apprentis-sages? *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 99, 991–1009.
- Mathé, S. (2010). *La « démarche d'investigation » dans les collèges français—Élaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette nouvelle méthode d'enseignement par les enseignants* [Thèse de doctorat. Université Paris-Diderot - Paris VII].
- Maurines, L., & Beaufils, D. (2011). Un enjeu de l'histoire des sciences dans l'enseignement : L'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique. *RDST*, 3, 271–305.
- Maurines, L., Gallezot, M., Ramage, M.-J., & Beaufils, D. (2013). La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre. *RDST*, 7, 19-52.
- Merabet, L. B., Hamilton, R., Schlaug, G., Swisher, J. D., Kiriakopoulos, E. T., Pitskel, N. B., Kauffman, T., & Pascual-Leone, A. (2008). Rapid and Reversible Recruitment of Early Visual Cortex for Touch. *PLOS One*, 3(8), e3046. Site consulté: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003046>
- Meuret, D. (2011). *Introduction de Démocratie et éducation suivie de Expérience et éducation (Dewey, 1916)*. Armand Colin.
- Molinatti, G. (2006). *Développement d'une banque de données et d'un logiciel de visualisation pour une exploitation pédagogique de la neuro-imagerie*. 8e Biennale de l'éducation et de la formation. Site consulté : <http://www.inrp.fr/biennale/8biennale/contrib/longue/245.pdf>.
- Molinatti, G. (2007). *Médiation des sciences du cerveau Approche didactique et communicationnelle de rencontre entre neuroscientifiques et lycéens* [Thèse de doctorat - Paris- Muséum d'Histoire Naturelle].
- Monod-Ansaldi, R., Molinatti, G., Fontanieu, V., Devallois, D., & Sanchez, É. (2012). Tests statistiques et IRM cérébrales en classe de première S. *RDST*, 5, 159–184.
- Morge, L. (2000). Former les enseignants à interagir avec les élèves en classe de sciences. *Recherche & formation*, 34(1), 101–112.
- Morge, L. (2003). Les connaissances professionnelles locales : Le cas d'une séance sur le modèle particulaire. *Didaskalia*, 23, 101-131.
- Mthethwa-Kunene, E., Onwu, G. O., & de Villiers, R. (2015). Exploring Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge in the Teaching of Genetics in Swaziland Science Classrooms. *International Journal of Science Education*, 37(7), 1140-1165.
- Neumann, K., Kind, V., & Harms, U. (2019). Probing the amalgam : The relationship between science teachers' content, pedagogical and pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 847-861.

Bibliographie

- Orlandi, E. (1991). Conceptions des enseignants sur la démarche expérimentale Analyse de quelques cas à propos de digestion en classe de troisième. *Aster*, 13, 111-132.
- Padilla, K., & Van Driel, J. (2011). The relationships between PCK components : The case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(3), 367-378.
- Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK) : Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922-941.
- Pea, R. D. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *The journal of the learning sciences*, 13(3), 423-451.
- Pélissier, L. (2011). *Étude des pratiques d'enseignement des savoirs de l'épistémologie en classe de physique de lycée général* [Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail - Toulouse II].
- Pélissier, L., & 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.
- Peltier-Barbier, M.-L., Ngono, B., Amigues, R., & Kherroubi, M. (2003). Modifier ses pratiques, c'est difficile ! Effets d'une formation sous forme d'accompagnement sur les pratiques de professeurs des écoles enseignant des mathématiques dans des classes de REP. *Recherche & Formation*, 44(1), 63-76.
- Piaget, J. (1970). *L'épistémologie génétique* (Presse Universitaire de France).
- Porlán Ariza, R., García García, E., Rivero García, A., & Martín del Pozo, R. (1998). Les obstacles à la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement en l'apprentissage. *Aster*, 26, 207-235.
- Prochiantz, A. (2010). *Régénération et plasticité dans le système nerveux*, leçon au Collège de France..
- Quintana, C., & Fishman, B. (2006). Supporting science learning and teaching with software-based -scaffolding. *American Educational Research Association (AERA)*, 7-11 avril, San Francisco.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains* (Armand Colin).
- Rakic, P. (1985). Limits of neurogenesis in primates. *Science*, 227(4690), 1054-1056.
- Ravel, L. (2003). *Des programmes à la classe : Etude de la transposition didactique interne. Exemple de l'arithmétique en Terminale S spécialité mathématique* [Thèse de doctorat]. Université Joseph Fourier-Grenoble.
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding Complex Learning : The Mechanisms of Structuring and Problematizing Student Work. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273-304.
- Rheinberger, H.-J. (2014). *Introduction à la philosophie des sciences* (N. Jas, Trad.). La Découverte.
- Richoux, H., & Beaufile, D. (2005). Conception de travaux pratiques par les enseignants : Analyse de quelques exemples de physique en termes de transposition didactique. *Didaskalia*, 27, 11-39.
- Riopel, M. (2005). *Epistémologie et enseignement des sciences* (Université du Québec). Site consulté : <https://sites.google.com/site/epistemologieenseignement/>
- Robardet, G. (1998). La didactique dans la formation des professeurs de sciences physiques face aux représentations sur l'enseignement scientifique. *Aster*, 26, 31-58.
- Robardet, G., Vérin, A. (1998). L'enseignement scientifique vu par les enseignants. *Didaskalia*, 1, 55, 4-10.
- Rocard, M. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : Une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe* (N° 22845). Commission européenne Direction générale de la recherche.

