



HAL
open science

Des pratiques aux apprentissages mathématiques, en passant par la formation.

Julie Horoks

► **To cite this version:**

Julie Horoks. Des pratiques aux apprentissages mathématiques, en passant par la formation.. Mathématiques [math]. CY Cergy Paris Université, 2022. tel-03613699

HAL Id: tel-03613699

<https://hal.science/tel-03613699v1>

Submitted on 18 Mar 2022

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.

Habilitation à Diriger des Recherches

Présentée à

CY Cergy Paris Université

Spécialité Didactique des Mathématiques

par Julie HOROKS

Des pratiques aux apprentissages mathématiques,
en passant par la formation.
Circulation des savoirs issus des recherches
en Didactique des Mathématiques

Soutenue le 15 mars 2022 devant le jury composé de :

Mme Maha ABOUD	Professeure, CY Cergy Paris Université	Garante
Mme Lucie DeBlois	Professeure émérite, Université de Laval	Rapporteure
M. Fabien EMPRIN	Professeur, Université de Reims	Rapporteure
Mme Magali HERSANT	Professeure, Université de Nantes	Rapporteur
Mme Caroline LAJOIE	Professeure, Université du Québec	Examinatrice
Mme Lucie MOTTIER- LOPEZ	Professeure Ordinaire, Université de Genève	Examinatrice
M. Eric RODITI	Professeur , Université Paris Descartes	Examineur

Remerciements

Merci à toutes celles et ceux qui ont rendu possible l'aboutissement de ce travail de synthèse, aux rapporteur.e.s et membres du jury, et à Maha pour m'avoir amenée jusqu'à la ligne d'arrivée avec autant de douceur.

Si j'ai mis autant de temps à m'atteler à la note de synthèse de mes travaux, malgré l'incessante question « *et alors c'est pour quand ?* » - angoisse quasi *nullipare* - c'est que j'ai longtemps cherché comment en faire un tout cohérent. En tant que jeune chercheuse en effet, j'ai accepté de nombreuses et passionnantes propositions de recherche, dans tous les sens, dans d'autres cadres et d'autres langues, tous les projets ou presque qui s'offraient généreusement à moi ou passaient à ma portée, heureuse de travailler avec un grand nombre de personnes que j'admire, et avec lesquelles j'ai apprécié et apprécie encore de collaborer. Merci à tou.te.s ces chercheur.e.s, qui m'ont donné une place au sein de la communauté, et m'ont tant apporté scientifiquement et humainement.

Dans un joyeux désordre, merci à Julia pour le double J, à Cécile dH pour tout ce qui n'est pas scientifique (oui, même le ping-pong), à Isabelle G pour Nina et Fiona et les autres, à Cécile A pour les liens vers les fichiers (ou pas), à Eric R pour les coups de fil à rallonge et à minuit (zeugma), à Alf et Aurélie pour les phoques, à Brigitte pour les pommes, à Anne-Cécile pour les ronds, à Joris pour le fauteuil, à Caro et Avenilde pour les ragots, à Séverine pour les sacs, à Fabrice et Isabelle K pour les groupmf, à Cécile OB pour Mickey, à Michèle C pour avoir amené Antoine à la maternelle, à Nicolas D pour les flans, à Zoé pour le thé, à Sylvie pour les meilleurs pasteis, à Nicolas GB pour les contrepéteries, à Robin pour la lumière qui ne vient pas que du haut, à Christine pour les cachettes, à Janine pour les pompiers, à Nadine pour le cyclisme, à Eric M pour son carrosse, à Michèle A pour l'œil du dragon, à Sophie pour les notes du dessous, à Simon pour le séminaire déstructuré, et à Christophe pour le cap.

Merci aussi à Dorian pour m'avoir appris à diriger une thèse, en se dirigeant presque tout seul.

J'ai tout de même fini par retrouver le fil conducteur de tous ces travaux : les enseignant.e.s, la façon dont ils et elles font vivre les mathématiques dans leur classe, malgré les contraintes du métier, avec les élèves, et avec les chercheur.e.s aussi parfois, dans la classe ou pas très loin. Merci donc à tout.e.s ces enseignant.e.s – et à celles et ceux du LéA RMG en particulier – grâce auquel.le.s j'ai fait mon chemin dans la recherche.

Mais c'est d'abord Aline qui m'a appris à porter sur les pratiques enseignantes un regard bienveillant et éclairé. Je me souviens de la première vidéo filmée pour ma thèse et regardée avec elle, quand, en insérant la cassette VHS dans son magnétoscope – oui c'était il y a longtemps ! – elle m'a dit : « on ne juge pas ». J'espère que mon travail et ses résultats seront jugés dignes du temps que tou.te.s m'ont accordé ces vingt dernières années. Merci Aline donc de m'avoir ~~relancée sans relâche~~ soutenue pour que j'aie au bout de ce projet, et accompagnée tout le long du sympathique parcours pour en arriver là.

Merci enfin à ma ZPDP à moi (Zone Proximale de Développement Personnel), au sein de laquelle il fait bon grandir.

Table des matières

Remerciements	3
Introduction	6
A. De la thèse et ses limites, à de nouveaux axes de recherche	6
B. Plan de la note de synthèse	8
Chapitre 1 - Effets des pratiques sur les apprentissages	11
Préambule : ce qu'on entend par pratiques / apprentissages.....	12
A. Le relief construit par les chercheur.e.s sur les notions : un outil pour chercher	15
B. Étude des effets des pratiques sur les apprentissages, pour différents contenus mathématiques ..	17
C. D'autres élargissements pour questionner le rôle et les effets des activités mathématiques	29
D. Conclusion du chapitre 1 : des outils pertinents pour éclairer certains effets des pratiques, à petite échelle et sans tenir compte des traces des activités effectives des élèves en classe	35
Chapitre 2 - L'évaluation : un nouvel indicateur pour les pratiques... mais aussi un moteur des apprentissages et un levier de formation ?	37
A. Élargir ce qu'on entend par « évaluation »	38
B. Entrée dans l'analyse des pratiques et apprentissages par le biais de l'évaluation : redéfinition de nos questions de recherche.....	40
C. Quelques résultats sur les pratiques d'évaluation	43
D. En conclusion du chapitre 2 : quels apports des questions relatives à l'évaluation pour nos analyses de pratiques ?	55
Chapitre 3 - Approfondissement et élargissement de l'étude des pratiques et résultats : les apports de changements d'échelle	57
A. Changement de l'échelle de temps : un temps long pour suivre une évolution des pratiques	58
B. Changement d'échelle des effectifs étudiés : l'enquête PRAESCO	67
C. Conclusion du chapitre 3 : retour aux effets sur les apprentissages des élèves et à la formation	74
Chapitre 4 - Formation et effets sur les pratiques	75
A. De nos recherches sur les pratiques à nos recherches sur la formation.....	77
B. Le cas particulier de la formation à et par la recherche dans les dispositifs de développement professionnel	89
C. Évaluer des effets de la formation sur les pratiques	94
D. En conclusion du chapitre 4 : retour aux effets de ces formations sur les élèves... et la boucle est bouclée !	112
Conclusion : limites et nouvelles questions	116
A. Des limites : qui trop embrasse mal étireint ?!	117
B. Nouvelles questions et perspectives de recherche, pour affiner ou élargir encore un peu plus nos études	118
Bibliographie	122
A. Bibliographie personnelle	122
B. Bibliographie complémentaire	124
Annexes	131

Introduction

A. De la thèse et ses limites, à de nouveaux axes de recherche

Dès la thèse, mon travail a été porté par une volonté de regarder les pratiques enseignantes en mathématiques pour les comprendre : comprendre les choix effectués et les contraintes qui mènent à ces choix, en lien ou non avec les mathématiques. Mon objectif était aussi, et c'était un élément novateur de ma thèse, de comparer les pratiques sur un même contenu pour en comparer les effets qui pouvaient « potentiellement » en découler sur certains apprentissages des élèves. Par la suite, d'autres travaux ont approfondi cette analyse des liens entre pratiques et apprentissages.

En observant les pratiques de trois enseignantes, et grâce à l'analyse a priori des contenus qui a guidé mon regard sur ce qu'il était pertinent de relever en classe dans ce que faisaient les enseignantes, en lien avec les apprentissages visés, j'ai pu mettre à jour des points communs. Ceux-ci étaient principalement liés aux programmes scolaires alors en vigueur, aux manuels, et à leurs insuffisances par rapport aux contenus mathématiques visés : l'impossibilité d'avoir recours aux homothéties pour envisager les transformations permettant de passer d'un triangle à un autre semblable, laissait ainsi aux manuels, aux enseignant.e.s et aux élèves la charge d'un repérage des sommets associés, avec, au mieux, une « recette » reposant sur des ostensifs (aujourd'hui, je parlerais peut-être d'un manque technologique !). Cela s'était d'ailleurs traduit dans les résultats des élèves, qui échouaient plus particulièrement dans les tâches où ce repérage n'était pas trivial, dans les cas de figures plus complexes (emboîtées).

Mais ce sont surtout certaines différences dans les pratiques qui m'avaient permis d'affiner cette analyse de leur impact possible, en mettant en lumière le fait que les tâches pour lesquelles il y avait eu un travail autonome ou relativement répétitif, entraînaient une relative réussite pour la majorité des élèves au contrôle, et qu'une absence d'institutionnalisation à l'issue de certaines tâches, traitées peu de fois, en classe ou à la maison, conduisait à de grandes différences dans les résultats des élèves, selon leur niveau (à l'aise ou en difficulté).

Une limite de ce travail, qui, à l'époque, m'avait déjà paru problématique, était l'appui sur les seules interventions des enseignantes en classe, analysée au regard de la façon dont elles pouvaient « réduire » plus ou moins et plus ou moins vite les tâches posées aux élèves, pendant les temps de recherche. Ainsi, je ne m'étais pas donné les moyens de prendre réellement en compte les élèves, dont je supposais qu'ils « entendaient » l'enseignante et effectuaient – *a minima* ou *a maxima* (Robert, 2008) ce qui leur était alors demandé, compte tenu des aides et modifications de la tâche apportées. Je m'étais appuyée sur l'hypothèse que les apprentissages visés étaient facilités par des activités mathématiques, provoquées par des tâches mettant en jeu des connaissances proches de celles déjà là des élèves, moyennant une certaine manière de travailler. Cependant, il me semblait ne pas avoir réussi alors à définir de quelle façon analyser ces pratiques en tenant compte non seulement des activités potentielles des élèves, mais aussi de leurs activités effectives, ou du moins de la partie visible de ces activités, reconstruite par le chercheur.

J'avais de plus constaté des propositions de « cours », (i.e. pour l'introduction et l'exposition des connaissances nouvelles), différentes chez les trois enseignantes, en particulier en ce qui concernait les situations de découverte des triangles semblables, mais ici encore sans les intégrer à mes analyses des pratiques et de leur impact sur les apprentissages, faute de savoir alors comment les relier aux activités mathématiques des élèves. C'est ce qui m'a poussée par

la suite à chercher à caractériser les pratiques enseignantes en lien plus étroit avec les activités mathématiques observables de leurs élèves, sous l'angle des *proximités* pendant les moments d'exposition des connaissances, et de l'évaluation formative lors de la mise en commun, étendant ainsi par ailleurs le moment analysé.

De plus, m'étant appuyée sur les contrôles conçus par chacune des enseignantes pour réaliser l'expérimentation principale de ma thèse, j'avais constaté une certaine distance entre la complexité des tâches traitées en classe, et celles proposées en contrôle de fin de chapitre, très variable selon les enseignantes. Je n'avais alors pas su comment interpréter cette différence ou son impact, mais cela m'a amenée par la suite à inclure la question de l'évaluation (sommativ, et plus largement) dans l'analyse des pratiques, et même à en faire un axe central dans mes analyses.

D'autre part, j'avais dans ce travail considéré seulement une étude de cas, avec 3 enseignantes, sur un seul chapitre, observé sur moins d'une dizaine de séances en classe, ce qui m'avait donné à voir, par chance, une variété de pratiques pour un même contenu, mais avait limité la portée de mon étude. Certes, l'appui sur des recherches menées dans le cadre de la Double Approche (Robert, 2001 ; Robert et Rogalski, 2002b), m'avait permis de justifier ce choix, en pariant sur la stabilité et la cohérence des pratiques (Roditi, 2005 ; Robert, 2007), mais une étude à plus long terme, voire à plus grande échelle, semblait être une perspective importante.

En ce qui concerne le contenu mathématique, Janine Rogalski, membre invitée de mon jury, m'avait demandé le jour de ma soutenance de thèse si finalement c'était avant tout une thèse sur les pratiques enseignantes ou sur les triangles semblables. J'avais répondu sans trop hésiter qu'il s'agissait d'une thèse sur les pratiques (et c'était tant mieux, les triangles semblables ayant ensuite disparu durablement des programmes scolaires !). Ce thème, alors relativement nouveau dans les programmes, avait été choisi parce qu'il permettait de circonscrire le chapitre analysé plus facilement. L'analyse épistémologique que j'en avais faite dans la thèse, à travers les programmes de l'époque et leur évolution, les exercices des manuels, les activités développées avec Cabri, avait permis de constituer le *relief* de la notion (Robert et al., 2012) utile pour construire des indicateurs pertinents pour analyser les contenus proposés (composante cognitive) et les déroulements en classe (composante médiative) dans leur potentialité à provoquer des activités plus ou moins riches, mettant en jeu les savoirs visés. Par la suite, la disparition de la notion dans les programmes ne m'avait pas incitée à poursuivre mes études de pratiques sur ce même contenu (contrainte institutionnelle ici aussi pour la chercheuse !). Les outils construits cependant pour ces analyses de pratiques ont pu être étendus pour de nombreuses autres notions (calcul littéral, fonctions, trigonométrie, résolution de problèmes arithmétiques, géométrie des tracés...) : s'il paraît nécessaire en effet de choisir un contenu spécifique pour pouvoir analyser finement les pratiques relatives à son enseignement, la démarche me semble pouvoir être la même pour tous les autres contenus, pour peu qu'on se donne les moyens de prendre en compte leurs spécificités. C'est en particulier dans des collaborations avec des collègues spécialistes de la recherche en didactique sur ces différents contenus (Nicolas Grenier-Boley sur les fonctions, Brigitte Grugeon-Allys & Julia Pilet sur l'algèbre, Anne-Cécile Mathé sur les figures géométriques, Cécile Allard sur les problèmes arithmétiques), que la pertinence de ces outils d'analyse des pratiques a pu être confortée, en appui sur le relief des notions concernées. Ces outils eux-mêmes ont pu être enrichis et ont permis d'apporter de nouveaux résultats sur les pratiques et leurs effets.

Enfin, je n'avais pas, dans cette première étude, beaucoup interagi avec les enseignantes, en amont ou en aval de la captation de leurs séances, et n'avais donc pas pu proposer de ressource pour l'enseignement de cette notion qui permette de palier les manques des manuels, répercutés dans les pratiques de classe. Par la suite, le travail que j'ai pu mener avec les enseignant.e.s sous une forme plus collaborative, a permis non seulement d'apporter de telles pistes aux enseignant.e.s, mais aussi et surtout de les construire avec elles et eux, permettant la conception

de ressources plusieurs fois éprouvées, viables pour la classe, et moteur du développement professionnel des participant.e.s, enseignant.e.s comme chercheur.e.s.

Dans cette note de synthèse, je vais donc présenter de quelle façon j'ai exploré toutes ces pistes ouvertes par mon travail de thèse, et les résultats scientifiques qui en ont découlé.

B. Plan de la note de synthèse

Les textes sur lesquels cette synthèse est fondée sont de nature assez hétérogène, selon le stade de l'avancement théorique de l'approche dans laquelle ils s'inscrivent, et qui est rappelée dans la première partie, mais aussi selon les collaborations qui les ont portés, le public auquel ils avaient été destinés (chercheur.e.s, formateur.e.s ou enseignant.e.s) et la variété des objets sur lesquels ils portent (formation initiale ou continue, enseignement primaire ou secondaire). Un effort a été fait pour les relire et les relier avec un œil actuel, mais il n'en reste pas moins qu'ils reflètent des facettes différentes et complémentaires de mon parcours dans la recherche en didactique des mathématiques.

Dans une **première partie**, je ferai un point sur la façon de caractériser les pratiques et d'évaluer leurs effets sur les apprentissages des élèves, à travers une même méthodologie, mise en œuvre tout d'abord dans ma thèse sur le thème des triangles semblables en classe de 2nde. Puis, des collaborations avec des chercheur.e.s travaillant sur les pratiques de façon similaire mais sur d'autres contenus mathématiques ont permis d'établir des comparaisons sur les effets de diverses pratiques sur les apprentissages des élèves : sur la symétrie axiale avec Aurélie Chesnais en 2009 pour le colloque EMF, avec Anne Dumail sur la racine carrée pour le séminaire national en 2010, et enfin sur les fonctions trigonométriques en 2nde pour le colloque ICME en 2012. Cela m'a permis, en confrontant des recherches menées séparément, de confirmer les résultats obtenus dans la thèse sur les effets de certaines pratiques, voire de commencer à généraliser un peu certains des constats alors amorcés.

Enfin, pour élargir encore un peu le propos sur la question des effets des pratiques, je montrerai comment un pas de côté par rapport aux tâches mathématiques, jusqu'ici centrales dans mes analyses, a permis d'enrichir mes questionnements. Ce pas de côté a pu se faire en prenant en compte les moments d'expositions des connaissances, à travers des travaux avec Aline Robert, Janine Rogalski et Aurélie Chesnais pour la revue des sciences de l'éducation de McGill (MJE, Québec, accepté, processus de révision en cours), et en tentant d'en apprécier des effets, dans un atelier présenté avec Fabrice Vandebrouck, Aline Robert, Nicolas Grenier, Stéphanie Bridoux et Christophe Hache pour l'école d'été de l'ARDM en 2019. En sortant même du contexte de la classe, le projet Sarabandes entre 2015 et 2017 a permis d'envisager ce que produit chez les élèves une situation de médiation scientifique, centrée sur une exposition de connaissances scientifiques issues du travail du ou de la chercheur.e.

Dans la **seconde partie**, je développerai une entrée nouvelle par rapport à la thèse, permettant de relire certains résultats et questionnements qui en avaient émergé, à travers des questions liées à l'évaluation des élèves en mathématiques. Cette relecture de mes grilles d'analyse des pratiques permet en effet, tout en gardant au centre de mes études la spécificité des contenus

mathématiques, de prendre enfin en compte une partie des activités effectives¹ des élèves en classe. L'entrée par l'évaluation m'amène en effet en particulier à analyser le repérage des activités mathématiques observables des élèves en classe par l'enseignant.e, et leur exploitation en vue de faire apprendre. Après avoir donné les définitions retenues ici pour « évaluer », j'exposerai ce que cela implique pour la précision des analyses de pratiques enseignantes, en particulier les analyses de tâches et de déroulements, et présenterai quelques résultats obtenus en termes de cohérence et de stabilité, à travers un travail collaboratif sur le calcul littéral et l'évaluation des élèves, réalisé depuis 2014 avec Brigitte Grugeon-Allys et Julia Pilet, dans lequel j'ai été à la fois impliquée comme participante et chercheuse, et qui a donné lieu à un certain nombre de communications et publications dans le cadre du projet ANR NeoPraEval et du LéA RMG. Dans une autre étude, avec Anne-Cécile Mathé, j'ai eu en revanche un œil extérieur au dispositif de travail collaboratif entre enseignant.e.s et chercheuse mis en place sur la géométrie au cycle 3, dont l'analyse conjointe montre à nouveau la pertinence du regard porté sur l'évaluation pour analyser finement les déroulements en classe, sur des situations porteuses d'enjeux d'apprentissage ambitieux. L'évaluation se révèle être ici non seulement un indicateur des pratiques (cf. Roditi, 2011) mais aussi un moteur probable des apprentissages des élèves (qu'on cherche à relier aux pratiques), et un moteur potentiel de développement professionnel (levier pour enrichir des représentations et pratiques rapidement stabilisées), porteuse de nouvelles questions pour la recherche en didactique des mathématiques.

Dans la **troisième partie**, je présenterai un élargissement de ces analyses de pratiques, jusqu'à limitées à des études de cas, pour montrer les ajouts méthodologiques nécessaires associés au passage à une plus grande échelle. Je parlerai alors des études réalisées sur le temps long, en particulier dans le cadre du dispositif de travail collaboratif entre enseignants et chercheur.e.s. mentionné ci-dessus, qui fonctionne depuis maintenant presque 8 ans, et des études portant sur des effectifs plus grands, à travers des questionnaires proposés aux enseignant.e.s sur leurs pratiques déclarées, en particulier celui de l'enquête PRAESCO menée depuis 2017 pour et avec la DEPP avec une équipe de chercheuses (Sylvie Coppé, Marina DeSimone, Brigitte Grugeon-Allys, Julia Pilet). J'évoquerai aussi les effets analysés – ou qui restent à analyser – de ces pratiques sur les apprentissages des élèves.

Dans la **quatrième partie** enfin, je m'attacherai à présenter de quelle façon l'ensemble de ces travaux de recherche sur les pratiques enseignantes en didactique des mathématiques, constituent autant d'hypothèses, d'outils, de conditions, pour la formation des enseignant.e.s, initiale et continue, dans le 1^{er} comme le 2nd degré. Ainsi j'envisagerai le rôle de nos démarches et outils de recherche (analyse a priori, vidéos, ressources, langage, théories) dans le développement des pratiques, pointés à travers divers projets (le projet Lexicon avec Michèle Artigue, Brigitte-Grugeon-Allys et Julia Pilet, le projet Frengly avec Alf Coles et Aurélie Chesnais, le LéA RMG avec Cécile Allard et Julia Pilet), pour me donner les moyens d'analyser leurs apports pour la formation des enseignant.e.s (en tentant de transposer les outils et résultats issus de nos analyses de pratiques enseignantes, avec Nathalie Sayac en 2012), à travers différents dispositifs.

Je discuterai en particulier du rôle de la recherche dans la formation, en décrivant des dispositifs mis en place pour la formation par la recherche et la dynamique entre enseignant.e.s et

¹ Dans toute la suite, nous affichons notre volonté de nous rapprocher au plus près des activités mathématiques des élèves en classe, pour étudier en particulier la façon dont les enseignant.e.s en exploitent les traces. Cependant, nous restons conscient.e.s que ces activités restent en grande partie inaccessibles, et nous ne prétendons pas les atteindre totalement. Les outils que nous nous donnons pour en interpréter les éléments observables en les reliant à la mobilisation potentielle de connaissances de l'élève nous permettent parfois d'aller plus loin que la partie visible de l'iceberg.

chercheur.e.s. Je présenterai des analyses de leurs effets possibles ou avérés sur le développement des pratiques, en formation initiale de professeur.e.s des écoles (dans le projet EFIR avec Brigitte Grugeon-Allys et Monique Pézard entre 2014 et 2016, ou par comparaison avec une initiation à la recherche dans d'autres champs avec Sigolène Couchot-Schiex et Brigitte Grugeon-Allys en 2019 pour voir la spécificité des apports possibles de la recherche en didactique des mathématiques.) Une réflexion sur les effets de la pratique de la recherche est aussi menée en formation continue d'enseignant.e.s du 2nd degré (dans le LÉA RMG ou dans la formation PACAL, avec Brigitte Grugeon-Allys et Julia Pilet).