Bibliographie

- Roditi, E. (2008). Des pratiques enseignantes à la fois contraintes et personnelles, et pourtant cohérentes. In F. Vandebrouck, *La classe de mathématiques : Activités des élèves et pratiques des enseignants* (p. 73-94). Octarès.
- Roditi, E. (2010). Les pratiques enseignantes en mathématiques d'un professeur d'école et leur évolution en dix années d'exercice. *Actes du congrès de l'Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF)*, 1-10.
- Roletto, E. (1998). La science et les connaissances scientifiques : Points de vue de futurs enseignants. *Aster*, 1998, 26, 12-30.
- Rolland, J.-M. (2006). *L'enseignement des disciplines scientifiques dans le primaire et le secondaire* (Rapport d'information N° 3061). Assemblée nationale.
- Rumelhard, G. (1979). Le processus de dogmatisation. *Recherches en didactiques*, 11, 165-178.
- Saavedra, R. (2015). *Etayer le travail des élèves avec la plateforme LabBook pour donner davantage de sens aux activités expérimentales réalisées par des élèves de premières S* [Thèse de doctorat]. Université Grenoble Alpes.
- Sadato, N., Pascual-Leone, A., Grafman, J., Deiber, M. P., Ibañez, V., & Hallett, M. (1998). Neural networks for Braille reading by the blind. *Brain*, 121(7), 1213-1229.
- Sagaut, P. (2008). *Introduction à la pensée scientifique moderne- Cours de culture générale, Licence*. Université Pierre et Marie Curie Paris 6. site consulté : <http://www.lmm.jussieu.fr/~sagaut/epistemologie-v14.pdf>
- Scheuch, M., Panhuber, T., Winter, S., Kelemen-Finan, J., Bardy-Durchhalter, M., & Kapelari, S. (2018). Butterflies & wild bees : Biology teachers' PCK development through citizen science. *Journal of Biological Education*, 52(1), 79-88.
- Schiffmann, S. N. (2001). Le cerveau en constante reconstruction : Le concept de plasticité cérébrale. *Cahiers de psychologie clinique*, 16(1), 11.
- Sensevy, G. (2019). Forme scolaire et temps didactique. *Le Telemaque*, N° 55(1), 93-112.
- Séré, A., & Bassy, A.-M. (2010). *Le manuel scolaire à l'heure du numérique* Rapport n° 2010-087. Inspection Générale de l'Education Nationale.
- Séré, M.-G., Journeaux, R., & Winther, J. (1998). Enquête sur la pratique des enseignants de lycée dans le domaine des incertitudes. *Bulletin de l'union des physiciens*. 801, 241-254
- Shulman, L. (1986). Those who understand : Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching : Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23.
- Society for Neuroscience, Fondation Kavli, & Fondation Gatsby. (2013). *Le développement du cerveau* (V. Castellani & C. Delloye, Trad.). Société des neurosciences. Site consulté : <https://www.neurosciences.asso.fr/mespages/fiches-cerveau/>
- Soury-Lavergne, S. (1998). *Etayage et explication dans le préceptorat distant, le cas de Télécabri* [Thèse de doctorat]. Université Joseph Fourier - Grenoble.
- Stahnisch, F. W., & Nitsch, R. (2002). Santiago Ramón y Cajal's concept of neuronal plasticity : The ambiguity lives on. *Trends in Neurosciences*, 25(11), 589-591.