J'essaierai enfin de montrer l'impact de ces dispositifs de formation sur les apprentissages des élèves de leurs participant.e.s, pour revenir à ma préoccupation de départ, qui reste de mesurer des effets sur les apprentissages des élèves.

En **conclusion**, j'indiquerai les limites de ces travaux, et les nouvelles questions et perspectives soulevées pour la recherche par mon travail.

Et maintenant, dans cet écrit, je passe du « *je* » au « *nous* », puisque cette somme de travail n'a évidemment pas été réalisée par moi seule, et n'aurait pas pu s'enrichir autant sans les nombreuses rencontres qui ont jalonné mon parcours².

² Ainsi, certains des écrits qui constituent cette note de synthèse émanent de recherches menées conjointement, tandis que d'autres rendent compte d'occasions saisies de confronter des recherches menées en parallèle mais de façon similaire. Cependant, même dans ces derniers cas, il reste nécessaire de donner des éléments de compréhension de ces autres études, apportés par les chercheur.e.s avec qui j'ai collaboré, sans pour autant m'appropriier ici leur travail. J'essaierai de le préciser lorsque c'est le cas.

Chapitre 1 - Effets des pratiques sur les apprentissages

Préambule : ce qu'on entend par pratiques / apprentissages.....	12
1) Centration sur l'activité	12
2) Le rôle joué par les tâches en mathématiques et leur résolution en classe.....	12
3) La prise en compte du métier.....	13
A. Le relief construit par les chercheur.e.s sur les notions : un outil pour chercher	15
1) Introduction de la notion.....	15
2) Les adaptations des connaissances	16
B. Étude des effets des pratiques sur les apprentissages, pour différents contenus mathématiques ..	17
1) Triangles semblables	18
a) Éléments de relief.....	18
Programmes	18
Contenus.....	18
Le problème du repérage des sommets homologues	19
b) Méthodologie et résultats	20
Recueil de données et analyses.....	20
Des pratiques variées, qui amènent de nouvelles questions sur les cours et les évaluations	21
Les élèves savent (re)faire... ce qu'on leur a déjà fait faire !	22
La difficulté avérée du repérage des homologues	23
Des effets différenciateurs ?.....	23
Des choix partagés plus largement ?	23
2) Symétrie axiale	24
3) Racine carrée.....	26
4) Trigonométrie.....	27
C. D'autres élargissements pour questionner le rôle et les effets des activités mathématiques	29
1) Analyse de l'exposition des connaissances sous l'angle des proximités	29
a) Contexte et état de l'art sur les cours.....	30
b) Caractériser les moments de cours	30
Lien avec les moments de résolution de tâches	30
Caractériser les choix des enseignant.e.s	32
c) Nos hypothèses sur ce qui fait apprendre dans le cours, par le biais des proximités	32
Les <i>proximités discursives</i> comme moyen d'approcher la ZPD des élèves pendant les MTT	32
Quel rôle pour les proximités dans les apprentissages des élèves ?	33
d) Des effets des choix faits pour les MTT ?.....	34
2) Et en dehors de la classe ?.....	34
D. Conclusion du chapitre 1 : des outils pertinents pour éclairer certains effets des pratiques, à petite échelle et sans tenir compte des traces des activités effectives des élèves en classe	35

Préambule : ce qu'on entend par pratiques / apprentissages

Le point commun de toutes les recherches synthétisées ici est la place donnée aux pratiques enseignantes, avec des outils tirés de la Double Approche Didactique et Ergonomique des pratiques (Robert & Rogalski, 2002). Pour les caractériser, il s'agit de prendre en compte, à la fois les spécificités des contenus mathématiques enseignés et celles du contexte du métier d'enseignant.e, en lien avec les apprentissages (visés, potentiels, réels) des élèves. Nous présentons d'abord de qui fonde notre démarche globale de chercheur.e³, concernant les apprentissages et ce que leur étude met en jeu.

1) *Centration sur l'activité*

Notre postulat est que l'apprentissage est déclenché par l'activité : notre focalisation sur la conceptualisation des apprenants en mathématiques nous amène à fonder notre cadre théorique sur la complémentarité de l'approche constructiviste piagétienne et de l'approche socio-constructiviste vygotskienne de l'apprentissage, car chacune d'entre elles propose une perspective originale sur la construction des connaissances. En effet, nous adaptons les concepts théoriques de Piaget (la conceptualisation résulte de l'activité cognitive) et de Vygotsky (sur le développement de l'enfant dans des situations quotidiennes), au contexte des élèves apprenant les mathématiques en situation scolaire. Vygotsky a développé le concept crucial de *zone de développement proximal* (ZPD), définie comme la distance entre le niveau de développement réel, déterminé par la résolution indépendante de problèmes, et le niveau de développement potentiel, déterminé par la résolution de problèmes sous la direction d'un.e adulte ou en collaboration avec des pairs plus capables (Vygotsky, 1978). Dans le contexte de l'enseignement et de l'apprentissage, la ZPD caractérise ce qu'un.e apprenant.e peut faire par lui ou elle-même ou avec l'aide d'une personne plus compétente, l'enseignant.e ou un.e autre apprenant.e, compte tenu de ce qu'il ou elle connaît déjà ou sait déjà faire.

L'analyse des activités des élèves n'est pas sans difficultés pour le chercheur, d'un point de vue méthodologique. Tout d'abord, les activités liées à un concept mathématique ciblé doivent être considérées dans leur globalité, sur le long terme, afin de comprendre ce qui se passe réellement dans son processus d'apprentissage. De plus, nous distinguons les activités des tâches, et n'identifions pas les activités aux seules actions observables, car les activités ont une partie mentale qui reste inaccessible au/à la chercheur.e. Cependant, nous supposons que nous pouvons raisonnablement déduire les activités possibles des élèves à partir des tâches mathématiques proposées et des choix effectués pour leur mise en œuvre dans la classe, et, outillé.e.s par ces analyses préalables, avoir un accès partiel aux activités effectives des élèves.

2) *Le rôle joué par les tâches en mathématiques et leur résolution en classe*

Nous supposons que les apprentissages sont favorisés par plusieurs conditions qui ont trait à la qualité des choix de tâches et de déroulement proposés par l'enseignant.e. En articulant les

³ Les développements théoriques et démarches d'analyse présentés dans les parties 1.A et 1.B ne sont pas originaux, dans le sens où ils sont partagés par un certain nombre de chercheur.e.s, construits et toujours en construction, à partir du travail initial de Robert & Rogalski (2002). On les retrouvera ainsi explicités en particulier dans les ouvrages dirigés par Vandebrouck (2008, 2013), auxquels j'ai moi-même participé, et dans lesquels cette approche théorique et certains des résultats qu'elle a permis d'obtenir sont détaillés. Mais j'ai malgré tout souhaité en donner quelques éléments ici, pour faciliter la compréhension de mes travaux, qui s'en inspirent largement.

théories de Piaget et de Vygotsky, transposées aux mathématiques apprises dans le cadre scolaire, nous retenons qu'il s'agit à la fois de mettre les élèves en autonomie dans certaines tâches et de donner la possibilité à chaque élève de prendre part à un travail collectif, dont on espère qu'il mobilise des connaissances ou activités relevant des ZPD des élèves de la classe (Vygotsky, 1934/1997, J. Rogalski, 2008). Cela doit leur permettre d'accéder à la *conceptualisation* des notions concernées, au sens de Vergnaud (1991). Selon Robert (2008) en effet, *conceptualiser* une notion sur un ensemble de tâches signifie qu'il y a disponibilité des caractères objets et outils de la notion (Douady, 1986) et de leurs mises en fonctionnement : cela inclut aussi l'organisation en réseau des connaissances impliquées (nouvelles/anciennes) en référence au champ conceptuel (Vergnaud, 1991). Le *niveau de conceptualisation* (Robert, 1998) précise la conceptualisation visée à un niveau scolaire donné en prenant en compte les spécificités épistémologiques de la notion, ainsi que les attentes et contraintes des programmes, les cadres et registres impliqués (Duval, 1993), le niveau de rigueur attendu (types de raisonnements, formalisme, démonstrations).

Ainsi, pour déterminer les activités mathématiques possibles des élèves (donc leurs apprentissages potentiels), nous devons prendre en considération tout ce que les enseignant.e.s proposent pour provoquer ces activités mathématiques, en particulier l'ensemble de toutes les tâches mathématiques, et pour chacune de ces tâches, le déroulement de sa résolution en classe, dressant ainsi le scénario de l'enseignant.e pour une notion donnée. L'analyse des tâches, et de leurs apports potentiels en termes d'activités mathématiques, et par la suite d'apprentissages pour les élèves, est donc au centre de nos travaux. Pour ce faire, nous dégageons des outils décrits plus loin (le *relief* de la notion) qui nous permettent de décrire la « qualité » des tâches, dans la façon dont elles permettent de faire mettre en fonctionnement les connaissances visées, de façon plus ou moins riche et autonome pour les élèves, en tout qu'outils ou objets, dans différents contextes (cadres et registres de représentation, situations issues ou non des mathématiques), afin de rendre compte de leur complexité, de leur variété et de leur articulation au sein du scénario d'enseignement.

Pour prendre en compte l'impact possible du déroulement en classe sur les activités mathématiques des élèves, nous interrogeons la façon dont les enjeux des tâches proposées, définis a priori, sont respectés ou au contraire affaiblis par les choix de gestion de classe, en laissant ou non des initiatives et du temps aux élèves, dans la résolution et plus particulièrement dans la prise en charge de la mise en fonctionnement des connaissances mobilisées. La ZPD de chaque élève change constamment (mais pas rapidement), et il nous semble qu'un processus d'enseignement fondé sur cette ZPD consiste, entre autres et pour un contenu donné, en une dialectique entre l'étayage de l'activité mathématique des élèves et l'affaiblissement de cette aide. Nous introduisons donc l'étude de la manière dont l'enseignant.e aide les élèves, pendant la résolution de ces tâches, et à d'autres moments en classe.

Notre objectif est de comprendre les effets possibles des choix de l'enseignant.e (tâches, interventions) sur l'activité mathématique des élèves, tout en tenant compte du fait que certaines propositions, dans certaines classes ou pour certains contenus, ne sont pas toujours viables, compte tenu des marges de manœuvre plus ou moins grandes inhérentes au métier d'enseignant.e.

3) *La prise en compte du métier*

Pour mieux cerner les activités des élèves en classe – en particulier pour comprendre les choix qui ont motivé l'organisation de ces activités – nous analysons les pratiques des enseignant.e.s qui ont participé à les provoquer en faisant l'hypothèse supplémentaire que les propositions faites aux élèves ne sont pas uniquement dictées par les apprentissages ; elles sont aussi

fortement influencées par diverses contraintes liées au métier d'enseignant.e⁴. Ces analyses nous permettent alors d'éclairer certaines conditions des choix de gestion faits par les enseignant.e.s, qui ne sont pas liés aux mathématiques enseignées, de pondérer nos observations, et d'intégrer dans le temps long ce qui n'est observable pour nous, qu'à l'échelle de quelques séances. Nous caractérisons ainsi les pratiques enseignantes selon plusieurs composantes.

Les deux premières composantes sont caractérisées par les éléments dont nous avons déjà parlé plus haut : par le choix des contenus et énoncés donnés aux élèves – *composante cognitive* – et par les choix de gestions correspondants en classe – *composante médiative* des pratiques enseignantes.

Nous considérons une autre composante, qui est la *composante sociale*, liée à l'établissement, aux collègues et à la classe. On peut penser que les choix de l'enseignant.e ne seront pas les mêmes suivant que l'établissement dans lequel il ou elle enseigne est "élitiste" ou bien un établissement dit "difficile", ou selon qu'il ou elle a l'opportunité ou non de travailler avec ses collègues. De la même façon, l'opinion qu'il ou elle aura sur sa classe par exemple va selon nous jouer un rôle dans ses prises de décision ; s'il ou elle considère que le niveau de ses élèves est faible, ou du moins plus faible que celui des élèves de l'année précédente, il/elle leur proposera peut-être des exercices plus simples en classe et en contrôle, pour permettre à la classe dans son ensemble de suivre les cours.

Une quatrième composante est la *composante institutionnelle*, liée aux programmes scolaires et aux horaires en mathématiques. Ceux-ci définissent de manière plus ou moins précise les notions à enseigner aux élèves, le temps moyen à passer sur chacune d'entre elles compte tenu du temps total disponible, et les "capacités attendues" des élèves en fin d'année, à l'issue de chaque chapitre. Les différents manuels scolaires reflètent aussi les instructions du programme, et sont souvent utilisés par les enseignant.e.s pour y puiser des exercices ou des activités d'introduction, supposées conformes à ces instructions. Les enseignant.e.s sont libres cependant de choisir l'ordre dans lequel ils ou elles vont enseigner les différentes notions du programme, mais sont tenu.e.s de les enseigner toutes.

La dernière composante est la *composante personnelle*, liée à l'expérience de la profession et aux conceptions et connaissances qu'a pu construire l'enseignant.e sur son métier. Les choix d'un.e enseignant.e débutant.e ou expérimenté.e ne sont pas les mêmes, on peut supposer aussi que les différentes formations qu'ils ou elles ont pu suivre et leurs différents établissements d'affectation vont jouer un rôle dans leur conception du métier, et dans leurs propositions pour les élèves. Cette composante évolue selon nous au moins au cours des premières années d'exercices, et conditionne l'engagement professionnel.

Les différentes dimensions associées à ces composantes doivent être imbriquées pour rendre compte de la complexité des pratiques. C'est cette recombinaison qui entre en jeu et influe sur les choix individuels des pratiques en classe (Robert & Rogalski 2002), et nous tâchons de les avoir à l'esprit dans nos analyses, pour expliquer certains points communs ou différences dans les choix faits par différent.e.s enseignant.e.s., sur une même notion mathématique. Ainsi les chercheur.e.s peuvent nuancer certains constats, et les formateurs/trices garder en mémoire que tout n'est pas toujours possible pour un.e enseignant.e donné.e dans une classe donné.e sur un contenu spécifique donné, quoi qu'en pense la recherche.

Ces analyses nécessitent une prise en compte des contenus mathématiques et de leur spécificité, prise en compte qui repose sur une référence épistémologique, curriculaire et didactique pour les contenus enseignés, dont nous décrivons ci-dessous la construction.

⁴ On pourrait étendre ce propos aux manuels scolaires, dont les choix de contenus doivent aussi répondre à différentes contraintes éditoriales, pas forcément motivées par les apprentissages mathématiques des élèves...

A. Le *relief* construit par les chercheur.e.s sur les notions : un outil pour chercher

Afin d'évaluer les éventuelles activités des élèves provoquées par l'enseignant.e et leur potentiel en termes de conceptualisation d'une nouvelle connaissance donnée, nous devons tenir compte de la spécificité de chaque connaissance mathématique particulière. Nous avons donc développé l'idée de *relief* sur une notion mathématique (Robert & Vandebrouck, 2014), construite en croisant différents apports (épistémologique, curriculaire, didactique...). Le *relief* offre aux chercheur.e.s une référence globale pour étudier les contenus en jeu dans le processus d'enseignement et d'apprentissage, et pour comparer ce qui peut être potentiellement attendu (par le/la chercheur.e) et ce qui se passe effectivement en classe, outillant l'analyse des tâches a priori et a posteriori. Nous nous appuyons donc sur des analyses croisant les contenus à enseigner (leur histoire, leur nature, leur épistémologie), les programmes des niveaux antérieurs et celui en jeu, et les difficultés cognitives répertoriées des élèves sur ce sujet, et c'est le résultat de ce croisement que nous appelons le *relief* sur une notion. En appui éventuel sur des outils issus d'autres approches théoriques, comme la classification des types de tâches dans la Théorie Anthropologique du Didactique (Chevallard, 2013) ou les variables didactiques dans la Théorie des Situations Didactiques (Brousseau, 1998), tout en y ajoutant nos propres outils pour analyser l'activité mathématiques des élèves, ce *relief* nous permet d'envisager des étapes, des obstacles, des besoins dans l'apprentissage d'une notion donnée, d'identifier la prise en compte de ces éléments dans les pratiques des enseignant.e.s ou dans les propositions des ressources pour enseigner, mais aussi de réfléchir à des pistes pour enrichir cette prise en compte. Des exemples de telles études, préliminaires à nos analyses de pratiques, de manuels scolaires, voire de scénario de formations, et portant sur différents thèmes mathématiques, se trouvent dans chacune de nos recherches : sur les triangles semblables (Horoks, 2008, 2013), les fonctions trigonométriques (Horoks, 2012) ou encore les fonctions (Hache et al, 2020).

Nous faisons l'hypothèse que ces outils d'analyse sont incontournables pour nous chercheur.e.s, pour caractériser les choix d'un.e enseignant.e pour sa classe, sur une notion donnée (en ce qui concerne en particulier les composantes institutionnelles et cognitives, pour apprécier les contenus à enseigner et enseignés), mais qu'ils sont aussi pertinents pour construire des tâches et scénarii pour enseigner, et constituent donc des outils pour l'enseignement et la formation (voir chapitre 4).

1) *Introduction de la notion*

Pour certaines notions nous faisons l'hypothèse qu'un travail préliminaire des élèves sur un problème (appelé souvent « activité d'introduction » dans les manuels), dans un contexte précis, peut préparer l'introduction de la notion générale visée : il s'agit d'éclairer sa raison d'être dans un contexte donné en s'appuyant sur les connaissances déjà-là des élèves et de prolonger l'activité en débouchant sur le cours. Ce dernier est alors selon nous plus accessible, ce travail préliminaire ayant contribué à donner du sens (au moins pour un certain nombre d'élèves). Dans le meilleur des cas, on arrive à élaborer un problème où les élèves peuvent étendre seuls, dans le contexte donné, ce qu'ils et elles savent déjà, avec des moyens de se contrôler sans l'aide de l'enseignant.e. Le nouveau savoir, introduit ensuite par l'enseignant.e, va apparaître comme généralisant ce qui aura été fait en contexte. On peut construire un problème qui met les élèves devant le besoin de la notion nouvelle : cette connaissance leur manque pour avancer, même s'ils et elles ont pu commencer la résolution. Le savoir nouveau va alors apparaître comme réponse à un besoin dans ce contexte. Dans ces deux cas-là, charge à l'enseignant.e de s'appuyer

sur la question posée aux élèves ou leur réponse partielle pour généraliser et introduire le nouveau. Cela passe par l'explicitation des liens entre la situation contextualisée sur laquelle les élèves ont travaillé et le général, entre l'ancien et le nouveau, et par le respect du temps long que ce dispositif nécessite...

Les extensions d'anciennes notions ou les notions qui sont réponses à un nouveau problème dans le cadre des programmes, permettent une telle élaboration de situations d'introduction (Robert & al. 2012). Mais ce travail de découverte de notions nouvelles par les élèves à partir de leurs connaissances déjà-là est souvent complexe, et même quelquefois impossible. Il n'y a pas toujours de problèmes permettant d'envisager un début d'utilisation, en contexte, des nouvelles connaissances. Les notions porteuses d'un formalisme nouveau, généralisateur, unificateur sont d'après nous hors de portée d'une introduction même partielle à partir d'un travail des élèves eux-mêmes, car trop éloignées des notions déjà acquises ; les élèves peuvent ne pas reconnaître dans le nouveau formalisme ce qu'ils et elles savaient déjà et ne pas être convaincu.e.s d'emblée par l'économie apportée par son usage. Nos recherches et particulièrement nos études de *relief* peuvent ainsi permettre de préciser le type de notion en jeu.

2) *Les adaptations des connaissances*

Nos analyses de l'ensemble des tâches mathématiques proposées et du déroulement effectif de leur résolution en classe permettent de caractériser les pratiques enseignantes à l'origine de ces choix, et d'approcher de plus près les activités des élèves dans leur ensemble.

Pour travailler une notion mathématique, nous faisons l'hypothèse de l'intérêt de varier les tâches proposées aux élèves, en respectant une certaine exhaustivité des adaptations possibles des connaissances proposées, par-delà leur quantité (Robert & al. 2012) dans le cadre d'un programme donné. Nous définissons ces adaptations comme des éléments de connaissance (Robert & Hache 2013), considérées à la fois comme des moyens et des critères d'apprentissage : être capable d'adapter un savoir de manière adéquate pour résoudre une tâche est le signe d'un certain niveau de conceptualisation de celui-ci et devenir capable de le faire est lié au fait d'avoir rencontré diverses tâches dans lesquelles des adaptations de ce savoir étaient à réaliser. Nous avons établi de manière générale un certain classement des exercices à proposer aux élèves, sur un contenu donné inscrit dans le programme, en appréciant les activités que les élèves auront à déployer pour les résoudre et les connaissances qu'elles mettent en fonctionnement.

Nous distinguons ainsi les exercices ne nécessitant que des applications immédiates, c'est-à-dire ceux où l'élève doit mettre en œuvre des éléments du cours isolés et indiqués, dans un contexte particulier mais sans transformations. Cela peut concerner les aspects outils ou objets (Douady, 1986) d'une notion étudiée, qui ont été présentés dans le cours : il s'agit d'appliquer, dans le contexte de l'exercice, une définition ou un théorème, s'exerçant ainsi sur l'objet, ou alors de s'en servir pour démontrer une autre propriété, en utilisant alors l'aspect outil de la connaissance.

Dans les énoncés plus consistants, des mises en fonctionnement variées des connaissances peuvent être proposées, qui mettent en jeu des adaptations pour appliquer la connaissance concernée (Horoks & Robert, 2007, Robert & al. 2012), ou pour mélanger différents éléments du cours, y compris anciens, proposant ainsi des tâches non isolées. Les tâches sont alors d'autant plus complexes qu'elles ne donnent pas d'indication sur les connaissances à mobiliser, qui doivent alors être disponibles chez l'élève (Robert, 1998) et sur la façon de les adapter. Souvent un même énoncé peut faire intervenir plusieurs adaptations différentes d'une ou

plusieurs connaissances. Précisons les grands types d'adaptations que l'on peut proposer, pour faire varier les activités des élèves.

L'adaptation à laquelle les élèves sont souvent soumis.e, est le fait de devoir *reconnaître* la façon d'appliquer les connaissances exposées en cours, qu'elles soient citées ou non, dont le recours à d'autres connaissances plus anciennes, dont il faut souvent avoir l'initiative.

Un second type d'adaptations intervient dans les *traitements* à effectuer pour résoudre un exercice. Cela peut être ou non à l'initiative des élèves. Cette prise en compte du travail sur différentes facettes d'un concept, d'une formule ou d'un théorème, notamment grâce à des représentations diverses, non équivalentes (représentations graphiques versus formules par exemple), est justifiée par l'hypothèse admise de l'importance de ce type d'adaptations dans les apprentissages. En effet, nous considérons que les changements de cadres (domaines de travail mathématique) ou de registres (modes d'écritures ou de représentations mathématiques) et les changements de points de vue, mélanges et interprétations éventuelles qui les accompagnent, sont des éléments importants à introduire pour apprécier le travail des élèves lors de la réalisation des traitements attendus. Il en est de même de l'introduction d'intermédiaires dans les calculs, par exemple l'introduction de notations, ou au niveau des constructions, par exemple le fait de prolonger un segment.