Bibliographie

- Tchounikine, P., & Tricot, A. (2011). Environnements informatiques et apprentissages humains. In C. Garbay & D. Kayser, (Éd.), *Informatique et Sciences Cognitives: influences ou confluences*, (p. 153-186), Ophrys/MSH.
- Tiberghien, A. (2002). Des connaissances naïves au savoir scientifique. In M. Kail & M. Fayol, *Les sciences cognitives et l'école* (PUF, p. 353-413).
- Vallat, C. (2012). *Etude de la stratégie enseignante d'étayage dans des interactions en classe de français langue étrangère (FLE), en milieu universitaire chinois* [Thèse de doctorat]. Université Toulouse le Mirail-Toulouse II.
- Van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in Teacher–Student Interaction : A Decade of Research. *Educational Psychology Review*, 22(3), 271-296.
- Van Driel, J. H., Verloop, N., & Vos, W. de. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
- Venturini, P., & 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.
- Vérin, A. (1998). Enseigner de façon constructiviste, est-ce faisable ? *Aster*, 26, 133-163.
- Vérin, A., & Peterfalvi, B. (1985). Un instrument d'analyse des modèles implicites de l'enseignement scientifique chez les enseignants. *Aster*, 1, 7-28.
- Veslin, J. (1991). De l'enseignant épistémologue à l'enfant épistémologue et retour. *Aster*, 12, 155-184.
- Vidal, C. (2012). La plasticité cérébrale : Une révolution en neurobiologie. *Spirale*, 63, 17-22.
- Vygotski, L. (1937/1997). *Pensée et langage* (Paris, Editions La dispute).
- Wiesel, T. N., & Hubel, D. H. (1963). Single cell responses in striate cortex of kittens deprived of vision in one eye. *Journal of Neurophysiology*, 26(6), 1003-1017.
- Zacharia, Z. C., Manoli, C., Xenofontos, N., de Jong, T., Pedaste, M., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Mäeots, M., Siiman, L., & Tsourlidaki, E. (2015). Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science : A literature review. *Educational Technology Research and Development*, 63(2), 257-302.

Table des figures

FIGURE 1 : PLAN DE LA THESE.....	17
FIGURE 2: SYNTHÈSE : LES CARACTÉRISTIQUES DU PROCESSUS D'ETAYAGE (CONSTRUIT À PARTIR DE (BUCHETON & SOULE, 2009; D'HAM, 2016; GEORGES & PANSU, 2011; MARZIN-JANVIER, 2013; VALLAT, 2012)	32
FIGURE 3: SYNTHÈSE CONCERNANT LE PROCESSUS D'ETAYAGE IMPLÉMENTÉ DANS UN EIAH D'APRÈS (D'HAM, 2016; QUINTANA & FISHMAN, 2006; REISER, 2004; ZACHARIA ET AL., 2015)	40
FIGURE 4 : LE CADRE D'ANALYSE DES CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES DES ENSEIGNANTS	64
FIGURE 5 : MODÉLISATION DES PRAXÉOLOGIES DIDACTIQUES.....	74
FIGURE 6 : AVANCÉE DANS LE MANUSCRIT.....	83