L'*organisation* des connaissances est un troisième grand type d'adaptation que les élèves peuvent avoir à faire : ce peut être pour choisir et appliquer un raisonnement, mais aussi pour introduire des étapes pour organiser la démarche à suivre pour résoudre l'exercice, par exemple en reprenant des questions précédentes, ou même pour choisir une démarche de résolution parmi plusieurs.

Le travail sur les énoncés faisant intervenir calculatrices ou logiciels introduit encore d'autres adaptations – pour lesquelles il faut tenir compte à la fois des contraintes instrumentales et des bénéfices apportés par la machine, en essayant, le cas échéant, d'en montrer des limites. Les problèmes transversaux, hors chapitres, nécessitent d'autant plus une identification par les élèves des connaissances à appliquer, qui peut être propice au travail de leur disponibilité.

Même s'il nous paraît coûteux d'envisager un scénario d'enseignement proposant de façon exhaustive toute la variété des mises en fonctionnement d'une connaissance donnée, le rôle des adaptations reste central, et certains de nos résultats de recherche décrits ci-dessous ont montré que la manière dont les enseignant.e.s les traitent (choix dans les scénarios ou dans la gestion en classe) est varié et que ces différences ont des effets sur l'apprentissage des élèves. Ainsi, le *relief* construit par les chercheur.e.s de cette façon sur les notions mathématiques nous semble être un outil pertinent pour analyser les pratiques, non seulement dans leur composante cognitive mais aussi sur leur composante médiative, en recherche tout comme en formation (voire chapitre 4), tout en prenant en compte les contraintes qui conditionnent les choix faits par les enseignant.e.s pour leurs classes.

B. Étude des effets des pratiques sur les apprentissages, pour différents contenus mathématiques

Nous développons ici plus en détail l'étude réalisée sur le contenu « triangles semblables », détaillée dans (Horoks 2008, 2008 et 2013) pour montrer la démarche et les outils d'analyse, et

nous contentons ensuite, pour les autres contenus mathématiques, de dégager les éléments de *relief*, de méthodologie et les résultats les plus intéressants à propos des effets des pratiques enseignantes sur les apprentissages des élèves.

1) Triangles semblables

La première étude de cas initiée sur l'analyse des effets de certains choix pour enseigner (tâches et déroulement) sur les apprentissages des élèves portait sur l'enseignement des triangles semblables en classe de seconde. Pour réaliser cette étude, nous avons analysé les séances portant sur le chapitre des triangles semblables dans trois classes de 2^{ndes}⁵ et les avons mises en relation avec les résultats des élèves à un contrôle sur cette notion. En comparant les exercices du contrôle avec tous ceux qui avaient pu être cherchés en classe précédemment au cours du chapitre, et en tenant compte des déroulements effectifs de la résolution de ces tâches, nous avons essayé de comprendre comment et pourquoi les élèves échouaient, ou réussissaient, plus massivement, à certains des exercices du contrôle. Cette démarche nous avait permis aussi de tirer des conclusions sur les régularités et les variations des pratiques enseignantes sur ce chapitre.

a) Éléments de relief

Programmes

Une analyse des programmes pour la rentrée 2000 mais aussi en remontant une centaine d'années en arrière, nous avait permis de voir la place qu'y occupaient les triangles semblables, de retour depuis peu dans les contenus à enseigner. Ce contenu, qui a à nouveau disparu par la suite, n'était alors étudié qu'en classe de 2nde au cours de la scolarité secondaire des élèves, au sein d'un programme de géométrie plane abordant essentiellement les figures élémentaires et leurs propriétés, et les isométries. Les programmes n'abordaient alors explicitement aucune des transformations qui permettent de passer d'une figure à une autre qui lui est semblable. Ensuite, au lycée, les triangles semblables ne faisaient plus l'objet d'un enseignement spécifique.

Dans les documents d'accompagnement des programmes de 2nde de 2000, les triangles semblables étaient associés aux triangles isométriques, pour lesquels il était proposé plusieurs introductions possibles, au moyen des cas d'égalité d'Euclide, ou bien à l'aide des transformations. Pour les triangles semblables, qui peuvent être considérés comme une extension de cette première notion, seule l'introduction par les cas de similitude aurait pu être envisageable, les élèves ne disposant alors pas des transformations nécessaires (telles que les homothéties par exemple). Il était d'ailleurs précisé à cette occasion qu'aucune nouvelle transformation ne devait être introduite aux élèves, ce qui questionne les choix alors possibles pour introduire la notion de triangles semblables en classe de 2nde.

Contenus

La définition donnée dans les programmes en 2000 : « *deux triangles ont la même forme si les angles de l'un sont égaux aux angles de l'autre* » n'est pas celle d'Euclide (*Deux triangles sont semblables si leurs angles sont respectivement égaux et leurs côtés proportionnels*) : il s'agit d'une condition de similitude suffisante mais pas minimale, puisqu'il suffit en réalité de deux angles égaux pour obtenir la similitude des triangles. Le chapitre sur les triangles semblables comportait cinq propriétés, nouvelles pour les élèves de seconde : les trois caractérisations des

⁵ Puis deux autres classes par la suite dans le mémoire de DEA de Cissé et Corlay en 2006, reprenant la même méthodologie

triangles semblables, ainsi que la réciproque de l'une d'entre elles, et une propriété sur le rapport des aires :

- C1 : Deux triangles qui ont leurs angles respectivement égaux sont semblables
- C2 : Deux triangles qui ont un angle identique, compris entre deux côtés respectivement proportionnels sont semblables
- C3 : Deux triangles qui ont leurs côtés respectivement proportionnels sont semblables.
- P (réciproque de C3) : Si deux triangles sont semblables alors leurs côtés sont proportionnels
- Aire : Si ABC et MNP sont deux triangles semblables et si k est le rapport de similitude qui transforme ABC en MNP alors $\text{aire (MNP)} = k^2 \times \text{aire (ABC)}$

Nous avons listé les adaptations de ces connaissances spécifiques qui intervenaient ou pouvaient intervenir selon nous dans les exercices proposés aux élèves sur ce contenu, classées ici dans un ordre croissant de difficulté :

- Reconnaissance : des modalités d'application des propriétés ci-dessus ;
- Traitement : introduire des intermédiaires, tels que nommer un point, donner la valeur d'un angle ;
- Organisation : étapes non indiquées par l'énoncé dans le calcul d'un angle, d'une longueur, ou dans la démonstration ; la nécessité de faire des choix, pour décider par quel angle commencer quand plusieurs sont à calculer, ou d'utiliser une lettre et le calcul algébrique pour chercher une valeur manquante.

Dans les manuels de l'époque⁶, nous avons pu repérer que certaines de ces propriétés étaient beaucoup plus souvent travaillées que d'autres (C1), et que les adaptations selon nous les plus complexes, et potentiellement riches pour les apprentissages, étaient beaucoup moins représentées.

Nous avons aussi pris en compte pour nos analyses de tâches et de déroulements, certaines variables liées à la notion étudiée, en particulier les connaissances anciennes pouvant intervenir (géométriques ou algébriques) et la complexité de la configuration géométrique dans laquelle se situe l'exercice, rendant plus ou moins facile le repérage des sommets homologues dans les triangles semblables.

Le problème du repérage des sommets homologues

Dans la plupart des exercices portant sur les triangles semblables, il est nécessaire d'associer les sommets homologues des figures, afin de pouvoir en déduire des rapports entre les différentes longueurs, ou inversement, d'associer les côtés homologues pour en déduire des égalités d'angles. Or cette démarche, qui nécessite souvent un repérage préalable, n'est pas toujours évidente, en particulier lorsque les sommets des deux triangles ne sont pas donnés dans l'ordre par l'énoncé, mais aussi dans certaines configurations géométriques où les triangles sont « emboîtés » et ont alors des noms de sommets communs, mais pas forcément homologues.

Dans les programmes et accompagnements, rien n'était précisé à ce sujet, mais on trouvait dans les manuels, et aussi dans les classes, une écriture supposée faciliter la démarche de passage des égalités d'angles vers les rapports de longueur, en plaçant les lettres nommant les sommets homologues les uns en dessous des autres. Cette correspondance vient du fait que les similitudes conservent les rapports de longueurs. En revanche, dans l'autre sens, pour passer

⁶ Transmath (Nathan), Pythagore (Hatier), Pyramide (Hachette éducation), Fractale (Bordas), Déclic (Hachette éducation), Maths 2nde (Breal), Indices (Bordas), Dimathème (Didier), Hyperbole (Nathan), Mathématiques seconde, (Delagrave), Mathématiques 2nde (Belin).

des rapports de longueurs aux égalités d'angles, la difficulté demeure. Le théorème précisant que dans un triangle, le plus grand côté est opposé au plus grand angle n'était présenté ni dans les manuels, ni dans les classes, alors qu'il était donné avant la réforme des mathématiques modernes. Or il paraît plus simple de classer les côtés suivant leur longueur, plutôt que les angles suivant leur mesure, et ensuite d'en déduire les sommets homologues. Le théorème qui affirme que cette correspondance existe ne donne pas de technique pour automatiser ce repérage. En réalité, derrière cette écriture, les transformations sont à l'œuvre, mais, comme nous l'avons déjà suggéré, il n'était pas possible de les exhiber pour expliquer la démarche. Dans les manuels scolaires de 2000, nous avons regardé comment était pris en charge le travail du repérage des homologues. Nous avons constaté qu'environ la moitié des exercices sur l'ensemble des manuels présentaient l'écriture des homologues dans l'ordre et que pour certains manuels (Pyramide et Belin), les sommets homologues étaient même donnés dans l'ordre de façon quasi systématique, ne permettant donc a priori pas d'initiatives pour les élèves sur le travail de repérage.

Cet obstacle que nous identifions a priori pour repérer les homologues va se révéler dans les classes que nous avons observées, à travers la difficulté des élèves à résoudre les problèmes mettant en jeu le repérage. De plus, comme nous l'avons précisé, rien n'était proposé à ce sujet dans les programmes et par conséquent les enseignant.e.s ne disposaient pas d'une technique automatisée à proposer aux élèves. Nous n'avons d'ailleurs trouvé aucun élément sur ce sujet dans le discours des enseignantes des classes observées, si ce n'est le recours à l'écriture particulière des sommets. De plus, dans les classes, nous avons trouvé très peu d'exercices permettant de travailler spécifiquement le repérage, notamment à travers le passage des longueurs aux angles.

b) Méthodologie et résultats

Recueil de données et analyses

Nous avons filmé trois enseignantes dans leur classe de 2nde, sur l'intégralité du chapitre sur les triangles semblables, dans des établissements différents. Pour évaluer les connaissances des élèves consécutives aux séances en classe observées, nous avons relevé les copies du contrôle proposé par l'enseignante et sanctionnant la fin du chapitre sur les triangles semblables dans chaque classe, après correction par l'enseignante. Par la suite, deux autres observations similaires avaient été réalisées dans le cadre du mémoire de DEA de Cisse & Corlay en 2006. Nous les avons prises en compte pour confirmer les résultats que nous avons pu obtenir avec les trois autres professeures.

A partir des vidéos, nous avons relevé et classé l'ensemble des tâches proposées par chacune des enseignantes, portant sur les triangles semblables. En regardant le détail des déroulements relatifs à ces tâches, nous avons défini par la suite l'ensemble des activités possibles des élèves en classe, sans avoir accès aux activités effectives. Pour cela, nous avons pris en compte pour chaque tâche analysée :

- le temps passé sur chaque tâche, et sur les différentes étapes de l'activité ;
- les formes de travail adoptées (magistral, en groupe ou individuel) ;
- les aides dispensées par l'enseignante, et la façon dont elles venaient modifier la tâche prescrite (à quel moment de l'activité elles interviennent, et si elles en changeaient ou non la nature).

Cette étude nous avait alors donné accès aux initiatives finalement laissées aux élèves, dans la mobilisation des propriétés mathématique et la prise en charge de leurs adaptations, repérées a priori. Ainsi, il s'est avéré qu'un énoncé analysé comme complexe a priori par nous, pouvait

ne pas occasionner d'activité riche selon nous pour les élèves – en tout cas pas pour tou.te.s – si les adaptations des connaissances à réaliser étaient prises en charge rapidement par l'enseignante. Cette étude nous avait permis de caractériser des choix d'enseignement, tant dans les tâches que dans les déroulements, en lien avec ces activités possibles.

Nous avons comparé ensuite les tâches du contrôle avec des tâches similaires proposées en classe auparavant, et essayé de mettre en relation les réussites des élèves à certaines de ces tâches avec la façon dont elles s'étaient déroulées en classe (fréquence, temps de recherche, initiatives laissées aux élèves). Nous essayions ainsi de mettre en évidence certaines organisations du travail qui auraient favorisé l'apprentissage, pour une grande part des élèves de la classe, ou pour certain.e.s d'entre eux/elles.

Des pratiques variées, qui amènent de nouvelles questions sur les cours et les évaluations

Nous avons constaté que les pratiques des enseignants étaient stables et cohérentes, et que l'on retrouvait le même type de déroulement tout au long du chapitre pour chaque enseignante. Nous avons pu relever des points communs aux trois séquences observées (temps passé sur la notion et sur chacune des propriétés, choix de certaines tâches), et en particulier l'absence de discours sur le repérage des homologues, et le peu de travail sur cette difficulté. Ceci ne nous avait pas paru étonnant, étant donnée l'absence d'instructions dans les programmes scolaires, et le manque d'exercices correspondant à cette tâche spécifique dans les manuels. Cela illustre en particulier l'importance de la contrainte institutionnelle qui pèse sur les professeur.e.s. Malgré ces points communs, nous avons aussi repéré une grande variété des pratiques sur ce même chapitre, en particulier sur deux aspects.

Les trois enseignantes n'avaient pas choisi d'introduire le chapitre sur les triangles semblables de la même façon : tout de suite après les triangles isométriques, en tant qu'extension de cette notion ou indépendamment, ou comme réponse au problème des figures de même forme. Il n'était cependant pas possible pour nous d'interpréter l'influence de ces choix, en termes de contenus, sur les résultats des élèves, mais cela avait soulevé une interrogation pour la recherche, qui nous a amenées par la suite à interroger l'enseignement plus largement qu'à travers le choix des tâches, et à regarder les moments de cours et leur articulation avec les tâches proposées.

D'autre part, les choix des trois enseignantes observées en ce qui concerne la gestion de la classe, lors de la résolution d'une même tâche proposée aux élèves, étaient aussi très différents, la tâche initialement proposée étant généralement simplifiée plus ou moins et plus ou moins rapidement par l'enseignante. Nous avons constaté, en analysant l'ensemble des exercices proposés et en comparant les déroulements associés à des tâches similaires dans les différentes classes, que la simplification de la tâche initiale était systématique, mais n'intervenait pas au même rythme, ni avec la même fréquence, suivant les enseignantes et les tâches proposées. Cependant, pour une même enseignante, cette modification de la tâche se faisait toujours suivant un même modèle, tout au long du chapitre (cf. tableau 1). Ces régularités sont probablement à relier aux contextes d'enseignement, en particulier la composante sociale⁷.

⁷ Mme B enseigne dans une Zone d'Éducation Prioritaire de la région parisienne, tandis que Mmes P et F enseignent dans des lycées parisiens, avec pour Mme F une classe « européenne » recrutant les élèves d'après l'excellence de leur dossier.

	Mme B.	Mme P.	Mme F.
niveau de l'établissement	faible	très bon	très bon
tâches en classe	simples	complexes	complexes
à la charge des élèves en classe	tâches simples	tâches complexes	tâches simples
à la maison	simples	simples ou complexes	complexes
en contrôle	complexes	complexes	simples
résultats des élèves	moyens et hétérogènes	bons	bons

Tableau 1 : Complexité des tâches proposées – a priori et pendant le déroulement – dans les 3 classes

Ainsi pour Mme B., cette simplification intervenait généralement assez tôt dans le cours des activités des élèves, et ceux et celles-ci disposaient de temps surtout après le balisage de l'exercice ou la correction, pour réaliser des tâches simples et isolées ou pour rédiger la réponse correcte. En revanche, Mme P. n'intervenait qu'après un temps de recherche autonome des élèves, et leur laissait ainsi potentiellement la charge de tâches complexes, pour lesquelles le niveau de mise en fonctionnement des connaissances mobilisées était donc réellement plus élevé que dans les deux autres classes. Pour Mme F. enfin, les tâches proposées en classe, bien que complexes initialement, étaient simplifiées très rapidement, et les élèves ne bénéficiaient d'un temps de recherche sur les questions les plus difficiles que lors de leur travail à la maison. Cela avait vraisemblablement un impact sur les activités possibles des élèves, et donc sur leurs apprentissages, ce que nous avons cherché à mesurer avec leurs résultats au contrôle de fin de chapitre. Cependant, ce contrôle, conçu par chacune des trois enseignantes sans apport de la chercheuse, n'était pas le même dans les trois classes, et ne permettait pas une comparaison directe des résultats. Ces choix pour l'évaluation sommative soulevaient d'ailleurs de nouvelles questions, sur la place de l'évaluation dans les pratiques enseignantes, et ces questions ont donné lieu par la suite à une nouvelle entrée dans nos recherches, à travers les pratiques évaluatives (voir chapitre 2).

Une comparaison plus fine des trois contrôles proposés a néanmoins permis de dégager ce qui semblait avoir permis – ou non – durant les séquences, que certains apprentissages aient bien lieu.

Les élèves savent (re)faire... ce qu'on leur a déjà fait faire !

Ce qui caractérisait *l'exercice de contrôle le mieux réussi*, dans chacune des trois classes, était le fait qu'il était associé à une préparation préalable en classe, avec des applications plus difficiles ou de même difficulté que celle du contrôle, et parfois même à travers une répétition d'applications similaires. Dans les trois cas, il s'agissait d'un exercice nécessitant l'application de la caractérisation C1, qui est la propriété qui avait été travaillée le plus souvent dans les classes. C'est aussi celle que l'on retrouvait le plus fréquemment dans les exercices des manuels. Enfin, dans les trois cas, l'exercice qui se rapprochait le plus de celui donné dans le contrôle avait été réalisé au préalable dans des conditions où l'élève avait pu bénéficier d'un certain temps de travail individuel (travail en module ou à la maison).

Il semblait donc que les élèves avaient été capables de réaliser seul.e.s certaines tâches lorsqu'ils et elles y avaient été réellement confronté.e.s au préalable, et avaient eu à les travailler par eux et elles-mêmes, dans des configurations similaires à celles du contrôle. Nous remarquons par ailleurs que lorsque le travail préalable en classe n'était pas aussi difficile que celui qui était attendu au contrôle, les élèves échouaient au contrôle de manière significative, et ce quelle que soit la forme de travail adoptée en classe. Cela semblerait indiquer que les connaissances des

élèves ne sont pas transférables à des niveaux de mise en fonctionnement plus élevés. Par ailleurs, cela interroge aussi les raisons pour lesquelles les enseignant.e.s proposent de tels exercices dans leurs évaluations sommatives.

La difficulté avérée du repérage des homologues

Pour ce qui est de *l'exercice de contrôle le moins bien réussi* par les élèves, nous avons constaté qu'il portait sur des applications de propriétés différentes dans les trois contrôles, mais qu'il s'agissait dans les trois cas de questions qui nécessitaient un repérage non trivial des homologues de la figure. Cette difficulté pour les élèves paraissait avérée. Elle ne semble pas liée uniquement à l'organisation du travail en classe par l'enseignante, même si dans les trois premières classes observées, c'est elle qui prenait le plus souvent à sa charge le repérage des homologues. Lors des analyses des observations réalisées par la suite dans le cadre du DEA déjà cité, les deux professeur.e.s n'avaient proposé en classe que des énoncés dans lesquels les lettres des sommets homologues étaient dans le bon ordre, et lors du contrôle, ce repérage avait été une grande source de difficulté pour la majorité des élèves, en particulier dans un exercice où les lettres étaient données pour la première fois dans le désordre.

Des effets différenciateurs ?

Nous avons regardé enfin ce qui caractérisait l'exercice du contrôle pour lequel les élèves avaient obtenu les *résultats les moins homogènes* dans chaque classe, c'est à dire ceux pour lesquels il y avait une différence notable entre les réponses des élèves considérés comme «bon.ne.s» / «faibles» en mathématique par leur enseignante. Dans chaque cas, il s'agissait d'un exercice qui avait été préparé uniquement à travers des activités laissant une plus grande autonomie aux élèves : lors d'un travail à la maison, ou en classe, mais surtout sans intervention de l'enseignante pendant, ou après l'activité. Cela semblerait indiquer que le travail autonome des élèves n'est pas bénéfique de la même façon pour tou.te.s.

Les choix des enseignantes dans l'organisation de leur enseignement sur les triangles semblables – qu'il s'agisse du contenu et de la variété des tâches proposées, ou du déroulement en classe et des activités qui en découlent potentiellement – avaient eu des influences certaines sur les apprentissages des élèves sur cette notion. Mais ces choix étaient aussi soumis à certaines contraintes, dont celles imposées par les programmes, que nous avons déjà évoquées, et qu'il nous a fallu donc prendre en compte pour mieux comprendre l'offre qui avait été faite aux élèves de ces trois classes sur ce chapitre.

Des choix partagés plus largement ?

Nous retrouvons d'ailleurs ici en comparant ce qui est commun dans les pratiques, des résultats de recherches s'inscrivant dans la même approche, sur d'autres notions. Ainsi Roditi (2003) explicite, à propos de l'enseignement de la multiplication des décimaux en classe de 6^e et à partir de 4 vidéos d'enseignant.e.s très différent.e.s, certains « principes » qui nous semblent traduire des décisions communes à beaucoup d'enseignant.e.s de lycée et collège et qui tiennent autant du métier que du projet strict d'apprentissage (clôture du champ mathématique, nécessité d'un succès d'étape, respect de l'attente des élèves...). À partir de vidéos toujours, Robert (2003) ou Robert et Rogalski (2002a) montrent des régularités sur le démarrage des exercices dans beaucoup de cas, qui peuvent s'expliquer par les contraintes de temps, amenant à privilégier en classe un travail sur « le nouveau », sans beaucoup d'exploration, avec peu d'entretien de l'ancien, pas ou peu de réorganisation entre ancien et nouveau, et avec une orientation univoque de l'activité des élèves vers ce nouveau, permise par une prise en main précise et rapide (voire immédiate) de ces activités. En termes d'activités, cela correspond à des tâches isolées si ce n'est simples et isolées (qui portent sur le chapitre en cours), sans beaucoup

d'adaptations des connaissances à utiliser, sans structuration des connaissances en acte du côté des élèves. On ne peut pas être sûr.e qu'il en résulte chez les élèves un morcellement des connaissances, car des élèves peuvent apprendre ce qui ne leur est pas enseigné explicitement (et leur est donc dévolu, plus ou moins implicitement). Mais on peut constater – et cela pourrait renforcer un manque d'organisation des connaissances – une « séquentialisation » des activités sur une même notion en moments relativement indépendants : si les élèves font fonctionner les outils les uns après les autres, indépendamment, ils et elles n'auront besoin que des connaissances correspondant au cours et soufflées par le découpage organisé par l'enseignant.e. Cela revient à privilégier le sens « décontextualisé - contextualisé », et à minorer encore tout ce qui contribue activement (en venant des élèves) aux mises en relation, aux explorations qualitatives des possibles et à l'organisation des connaissances.

Des études similaires (même approche théorique et méthodologie analogue) ont été menées sur d'autres notions mathématiques : par Chesnais sur la symétrie axiale dans sa thèse (2009), par Dumail sur les racines carrées dans son mémoire de DEA (2009). Ces études ont été confrontées par la suite à celle sur les triangles semblables (dans Chesnais & Horoks 2009, Robert et al. 2010). C'est cette comparaison qui est présentée ici, pour renforcer les premiers constats faits sur les triangles semblables, mais elle nécessite d'exposer aussi quelques éléments issus de ces recherches, menées indépendamment.

Par la suite, les recherches sur les pratiques et leurs effets que nous avons menées sur les fonctions trigonométriques (Horoks, 2012) ou le calcul littéral (Pilet & Horoks, 2015 2016a, 2016b, 2017, Pilet & Horoks 2015, 2019) ont permis à nouveau de confirmer, mais aussi de nuancer les résultats obtenus dans cette première étude, en suivant globalement la même démarche :

- analyse du relief de la notion, en grande partie spécifique à celle-ci, qui permet aux chercheur.e.s de se doter d'outils pour caractériser les pratiques enseignantes, en repérant des enjeux et des difficultés spécifiques dans l'enseignement de la notion ;
- observation d'une séquence entière chez plusieurs enseignants et recueil de l'évaluation de fin de chapitre ;
- caractérisation des pratiques et lien avec les apprentissages révélés dans le contrôle.

Cela nous permet de comparer, avec des outils similaires, les résultats obtenus, non seulement en termes d'analyse des pratiques (leur variété, l'influence du contexte) mais aussi en termes d'effets sur les apprentissages des élèves (ou du moins de réussite à un contrôle à court terme), tout en prenant en compte les spécificités des contenus visés, que nous rappelons ici brièvement pour chaque étude.

2) *Symétrie axiale*

La première étude mise en parallèle des résultats obtenus sur les triangles semblables (Chesnais & Horoks, 2009), porte sur l'enseignement de la symétrie axiale en classe de 6^e. Les variables retenues pour analyser les tâches portant sur la notion étudiée tiennent toujours compte des connaissances plus anciennes pouvant intervenir et de la configuration géométrique dans laquelle se situe l'exercice, qui peut rendre complexe le repérage des éléments nécessaires à l'application de connaissances. À cela s'ajoutent des éléments spécifiques à la notion traitée ici, tels que :

- la nature de la tâche (reconnaissance, construction ou preuve) ;
- l'approche (dynamique ou statique) de la symétrie en jeu dans la tâche, aspects souvent traités séparément dans les manuels. L'aspect dynamique fait intervenir la symétrie comme

transformation (en jeu dans les exercices où il s'agit de construire le symétrique d'une figure ou d'utiliser les propriétés de conservation) alors que l'aspect statique se retrouve dans les exercices où il s'agit de reconnaître des axes de symétrie de figures. On retrouve dans les programmes des éléments relevant des deux approches, et le fait d'établir le lien entre les deux nous semble constituer une étape dans la conceptualisation de la notion de symétrie axiale ;

- le paradigme géométrique dans lequel la tâche doit ou peut être traitée, le chapitre sur la symétrie axiale nous semblant être emblématique du passage à réaliser entre perception et caractérisation par des propriétés ;
- La "teneur mathématique" des énoncés proposés nous semble aussi jouer un rôle en classe de sixième où les énoncés sont parfois donnés dans un registre assez éloigné des mathématiques (ce qui n'était a priori pas le cas pour les triangles semblables, ou rarement) ;
- Enfin, les conceptions erronées des élèves sur cette notion, repérées par la recherche, sont prises en compte (à travers en particulier la position prototypique ou non des axes).

Les manques dans les programmes amènent ici aussi des difficultés : leur manque de clarté et leur changement de position entre 1996 et 2005 concernant le lien à établir entre les notions de médiatrice et de symétrie induit des choix différents selon les enseignant.e.s, dont on peut penser qu'ils ont des conséquences variables en termes d'apprentissage des élèves. Par exemple, le fait d'introduire la médiatrice à l'occasion du chapitre sur la symétrie, comme axe de symétrie de figures, pourrait être un obstacle pour aborder la notion de médiatrice d'un segment.

La comparaison des pratiques enseignantes dans deux classes de 6^e dans des établissements contrastés d'une part, et des apprentissages des élèves de ces classes d'autre part, a montré à nouveau les effets de certains choix d'enseignement sur les apprentissages mathématiques. L'analyse des scénarii d'enseignement montre des différences fondamentales dans l'organisation de l'ensemble des tâches, en particulier en ce qui concerne la répartition par nature de tâches et l'articulation entre les différentes approches. Les déroulements aussi différents, en ce qui concerne l'autonomie relative des élèves (temps de recherche individuelle sur des tâches peu simplifiées), et la responsabilité accordée aux élèves dans l'élaboration et la validation des raisonnements. La teneur mathématique des interventions des enseignant.e.s pendant la correction de la tâche est elle aussi très différente.

Lorsque l'on compare les résultats des élèves des deux classes, on retrouve aussi le fait que les élèves réussissent le mieux lors du contrôle ce qu'ils avaient eu l'occasion de faire en classe au préalable, dans des conditions similaires, et le moins bien, ce qui a fait l'objet d'un travail moins riche en classe, dans le nombre, la variété ou la difficulté des tâches proposées. On retrouve aussi les effets différenciateurs de certaines pratiques, en regardant les exercices de contrôle pour lesquels il y a le plus d'écart entre les résultats des bon.ne.s et des moins bon.ne.s élèves. On constate en effet qu'il s'agit ici encore d'exercices pour lesquels la préparation s'est faite essentiellement à la maison, ou en classe mais sans intervention collective de l'enseignant.e pendant ou après l'activité. Lorsque les élèves ont l'occasion de travailler seul.e.s (à la maison ou en classe) et qu'il n'y a pas ou peu de phases d'institutionnalisation ou de prise en compte des erreurs des élèves dans la correction, il semble que cette forme de travail bénéficie nettement plus à celles et ceux que nous avons qualifié.e.s de "bon.ne.s" élèves.

Ici encore, les outils que nous avons construits pour caractériser les pratiques enseignantes et les relier aux apprentissages des élèves, spécifiques à une notion mathématique donnée, semblent tout à fait pertinents, à différents niveaux scolaires dans le secondaire, en géométrie. Ils permettent de dégager des résultats sur les conséquences de certains choix des enseignant.e.s (variété et complexité des tâches, initiatives laissées aux élèves, approches adoptées) sur la

capacité des élèves à réussir certaines tâches, selon que le niveau de mise en fonctionnement des connaissances qui y sont mobilisées est similaire ou non à ceux déjà rencontrés précédemment. Cependant, nous savons qu'il n'est pas possible, compte tenu des contraintes institutionnelles de temps (limité) et des programmes (parfois incomplets) de traiter chacune de ces adaptations pour chaque type de tâche liée à une notion donnée, pour permettre aux élèves d'apprendre. Il paraît encore moins possible de les traiter un grand nombre de fois : mais la répétition de certaines de ces tâches est-elle la clé de la réussite de tou.te.s les élèves ?

3) Racine carrée

Une étude sur la racine carrée, menée dans une classe de 3^e par Dumail (2007) dans son mémoire de DEA et mise en regard de l'étude sur les triangles semblables (Robert & al, 2010), a permis d'affiner les résultats obtenus dans les deux études précédentes. L'étude, menée dans une seule classe, ne repose pas cette fois-ci sur les comparaisons des pratiques de plusieurs enseignant.e.s pour en comparer les effets. Mais, en appui sur les précédentes, elle fait l'hypothèse que les caractérisations retenues pour les pratiques (choix de tâches, variété et complexité, initiatives laissées aux élèves en classe) permettent de relier ces choix d'enseignement aux apprentissages des élèves, évalués ici par plusieurs contrôles, pour prendre en compte le facteur temps.

En classe de 3^e selon les programmes de 2010, les nombres s'écrivant avec des radicaux n'ont pas de statut précis : on fait travailler les élèves avec ces nombres alors même que rien ne permet à ce niveau de justifier ni leur existence, ni *a fortiori* les opérations sur eux, malgré la continuité souhaitée par les programmes, en prolongeant les règles de calcul connues jusqu'alors à ces « nouveaux nombres ». Mais aucune formalisation sur les ensembles de nombres n'est alors prévue au collège, ce qui ne permet pas de les situer parmi les autres et en pratique, les élèves calculent avec les radicaux « presque comme avec les x », dans un jeu permanent mais implicite entre cadre numérique et cadre algébrique. Pour analyser les tâches proposées en classe, sont pris en compte le cadre de travail (numérique, algébrique), la forme de l'expression avec un ou plusieurs radicaux, la nature des transformations à réaliser, des adaptations nécessaires et la forme des questions posées, qui peut être très variée pour une même application de la connaissance (« calculer », « transformer », « écrire le plus simplement possible », « écrire sans radical », « mettre sous la forme de... »).

L'analyse de la vidéo d'une séquence d'enseignement en classe de 3^e ainsi que des trois évaluations données aux élèves sur la racine carrée (en cours de chapitre, en fin de chapitre, et dans un brevet blanc après la fin du chapitre) a permis ici aussi de caractériser les choix de l'enseignante et certains de leurs effets sur les apprentissages pour des tâches particulières. L'analyse de Dumail met en valeur leur fréquence en classe et en évaluation, et permet ainsi de regarder l'évolution des résultats des élèves sur ces tâches à plus ou moins long terme, en distinguant les caractères outil/objet de la notion dans chaque tâche, et en tenant compte d'un classement des élèves selon leur niveau.

Ainsi, dans le cas de la racine carrée, la répétition d'une même tâche en classe accroît ici encore la réussite des élèves lors des évaluations, à la condition que la tâche proposée nécessite les mêmes adaptations. Dans le cas contraire, si les niveaux de mise en fonctionnement des connaissances varient, avoir répété la tâche à de nombreuses reprises ne semble être d'aucun recours pour surmonter les difficultés posées par les nouvelles adaptations nécessaires. Cependant il arrive que l'effet inverse se produise et que les répétitions, en plus d'être inefficaces, soient nuisibles à la réussite de certains exercices.

Par exemple, l'une de ces tâches, T1 : « mettre sous la forme $a\sqrt{b}$ avec a et b entiers et b le plus petit possible », est toujours objet de l'exercice dans lequel elle intervient en classe, où on la

retrouve à de nombreuses reprises. L'enseignante renvoie systématiquement pour cette tâche à la méthode – et à sa présentation – vue dans la leçon mais jamais justifiée, mais encouragée à plusieurs reprises, tout en déconseillant de « tenter d'autres décompositions ». En évaluation cependant T1 est toujours objet, mais aussi parfois outil pour résoudre l'exercice. On peut voir alors que le bénéfice des nombreuses transformations effectuées en classe n'est plus si évident : au contraire, les élèves doivent être capables de se détacher de ce qui a été fait en classe, d'oublier les règles du contrat implicite construit entre elles/eux et leur enseignante dans l'automatisation de la procédure, pour réussir. Mais les élèves, conditionné.e.s par ce contrat très fort qui demande d'écrire toute expression avec des radicaux sous la forme $a\sqrt{b}$, semblent désarçonné.e.s quand cette transformation s'avère impossible. Ils et elles ne parviennent pas à se détacher des habitudes prises et leurs tentatives de décomposition sous les radicaux attestent de leur volonté de se ramener au cas tant de fois traité. En cela, les répétitions importantes de la même tâche, avec les mêmes niveaux de mises en fonctionnement en classe, semblent devenir des handicaps.

D'autre part, en ce qui concerne les effets différenciateurs des pratiques, cette étude semble aussi montrer que la répétition des tâches n'a pas le même effet suivant le niveau des élèves. La répétition semble en effet faire obstacle surtout pour les élèves plus faibles. Dans les cas d'exercices d'évaluation où le niveau de mise en fonctionnement est plus élevé, et où la méthode répétée en classe s'avère inefficace, seuls quelques élèves parmi les plus fort.e.s surmontent alors le réflexe de la méthode habituelle et réussissent. La majorité d'entre eux et elles laissent leur réponse inachevée, réalisant le caractère impossible de leur démarche mais n'arrivant pas, la plupart du temps, à en envisager une autre. Les élèves les plus faibles sont souvent amené.e.s à écrire des assertions fausses : ils et elles semblent faire davantage confiance pour valider leur réponse aux habitudes prises qu'aux mathématiques et « s'arrangent » pour parvenir à un résultat qui leur convienne. Tout se passe ainsi comme si, pour réussir à adapter les connaissances différemment de ce qui a été fait auparavant, il fallait paradoxalement pouvoir « oublier » les méthodes apprises en classe, ce qui paraît difficilement compatible avec l'application systématique d'une démarche dont les étapes sont à l'avance figées et peu ou pas justifiées.

Le rôle du facteur temps dans l'acquisition des connaissances, qui n'avait pas été questionné dans l'étude sur les triangles semblables, n'a en revanche pas été révélé ici, à travers la prise en compte de plusieurs évaluations au cours du temps. Il ne semble en effet pas y avoir eu d'évolution majeure sur le court, moyen ou long terme, et ceux et celles qui réussissaient/échouaient à court terme réussissent/échouent encore à moyen et à long terme.

4) *Trigonométrie*

Une troisième étude (Horoks, 2012), dans la lignée des précédentes, a cherché à étendre les résultats obtenus sur un nouveau contenu mathématique, les fonctions trigonométriques en classe de 2nde. Ici encore, l'observation de toute une séquence et l'analyse d'un contrôle donné par l'enseignante en fin de chapitre ont permis de questionner les effets des pratiques sur les apprentissages.

Dans l'enseignement de ce contenu en 2012, nous avons surtout voulu voir de quelle façon était traitée la question des registres, en particulier en ce qui concerne deux représentations des objets manipulés : le cercle trigonométrique d'une part, et le repère cartésien d'autre part. Nous faisons l'hypothèse que le passage de l'un à l'autre ne va pas de soi pour les élèves de 2nde et nécessite des tâches spécifiques de traduction entre registres et de choix du registre le plus pertinent – sans indication dans l'énoncé, et à l'initiative des élèves – pour représenter certaines propriétés

d'une fonction trigonométrique (parité, signe) ou calculer certaines de ses valeurs. Les informations données dans les repères tracés dans les deux registres sont en effet différentes : l'abscisse et l'ordonnée des points n'ont pas la même signification dans les deux cas (cf. tableau 2). De plus, un point sur le cercle donne trois éléments d'information (un angle, un cosinus et un sinus) alors qu'un point sur un graphique n'en donne que deux (un angle et un cosinus ou un sinus). À un point du cercle doit donc correspondre un point sur chacun des deux graphiques.

Coordonnées	Dans le cercle	Dans le graphique
Angle	Point du cercle	Abscisse
Cosinus	Abscisse	Ordonnée
Sinus	Ordonnée	Ordonnée

Tableau 2 : différence des informations lues dans les deux registres (cercle et graphique)

Nous avons analysé une séquence sur ce chapitre, filmée dans une classe de 2^{nde}, et les résultats des élèves à un contrôle final. Le contrôle, construit par l'enseignante et constitué de 4 exercices de types « vrai/faux-justifier », nous permet non seulement de voir si les réponses des élèves sont correctes (vrai ou faux) mais aussi d'observer leur justification, et le registre dans lequel ils et elles choisissent de se placer pour la formuler.

Nous constatons ici encore que l'outil « adaptation » permet d'anticiper la complexité des tâches du contrôle et les réussites ou échecs des élèves. En effet, la tâche pour laquelle les résultats étaient les meilleurs était celle dont l'adaptation nous semblait être la plus simple parmi les exercices du contrôle. La tâche pour laquelle les résultats étaient les plus faibles était celle pour laquelle l'adaptation pouvait être considérée comme plus complexe. Il faut noter qu'il n'y avait pas de tâche avec une adaptation similaire en classe auparavant, ce qui pourrait également expliquer les mauvais résultats.

Si nous examinons les erreurs commises par les élèves dans les exercices, nous pouvons remarquer qu'ils et elles ont rencontré des difficultés à gérer le mélange avec des connaissances mathématiques antérieures (racines carrées et fractions dans les formules) qui n'avaient pas été spécifiquement revues pendant le chapitre sur les fonctions trigonométriques. Cela a apparemment conduit à beaucoup d'erreurs dans les tâches impliquant ce type de nombres (les élèves confondant notamment les angles avec leur cosinus ou sinus). Cette difficulté semble réelle pour eux, mais elle n'avait pas été prise en compte par l'enseignante, probablement en raison de contraintes institutionnelles (notamment le manque de temps et le nombre de nouvelles notions à enseigner), malgré les besoins avérés des élèves.

Les élèves ont par ailleurs rencontré des difficultés avec le choix d'un registre de travail (cercle trigonométrique / graphique). La méthode avec le cercle trigonométrique semble avoir conduit plus souvent à la bonne réponse, par rapport à la méthode avec le graphique. Nous pouvons constater une certaine confusion entre les vocabulaires des deux registres, et la plupart des élèves n'utilisent qu'un seul des deux dans tout le test, même lorsque l'autre aurait été plus efficace pour résoudre l'exercice, montrant probablement un certain manque de maîtrise simultanée des deux représentations. Seuls quelques élèves parmi ceux et celles qui ont les meilleurs résultats en mathématiques semblent pouvoir utiliser les deux, en fonction de leur pertinence dans chaque tâche.

Lors des séances en classe sur ce chapitre, nous n'avons relevé aucune tâche nécessitant ce type d'adaptation des connaissances mathématiques, et en tout cas pas de tâches où les élèves avaient seul.e.s l'initiative de passer d'un cadre mathématique à un autre sans l'aide de l'enseignante, ce qui pourrait expliquer leurs difficultés dans le test. Il est intéressant d'ajouter que dans le cours, c'est l'enseignante qui a pris en charge au tableau la traduction du passage de points du cercle trigonométrique à des points sur un graphique, et montré le prolongement de la courbe (par un logiciel), sans laisser aux élèves d'autres initiatives que le tracé point par point. Il se trouve par

ailleurs que le contrôle analysé portait aussi sur le chapitre des valeurs absolues, avec un exercice du même type, pour lequel il fallait donner des justifications pour valider, ou non, les affirmations proposées, en s'appuyant soit sur des arguments liés à la résolution d'inéquations, soit sur un droite graduée en utilisant la notion de distance. De ce côté-là de la feuille du contrôle, on retrouve les mêmes confusions entre registres et le même manque de souplesse pour utiliser l'un ou l'autre selon les cas.

Ces difficultés des élèves, tout comme celles dévoilées par les précédentes études, s'expliquent, grâce à l'analyse que nous avons faite de la notion, par l'absence de prise en compte des difficultés que nous avons mises en lumière, tant dans le discours de l'enseignante (lors de l'introduction des représentations dans les différents registres) que dans le choix de tâches et les initiatives laissées aux élèves en classe, leur permettant de travailler spécifiquement le croisement entre registres.

C. D'autres élargissements pour questionner le rôle et les effets des activités mathématiques

Notre centration sur les tâches et le moment de leur résolution en classe nous permet de prendre en compte une part non négligeable de ce qui se passe en classe, en termes d'activités provoquées chez les élèves, mais cela ne nous permet pas de couvrir la totalité du temps didactique : comment en effet penser les activités des élèves à d'autres moments que ceux de la résolution d'un exercice ? Une vision plus large de ce qui se passe en classe – voire un détour hors de la classe – nous permet de prendre en compte d'autres activités qui participent probablement elles aussi aux apprentissages des élèves, et d'inclure dans nos analyses des moments restés des zones d'ombre jusque-là pour nous.

1) *Analyse de l'exposition des connaissances sous l'angle des proximités*

Dans (Chesnais et al., à paraître), nous nous sommes par conséquent penchées sur ce que font les élèves, lors d'un moment de cours dispensé par l'enseignant.e (« *Moment of Teacher Telling* », ou MTT), moment qui n'est pas facile à caractériser avec nos outils habituels, ou même à observer, car les élèves ne font généralement qu'écouter ou écrire ce que l'enseignant.e présente. Néanmoins, nous pensons que ces moments contribuent à l'apprentissage des élèves et nous essayons de comprendre comment, en fonction des choix des enseignant.e.s pour cette exposition.

Dans un processus de conceptualisation de nouveaux éléments de connaissance, nous avons supposé que les MTT constituent une étape nécessaire : ce sont des moments où la généralisation et l'organisation de la connaissance nouvelle - dans son articulation avec les connaissances précédentes (supposées apprises) - sont en jeu, ce qui constitue un moment crucial dans le processus d'apprentissage. Les MTT font partie du mouvement dialectique entre les aspects généraux de la connaissance et les aspects contextualisés, qui constitue le cœur de la signification et des applications pratiques de la notion (où et quand elle peut être utilisée, et comment), et leur étude soulève des questions à la fois sur la relation entre les connaissances contextualisées et les connaissances générales et sur l'articulation entre les nouvelles connaissances et les connaissances antérieures.

Ce qui suit propose, à défaut de résultats sur l'impact de certains choix pour l'exposition des connaissances sur les apprentissages des élèves, des pistes pour les caractériser, et des hypothèses sur des effets possibles.

a) Contexte et état de l'art sur les cours

Depuis les années 80, de nombreux pays, dont la France, ont initié des réformes de l'enseignement des mathématiques. Avec une vision plus constructiviste des fondements de l'apprentissage, ces réformes tendent à reconsidérer les méthodes traditionnelles d'enseignement des mathématiques, en remettant en cause le modèle d'enseignement comme transmission d'informations (le « *telling model* », Smith, 1996, p. 393), et en soulignant l'importance de la recherche autonome de problèmes significatifs par les élèves, avec des discussions collectives en classe. Indépendamment de leurs motivations initiales, elles ont largement promu une vision active de l'apprentissage des mathématiques. Baxter et Williams (2010) soulignent alors le « *dilemma of telling* », tension entre le fait d'engager les élèves dans des tâches autonomes, qui pourraient être efficaces pour donner du sens aux concepts mathématiques, et le fait de les guider vers un apprentissage significatif, d'un point de vue disciplinaire. Après une certaine disqualification du « *telling* », on s'est ainsi orienté vers une autre position pédagogique fondée sur l'étayage et laissant une nouvelle place au cours. La notion d'« *étayage* », a été introduite pour opérationnaliser la notion de ZPD : il consiste essentiellement à ce que l'adulte contrôle les éléments de la tâche qui dépassent initialement les capacités de l'apprenant.e, lui permettant ainsi de se concentrer sur les éléments qui relèvent de sa compétence et de les mener à bien (Wood et al., 1976, p. 90). À l'origine, l'étayage était orienté vers des interactions individuelles avec un.e enfant ou élève, mais l'éventail des situations d'étayage s'est élargi dans plusieurs directions, dont l'apprentissage de l'élève en contexte scolaire, et même appliqué à des situations de classe entière (Smit, van Eerde et Bakker, 2013). Enfin, au-delà de la résolution de problèmes, l'étayage peut concerner la compréhension - comme le fait de relier un nouvel élément de connaissance à un élément déjà familier, ou de mieux l'intégrer dans un réseau de notions déjà organisées socialement.