FIGURE 7 : LES PHRASES DEMANDANT LA CONCEPTION D'UN PROTOCOLE PAR LES ÉLÈVES DANS LA PAGE 4 DU PREAMBULE DU PROGRAMME DES SCIENCES AU LYCÉE	95
FIGURE 8 : LES PHRASES DU PROGRAMME DE PREMIÈRE S DEMANDANT LA CONCEPTION D'UN PROTOCOLE	96
FIGURE 9 L'INTITULE DE LA PREMIÈRE ÉTAPE	96
FIGURE 10 LES INDICATEURS D'ÉVALUATION DE L'ÉTAPE DE CONCEPTION DU PROTOCOLE	97
FIGURE 11 : TECHNIQUE DE $T_{CONCEPTION_PROTOCOLE}$	98
FIGURE 12 : AVANCÉE DANS LE MANUSCRIT.....	133
FIGURE 13 LES INGRÉDIENTS DE LA TECHNIQUE DE $T_{DEMARCHE_SCIENTIFIQUE}$	169
FIGURE 14 LES INGRÉDIENTS DE LA TECHNIQUE DE $T_{DEMARCHE_PROBLEME_FORMULATION}$	171
FIGURE 15 LES INGRÉDIENTS DE LA TECHNIQUE DE $T_{DEMARCHE_HYPOTHESE_FORMULATION}$	171
FIGURE 16 LES INGRÉDIENTS DE LA TECHNIQUE DE $T_{DEMARCHE_EXPERIMENTER}$	172
FIGURE 17 LES INGRÉDIENTS DE LA TECHNIQUE DE $T_{DEMARCHE_EXPERIMENTER_CONCEPTION}$	173
FIGURE 18 LES INGRÉDIENTS DE LA TECHNIQUE DE $T_{DEMARCHE_RESULTATS_COMMUNICATION}$	175
FIGURE 19 LES INGRÉDIENTS DE LA TECHNIQUE DE $T_{DEMARCHE_RESULTATS_EXPLOITATION}$	176
FIGURE 20 LES INGRÉDIENTS DE LA TECHNIQUE DE $T_{DEMARCHE_CONCLUSION}$	177
FIGURE 21 LES INGRÉDIENTS DE LA TECHNIQUE DE $T_{DEMARCHE_MODELISATION}$	178
FIGURE 22 IRMf DE LA PATIENTE MADAME X LORS DE LA PRÉSENTATION DE MOTS VRAIS SIX MOIS APRÈS SON AVC	185
FIGURE 23 COMPARAISON DES IRM ANATOMIQUES DE MADAME X AU MOMENT DE SON ADMISSION À L'HÔPITAL ET D'UN SUJET SAIN	187
FIGURE 24 COMPARAISON DES IRM FONCTIONNELLES D'UN SUJET SAIN EN TRAIN DE LIRE DES MOTS VRAIS OU DE LIRE UNE SUITE DE CONSONNES.....	188
FIGURE 25 COMPARAISON DES IRM FONCTIONNELLES DE MADAME X PLUSIEURS MOIS APRÈS SA REÉDUCATION ET D'UN SUJET SAIN EN TRAIN DE LIRE DES MOTS VRAIS	189
FIGURE 26 : PRÉSENTATION DE LA SITUATION ET DU PROBLÈME SCIENTIFIQUE LORS DE LA CONNEXION À LA MISSION LABNBOOK ...	209
FIGURE 27 : PRAXIS DE LA PRÉSENTATION DE LA SITUATION SCIENTIFIQUE ET DE LA PRISE EN CHARGE DE LA FORMULATION DU PROBLÈME SCIENTIFIQUE.....	209
FIGURE 28 : ÉTAPES DU RAPPORT EXPÉRIMENTAL TEL QUE PRÉSENTÉ DANS LA MISSION LABNBOOK	211
FIGURE 29 : CONSIGNES CONCERNANT L'ÉTAPE DE LA FORMULATION DE L'HYPOTHÈSE DANS LA MISSION LABNBOOK	212
FIGURE 30 : ÉVOLUTION DE LA CONFIGURATION DE LA LISTE DE MATÉRIEL : EN HAUT, DANS LA VERSION AVEC LE PROFESSEUR A AVEC LA NÉCESSITÉ DE CLIQUER POUR OBTENIR LES PRÉCISIONS POUR CHAQUE MATÉRIEL (ENCADRE EN ROUGE), EN BAS, DANS LES AUTRES VERSIONS PRÉSENTANT LES PRÉCISIONS DIRECTEMENT À LA SUITE DU MATÉRIEL	216
FIGURE 31 : MODIFICATION DE LA PRAXIS PAR LA PRÉSENCE DE LA LISTE DE MATÉRIEL DANS LA MISSION LABNBOOK.....	217
FIGURE 32 : TRANSPOSITION DES QUATRE ÉTAPES DE LA PRAXÉOLOGIE INSTITUTIONNELLE DANS LA MISSION LABNBOOK	218