Les moments de cours n'ont donc malgré tout pas disparu des salles de classe : même dans un modèle d'enseignement fondé sur une conception constructiviste de l'apprentissage, le discours de l'enseignant.e a toujours un rôle à jouer. En effet, on ne peut pas attendre des élèves qu'ils et elles trouvent ou réinventent les théorèmes, les définitions, les formules ou le vocabulaire mathématiques habituels sans aucune aide, en particulier dans l'enseignement post-secondaire (Lobato, Clarke et Ellis, 2005). Ainsi, dans les classes de mathématiques du secondaire français, une partie substantielle de nombreuses séances nous semble encore être consacrée à des moments où les enseignant.e.s exposent les connaissances que les élèves sont censé.e.s apprendre, présentant, en partie par écrit en partie oralement, certains objets mathématiques (théorèmes, propriétés, formules ou définitions, et vocabulaire, méthodes, preuves) et des commentaires sur ces objets.

b) Caractériser les moments de cours

Les activités des élèves étant particulièrement difficiles à appréhender pendant les MTT, nous devons faire un " détour " pour pouvoir analyser leurs effets potentiels sur l'apprentissage des élèves.

Lien avec les moments de résolution de tâches

Dans les MTT, nous avons très peu de traces des activités des élèves (par rapport aux moments de résolution d'exercices). En effet, les tâches des élèves pendant un moment de cours ne sont pas évidentes pour les chercheur.e.s, à part l'écoute et l'écriture, qui sont trop générales pour être étudiées comme nous le souhaitons, si bien que nous devons adapter la méthodologie d'analyse des moments d'exercices (Horoks & Robert 2007). Analyser un MTT ne nécessite

pas seulement de décrire les définitions et propriétés mathématiques visées discutées pendant ce moment, mais aussi les différentes tâches associées qui peuvent être résolues, et leur mise en œuvre en classe, influençant les manières de travailler des élèves.

En amont d'un MTT, des tâches introductives peuvent être proposées, impliquant dans un contexte spécifique la nouvelle notion ou le nouveau théorème en jeu, avant que cette notion ou ce théorème ne soit présenté pour la première fois sous une forme générale. Il peut s'agir d'un cas particulier où la notion générale doit être utilisée (partiellement) ou d'une tâche de modélisation ; elle peut aussi préparer l'introduction d'une nouvelle formalisation comme des mots spécifiques (vocabulaire) rencontrés pour la première fois sur des exemples ; ou encore permettre aux élèves de travailler sur certains éléments mathématiques utiles à la présentation générale. L'idée est de créer un besoin intellectuel pour ce nouvel élément de connaissance pour les élèves (idée fondée sur notre perspective constructiviste de l'apprentissage), avant son utilisation recontextualisée dans d'autres tâches.

Ensuite, dans les séances qui suivent un MTT, les élèves doivent généralement utiliser, avec ou sans adaptations, les nouvelles connaissances générales dans des exercices, dans des contextes variés, avec plus ou moins de temps et d'initiative, avec l'enseignant.e ou à la maison, selon le temps consacré à ces contenus. Généralement, les enseignant.e.s attendent de leurs élèves à la fois qu'ils/elles mémorisent le libellé d'un théorème donné (resp. une définition, une propriété, etc.) et qu'ils/elles soient capables de l'utiliser dans divers exercices, même si cela n'est pas explicitement indiqué dans l'énoncé. Mais les élèves n'utiliseront pas nécessairement l'ensemble du contenu du MTT, et ce dernier ne sera peut-être pas complètement évalué, notamment sur sa formulation formelle.

C'est par l'étude du discours de l'enseignant.e que nous essayons d'accéder aux activités possibles des élèves pendant les MTT, dans leur articulation avec les tâches précédentes et ultérieures, afin de mieux saisir le mouvement des connaissances contextualisées vers les connaissances généralisées et inversement. Les lacunes à combler, entre les nouvelles connaissances et les connaissances antérieures, peuvent différer d'un.e élève à l'autre, en fonction de sa ZPD, mais nous supposons qu'il est important pour l'enseignant.e de les identifier. Par conséquent, combler les lacunes signifie, entre autres, clarifier autant d'aspects implicites que possible. Ceci constitue l'un des enjeux principaux des MTT : ne pas être trop éloigné.e des connaissances "réelles" des élèves mais aussi en relation directe et explicite avec ce qui est à construire. Nous tentons alors d'analyser le discours des enseignant.e.s lors des MTT en gardant à l'esprit les questions suivantes : qu'est-ce qui est ou devrait être ajouté par l'enseignant.e au contenu mathématique montré, pour permettre aux élèves d'apprendre, à partir de ce qu'ils et elles savent déjà ou ont déjà fait ?

En complément de nos analyses des activités mathématiques des élèves possiblement provoquées par les tâches qui leur sont prescrites, et modifiées par les interventions plus ou moins fréquentes et riches de l'enseignant.e en classe pendant leur résolution, nous élargissons donc l'étude des aides que l'enseignant.e apporte, des commentaires qu'il/elle ajoute, des questions et des réponses qui se produisent, et de ses tentatives de connecter un nouvel élément de connaissance avec ce que les élèves savent déjà (ou peuvent résoudre). Notre objectif est de comprendre les effets possibles de ces interventions sur l'activité mathématique des élèves. Ici aussi, afin d'évaluer les éventuelles activités des élèves provoquées par l'enseignement et leur potentiel en termes de conceptualisation d'une nouvelle connaissance donnée, nous devons tenir compte de la spécificité de chaque connaissance mathématique particulière, à travers le *relief* que nous construisons sur les notions visées.

Caractériser les choix des enseignant.e.s

Même si on peut s'accorder sur une liste d'éléments généraux à mettre dans une leçon, selon les programmes, l'enseignant.e a de nombreux choix à faire concernant le moment de cours. Ceux-ci peuvent concerner le niveau de généralité, le formalisme adopté, le niveau de rigueur, les preuves données, ce qui reste caché (implicite), la répartition entre l'écrit et l'oral ; ce sont des variables importantes entre ses mains. Parfois, l'enseignant.e peut se contenter de donner un exemple générique (Mason & Pimm, 1984), au lieu d'un énoncé général, à utiliser comme une règle : les élèves devront alors reconnaître d'autres cas analogues et remplacer les valeurs choisies par d'autres. Parfois, il ou elle explique les raisons des théorèmes (historiques, mathématiques) ou insiste sur la façon dont ils doivent être utilisés. Certaines preuves peuvent être ajoutées, ou la mention que le théorème est admis. Des exemples ou des exercices résolus peuvent également être ajoutés après les énoncés généraux pour illustrer la leçon, avec plus ou moins de temps pour que les élèves puissent les travailler par eux/elles-mêmes. Une autre variable concerne tous les commentaires ajoutés, qu'ils aient été prévus ou qu'ils soient improvisés. Tous ces choix sont liés aux contenus en jeu, en fonction du niveau scolaire et des difficultés connues des élèves.

Par ailleurs, l'organisation du moment de cours peut aussi être très différente selon les enseignant.e.s : d'un cours magistral, où les élèves prennent des notes, avec peu de discussions, à un exposé interactif où les élèves sont souvent interrogé.e.s et peuvent aussi questionner, ou d'un texte dicté à un texte déjà écrit sur une feuille, ou à un texte à trous. Les formulations correspondantes sont généralement écrites au tableau ou sur un autre support et peuvent être copiées par les élèves sur leurs propres cahiers (dictés ou non), dans un cahier de cours spécifique ou une section spécifique de leur cahier. Les théorèmes (resp. les formules...) sont souvent donnés sous une forme déclarative (ce qui peut cacher la façon de les appliquer).

c) Nos hypothèses sur ce qui fait apprendre dans le cours, par le biais des proximités

Ce que nous cherchons à caractériser dans les pratiques enseignantes, pour en inférer des effets sur les activités mathématiques des élèves, ce sont les moyens mis en œuvre pour relier les connaissances mathématiques visées à celles qui se trouvent (peut-être) déjà dans la ZPD de chaque élève de la classe, en s'appuyant plus ou moins sur ce qui s'est passé lors de la résolution de tâches mobilisant ces connaissances.

Les proximités discursives comme moyen d'approcher la ZPD des élèves pendant les MTT

Nous nous concentrons sur la manière dont le discours de l'enseignant.e pourrait amener les élèves à comprendre ce qui est impliqué dans le contenu mathématique général en jeu, et à établir certains liens avec des éléments déjà appris. Après avoir étudié le *relief* de la notion, et mis en évidence ce que les élèves peuvent savoir et ce qui peut leur manquer, nous étudions, dans les commentaires de l'enseignant.e lors des cours, dans quelle mesure la ZPD des élèves a pu être prise en compte. Nous qualifions les extraits de discours correspondants de *proximités discursives* (Robert & Vandebrouck, 2014), que nous utilisons pour caractériser les interventions de l'enseignant.e, lorsqu'il/elle tente de combler les écarts entre les connaissances générales visées et les connaissances ou activités détectées des élèves. Il peut s'agir d'écarts entre de nouvelles connaissances et des connaissances antérieures supposées acquises, ou entre des connaissances générales et des connaissances contextualisées, sur lesquelles les élèves sont censés avoir travaillé ou devront bientôt travailler.

Ce que l'enseignant.e ajoute peut concerner par exemple la différence entre ce qui est écrit (au tableau par exemple) et ce qui est dit (par l'enseignant.e), ou encore ce qui est variable dans un théorème. Cela peut aider les élèves à donner un sens au symbolisme, notamment aux conventions mathématiques, et à comprendre comment l'utiliser. Nous considérons que les proximités peuvent aider les élèves à comprendre comment appliquer une nouvelle connaissance impliquée dans la résolution d'un exercice ou à commencer à comprendre les besoins (« raisons d'être ») d'une notion ou d'un théorème – même si ce qui est diagnostiqué comme potentiellement manquant par les chercheur.e.s dans le discours de l'enseignant.e, n'est peut-être pas réellement utile pour (tou.te.s) les élèves. Les proximités peuvent se produire par le biais de commentaires prévus ou improvisés (réponses aux questions des élèves, par exemple), ou peuvent ne pas se produire, en raison d'un manque de sensibilisation de l'enseignant.e ou d'une mauvaise lecture des difficultés des élèves, ou d'un manque de temps.

Nous détectons les proximités que l'enseignant.e développe dans son scénario et/ou son discours d'enseignement, en analysant son discours réel pendant les séances en classe en lien avec celui des élèves et leurs activités mathématiques. Nous recherchons d'éventuelles opportunités de proximités que nous avons anticipées, qui peuvent « atteindre » la ZPD des élèves : proximités entre les tâches prévues et le texte de la leçon, ou entre les activités effectives des élèves sur les tâches précédentes et les connaissances visées, ou encore entre les questions et les réponses survenant pendant la leçon. Nous essayons ensuite d'identifier les opportunités manquées (proximités absentes), souvent liées à des éléments ou des liens restés implicites, dans un discours qui n'a pas donné lieu à une certaine explication de certains éléments sur le sens de la notion ou sur la manière de l'appliquer, bien que cette explication soit supposée (par les chercheur.e.s) être utile pour l'apprentissage des mathématiques, même si ce n'est que pour une fraction des élèves.

Quel rôle pour les proximités dans les apprentissages des élèves ?

Trois types de *proximités* possibles dans le discours permettent de caractériser les pratiques enseignantes, en fonction de leur place entre les contenus généraux et les contenus contextualisés :

- selon qu'elles relient explicitement les activités des élèves aux connaissances générales (*proximités ascendantes*) ;
- ou les connaissances générales aux activités mathématiques des élèves (*proximités descendantes*) ;
- ces *proximités* peuvent également être exprimées à un niveau uniquement général ou local (*proximités horizontales*).

Ces catégories permettent de caractériser cet aspect des pratiques enseignantes, jusque-là non encore exploré dans nos recherches, sans pour autant que nous sachions dire l'impact que ces différentes *proximités* et leur articulation pourraient avoir sur les apprentissages des élèves. Nous ne doutons pas de l'intérêt des proximités descendantes, permettant de commenter la mise en fonctionnement de connaissances générales dans un contexte donné. De même, nous pensons que les proximités ascendantes, organisées pour généraliser et décontextualiser les éléments mobilisés ou découverts localement dans l'activité mathématique des élèves, si elles sont absentes du discours, pourraient priver les élèves d'une structuration de leurs connaissances favorables à leurs apprentissages. Les proximités horizontales enfin nous semblent pouvoir lever des implicites dans les passages entre plusieurs aspects d'un même objet (en particulier entre leurs différentes représentations). Finalement, ici encore, c'est la présence et la variété de ces proximités qui nous semblent être potentiellement riches pour les apprentissages des élèves, tandis que leur absence nous paraît potentiellement créer ou aggraver les écarts entre les élèves.

d) Des effets des choix faits pour les MTT ?

Quels effets potentiels des cours pouvons-nous attendre sur l'apprentissage puisque nous n'avons aucun moyen d'approcher ce qui se passe dans la tête des élèves ? Comment distinguer les effets des cours des effets de l'ensemble du processus ?

Que ce soit dans le contexte des classes ordinaires ou dans la tendance actuelle des classes inversées, une question demeure concernant les commentaires de l'enseignant.e : en dire trop, en dire trop peu ? Le défi de l'adaptation à la diversité des élèves n'est pas spécifique aux MTT. Les élèves ayant des difficultés d'apprentissage peuvent probablement en effet être submergés par trop de commentaires relatifs aux niveaux conceptuels mathématiques. La mise en œuvre des *proximités* nécessite d'être sensible aux réactions des élèves dans une phase où leur activité est justement principalement « cachée ».

Il semble nécessaire d'étudier davantage ces moments, en lien avec les contenus mathématiques visés, afin de pouvoir établir une certaine régularité dans les pratiques d'enseignement concernant les cours, et essayant d'en apprécier certains effets.

2) Et en dehors de la classe ?

Dans l'étude développée dans de Hosson et al (2020) et le projet Sarabandes, la production des élèves n'est pas la solution d'un exercice de mathématiques, mais une bande dessinée, dans le cadre d'un « atelier BD-Sciences ». Ici il n'est pas question d'évaluer l'impact d'un enseignement sur des apprentissages, mais il s'agit tout de même d'une interrogation des chercheur.e.s sur la façon dont circulent les savoirs scientifiques, hors contexte scolaire, depuis un exposé de recherche jusqu'à une planche de bande dessinée. Nous interrogeons plus particulièrement ici les liens possibles entre les choix faits pour cet exposé scientifique, et leurs effets sur la façon dont les savoirs sont mobilisés dans la planche produite.

Les « ateliers BD-Sciences », créés en 2011 par l'association Stimuli, ont pour objectif de permettre à des collégien.ne.s et lycéen.ne.s de devenir, hors temps scolaire, auteur.e.s d'une planche de bande dessinée mettant en scène un ou des savoirs de sciences. Concrètement, un dessinateur, une dessinatrice professionnel.le, un.e jeune chercheur.e et un médiateur ou une médiatrice scientifique accompagnent une dizaine d'adolescent.e.s volontaires, de classe d'âge homogène, dans la création de récits de bande dessinée traitant d'une thématique de science découverte pendant l'atelier. La mission incombant à chaque adolescent.e est d'être l'auteur.e d'une planche de bande dessinée, destinée à être lue et comprise par des personnes n'ayant pas assisté à l'atelier et montrant un lien explicite avec le thème scientifique traité. L'histoire et les contenus sélectionnés par l'élève sont laissés à son libre choix. Nous questionnons alors la place du savoir scientifique dans les planches de BD des élèves-auteur.e.s, leur validité, et les écarts éventuels entre les savoirs scientifiques présentés par le/la chercheur.e et ceux présents dans la planche de BD.

L'élaboration à l'œuvre ne garantit pas nécessairement la préservation de l'intégrité des éléments du discours savant, les règles sémiotiques de la bande dessinée risquant en effet de contraindre la manière dont les éléments de discours savant se disent et se dessinent, portant ainsi atteinte à leur conformité (voire à leur présence). Il serait pour autant inexact d'interpréter de telles distorsions uniquement en termes de connaissances incorrectes des élèves-auteur.e.s. Autrement dit, la figuration d'un savoir scientifique erroné dans une planche de BD-sciences n'est pas nécessairement le signe d'un apprentissage manqué à l'occasion de l'atelier. De fait, les planches de BD-sciences vont contenir des traces de discours savant, plus ou moins saillantes, explicites, repérables, plus ou moins fidèles, plus ou moins correctes dont la figuration dépend de plusieurs facteurs, dont les buts que les élèves-auteur.e.s assignent à leur

planche. La place et la forme prises par ces éléments de discours au sein de la planche, en particulier, leur lien avec l'intrigue narrative, le contexte choisi pour les mettre en scène (plus ou moins proche de celui du discours savant) forment autant d'indicateurs pertinents pour inférer une certaine assimilation des codes sémiotiques et narratifs, des éléments de discours savant, une accommodation de ces éléments et des éléments sémiotiques et narratifs chez l'élève-auteur.e.

Six ateliers d'une journée entière (12 à 18 heures) ont été organisés, axés sur trois disciplines universitaires (physique, mathématiques et biologie). Au total, 41 adolescent.e.s y ont participé, et les bandes dessinées créées par les participant.e.s ont été recueillies. D'une manière générale, nous constatons que les éléments de la présentation scientifique (informations scientifiques sur des concepts et/ou des processus) remplissent différents rôles et se trouvent à différents endroits du récit selon les planches. Ils peuvent être regroupés en trois groupes distincts, selon que les éléments savants participent ou non de la narration. Nous avons pu faire en particulier un constat important : les bandes dessinées de mathématiques étaient les seules où la majorité des récits (6 sur 9) étaient fondés sur le processus exact décrit dans la présentation du/de la doctorant.e, en particulier lorsque les participant.e.s à l'atelier avaient été impliqué.e.s dans des activités mathématiques de cassage de code et de cryptage pendant l'atelier, ce qui replace, dans ce contexte différent, le rôle de l'activité mathématique de l'élève dans sa capacité non seulement à restituer, mais aussi à mobiliser certains éléments du savoir scientifique.

D. Conclusion du chapitre 1 : des outils pertinents pour éclairer certains effets des pratiques, à petite échelle et sans tenir compte des traces des activités effectives des élèves en classe

Dans ces différentes recherches, nos outils d'analyse a priori des tâches et de caractérisation des pratiques enseignantes nous ont permis de voir se dessiner des effets de certains choix des enseignant.e.s, en lien avec les activités mathématiques qu'ils provoquaient ou non chez les élèves. Ainsi le travail autonome et varié de certaines mises en fonctionnement des connaissances, soutenu par un discours permettant de relier les activités des élèves aux connaissances visées, nous semble favorable aux apprentissages d'une majorité des élèves.

D'autres recherches sont en cours pour prolonger ces études de cas : sur les fonctions en classe de 3^e, sur le calcul et la résolution de problèmes au cycle 3, sur le calcul littéral au cycle 4. à la différence de ces premières recherches, qui observaient des enseignant.e.s sans se donner pour objectifs de faire évoluer leurs pratiques, les recherches en cours impliquent des enseignant.e.s désireux/ses de faire progresser leurs élèves et d'enrichir leurs pratiques, et supposent donc une autre façon de faire de la recherche ensemble, sur un temps long et en partageant nos outils et questions de recherche (voir chapitre 4). La question du passage de l'étude de quelques cas à une étude à plus grande échelle (d'effectif ou de temps) est aussi au cœur de nos questionnements méthodologiques (voir chapitre 3) afin de valider les résultats obtenus ici.

D'autre part, l'outil utilisé ici pour attester les effets des pratiques observées sur les apprentissages des élèves n'a pas été analysé en tant que tel : en effet, l'évaluation sommative conçue par les enseignant.e.s impliqué.e.s dans nos recherches n'a pas été étudiée pour elle-même, c'est-à-dire non pas pour les informations qu'elle nous apporte sur les apprentissages des élèves, mais pour ce qu'elle nous dit des pratiques enseignantes. Pourquoi ce choix de tâches parfois tellement éloignées de celles traitées en classe auparavant ? Que cherche-t-on alors à évaluer ? Et plus largement, quels effets de ces choix d'évaluation sur les apprentissages

des élèves ? Pour répondre à ces questions, une prise en compte de l'évaluation dans les pratiques, de façon plus globale, nous a semblé nécessaire, et nous détaillons dans le chapitre 2 nos choix pour traiter de la question de l'évaluation, et résultats apportés par cette nouvelle entrée pour l'analyse des pratiques.

Chapitre 2 - L'évaluation : un nouvel indicateur pour les pratiques... mais aussi un moteur des apprentissages et un levier de formation ?

A.	Élargir ce qu'on entend par « évaluation »	38
1)	Une définition de l'« évaluation »	38
2)	Différentes fonctions de l'évaluation dans les pratiques des enseignant.e.s : le cas de l'évaluation formative.....	38
B.	L'évaluation au cœur des pratiques d'enseignement et des apprentissages : redéfinition de nos questions de recherche	40
1)	Pratiques d'évaluation.....	40
2)	Nos hypothèses sur les liens entre évaluation et apprentissages	40
3)	Les moments de mise en commun : un temps privilégié pour l'évaluation formative ?.....	41
C.	Quelques résultats sur les pratiques d'évaluation	43
1)	Un exemple en algèbre au cycle 4 pour montrer comment la question de l'évaluation remodèle nos recherches sur les pratiques et leurs effets	43
a)	Méthodologie	44
b)	Composante cognitive : le choix des tâches pour enseigner/évaluer	45
	Un peu de <i>relief</i> sur le calcul littéral au cycle 4	45
	Des évaluations incomplètes.....	45
	Des écarts entre enseigné et évalué qui donnent à voir le rapport de l'enseignant à l'évaluation ?	46
c)	Composante médiative : l'analyse des déroulements sous l'angle de l'évaluation formative	48
	Régularité et diversité des pratiques d'évaluation informelle lors des mises en commun	48
	Analyse a priori de la tâche.....	48
	Analyse de la mise en commun	49
2)	Un exemple d'analyse de pratiques d'évaluation dans l'enseignement primaire.....	50
a)	Etude des pratiques d'une enseignante lors de la mise en place d'une situation construite par des chercheur.e.s	51
	Analyse a priori des tâches géométriques.....	51
	Analyse des activités mathématiques de quelques élèves.....	52
	Analyse de la gestion de la mise en commun par l'enseignante	52
b)	Étude des pratiques d'une enseignante « experte » lors de la mise en place d'une situation co-construite avec des chercheur.e.s.....	53
D.	En conclusion du chapitre 2 : quels apports des questions relatives à l'évaluation pour nos analyses de pratiques ?	55

A. Élargir ce qu'on entend par « évaluation »

Pour mettre en lien nos analyses des activités des élèves et celles de l'enseignant.e, nous avons convoqué des notions développées dans le champ des recherches en évaluation. Nous considérons en effet que les récents travaux sur l'évaluation concourent aux analyses visant à prendre en considération les élèves « réel.le.s » et leurs activités mathématiques effectives observables – contrairement à ce que nous avons développé dans nos précédentes recherches – pour construire un enseignement adapté ou analyser un enseignement observé.

1) Une définition de l'« évaluation »

L'évaluation, sous certaines conditions, permet d'attester des apprentissages des élèves, mais est-elle perçue comme un processus qui permet aussi d'apprendre ou de faire apprendre ? Il existe nombre d'acceptions de ce terme, plus ou moins en lien avec les apprentissages des élèves, ce qui implique de choisir notre propre définition, nous permettant de réfléchir autrement à ces processus d'évaluation et à la façon dont ils vivent dans les pratiques enseignantes, afin d'éclairer d'une lumière nouvelle nos analyses de pratiques.

Nous nous référons pour cela à la définition de De Ketele & al. (1997, p. 34) pour qui : « *évaluer signifie : recueillir un ensemble d'informations suffisamment pertinentes, valides et fiables, examiner le degré d'adéquation entre cet ensemble d'informations et un ensemble de critères adéquats aux objectifs fixés au départ ou ajustés en cours de route, en vue de prendre une décision.* »

Dans notre approche de l'évaluation par prise d'informations et de décisions, nous accordons une place centrale aux contenus mathématiques. En effet, prendre des informations fiables et en faire une exploitation pertinente pour les apprentissages suppose non seulement une gestion de la classe qui repose au moins en partie de ce que font ou savent les élèves, mais aussi de prendre en compte, dans les connaissances ou les procédures repérées, les spécificités du savoir en jeu. Ces prises d'informations et de décisions dépendent aussi des fonctions données à l'évaluation (Rey & Feyfant, 2014) par l'enseignant.e.

2) Différentes fonctions de l'évaluation dans les pratiques des enseignant.e.s : le cas de l'évaluation formative

La prise en compte des différentes contraintes et marges de manœuvre liées au métier d'enseignant.e, et en particulier relativement à la composante institutionnelle des pratiques, nous permet d'envisager le fait que l'évaluation n'a souvent pas pour seule fonction de faire apprendre des mathématiques aux élèves. L'évaluation des apprentissages, plutôt sommative, est souvent plus présente que l'évaluation pour l'apprentissage à visée formative (Bodin, 1997). D'où l'importance d'analyser les pratiques pour mieux comprendre les fonctions données à l'évaluation par les enseignant.e.s.

Nous partons des catégorisations usuelles de l'évaluation (diagnostique, formative, sommative), largement présentes dans la littérature professionnelle (Rey & Feyfant, 2014) même si nous interrogeons leur fonction. En effet, même si cette catégorisation permet de situer la temporalité des tâches d'évaluation dans une séquence d'enseignement, elle ne permet pas de rendre compte du fait qu'elles peuvent avoir plusieurs finalités. Les tâches correspondantes permettent parfois de prendre de l'information sur ce que les élèves savent déjà, pour pouvoir aborder de nouveaux apprentissages (évaluation diagnostique), tout en faisant le bilan de ce qu'ils/elles viennent d'apprendre (évaluation sommative) et en donnant à l'enseignant.e les

moyens d'adapter le contenu des futures séances ou séquences suivantes (évaluation formative). Suivant la fonction de l'évaluation, le recueil et l'exploitation d'informations peuvent se faire de différentes manières, plus ou moins formelles et avec des effets plus ou moins grands sur les choix ultérieurs des enseignant.e.s. Par exemple les informations fournies par une évaluation certificative, dont la fonction est de délivrer un diplôme, sont probablement moins exploitées par l'enseignant.e, du point de vue des apprentissages, que celles issues d'une évaluation diagnostique conçue pour vérifier les prérequis des élèves avant l'introduction d'une notion nouvelle

Pour Black & Wiliam (1998), l'évaluation est formative lorsque les informations recueillies par l'enseignant.e sont utilisées pour répondre aux besoins des élèves et lorsqu'en retour l'élève s'engage dans la tâche et peut s'auto-évaluer : « *The term assessment refers to all those activities undertaken by teachers, and by their students in assessing themselves, which provide information to be used as feedback to modify the teaching and learning activities in which they are engaged. Such assessment becomes "formative assessment" "when the evidence is actually used to adapt the teaching work to meet the needs.* » (page 2). Quant à Ash & Levitt (2003), ils soutiennent que l'évaluation formative est une activité commune entre l'enseignant.e et l'élève, qui reste assez proche de ce que l'élève sait déjà faire. L'enseignant.e recueille des indices de l'activité de l'élève, dans le but de les analyser et de prévoir l'étape suivante pour aider l'élève à évoluer. Les informations prises et éventuellement les prises de décisions sont donc une mémoire pour l'enseignant.e mais aussi pour l'élève, ce qui nous amène à symétriser la question de l'évaluation : la prise d'informations et son exploitation peuvent se faire du côté de l'élève, sur ses propres apprentissages ou activités et leur écart par rapport à ce qui est attendu, et/ou du côté de l'enseignant.e.

La définition de l'évaluation formative a été élargie au cours du temps (Allal & Mottier Lopez, 2005) : si elle a d'abord été considérée comme un événement spécifique qui a lieu après une phase d'enseignement, on y a inclus par la suite également les interactions menées de manière plus informelle et pouvant être intégrées dans chaque activité d'enseignement et d'apprentissage. Hadji (1989, p. 175) souligne, pour une évaluation formative efficace, l'attention à porter au choix des tâches, en lien avec les processus d'apprentissage de savoirs précis : « *... des tâches qui correspondent aux comportements significatifs de la discipline enseignée, et qui soient centrés sur des obstacles spécifiques, exigeant la mise en œuvre des compétences visées à travers la discipline* ».

En particulier, la nature formative de l'évaluation nous semble dépendre à la fois des tâches sur lesquelles les élèves sont formellement évalué.e.s et de leur lien avec les tâches proposées lors des séances d'enseignement, mais aussi de la façon dont l'enseignant.e s'appuie effectivement sur les activités mathématiques effectives visibles des élèves lors de la résolution de ces tâches, pour leur permettre d'apprendre. Nous étudions aussi les responsabilités qui sont laissées aux élèves dans ce processus, et dont nous pensons qu'elles peuvent avoir une influence potentielle sur leurs apprentissages.

D'autres fonctions peuvent être données à l'évaluation par l'enseignant.e, plus ou moins éloignées de la prise d'informations sur laquelle nous nous appuyons pour définir l'évaluation qui nous intéresse : satisfaire l'institution, inciter les élèves à travailler ou sanctionner leur manque de travail, etc (Merle, 2015). De même, les élèves peuvent avoir leurs perceptions du rôle de l'évaluation et leurs propres motivations pour travailler (acquérir de nouveaux savoirs / avoir une note suffisante). Ces fonctions, parfois détournées, peuvent malgré tout participer directement ou non aux apprentissages des élèves.

B. L'évaluation au cœur des pratiques d'enseignement et des apprentissages : redéfinition de nos questions de recherche

En amont de la thèse, mon travail de DEA de didactique des mathématiques (2001, non publié), avait déjà porté sur l'étude des interactions entre une enseignante (moi) et ses élèves – sans utiliser le champ de l'évaluation alors en dehors de mes recherches – pour déterminer de quelle façon chaque intervention de l'enseignante s'appuyait sur l'activité mathématique de l'élève, pour petit à petit s'en éloigner et amener l'élève plus près des savoirs visés. Finalement, analyser les pratiques sous l'angle de l'évaluation amène à une redéfinition de ce qu'on y regarde à travers d'autres termes (prendre de l'information, l'interpréter, l'exploiter), qui permettent selon nous une plus grande finesse d'analyse, et la formulation d'hypothèses sur ce qui peut être formatif dans ce processus, reliant ainsi les pratiques et leurs effets sur les apprentissages des élèves.

1) *Pratiques d'évaluation*

Compte tenu de la définition que nous avons choisie pour « évaluer », nous entendons par « pratiques d'évaluation » des apprentissages des élèves, tout ce qui dans la pratique de l'enseignant.e participe à :

- une prise d'informations sur les activités mathématiques des élèves et / ou les connaissances mathématiques que ces activités mobilisent, qui peuvent être repérées à différents niveaux : dans les résultats produits par les élèves ou les procédures qui les ont mené.e.s à ces résultats, à travers la résolution d'un ensemble de tâches ;
- une interprétation de ces informations, en référence à des éléments qui peuvent être variés et plus ou moins locaux (les réponses attendues par l'institution à un niveau donné, ou par l'enseignant.e dans un établissement donné, voire pour une classe ou un élève particulier), mais aussi en référence aux savoirs mathématiques visés et à la façon de les mobiliser avec plus ou moins d'expertise dans ces tâches ;
- une exploitation enfin de ces informations, à plus ou moins court terme (selon que cela infléchit ou non le projet d'enseignement, immédiatement ou lors de futures séances), donc à la fois à travers l'organisation des interactions avec les élèves, l'élaboration du discours mathématique porté sur leurs productions pour les valider ou les invalider, les liens tissés entre ces productions et les savoirs visés pour les situer par rapport à ce qui attendu, mais aussi plus globalement la régulation des apprentissages (Allal & Mottier Lopez, 2007) pour l'ensemble de la classe ou pour certain.e.s élèves en particulier. La prise de décision menant à cette exploitation des informations recueillies peut être différée de cette prise d'informations. Elle peut aussi ne pas intervenir. Dans ces deux cas, cela ne rend pas le processus accessible à l'observateur

2) *Nos hypothèses sur les liens entre évaluation et apprentissages*

Nous ne cherchons pas ici à définir de bonnes pratiques d'évaluation, mais, suivant la définition choisie, à déterminer les conditions nécessaires pour une prise d'informations pertinentes sur les connaissances ou procédures mathématiques des élèves, qui permettrait à l'enseignant.e d'apprécier dans une certaine mesure la ZPD de chaque élève, en vue d'une exploitation de ces informations au plus près des apprentissages. Ainsi, nous posons les hypothèses suivantes sur ce qui, selon nous, définit des pratiques d'évaluation formative, compte tenu de nos précédentes recherches sur les pratiques.

Le choix des tâches joue selon nous un rôle fondamental dans les apprentissages des élèves, à travers les activités mathématiques qu'elles provoquent :

- ⇒ un certain choix pertinent (au regard du/de la chercheur.e) de tâches (variées et couvrant le domaine mathématique, pas trop « éloignées » de la ZPD des élèves) permettrait non seulement de développer des activités mathématiques favorables aux apprentissages, mais aussi de **prendre des informations** pertinentes sur ces apprentissages ;

L'analyse des activités mathématiques des élèves, lors de la résolution d'une tâche, en lien avec les connaissances mobilisées et leur mise en fonctionnement, donne en effet accès à certains éléments des ZPD des élèves, et nous permet d'attester de certains de leurs apprentissages :

- ⇒ une **interprétation** des activités mathématiques des élèves, en référence à une analyse a priori des tâches prescrites aux élèves, relative aux savoirs mathématiques visés et outillée par le *relief* de la notion, devrait permettre à l'enseignant.e de prendre appui sur la ZPD de chaque élève pour enseigner, au plus près de ses besoins ;

La gestion de la résolution des tâches par l'enseignant.e pendant les déroulements joue aussi un rôle dans les activités et apprentissages qui peuvent en découler, selon la nature des responsabilités laissées aux élèves dans cette résolution et la teneur mathématique du discours porté sur ces activités :

- ⇒ une **exploitation des informations** prises par l'enseignant.e sur les activités observables des élèves, avec un appui sur la variété de leurs productions et leurs erreurs, ainsi que sur leurs formulations et justifications, leur donnant ainsi un rôle à jouer dans le contrôle et la validation des procédures utilisées et résultats obtenus, devrait permettre d'approcher au mieux la ZPD d'un plus grand nombre d'élèves de la classe, pour (les amener à) situer leurs connaissances mathématiques et les (faire) relier explicitement à celles qui sont visées, et permettre aux élèves d'apprendre.

Finalement, faire rentrer la question de l'évaluation dans nos analyses de pratiques enseignantes, nous amène en particulier à mettre en lumière les activités mathématiques effectives observables des élèves, à travers l'exploitation qui en est faite par l'enseignant.e, à la suite de la recherche d'un exercice, en contrôle ou en classe.

3) Les moments de mise en commun : un temps privilégié pour l'évaluation formative ?

Ainsi, pour observer les pratiques des enseignant.e.s en classe, nous avons essayé de dresser une liste d'indices qui nous paraissent relever de la prise d'informations ou de décision reposant plus ou moins sur les productions et connaissances effectives des élèves. Cette grille nous permet de caractériser des pratiques enseignantes à des moments du travail en classe où il nous semble que l'évaluation est présente. Par exemple pendant les moments de résolution d'exercices, nous supposons que les critères suivants sont des indicateurs d'évaluation potentielle et des moments où il peut être donné aux élèves le moyen de se situer par rapport à leurs apprentissages. Ces critères sont :

- les modalités de recherche (temps et nature de la tâche laissée aux élèves, aides apportées) ;
- les modalités de mise en commun des travaux des élèves (avec appui plus ou moins important sur ce que les élèves ont produit) ;
- le bilan réalisé par l'enseignant.e (avec une validation des travaux corrects et/ou une justification mathématique, et une institutionnalisation éventuelle) ;
- ainsi que les initiatives laissées aux élèves dans ces différentes phases.

Nous nous sommes penchées plus particulièrement sur les moments de mise en commun en classe, qui suivent un temps de recherche des élèves sur une tâche mathématique, de découverte, d'entraînement, de réinvestissement, ou même à la suite d'une évaluation de type sommatif. Nous considérons en effet que ce sont des moments privilégiés pour apprécier les choix des enseignant.e.s pour le repérage et l'exploitation des activités mathématiques de leurs élèves. Dans Allard et al, (2019), dans le cadre d'un numéro spécial de la revue *Éducation et Francophonie* sur le rôle des interactions dans l'enseignement et l'apprentissage, nous détaillons nos outils pour analyser ces moments, sous l'angle de nos hypothèses sur l'évaluation formative.

Nous faisons une différence entre une correction, dans laquelle seraient données la ou les réponses attendues, et une *mise en commun* (Rouchier, 1980) des réponses apportées par les élèves, dans laquelle les productions sont débattues et validées ou invalidées collectivement. Les échanges ayant lieu lors de cette phase du travail en classe dépendent bien évidemment de la nature de la tâche proposée aux élèves (en termes de types de tâches, de niveau de mise en fonctionnement mais aussi de moment de l'étude) et des modalités de travail sur cette tâche (avec plus ou moins de temps et d'autonomie pour les élèves). Le terme de *mise en commun* est largement partagé dans la sphère professionnelle francophone (Artigue et al., 2019) et semble pouvoir recouvrir plusieurs rôles pour l'enseignant.e, en fonction particulièrement du moment où elle intervient par rapport au temps de la recherche des élèves, et suivant qu'elle est suivie ou non d'une nouvelle recherche ou clôt la séance.

Les mises en commun participent à différents moments d'une séance de mathématiques, identifiés en Théorie des situations didactiques (Brousseau, 1998), et jouent un rôle clé dans la dialectique entre les dimensions individuelle et collective de l'apprentissage. La dimension collective participe à la dépersonnalisation des connaissances mathématiques⁸, suite à l'exposition des procédures des élèves, sans garantir leur décontextualisation⁹ (Allard, 2015), comme cela semble être le cas lorsque les interactions entre les enseignant.e.s et leurs élèves se limitent à la description des actions (Margolinas et Lappara, 2008) ou à l'identification des réponses justes ou fausses sans réelle justification. Jorro et Mercier-Brunel (2011) soulignent que « les feedbacks de l'enseignant.e vers les élèves ne garantissent pas toujours une communication explicite qui porterait sur l'analyse des erreurs ou sur la sollicitation d'un raisonnement particulier » (p. 31). Notamment, les gestes à dimension évaluative demandant seulement aux élèves de faire des constats sur le résultat correct de l'exercice ne leur permettent généralement pas de tirer parti de ce moment de correction pour apprendre (Jorro et Crocè-Spinelli, 2010).

Nous supposons que certaines modalités de travail dans les mises en commun sont plus favorables à l'émergence des savoirs et savoir-faire, selon l'appui sur ce qui a été produit par les élèves. Nous tentons de rattacher la caractérisation proposée par Allal et Mottier-Lopez (2005) sur l'évaluation formative à nos outils, issus de la didactique des mathématiques et prenant en compte les contenus mathématiques visés, pour analyser les moments de mise en commun. Dans notre démarche d'analyse, nous détaillons d'abord les actions mises en oeuvre par l'enseignant.e pour réduire l'écart entre ce que les élèves ont produit et ce qui était attendu. La sélection des productions d'élèves à exploiter, avec appui sur leur résultat, leur procédure, ou les connaissances mobilisées pour mettre en oeuvre la procédure, supposent la récupération de traces de l'activité des élèves, à travers des productions écrites ou orales, et le repérage des éléments pertinents pour la mise en commun. La variété des productions choisies (correctes ou

⁸ Dépersonnalisation : relève d'un processus qui permet de détacher le sujet de ce qu'il énonce.

⁹ Décontextualisation : relève d'un processus qui conduit à généraliser un savoir en dehors du contexte dans lequel il a été construit.

non, avec différentes procédures), reflète alors plus ou moins la variété de ce qui a été produit par la classe, permettant ou non à l'ensemble des élèves de voir son travail discuté collectivement. Les difficultés liées à la gestion, par l'enseignant.e, de l'hétérogénéité des productions des élèves, ne peuvent pas être négligées, même si cette hétérogénéité peut présenter une richesse pour la mise en commun. La présentation, (re)formulation et justification des productions des élèves, leur comparaison ou hiérarchisation, avec des critères pour juger de leur pertinence et de leur efficacité, de même que leur validation ou invalidation sont des actions de l'enseignant.e (et des élèves) jouant un rôle selon nous dans la construction des savoirs mathématiques. Leur institutionnalisation, leur décontextualisation et leur généralisation en vue d'autres usages peuvent clore la mise en commun et participer à la structuration des connaissances des élèves, selon les proximités organisées par l'enseignant.e. Ces actions supposent plusieurs étapes pour constater, expliquer, puis corriger les productions et erreurs, avec plus ou moins d'autonomie pour les élèves. Leurs initiatives sont liées à leur ou leurs tâches explicites pendant la mise en commun : noter, justifier, vérifier... ou même résoudre une nouvelle tâche mathématique.

Comme Schubeaur-Leoni (1991), nous relient l'évaluation au « contrat didactique » qui lie les attentes réciproques de l'enseignant.e et des élèves par rapport à un contenu ou à une tâche donnée. Nous interrogeons les objectifs de l'enseignant.e dans l'acte d'évaluer, qui sont plus ou moins explicites pour les élèves, lors des mises en commun, avec un équilibre à maintenir entre statuer sur le juste et le faux, et chercher à expliquer. La place de l'erreur est liée à ce contrat d'évaluation, et participe aux retours faits aux élèves sur leur production, voire sur leurs progrès, et permet de pointer l'écart avec ce qui est attendu. Nous analysons son exploitation en classe, en lien d'une part avec la prise en compte effective des productions mathématiques des élèves, et d'autre part avec les mathématiques mobilisées dans la discussion autour de ces erreurs. L'exploitation d'une erreur individuelle ou repérée pour plusieurs élèves peut être un moyen pour l'enseignant.e de revenir sur une procédure encore mal assimilée et d'exposer des moyens de contrôle, et peut donc servir à la dimension collective de l'apprentissage.

C. Quelques résultats sur les pratiques d'évaluation

Ce qui suit présente la démarche de caractérisation des pratiques d'évaluation et les résultats obtenus (en termes d'analyse et de comparaison des pratiques) dans deux contextes : dans l'enseignement secondaire sur le calcul littéral, et dans l'enseignement primaire en géométrie.

1) Un exemple en algèbre au cycle 4 pour montrer comment la question de l'évaluation remodèle nos recherches sur les pratiques et leurs effets

Les résultats exposés dans ce qui suit ont été obtenus dans le cadre d'un travail collaboratif sur l'enseignement de l'algèbre avec un certain nombre d'enseignant.e.s volontaires de collègue

(entre 4 et 12 selon les années) et des chercheur.e.s, réunis au sein du LéA¹⁰ RMG. Les modalités précises et les effets de ce travail sont discutés dans le chapitre 4.

a) Méthodologie

Pour avoir accès au rapport des enseignant.e.s à l'évaluation (Pilet & Horoks, 2015), nous avons réalisé un entretien individuel avec les quatre enseignant.e.s du LéA RMG participant à la première année du travail collaboratif, guidé par quelques questions, données en amont aux enseignant.e.s. Les entretiens ont été enregistrés et transcrits. Nous nous intéressons en particulier :

- à la prise en compte par les enseignant.e.s de facteurs extérieurs aux apprentissages pour expliquer leurs choix pour évaluer ;
- aux différentes modalités d'évaluation, orale ou écrite, formelle ou non ;
- à la conception des évaluations, quand et à partir de quelles ressources ;
- aux moments d'évaluation dans la séquence, avec quelle annonce faite aux élèves ;
- aux contenus des différents types d'évaluation ;
- aux informations prises dans les évaluations, sur les procédures et connaissances des élèves ;
- à l'exploitation des évaluations faite par les enseignant.e.s ;
- aux retours faits aux élèves à l'oral ou à l'écrit.

Ces entretiens ne sont pas faciles à exploiter car il s'agit avant tout de pratiques déclarées, mais, en les croisant avec les observations en classes, ils nous aident tout de même à expliquer certains choix des enseignant.e.s. Ils montrent en particulier la prégnance du sommatif¹¹, malgré une volonté de faire de l'évaluation formative, ainsi que l'absence relative d'évaluation diagnostique, sous le prétexte de connaître déjà les difficultés des élèves et les élèves qui sont en difficulté.

Nous leur avons aussi demandé de concevoir individuellement, au début de la première année de notre travail collaboratif, un test diagnostique pour mesurer les acquis numériques et pré-algébriques de leurs élèves de 5^e avant d'entrer dans l'algèbre (Horoks & Pilet, 2015). Leurs propositions ont été discutées, en regard de la liste de type de tâches couvrant l'ensemble des prérequis nécessaires pour entrer dans l'algèbre, apportée par les chercheur.e.s.

Nous avons aussi suivi ces enseignant.e.s sur l'ensemble des séquences de calcul littéral proposées dans une année scolaire du cycle 4 (5^e, 4^e puis 3^e), et ce pendant plusieurs années, sans filmer l'intégralité des séances, mais en récoltant une partie des préparations des enseignant.e.s pour reconstituer le scénario de leur enseignement. Cela nous a permis aussi de suivre des cohortes d'élèves pendant plusieurs séquences, voire plusieurs années, selon qu'ils et elles étaient ou non dans la classe de l'un.e des enseignant.e.s observé.e.s.

¹⁰ Les LéA, Lieux d'éducation Associés à l'IFÉ, rassemblent dans un projet de recherche collaborative, inscrit dans une durée d'au moins trois ans, des acteurs d'un lieu d'éducation (établissement, université, association...) qui co-construisent leur questionnement en impliquant une équipe de recherche, l'équipe de pilotage du lieu d'éducation, et leurs partenaires. Les LéA bénéficient d'une organisation en réseau et d'un dispositif d'accompagnement (référénts et correspondants des LéA, manifestations, environnement numérique collaboratif, [blog](#), site...) visant à soutenir les LéA dans la conduite de leur projet de recherche, dans la diffusion des connaissances et des outils produits ainsi que dans leur mise à disposition en formation initiale et continue. Ce Réseau est soutenu par l'ENS de Lyon, et les directions en charge de la recherche-développement des ministères de l'Education nationale, de la Recherche, et de l'Agriculture.