Table des figures

FIGURE 33 : LISTE D’ACTIONS (ENCADREE EN ROUGE) ASSOCIEE A CHAQUE ETAPE DU PROTOCOLE DANS LA MISSION LABNBOOK....	218
FIGURE 34 : L’ACTION COMBINE COMPARER L’ASPECT DES ZONES CEREBRALES ET ASSIGNER A UNE DES EXPERIENCES LE STATUT DE TEMOIN OU DE CONTROLE DANS LA MISSION LABNBOOK	219
FIGURE 35 : NOMBRE DE NIVEAUX HIERARCHIQUES DANS LA PRAXIS D’UN TYPE DE TACHE DE NOTRE SEANCE.....	220
FIGURE 36 : LA LISTE DES PARAMETRES POUR LE CHOIX DU LOGICIEL A OUVRIR DANS LA MISSION LABNBOOK	221
FIGURE 37 : LA LISTE DES PARAMETRES POUR LE CHOIX DE L’IMAGE IRM A OUVRIR DANS LA MISSION LABNBOOK	223
FIGURE 38 : L’ACTION A REALISER LORS DE LA « NOMINATION » DE L’IMAGE DANS LA MISSION LABNBOOK	223
FIGURE 39 : LE CHOIX DES VALEURS DE VISUALISATION POUR LA MISSION DE LA PROFESSEURE A (EN HAUT) PUIS L’EVOLUTION DE LA DENOMINATION DU MATERIEL LORS DU CHOIX DES IRM (EN BAS)	224
FIGURE 40 : MISSION LABNBOOK VERSION 1, ETAYAGE MINIMUM (SANS ETAPE NI LISTE D’ACTION POUR LA CONCEPTION DU PROTOCOLE)	226
FIGURE 41 : MISSION LABNBOOK VERSION 2, ETAYAGE APORTE PAR UNE LISTE D’ACTIONS PARAMETREES POUR LA CONCEPTION DU PROTOCOLE.....	227
FIGURE 42 : MISSION LABNBOOK VERSION 2, ETAYAGE APORTE PAR UNE LISTE D’ACTIONS PARAMETREES POUR LA CONCEPTION DU PROTOCOLE.....	227
FIGURE 43 : AVANCEE DANS LE MANUSCRIT.....	233
FIGURE 44 : SCHEMATISATION DE LA QUESTION DE RECHERCHE N°1.....	234
FIGURE 45 : MISSION LABNBOOK VERSION 1 (POUR LES ELEVES NE PRESENTANT PAS DE DIFFICULTES PARTICULIERES)	247
FIGURE 46 : MISSION LABNBOOK VERSION 2 (POUR LES ELEVES AVEC DES DIFFICULTES)	248
FIGURE 47 : ASSUJETTISSEMENT DE L’ENSEIGNANTE A PAR UN « COMPLEXE D’INSTITUTIONS » (CHEVALLARD, 1995, P. 1)	250
FIGURE 48 : LES ASSUJETTISSEMENTS DE L’ENSEIGNANTE B	256
FIGURE 49 : LES ASSUJETTISSEMENTS DE L’ENSEIGNANTE C	262
FIGURE 50 : MODELISATION DE LA PRAXELOGIE DIDACTIQUE DE L’ENSEIGNANTE D	269
FIGURE 51 : ASSUJETTISSEMENT DE L’ENSEIGNANTE D PAR UN « COMPLEXE D’INSTITUTIONS » (CHEVALLARD, 1995, P. 1)	271
FIGURE 52 : AVANCEE DANS LE MANUSCRIT.....	283
FIGURE 53 : SCHEMATISATION DE LA QUESTION DE RECHERCHE N°2.....	284
FIGURE 54 : TEMPS DURANT LEQUEL CHAQUE ENSEIGNANTE S’ADRESSE A LA CLASSE ENTIERE EN FONCTION DE CHAQUE ETAPE DE LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE	288
FIGURE 55 : SCENARIO DE LA SEANCE REALISEE AVEC LE GROUPE 1 PAR LA PROFESSEURE A.....	299
FIGURE 56 : SCENARIO DE LA SEANCE REALISEE PAR LA PROFESSEURE A AVEC LE GROUPE 2	300
FIGURE 57 : SCENARIO DE LA SEANCE REALISEE PAR LA PROFESSEURE B.....	301
FIGURE 58 : SCENARIO DE LA SEANCE REALISEE PAR LA PROFESSEURE C.....	302
FIGURE 59 : SCENARIO DE LA SEANCE AVEC LE GROUPE 1 REALISEE PAR LA PROFESSEURE D.....	303
FIGURE 60 : SCENARIO DE LA SEANCE AVEC LE GROUPE 2 REALISEE PAR LA PROFESSEURE D.....	304
FIGURE 61 : SCHEMA MONTRANT LES BONDS EN AVANT (FLECHES BLEUES) OU EN ARRIERE (FLECHES ROUGES) DE L’ETAPE SUR LEQUEL PORTE L’ETAYAGE DE L’ENSEIGNANTE D (EXTRAIT DE LA SEANCE 2).....	307
FIGURE 62 : PASSAGE D’UNE ETAPE DE LA DEMARCHE A UNE AUTRE PAR ETAYAGE APORTE PAR LABNBOOK (FLECHES EPAISSES BLEUES) ET PAR L’ENSEIGNANT (FLECHES NOIRES FINES) SOIT EN FAISANT DES BONDS EN AVANT (FIGURE DU HAUT) SOIT EN FAISANT DES BONDS EN ARRIERE (FIGURE DU BAS)	309
FIGURE 63: PROFIL DES QUATRE ENSEIGNANTES : DUREE DE CHAQUE ETAPE DE LA DEMARCHE LORS DE LA REALISATION DE LEUR SEANCE	316
FIGURE 64 : AVANCEE DANS LE MANUSCRIT.....	323
FIGURE 65 : MODELISATION DES CARACTERISTIQUES DOMINANTES DE L’ETAYAGE DE LA PROFESSEURE A.....	329
FIGURE 66 : MODELISATION DE LA TECHNIQUE D’ETAYAGE DE LA PROFESSEURE A LORS DE LA FORMULATION DE L’HYPOTHESE.....	332

Table des figures

FIGURE 67 : MODELISATION DE LA TECHNIQUE D'ETAYAGE DE LA PROFESSEURE A LORS DE LA CONCEPTION DU PROTOCOLE	333
FIGURE 68 : MODELISATION DES CARACTERISTIQUES DOMINANTES DE L'ETAYAGE DE LA PROFESSEURE B.....	337
FIGURE 69 : MODELISATION DE LA TECHNIQUE D'ETAYAGE DE LA PROFESSEURE B LORS DE LA FORMULATION DE L'HYPOTHESE.....	339
FIGURE 70 : MODELISATION DE LA TECHNIQUE D'ETAYAGE DE LA PROFESSEURE B LORS DE LA CONCEPTION DU PROTOCOLE	340
FIGURE 71 : MODELISATION DES CARACTERISTIQUES DOMINANTES DE L'ETAYAGE DE LA PROFESSEURE C.....	343
FIGURE 72 : MODELISATION DE LA TECHNIQUE D'ETAYAGE DE LA PROFESSEURE C LORS DE LA FORMULATION DE L'HYPOTHESE.....	344
FIGURE 73 : MODELISATION DE LA TECHNIQUE D'ETAYAGE DE LA PROFESSEURE C LORS DE LA CONCEPTION DU PROTOCOLE PAR LES ELEVES.....	346
FIGURE 74 : MODELISATION DES CARACTERISTIQUES DOMINANTES DE L'ETAYAGE DE LA PROFESSEURE D.....	350
FIGURE 75 : MODELISATION DE LA TECHNIQUE D'ETAYAGE DE LA PROFESSEURE D LORS DE LA FORMULATION DE L'HYPOTHESE.....	352
FIGURE 76 : MODELISATION DE LA TECHNIQUE D'ETAYAGE DE LA PROFESSEURE D LORS DE LA CONCEPTION DU PROTOCOLE	353
FIGURE 77 : EVOLUTION DU POURCENTAGE DES QUATRE TYPES DE TACHES MAJORITAIREMENT MISES EN ŒUVRE PAR LE PROFESSEUR A ENTRE LA PREMIERE ET LA DEUXIEME SEANCE	355
FIGURE 78 : EVOLUTION DES FONCTIONS REMPLIES PAR L'ETAYAGE ENTRE LES SEANCES 1 ET 2 REALISEES PAR LA PROFESSEURE A ..	357
FIGURE 79 : EVOLUTION DES OBJETS VISES PAR L'ETAYAGE ENTRE LES SEANCES 1 ET 2 REALISEES PAR LA PROFESSEURE A.....	358
FIGURE 80 : EVOLUTION ENTRE LES SEANCES 1 ET 2 DES TYPES DE TACHES D'ETAYAGE MISES EN ŒUVRE PAR LA PROFESSEURE D ...	360
FIGURE 81 : AVANCEE DANS LE MANUSCRIT.....	381