¹¹ Ce qui rejoint les constats de Rey et Feyfant (2014) ou de Sayac (2017),

b) Composante cognitive : le choix des tâches pour enseigner/évaluer

Un peu de *relief* sur le calcul littéral au cycle 4

Pour caractériser en particulier les tâches choisies par les enseignant.e.s de notre groupe de travail collaboratif pour leurs classes, dans la séquence d'introduction à l'algèbre, relativement à l'ensemble des types de tâches représentatifs du domaine de l'algèbre élémentaire au cycle 4, nous nous sommes appuyé.e.s sur les praxéologies de référence définies par Grugeon-Allys (2016) et Pilet (2015), reposant sur l'analyse épistémologique et didactique du domaine. Nous nous intéressons ici uniquement aux expressions algébriques, pour lesquelles la praxéologie de référence comprend trois blocs, justifiés par les technologies mathématiques mises en jeu :

- le premier porte sur la génération des expressions algébriques avec les types de tâches : *Produire une expression dans les problèmes relevant de l'algèbre* (généralisation, modélisation preuve), *Traduire* et *Associer des expressions algébriques à différents registres* ;
- le deuxième concerne l'identification et la structure des expressions et regroupe les types de tâches : *Identifier la structure*, *Tester / Prouver l'équivalence de deux expressions algébriques* et *Choisir l'expression la plus adaptée* ;
- enfin, le troisième groupe concerne la transformation avec les types de tâches : *Substituer*, *Réécrire*, *Développer* et *Factoriser*.

Nous complétons cette analyse exhaustive des types de tâches pouvant être proposés lors de séquences de calcul littéral, par une analyse de la complexité des tâches : pour chaque tâche d'un type donné, nous considérons les techniques ou connaissances mathématiques à mobiliser, et les adaptations que les élèves sont amenés à en faire. Nous caractérisons le niveau de mise en fonctionnement (NMF) des connaissances mathématiques mobilisées (Robert, 1998), en fonction du fait qu'il s'agisse d'une simple reconnaissance des modalités d'application de cette connaissance ou d'une application isolée d'une technique (NMF1), ou qu'il soit nécessaire de convoquer des types de tâches intermédiaires (NMF2), ou encore qu'il y ait besoin de faire des choix (de raisonnement, de registre...) laissés à la charge de l'élève (NMF3)¹².

Cette référence nous permet de catégoriser les tâches choisies par les enseignant.e.s, de repérer des manques, des répétitions, et d'éventuels écarts entre les tâches choisies pour la séquence et celles choisies pour l'évaluation sommative.

Des évaluations incomplètes

Les évaluations diagnostiques produites par les quatre enseignants.e.s impliqué.e.s au début du projet, et la discussion qui a suivi, nous ont permis de repérer des régularités chez ces enseignant.e.s :

- Des tâches répétitives comme la traduction d'une aire ou d'un périmètre d'une figure connue en formule algébrique ou l'exécution de programmes de calculs, ne couvrant qu'une partie du domaine testé ;
- Une absence de certaines tâches, qu'on ne trouve par ailleurs généralement pas dans les manuels de ce niveau, par exemple les tâches portant sur les équivalences d'écritures ou sur la généralisation, qui sont des pré-requis importants selon nous pour l'entrée dans l'algèbre ;
- Des justifications des choix de tâches effectués pour le diagnostic, en lien avec des critères liés au public (Zone d'Éducation Prioritaire) et à ce qui est généralement traité en classe de 6^e (ce

¹² Nous avons adapté notre catégorisation des adaptations des connaissances au contenu mathématique visé, et l'avons simplifiée pour la partager avec les enseignant.e.s du LéA RMG, afin de pouvoir mener ensemble le codage des tâches (voir chapitres 3 et 4 pour des éléments sur l'implication des enseignant.e.s dans la recherche, et les effets possibles de ce dispositif sur leur développement professionnel).

qui dénote une volonté de tester les élèves sur ce qu'ils et elles ont vraisemblablement vu précédemment), mais pas avec des critères liés aux contenus mathématiques et aux besoins supposés des élèves.

Ce premier dispositif, en pointant d'une part la couverture limitée du domaine algébrique et d'autre part l'accent mis sur les raisons institutionnelles ou sociales plutôt qu'épistémologiques ou didactiques, a permis de faire construire par la suite aux enseignant.e.s une évaluation diagnostique commune, passée dans les classes, et exploitée avec elles et eux pour repérer dans les différentes procédures des élèves des éléments d'analyse de l'état de leurs connaissances liés au contenu spécifique. Cette évaluation a servi de pré-test pour évaluer, pour les chercheur.e.s, les connaissances initiales des élèves, mais n'a pas ou peu été exploitée par les enseignant.e.s pour la suite de leur enseignement cette année-là ou les suivantes, ce qui nous semble montrer la difficulté d'enrichir leurs pratiques à l'aide de cet outil diagnostique.

Des écarts entre enseigné et évalué qui donnent à voir le rapport de l'enseignant à l'évaluation ?

En comparant dans Pilet & Horoks (2019) les pratiques d'évaluation sommative formelle des enseignant.e.s (test écrit de fin de chapitre), nous avons pu dégager des choix cohérents et stables.

Dans un premier temps, l'analyse des énoncés de leur premier contrôle de l'année, lors de la première année du travail collaboratif, complétée par celle des entretiens mentionnés ci-dessus, nous a permis de mieux connaître leur pratiques d'évaluation sommative. Leurs réponses à nos questions sur les choix de tâches et les retours faits aux élèves ont montré une grande variété dans les tâches qu'ils et elles proposaient, et résultant probablement de vues différentes sur les fonctions données à cette évaluation (voir tableau 3 pour une comparaison des pratiques de deux enseignant.e.s, pour lesquels ont voit des différences, tant dans le choix des tâches que dans les fonctions données au test), malgré le fait que ces enseignant.e.s travaillaient dans le même collège et souvent ensemble.

	Enseignant G (année 1)	Enseignante M (année 1)
Variété des tâches	Tâches répétitives	Tâches différentes
Complexité des tâches du test / tâches données précédemment en classe	Similaire à celles traitées en classe	Plus complexes que celles traitées en classe
Informations prises (déclaratif)	Sur le résultat	Sur la procédure
Feedback aux élèves (déclaratif)	Note sur la copie	Note sur la copie
Fonction du test sommatif (déclaratif)	- Donner des notes à l'institution - Travailler sur les fondamentaux	- Apprendre en s'adaptant à une situation différente - Adapter le plan d'enseignement à l'avance

Tableau 3 : comparaison des pratiques d'évaluation sommative de deux enseignant.e.s du LéA lors de la première année

Nous comparons la complexité, pour chaque enseignant.e et entre elles et eux, des tâches proposées avant et pendant l'évaluation sommative. Nous repérons des écarts plus ou moins grands (cf. tableau 3), et les interprétons par rapport à la fonction que chacun.e déclare donner à l'évaluation sommative. Les entretiens permettent aussi de constater chez ces enseignant.e.s une relative absence de retours faits aux élèves sur leurs évaluations, pour lesquels ils et elles se contentaient alors de fournir une note sans donner les éléments nécessaires pour comprendre leurs erreurs et les limites de leur raisonnement. Ce constat est certainement à nuancer là encore suivant les fonctions données au contrôle de fin de chapitre.

Dans Haspekian & al (2017) nous avons analysé l'ensemble des tâches proposées sur les expressions algébriques par un autre de ces enseignant.e.s à sa classe de 3^e (enseignant F., cf. tableau 4), lors de la troisième année du groupe de travail. Nous distinguons les tâches

travaillées en classe (en noir), de celles travaillées en « devoir à la maison » (en gris) ou données en évaluation formelle (en **gras**). Le nombre 1, 2 ou 3 indique le niveau de mise en fonctionnement. Le codage * indique que la convocation du type de tâche était à la charge de l'élève (car il constitue une sous-tâche, non indiquée, de la tâche prescrite). L'analyse de l'ensemble des tâches dévoile que, chez cet enseignant, le niveau de complexité des tâches varie en fonction des modalités :

- en classe : la complexité des tâches proposées est variable, mais apprécier ce qui est effectivement laissé à la charge des élèves requiert une analyse complémentaire du déroulement ;
- à la maison : les types de tâches sont déjà rencontrés en classe mais souvent proposés à la maison avec des sous-types de tâches à la charge des élèves (codage *) ;
- en contrôle : les types de tâches ont déjà été rencontrés en classe, souvent de façon répétitive, avec des niveaux de complexité équivalents.

Il y a donc peu d'écart entre ce qui est évalué (en gris à la maison et en gras en classe) et ce qui est travaillé en amont en classe (en noir). Les types de tâches présents lors de l'évaluation sont ceux déjà travaillés en classe et avec un niveau de mise en fonctionnement des connaissances presque toujours égal ou inférieur. Nous pouvons aussi remarquer que certaines des séquences en algèbre sont organisées sans qu'il y soit proposé d'évaluation formelle. Toutefois, il serait nécessaire de prendre en compte le déroulement afin d'analyser ce qui est effectivement laissé à la charge des élèves, suite aux interventions de l'enseignant. Nos cadres d'analyse des déroulements s'inscrivent dans cette perspective et visent à repérer leurs potentialités à faire apprendre et donc à favoriser une évaluation formative des apprentissages des élèves.

Type de tâches	Séquence 1 « Calculs numériques »	Séquence 2 « Factoriser »	Séquence 3 « Programmes et développement »	Séquence 4 « Identités remarquables »
Conjecturer			Exercice : 1,1,1,1,1 Contrôle 1	Exercice : 1 <i>DM : 1</i> Contrôle : 1,1
Prouver à l'aide d'un contre-exemple			Exercice : 1, 2, 2, 3, 3, 3 Contrôle : 2	
Modéliser / généraliser	<i>Devoir maison : 2</i>			
Prouver une propriété ou l'équivalence de PC				Exercice : 2 Devoir maison : 3 Contrôle : 2, 2, 2
Traduire Associer	Exercice : 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2 <i>Devoir maison : 1*</i> Contrôle : 2		Exercice : 1, 1, 1*, 2, 2, 2, 2, 2*, 2*, 2* Contrôle : 1, 2, 2	Exercice : 2, 2, 2 <i>Devoir maison : 1*, 2</i> Contrôle : 2, 2
Prouver l'équivalence			Exercice : 1	Contrôle : 3
Déterminer la structure				
Développer			Exercice : 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1*, 1*, 1*, 1*, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2*, 2* Contrôle : 2, 2, 2, 2*	Exercice : 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2 <i>Devoir maison : 1*</i> Contrôle : 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2
Factoriser		Exercice : 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2 <i>Devoir maison : 1, 2</i> Contrôle : 1, 2		Exercice : 3, 3, 3, 3, 3, 3
Réduire				
Réécrire				
Substituer	Exercice : 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1			
Calculer (calcul réfléchi)		Exercice : 1, 1, 1		

Tableau 4 – Analyse de l'ensemble des tâches proposées par l'enseignant F. en 3e sur les expressions algébriques

c) Composante médiative : l'analyse des déroulements sous l'angle de l'évaluation formative

Régularité et diversité des pratiques d'évaluation informelle lors des mises en commun

Nous avons transcrit et analysé un extrait issu d'une séance de classe de 3^e de l'enseignant G. du LéA RMG, pour caractériser la place de l'évaluation formative dans ses pratiques, lors de la troisième année du groupe re travail.

Analyse a priori de la tâche

La tâche donnée aux élèves consistait à effectuer le calcul réfléchi suivant : $3 \times 128 + 7 \times 128$. Il s'agissait d'un exercice d'entraînement de début de séance, reposant sur la factorisation de termes identiques dans une suite de calculs pour se ramener à un produit plus facile à effectuer, ici $(3 + 7) \times 128$, donc finalement 10×128 , avec une multiplication par 10 que les élèves de 3^e ont automatisée depuis longtemps. Cette séance a été proposée en fin d'année, juste avant la factorisation en calcul littéral, qui sera introduite par la suite, mais la propriété de distributivité de la multiplication sur l'addition a déjà été rencontrée en cours d'année. Ainsi, même s'il ne

s'agit pas d'une séance d'algèbre, elle participe au travail de connaissances pré-algébriques nécessaires pour la suite du travail des élèves en algèbre (Kieran et al., 2016).

La tâche proposée ici peut cependant se résoudre de différentes façons. Si les élèves ne reconnaissent pas une structure de calcul où la propriété de distributivité permet de se ramener à un unique produit en factorisant, ils et elles peuvent aussi revenir à la multiplication vue comme une addition répétée (le 128 est présent 3 fois et 7 fois, donc 10 fois en tout) ou encore effectuer les calculs dans l'ordre (3×128 puis 7×128 et additionner le tout) sans les transformer. Ce ne sont pas ces deux dernières procédures qui étaient ici attendues par l'enseignant, mais elles apparaissent dans la séance, sans être forcément identifiées par l'enseignant.

Analyse de la mise en commun

En ce qui concerne la prise en compte de l'activité mathématique préalable des élèves, nous pouvons noter que l'enseignant affiche au tableau une production d'élève (cf. figure 1), erronée, qui est la seule production émanant de la classe, à être mise en commun avec la classe.

$$\begin{array}{l} 3 \times 128 + 7 \times 128 \\ 3 + 7 = 10 \\ 10 \times (128 + 128) \\ = 10 \times 256 \\ = 2560 \end{array}$$

Figure 1 – Production affichée au tableau pour amorcer la mise en commun

Cette élève a probablement reconnu une forme développée provenant de la distribution d'un nombre sur les deux termes d'une somme, pour laquelle on peut se ramener à un produit d'un facteur par une somme. Cependant, peut-être par habitude par rapport aux situations déjà rencontrées, elle a placé la parenthèse à droite, avec le facteur 128 qui était à droite dans chacun des deux produits donnés au départ, et n'a donc pas appliqué correctement la propriété connue de distributivité. Plutôt que de le vérifier en développant à nouveau et en comparant le calcul obtenu avec le calcul donné au départ, ce que cherche à faire faire l'enseignant ici, il semblerait plus simple d'effectuer le calcul donné au départ à la calculatrice et de le comparer avec le résultat obtenu.

Par la suite, les élèves de la classe proposent d'autres solutions, dans un ordre visiblement non orchestré par l'enseignant, et par conséquent non hiérarchisé par rapport aux procédures qui y sont mises en œuvre :

- Y propose de multiplier 7 par 3, se trompant dans l'application de la distributivité ;
- Puis L propose le calcul de 3×128 et 7×128 séparément, sans passer par le calcul réfléchi ;
- Enfin C explique comment on obtient 10×128 en utilisant implicitement l'addition itérée.

L'analyse des interactions transcrites dévoile un écart important entre la procédure proposée par l'élève (effectuer les calculs dans l'ordre) et la justification mathématique déduite par l'enseignant (propriété de distributivité « mal utilisée » sans davantage de précision).

En ce qui concerne le discours de l'enseignant en lien avec les mathématiques mobilisées ou visées, nous pouvons noter plusieurs éléments. Comme le résultat affiché au tableau n'est pas invalidé directement, par exemple par la calculatrice, le statut de ce résultat (vrai ou faux) reste inconnu pour les élèves. L'enseignant fait le choix de passer par une tâche de contrôle à partir de la reconnaissance de formes de structures des expressions. Il prescrit ainsi une nouvelle tâche aux élèves sans pour autant permettre une validation. Le discours sur la technique est majoritairement absent ou inadapté. La propriété de distributivité est en effet mentionnée mais

sans que les conditions de son application ne soient explicitées, ce qui aurait pourtant permis selon nous, en la re-contextualisant ici, d'identifier les différents termes. C'est finalement le recours à la multiplication comme addition répétée, proposée par un élève, qui permettra de convaincre d'autres élèves.

Ainsi même si l'implication des élèves est grande dans la mise en commun, le manque d'informations (ou d'anticipation ?) sur les activités mathématiques des élèves (en termes de procédures effectives parmi les procédures possibles) ne semble pas permettre à l'enseignant d'organiser une mise en commun hiérarchisant ces différentes procédures, qui apparaissent, mais dans un ordre arbitraire. L'absence de retour explicite aux mathématiques en jeu, ici la propriété de distributivité, que l'enseignant ne souhaite pas énoncer formellement, semble rendre difficile l'invalidation de la procédure proposée, et limite la portée du discours de l'enseignant sur les activités mathématiques des élèves. Nous pouvons noter en effet que la réticence, assumée par les enseignant.e.s du LéA, à donner des formules générales plutôt que des exemples génériques, prétextant les difficultés que leurs élèves de ZEP auraient à gérer ce degré de généralité, ne nous semble pas faciliter globalement un recours aux mathématiques pour invalider ou contrôler les réponses des élèves en s'appuyant explicitement sur les mathématiques en jeu.

Ces outils d'analyse des interactions en classe, et de la façon dont elles mettent en lumière la variété des productions des élèves, et le rôle des mathématiques sous-jacentes, nous permettent de caractériser les pratiques d'évaluation formative des enseignant.e.s sur l'enseignement de l'algèbre. Nous pouvons alors pointer la diversité des pratiques, tant du côté de la prise en compte des procédures effectives des élèves, qu'en ce qui concerne le retour explicite aux propriétés mathématiques mobilisées. Ainsi, en analysant une séance filmée dans la classe de quatre de ces enseignant.e.s pendant la première année du projet (Horoks & Pilet, 2015), nous avons constaté que leurs pratiques différaient – dans le fait d'aider ou non les élèves pendant la recherche, de faire venir les élèves au tableau ou de les interroger plutôt depuis leur place, d'afficher ou non des productions erronées – y compris sur des séances identiques préparées ensemble. En comparant les pratiques des enseignant.e.s, nous avons pu alors repérer :

- des points communs : qui montrent une gestion des interactions en classe laissant beaucoup de place au travail du calcul numérique, et peu de responsabilités aux élèves en ce qui concerne l'introduction de l'algèbre, même dans des situations pertinentes pour le motiver (moins de temps de recherche laissé aux élèves sur les tâches plus complexes, avec par conséquent moins d'appui possible et effectif sur ce que font les élèves) ;
- et des régularités fortes dans les pratiques de chaque enseignant.e en ce qui concerne l'évaluation formative présente lors de ces différents moments (la place de l'erreur, la justification mathématique, le faible retour aux élèves), qui doivent certainement être rapprochées, entre autre, des fonctions que ces enseignants donnent à l'évaluation, et mises en regard des contraintes du métier (et en premier lieu la contrainte de temps).

Nous discuterons au chapitre 4 de la relative stabilité de ces pratiques d'évaluation diagnostique, sommative et formative, suite au travail collaboratif effectué pendant plusieurs années avec ces enseignant.e.s de collège.

2) Un exemple d'analyse de pratiques d'évaluation dans l'enseignement primaire

Les outils développés dans ce qui précède ne sont pas spécifiques à l'enseignement dans le 2nd degré, et nous ont aussi permis d'analyser les pratiques d'évaluation (effectives ou déclarées) de professeur.e.s des écoles en mathématiques. Nous avons en effet tenté de décrire de la même

façon les pratiques d'évaluation formative relatives à la gestion d'un moment de mise en commun, sur un nouveau contenu et à un autre niveau scolaire (la géométrie au cycle 3), pour en éprouver la pertinence.

a) Étude des pratiques d'une enseignante lors de la mise en place d'une situation construite par des chercheur.e.s

Dans (Bridoux et al., 2021), nous avons analysé le déroulement d'une mise en commun dans une classe de CM2, à la suite de la recherche de situations de restauration de figures, proposées par des chercheur.e.s (Barrier, Hache, Mathé & Montigny, 2013).

Analyse a priori des tâches géométriques

Les trois tâches proposées ici aux élèves dérivent du même principe : un rectangle tracé sur une feuille est affiché au tableau, la feuille est trouée, chaque binôme dispose d'une copie de la partie découpée sur laquelle sont reportés la trace d'un des côtés et un sommet, mais pas le second côté (voir figure 2) Les élèves doivent tracer ce côté manquant. Ils et elles disposent d'équerres et de gabarits d'angles droits de diverses tailles (et de crayons).

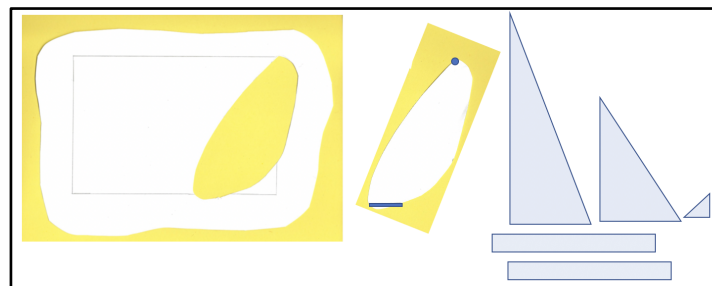


Figure 2 : support et matériel pour les trois tâches proposées

Pour la tâche 1 les outils proposés permettent de couvrir le sommet et le côté tracé sur le papier à disposition des élèves, alors que pour la tâche 2 la taille des outils est plus petite et les élèves doivent idéalement faire coulisser l'équerre ou le gabarit d'angle droit sur une règle. Pour la tâche 3 les outils sont encore plus petits, ce qui devrait alors amener les élèves à prolonger les deux côtés concernés du rectangle à restaurer, afin de réaliser le tracé demandé. L'objectif de ces trois tâches est d'amener progressivement les élèves à percevoir la figure à tracer non comme un "coin du rectangle", mais comme deux droites perpendiculaires.

Les élèves travaillent sur les trois tâches successivement, pour chacune des tâches un travail en binôme (manipulation, tracé) est suivi d'une présentation au tableau des productions. Ainsi, dans les moments de mise en commun, après le travail lié à chaque tâche, chaque binôme (ou un des élèves du binôme) vient présenter son tracé au tableau et expliquer sa construction. La mise en commun est animée par l'enseignante (elle rythme la venue des élèves au tableau, pose les questions). La séance se conclut par un exercice supplémentaire effectué par un élève au tableau en interaction avec l'enseignante.

Dans le prolongement du travail de (Barrier et al., 2013) nous avons décrit l'enjeu des activités attendues des élèves comme un passage d'une vision uniquement 2D de la figure (formes), à une vision également 1D (lignes, points). Ceci amène à déconstruire et analyser les sous-éléments de la figure (sous figures, côtés, sommets, intersections, éléments non tracés). Nous observons alors le choix d'instruments fait par les élèves et leurs gestes dans l'utilisation de ces instruments et nous les interprétons pour leur supposer plutôt une vision 2D de la figure

(reproduction de formes) ou 1D (travail sur le contour, prolongement des côtés en dehors de la forme, réseaux de lignes, de points). De même, le langage des élèves pour décrire, expliquer, justifier, ou valider leur travail, permet, éventuellement, d'inférer le regard qu'ils et elles portent sur la figure reproduite et le modèle (Barrier et al., p 3-4), selon leur désignation des éléments 1D ou 2D de la figure ou des instruments.