Table des tableaux

TABLEAU 1 : LES POSTURES D'ETAYAGE D'APRES BUCHETON ET SOULE (2009, P. 41)(MODIFIE)	34
TABLEAU 2 : CORRESPONDANCE ENTRE LE CADRE D'ANALYSE DES ETAYAGES D'UN EIAH DE ZACHARIA (2015) ET CELUI DE QUINTANA (2006).....	39
TABLEAU 3 : NUMEROS DES PAGES DES MANUELS UTILISES POUR L'ANALYSE PRAXEOLOGIQUE	86
TABLEAU 4 : DATES DES ENTRETIENS REALISES AVEC CHAQUE ENSEIGNANTE.....	104
TABLEAU 5 : SEANCES ENREGISTREES.....	110
TABLEAU 6 : EXEMPLE DE DONNEES OBTENUES GRACE AUX FONCTIONNALITES DU LOGICIEL EXCEL, POUR LA SEANCE REALISEE PAR LA PROFESSEURE A	114
TABLEAU 7 : SCHEMA BILAN DE L'ANALYSE ECOLOGIQUE DES PROGRAMMES DE PREMIERE ET TERMINALE S SUR LA PLASTICITE CEREBRALE.....	149
TABLEAU 8 : VALEURS DES VARIABLES DU GENERATEUR DE TACHES DE GT _{DEM-EXPE_PC_REPARATRICE} , DETERMINEES PAR L'ANALYSE PRAXEOLOGIQUE	153
TABLEAU 9 : COLONISATION DES NICHES ECOLOGIQUES PAR LES ORGANISATIONS PRAXEOLOGIQUES DEVELOPPEES DANS LES MANUELS	154
TABLEAU 10 : PRAXEOLOGIE INSTITUTIONNELLE POUR L'OBJET PLASTICITE CEREBRALE AU LYCEE, FILIERE S.....	161
TABLEAU 11 : LISTE DE MATERIEL DISPONIBLE POUR LA REALISATION DU PROTOCOLE AINSI QUE LES ELEMENTS DE DESCRIPTION DU MATERIEL	215
TABLEAU 12 : CARACTERISATION DES ETAYAGES DE LABBOOK POUR NOTRE SEANCE D'ENSEIGNEMENT	229
TABLEAU 13 : DIFFERENTES CATEGORIES DES CONNAISSANCES PROFESSIONNELLES MOBILISEES PAR LES QUATRE ENSEIGNANTES	271
TABLEAU 14 : SUCCESSION DE L'OBJET DES ECHANGES ENTRE L'ENSEIGNANT A ET LA CLASSE DU GROUPE 1 EN DEBUT DE SEANCE... 290	290
TABLEAU 15 : SUCCESSION DE L'OBJET DES ECHANGES ENTRE L'ENSEIGNANT A ET LA CLASSE DU GROUPE 2 EN DEBUT DE SEANCE... 290	290
TABLEAU 16 : SUCCESSION DE L'OBJET DES ECHANGES ENTRE L'ENSEIGNANT B ET SA CLASSE EN DEBUT DE SEANCE	291
TABLEAU 17 : SUCCESSION DE L'OBJET DES ECHANGES ENTRE L'ENSEIGNANT C ET SA CLASSE EN DEBUT DE SEANCE	292
TABLEAU 18 : SUCCESSION DE L'OBJET DES ECHANGES ENTRE L'ENSEIGNANT D ET LE GROUPE 1 EN DEBUT DE SEANCE	292
TABLEAU 19 : SUCCESSION DE L'OBJET DES ECHANGES ENTRE L'ENSEIGNANT D ET LE GROUPE 2 EN DEBUT DE SEANCE	293
TABLEAU 20 : NOMBRE DE SAUTS EN AVANT AU SEIN DE LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE, SAUTS INITIES PAR L'ETAYAGE DE CHAQUE ENSEIGNANTE	308
TABLEAU 21 : NOMBRE DE SAUTS EN ARRIERE AU SEIN DE LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE, SAUTS INITIES PAR L'ETAYAGE DE CHAQUE ENSEIGNANTE	308
TABLEAU 22 : POURCENTAGE DE REUSSITE CONCERNANT LA FORMULATION DES PREVISIONS DES RESULTATS.....	318
TABLEAU 23 : TEMPS PASSE PAR CHAQUE ENSEIGNANTE POUR ETAYER L'ETAPE DE LA PREVISION DES RESULTATS.....	318
TABLEAU 24 : EVOLUTION ENTRE LES SEANCES 1 ET 2 DES DIFFERENTS TYPES DE PRAXEOLOGIES	361
TABLEAU 25 : EVOLUTION DES OBJETS CIBLES DE L'ETAYAGE ENTRE LES SEANCES 1 ET 2	362
TABLEAU 26 : FREQUENCE DE LA MOBILISATION DES CINQ ELEMENTS PRAXEOLOGIQUES ETAYES PAR LES QUATRE ENSEIGNANTES ...	370
TABLEAU 27 : ELEMENTS PRAXEOLOGIQUES INSTITUTIONNELS LES PLUS SOUVENT ETAYES ET LA TECHNIQUE ET LA FONCTION MAJEURES DE L'ETAYAGE ASSOCIEES.....	372
TABLEAU 28 : RELATION ENTRE FREQUENCE DES CARACTERISTIQUES D'ETAYAGE MAJORITAIRE ET OBJET DE SAVOIR.....	373
TABLEAU 29 : ELEMENTS DE TECHNOLOGIE POUVANT ETRE TRANSPOSES DANS LA MISSION LABNBOOK.....	376
TABLEAU 30 : INGREDIENTS DE LA TECHNIQUE POUVANT PERMETTRE UNE UTILISATION DE LA PLATEFORME LABNBOOK SANS BRUIT	377

Table des extraits

EXTRAIT 1 : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA TRANSCRIPTION D'UN EXTRAIT DE LA SEANCE 1 REALISEE PAR LE PROFESSEUR A	113
EXTRAIT 2 : DE LA SEANCE 1 DE LA PROFESSEURE A.....	119
EXTRAIT 3 : DE LA SEANCE 1 DE LA PROFESSEURE A.....	119
EXTRAIT 4 : DE LA SEANCE DE LA PROFESSEURE B.....	121
EXTRAIT 5 : DE LA SEANCE 1 DE LA PROFESSEURE D.....	122
EXTRAIT 6 : DE LA SEANCE DE LA PROFESSEURE C.....	123
EXTRAIT 7 : DE LA SEANCE REALISEE PAR LA PROFESSEURE C.....	130
EXTRAIT 8 : DE LA SEANCE DE LA PROFESSEURE D, GROUPE 1	289
EXTRAIT 9 : EXTRAIT DE LA SEANCE AVEC LE GROUPE 2 REALISEE PAR LA PROFESSEURE D	306
EXTRAIT 10 : EXTRAIT DE LA SEANCE 2 REALISEE PAR LE PROFESSEUR D.....	310
EXTRAIT 11 : EXTRAIT DE LA SEANCE 2 REALISEE PAR LE PROFESSEUR A.....	311
EXTRAIT 12 : DE LA SEANCE REALISEE PAR LA PROFESSEURE B.....	341
EXTRAIT 13 : DE LA SEANCE 2 DE LA PROFESSEURE D.....	356

Résumé

L'objet d'étude de la thèse est d'établir la façon dont se fait la gestion de l'étaillage (Bruner, 1983) par l'enseignant lorsqu'une partie de cet étaillage est pris en charge par un EIAH et ceci avec pour objectif de proposer de nouveaux étaillages à transposer dans l'EIAH.

Un double cadre théorique a été constitué avec d'une part, le volet praxéologique de la théorie anthropologique du didactique (Bosch & Chevallard, 1999) modélisant le savoir en jeu et la façon d'enseigner (Artaud, 2003) et, d'autre part, le cadre des connaissances professionnelles d'un enseignant (Shulman, 1986).

Une séance d'enseignement portant sur la plasticité cérébrale en classe de Première S a été mise au point au préalable, séance qui a été transposée dans la plateforme LabNbook (D'Ham et al, 2019).

L'expérimentation s'est déroulée en deux parties : dans un premier temps, des entretiens avec les quatre enseignants volontaires ont permis de co-concevoir la mission dans LabNbook et dans un second temps, les quatre enseignants ont réalisé la séance avec leur classe.

Le coétaillage, notion peu explorée jusque là, recouvre plusieurs organisations différentes, passant de la surenchère d'étaillage à une collaboration fructueuse. Cette organisation dépend en grande partie de l'épistémologie de l'enseignant qui choisit le degré de liberté à laisser à l'élève. Lors de la conception de la séance, il existe un équilibre entre contraintes institutionnelles et épistémologie de l'enseignant, l'épistémologie étant d'autant plus déterminante dans le choix des étaillages par l'enseignant que ce dernier a de l'expérience professionnelle dans le niveau de classe considéré. Lors de la réalisation de la séance, cet équilibre est rompu et il y a expression de l'épistémologie du professeur du fait des contraintes de la classe.

Ces éléments d'analyse permettent de proposer l'implémentation de nouveaux éléments d'étaillage dans la plateforme LabNbook comme 1) la formalisation dans la démarche scientifique d'une étape jusque là implicite : la production des résultats à partir des données, 2) un étaillage permettant de réduire les choix des élèves en particulier lors de la formulation des hypothèses, 3) l'explicitation de nouvelles ressources correspondant aux connaissances régulièrement mobilisées par les quatre enseignants mais aussi 4) l'explicitation d'éléments permettant la manipulation de la plateforme LabNbook.

Mots-clés : Etaillage, PCK, Théorie anthropologique du didactique, Pratiques enseignantes, EIAH, Didactique de la biologie, T4TEL

Abstract

The object of this thesis is to establish the way of scaffolding (Bruner, 1983) by teacher with TEL-system (Technology Enhanced Learning).for proposing new scaffolds to transpose in TEL-System.

A double theoretical framework has been made of , on the one hand, the praxeological component of the anthropological theory of didactics (Bosch & Chevallard, 1999) modeling the knowledge at stake and the way of teaching (Artaud, 2003) and, on the other hand, the framework of a teacher's professional knowledge (Shulman, 1986).

A teaching session on brain plasticity in the high school biology classes was developed and has been transposed into the LabNbook platform (D'Ham et al, 2019).

The experiment took place in two parts: firstly, interviews with the four volunteer teachers made it possible to co-design the mission in LabNbook and secondly, the four teachers carried out the session with their class.

Co-scaffolding is a concept which has been little explored until now. It can be organized differently, going from over-scaffolding to fruitful collaboration. This organization depends mostly on the teacher's epistemology, which chooses the degree of freedom to be left to the student. When co-designing the session, there is a balance between institutional constraints and the teacher's epistemology, epistemology being all the more decisive in the choice of scaffolding by the teacher since the latter has professional experience in the class level considered. When doing the session, this balance is broken and teacher epistemology is expressed mainly due to the constraints of the class.

These elements of analysis make it possible to propose the implementation of new supporting elements in the LabNbook platform such as 1) formalization in the scientific process of a step so far implicit: the production of results from data, 2) a scaffolding allowing to reduce choices of the pupils in particular during the formulation of the hypotheses, 3) the explicitation of new ressources corresponding to the knowledge regularly mobilized by four teachers but also 4) the explicitation of elements allowing the manipulation of the LabNbook platform.

Keywords: Scaffolding, PCK, Anthropological Theory of Didactic, Teaching Practices, TEL-system, Didactic of biology, T4TEL.