Analyse des activités mathématiques de quelques élèves

L'analyse des productions de deux binômes d'élèves (Albert et Joseph, cf. tableau 5) illustre l'évolution de leurs activités à travers les 3 tâches. Pour cela nous analysons les traces de l'activité de ces élèves à plusieurs moments des vidéos : pendant les moments de recherche, les éventuelles explications aux chercheur.e.s, et lors des moments de passage au tableau. Dans chacun des deux binômes, les procédures évoluent au fur et à mesure des trois tâches, et la propension des élèves à essayer de construire un outil 2D plus grand, laisse finalement place à une stratégie reposant sur deux prolongements.

	Binôme A	Binôme J
Tâche 1	Les élèves prennent une équerre petite et l'agrandissent en utilisant divers gabarits (de rectangles, ou de parallélogrammes). 2D	Exploration n'aboutissant pas. Positionnement de l'équerre comme coin du rectangle lors du passage au tableau. 2D
Tâche 2	Les élèves utilisent comme équerre une grande feuille (A3) distribuée par l'enseignante pour permettre le tracé de traits de constructions. 2D	Les élèves agrandissent leur équerre à l'aide d'un gabarit de parallélogramme. 1D / 2D
Tâche 3	Les élèves utilisent deux règles pour agrandir leur équerre. 1D	Deux prolongements, gabarit d'angle droit placé à l'extérieur du rectangle 1D

Tableau 5 : procédures des binômes A et J pour chacune des trois tâches

Nous interrogeons ici le passage, pour les élèves, de la vision "coin de l'équerre", à une vision "côtés de l'équerre", et questionnons ce que met en place l'enseignante pour le rendre explicite pour toute la classe. Nous nous appuyons ensuite sur la synthèse des productions des élèves pour apprécier la façon dont l'enseignante exploite ici la variété des procédures et résultats des élèves pendant la mise en commun.

Analyse de la gestion de la mise en commun par l'enseignante

Les élèves ont majoritairement choisi des procédures 2D, en essayant de reconstituer un outil plus grand, à une exception près. Les moments de mise en commun après recherche sur chacune des tâches se déroulent de la même façon :

- Tous les binômes sont interrogés et passent au tableau, montrant ainsi des résultats (corrects ou non) et les procédures mises en œuvre pour les obtenir, permettant une prise d'informations, pendant la mise en commun du moins, sur l'ensemble des productions des binômes ;
- Une validation du résultat obtenu par chaque binôme est donnée (correct / incorrect) à l'aide d'une vérification perceptive sur le modèle (en reconstituant le "trou"), avec sollicitation de l'avis de l'ensemble de la classe.

En ce qui concerne l'appui sur la variété des activités mathématiques, nous pouvons donc dire qu'il est exhaustif ici, et que tou.te.s les élèves sont impliqué.e.s dans des processus de

formulation et validation. En revanche, pour ce qui est de l'exploitation de leurs productions, nous pouvons souligner plusieurs points :

- Quelques comparaisons sont parfois proposées (pour dire qu'on a fait "pareil" qu'un autre binôme) mais il n'y a pas de confrontation entre des procédures différentes (1D / 2D), ou de hiérarchisation des procédures, ni d'invalidation par des critères autres que perceptifs ;
- L'enseignante ne propose pas de *proximités* avec les mathématiques sous-jacentes, pas plus qu'elle ne fait de lien entre les activités proposées, pour souligner une éventuelle nécessité de changer de procédure (2D vers 1D), ou pour faire émerger un vocabulaire lié aux sous-éléments 1D de la figure.

Lors de la synthèse, l'enseignante ne propose pas de lien entre les 3 tâches. En conclusion, elle propose un nouvel exercice : elle demande à un élève de venir tracer la perpendiculaire à une droite donnée, passant par un point donné, d'abord sans nécessiter de prolongement de la droite, puis après prolongement (adaptation qui reste à la charge de l'élève au tableau). Le codage de la figure obtenue (quatre angles droits) par l'élève permet de faire un lien entre les notions de droites perpendiculaires et d'angle droit, mais sans appui très explicite sur les trois tâches précédemment cherchées, pour montrer que les élèves avaient été amené.e.s ici aussi à tracer des droites perpendiculaires. Nous pouvons probablement voir là des occasions manquées de *proximités*, largement explicables par l'implication relative de l'enseignante dans l'expérimentation et ses enjeux.

L'analyse fine des connaissances mobilisées par les élèves à travers leurs procédures de construction et les justifications associées permet aux chercheur.e.s de situer, pour chaque binôme, le regard porté par les élèves sur la figure, à ce stade de leurs apprentissages. Il semble que les tâches choisies ici par les chercheur.e.s permettent effectivement une certaine déconstruction de la figure, pour certains binômes en tout cas, mais celle-ci ne nous paraît pas soutenue par l'exploitation de ces procédures par l'enseignante, ni par son discours sur ces procédures, en lien avec les connaissances visées. Dans cette situation, il y a donc peu, voire pas de *proximités discursives* et de fait, l'analyse de l'ensemble des procédures produites par les binômes montre que les procédures des élèves évoluent peu dans ce sens à la suite des mises en commun organisées par l'enseignante.

Cette étude de cas montre la difficulté de la gestion d'un tel moment en classe, pour en faire une étape potentiellement formative (selon nous chercheur.e.s). L'analyse que nous en avons faite permet de souligner la probable volonté de prendre en compte tous les élèves, répondant à d'autres contraintes de l'enseignante (ou à celles des chercheur.e.s ?), mais questionne la façon dont cette prise en compte large permet réellement une exploitation articulant les différents aspects des savoirs géométriques en jeu.

b) Étude des pratiques d'une enseignante « experte » lors de la mise en place d'une situation co-construite avec des chercheur.e.s

Un prolongement de la précédente étude (avec Anne-Cécile Mathé, pour une communication au colloque l'école primaire au 21^{ème} siècle en octobre 2021 et publication à suivre), ouvre aussi le questionnement des apports d'une telle analyse pour la formation et la conception de ressources. Dans cette nouvelle étude, nous avons analysé les pratiques d'évaluation formative d'une enseignante pendant une mise en commun, dans le cadre de situations géométriques similaires à celle développée ci-dessus (situations d'action, de formulation et de validation autour de la reproduction de figures), visant ici à faire conceptualiser la notion de cercle. Les situations émanent d'un travail de co-construction avec la chercheuse au sein d'un groupe

IREM¹³ et l'enseignante dont nous avons analysé les pratiques en classe, faisant partie de ce groupe, est tout à fait avertie des enjeux des situations proposées, et possède donc une certaine « expertise » - aux yeux des chercheuses – acquise en particulier dans le travail du groupe.

Nous avons filmé la séquence de l'enseignante en classe de CE2, et analysé plus particulièrement le déroulement lors d'une situation d'émission-réception visant à faire décrire puis reproduire une figure comportant plusieurs cercles (voir figure 3) et dont les enjeux concernent à la fois la formulation de la description (langage technique / langage géométrique) et les conditions nécessaires pour sa caractérisation (deux informations à donner : centre et rayon ou point du cercle).

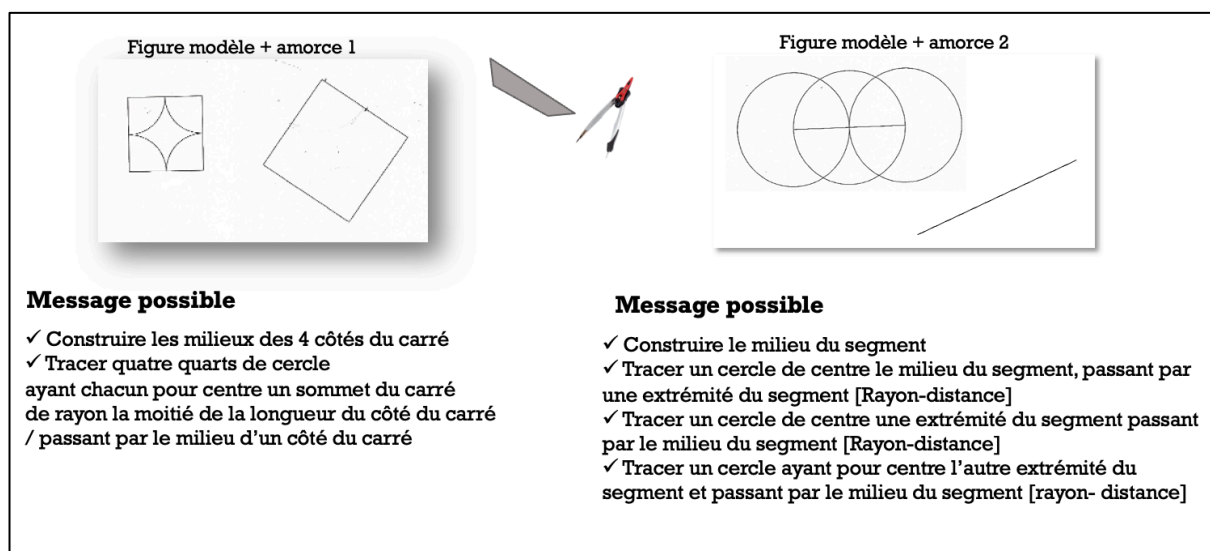


Figure 3 : situation d'émission-réception sur le cercle

En appui sur notre précédente analyse, nous avons alors plus particulièrement observé, lors de la mise en œuvre de cette situation, comment l'enseignante organisait la mise en commun, de façon à se placer « près » de chaque élève et à se rapprocher du savoir visé, sans y passer « trop » de temps. Nous nous sommes alors demandé ce qui, dans les choix de cette enseignante pour mettre en œuvre les situations co-construites, avait pu échapper au travail du groupe et devrait être pensé plus finement pour compléter la ressource.

Nous avons fait les constats suivants, en prenant ici encore pour outils d'analyse le choix de productions d'élèves mis en commun, leur exploitation et le rôle des élèves et des mathématiques lors de ce moment :

- Une seule production est discutée, mettant l'accent sur la construction de la figure plus que sur sa caractérisation, qui est pourtant un enjeu ici ;
- Il n'est donc pas proposé de mise en regard explicite de plusieurs messages choisis pour mettre en évidence les différentes formulations produites et le langage employé (technique / géométrique), et la nécessité de fournir deux informations pour caractériser chaque cercle, avec plusieurs choix possibles pour ces informations ;
- Bien que les élèves soient sollicité.e.s pour formuler leur production et critiquer celles des autres élèves, c'est l'enseignante qui liste les critères pour caractériser les cercles, critères dont le rappel n'est pas systématiquement à la charge des élèves. C'est elle aussi qui invalide les messages proposés, les élèves ayant principalement la charge de construire la figure à partir de ces messages ;

¹³ Groupe IREM «Enseigner la géométrie à l'école» de Clermont Ferrand

- Des aller-retours constants sont proposés entre les tracés, le langage technique et le langage géométrique, mais certaines formulations de l'enseignante restent approximatives, laissant implicites les liens entre ces différents aspects du langage, et ne prenant pas en compte certaines difficultés des élèves (confusion milieu/centre).

Lors de la mise en œuvre de cette situation, nous retrouvons donc des difficultés à réaliser ce tissage de proximités entre activités des élèves et savoirs visés, et ce malgré l'expertise de l'enseignante. Cela nous paraît confirmer la nécessité de prendre en compte dans le travail du groupe et les ressources qui en émanent, non seulement la construction de situations porteuses de potentialités pour l'apprentissage des contenus mathématiques visés, mais aussi les déroulements réels en classe, à travers le repérage et l'interprétation des traces observables des activités des élèves et leur exploitation possible pour approcher à la fois les ZPD du plus grand nombre, et les mathématiques en jeu. Bien entendu, les contraintes du métier inhérentes aux composantes sociale, personnelle et institutionnelle (et en particulier la question de la gestion du temps en classe), nous semblent devoir jouer un rôle pour penser les aspects cognitifs et médiatifs des situations proposées. Nous faisons en effet l'hypothèse que pour que les ressources construites dans ce type de travail collaboratif soient à la fois viables dans la classe des enseignant.e.s qui ont participé à leur conception et diffusables à d'autres enseignant.e.s en dehors du groupe de travail, mais aussi pour qu'elles constituent un levier pour le développement professionnel des enseignant.e.s, il est nécessaire de les ancrer dès le départ dans le contexte institutionnel, qui évolue, et dans les pratiques existantes des enseignant.e.s. Pour ce faire, l'appui sur ce qui provient de la classe, celles des enseignant.e.s ou d'autres classes ordinaires, en particulier à travers l'usage de vidéos, nous semble être un outil pertinent (voir chapitre 4 pour plus d'éléments autour de l'usage de la vidéo en formation).

Ceci ouvre des questions sur la façon d'enrichir les ressources et de les diffuser, pour permettre une mise en œuvre en classe, y compris en dehors du groupe de travail collaboratif qui a contribué à leur conception. Quelques pistes sont proposées dans les chapitres suivants sur ces points.

D. En conclusion du chapitre 2 : quels apports des questions relatives à l'évaluation pour nos analyses de pratiques ?

L'entrée par la question de l'évaluation semble porteuse de nouvelles pistes pour aller plus loin dans la compréhension des pratiques, dans l'enseignement primaire et secondaire en mathématiques, et pour leur développement (voir chapitre 4). Encore faut-il avoir des arguments pour convaincre que cette attention portée à l'évaluation formative participe effectivement à améliorer les apprentissages des élèves, arguments qui, dès la formation initiale des enseignant.e.s, pourraient constituer des leviers pour favoriser le développement de certaines pratiques. Nous nous sommes intéressé.e.s en effet aux premières représentations et pratiques d'évaluation d'enseignant.e.s débutant.e.s, en formation initiale, dans le 1^{er} (et dans une moindre mesure le 2nd degré), pour constater que déjà elles semblent installées, et fortement liées à des éléments liés aux composantes personnelles (souvenirs de l'évaluation en mathématiques en tant qu'élèves), sociale (équité entre les élèves) et institutionnelles (nécessité de faire remonter des informations sur les compétences des élèves), plus qu'à des arguments cognitifs, liés aux apprentissages (plus d'éléments sur cette étude sont développés dans le chapitre 3).

En définitive, qu'apporte le fait d'étiqueter comme « évaluation » certaines interactions qui ont lieu en classe, et qui ne nous échappaient déjà pas totalement précédemment ? À défaut de

mettre en lumière de nouvelles pratiques, en les ré-étiquetant comme prise d'informations, interprétation et exploitation des activités mathématiques des élèves, cela nous permet de mettre explicitement au centre de nos questionnements l'intérêt accru pour l'observation des traces effectives de ces activités, afin d'apprécier en quelque sorte la ZPD de chaque élève et de construire un enseignement adapté à tou.te.s. C'est peut-être aussi finalement l'occasion de jeter une lumière plus positive sur l'évaluation, sujet qui nous semble être plutôt mal aimé en formation initiale et continue, parce qu'associé à un geste professionnel complexe à mettre en place, et souvent restreint à la seule évaluation sommative ou certificative.

Au-delà de nos hypothèses, il nous reste encore à déterminer de quelle façon certains choix d'enseignement liés à une certaine pratique de l'évaluation (formative et plus largement) peuvent avoir un réel impact sur les apprentissages des élèves. Tout comme l'impact des choix pour l'exposition des connaissances évoqué dans le chapitre 1, il nous est difficile d'isoler les effets de cette seule évaluation sur les apprentissages, tant elle est imbriquée selon nous dans le quotidien de la classe. Est-ce que le fait, en particulier, de mieux outiller les élèves pour comprendre – et se situer par rapport à – ce qu'on attend d'eux et elles, les critères de réussite et la façon de travailler peut avoir un effet sur leurs performances en mathématiques ? Une première tentative d'une telle étude (dans le mémoire de master recherche en didactique des mathématiques de Dorian COTRON en 2019), en lien avec l'évaluation par compétences, n'a pas permis de déterminer un réel impact de leur plus grande explicitation aux élèves. Est-ce qu'associer « intelligemment » les élèves à l'évaluation pourrait avoir des effets notables sur leurs apprentissages ? ou bien faut-il être déjà à un certain stade de l'apprentissage pour progresser encore grâce à cela ?

Chapitre 3 - Approfondissement et élargissement de l'étude des pratiques et résultats : les apports de changements d'échelle

A.	Changement de l'échelle de temps : un temps long pour suivre une évolution des pratiques	58
1)	Une étude sur un temps long, qui nécessite la mise en place de principes spécifiques de fonctionnement pour un travail collaboratif durable	58
a)	Description du dispositif	58
b)	Principes de fonctionnement et mise en perspective avec d'autres dispositifs	60
	Co-construction d'une problématique commune	60
	Appui sur les contextes d'enseignement et les pratiques des enseignant.e.s	61
	Conception itérative de ressources sur un temps long	62
	Partage des tâches et des responsabilités pour rendre visible l'implication des différents acteurs : dialectique entre symétrie et asymétrie.....	63
2)	Une étude sur un temps long, avec des enseignant.e.s différent.e.s, pour apprécier des évolutions de représentations et de pratiques dans la communauté	65
B.	Changement d'échelle des effectifs étudiés : l'enquête PRAESCO	67
1)	Présentation de l'enquête PRAESCO	67
2)	Nos hypothèses pour passer des études de cas à une étude à grande échelle.....	68
3)	Résultats et limites	69
a)	Variété des pratiques.....	69
	Choix de situations de découverte et d'entraînement.....	69
	Choix de formulations dans le cours, d'arguments pour interagir avec les élèves	70
	Des résultats sur les choix des enseignant.e.s pour l'évaluation de leurs élèves.....	70
b)	Le couple (cognitif ; médiatif) pour caractériser les pratiques : définition de clusters	71
	Influence du profil et du contexte (personnel et social, institutionnel) sur les composantes cognitive et médiative	72
C.	Conclusion du chapitre 3 : retour aux effets sur les apprentissages des élèves et à la formation	74

Pour aller plus loin que nos multiples études de cas, ayant déjà produit des résultats que nous avons envie de valider plus largement, nous avons cherché à élargir le terrain de nos recherches. Ainsi, en prolongeant nos recherches sur un temps plus long, et sur de plus grands effectifs d'enseignant.e.s et/ou d'élèves, nous avons tenté de vérifier la pertinence de nos outils, tout en les adaptant à des méthodologies rendant possibles ces prolongements. Cet élargissement reste complexe à mettre en place, d'un point de vue méthodologique, pour les chercheur.e.s, et nécessite très certainement un appui de l'institution pour pouvoir être réalisé.

Ce sont principalement les questions méthodologiques soulevées par la mise en place de telles études, qui sont présentées dans ce chapitre 3, à travers d'une part une étude de pratiques sur le temps long mise en place principalement dans un dispositif LéA soutenu par l'Institut Français de l'Éducation, et d'autre part une enquête à grande échelle sur les pratiques, effectuée pour et avec la Direction de l'Évaluation de la Prospective et de la Performance.

A. Changement de l'échelle de temps : un temps long pour suivre une évolution des pratiques

1) Une étude sur un temps long, qui nécessite la mise en place de principes spécifiques de fonctionnement pour un travail collaboratif durable

Les études menées au sein du groupe de travail collaboratif LéA RMG déjà évoqué se sont déroulées (et se déroulent encore au moment de la rédaction de cette synthèse) sur un temps relativement long (entre 2014 et 2020 en tant que LéA, et depuis 2020 en tant que groupe IREM). Cette longévité, dont les effets sont discutés dans le chapitre 4, a permis aux chercheur.e.s d'analyser les pratiques des enseignant.e.s impliquée sur plusieurs années, et de produire des résultats pour la recherche (voir chapitre 4) et des ressources pour l'enseignement et la formation, mais cela a aussi impliqué la mise en place d'une nouvelle façon de travailler, qui ne nous était pas apparue nécessaire précédemment, dans nos expériences de recherche sur les pratiques enseignantes.

Dans le cadre de l'ICMI Study 25, portant sur « Teachers of mathematics working and learning in collaborative groups », en 2020, et dans Allard et al. (2019), c'est cette façon de travailler que nous avons donc essayé de décrire, en cherchant à caractériser le fonctionnement de notre dispositif de travail collaboratif entre enseignant.e.s et chercheur.e.s, pour tenter de justifier les choix faits pour rendre possible ce type de travail. Pour cela, nous questionnons ce qui fonde la collaboration. Comment – avec quels moyens et dans quelles conditions - reproduire ou transférer ce type de travail, indépendamment des personnes impliquées ? Qu'est ce qui fédère le groupe ? Les conditions de transfert et de viabilité des modes de travail entre praticien.ne.s et chercheur.e.s prenant en compte les spécificités institutionnelles des pays et des contextes sont des questions vives dans l'institution scolaire française.

a) Description du dispositif

La liberté d'organisation de la collaboration dans les LéA entraîne une grande diversité de manières de travailler ensemble pour produire des savoirs pour la recherche et la formation. Nous décrivons le travail développé spécifiquement dans l'un de ces LéA, sans prétendre les décrire tous. Le LéA RMG est né d'une proposition de chercheur.e.s pour enrichir et faire évoluer les connaissances sur l'évaluation en mathématiques, inscrite dans le cadre d'un projet

de plus grande ampleur¹⁴. Compte tenu des résultats faibles en mathématiques des élèves français du secondaire aux évaluations nationales (Cycles des évaluations disciplinaires réalisées sur échantillon (CEDRE) pour la fin du collège) et internationales (comme le Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA) pour des élèves de 15 ans), cette proposition a été accueillie favorablement par l'institution scolaire française, qui a mis en relation chercheur.e.s et enseignant.e.s. Dès la construction du projet, l'institution scolaire a été impliquée à différents niveaux, si bien que de nombreuses démarches en ont été facilitées, comme l'aménagement des emplois du temps pour rendre tous les enseignant.e.s disponibles sur une même demi-journée, le défraiement des enseignant.e.s impliqué.e.s, l'intégration de ce projet dans le projet d'établissement porteur du LÉA, la mise à disposition de locaux pour les réunions, la prise en charge par les directions d'établissement des autorisations de captations audio et vidéo dans les classes ainsi que de la communication aux élèves et aux parents sur les enjeux du projets. De plus, les appuis de l'Éducation Nationale et de l'Institut Français de l'Éducation contribuent à diffuser le travail en-dehors du LÉA.

Le collectif s'est construit sans que les enseignant.e.s et les chercheur.e.s ne se connaissent préalablement. Mais les enseignant.e.s entre elles et eux, tout comme les chercheur.e.s, étaient déjà fédéré.e.s par des habitudes de travail en commun dans leurs institutions respectives. Avec au démarrage quatre enseignant.e.s d'un même établissement scolaire, le collectif a ensuite rassemblé jusqu'à douze enseignant.e.s, d'expérience plus ou moins longue (entre 3 et 25 ans) dans l'enseignement et provenant de plusieurs établissements scolaires de la même académie, et trois à cinq chercheur.e.s d'un même laboratoire de recherche. Ces appartenances institutionnelles communes ont favorisé l'accompagnement des nouveaux et nouvelles participant.e.s : les occasions de travailler ensemble, les temps d'échanges informels nous ont semblé être réellement facilités par ces proximités.

Au fil des années, les objectifs du LÉA ont été amenés à évoluer, pour aborder des thématiques qui soient au cœur de l'actualité des préoccupations de recherche et d'enseignement, notamment de questions vives dans l'institution scolaire (résultats aux évaluations nationales et internationales, etc.). Cette évolution des thématiques et des manières de travailler s'est faite selon deux axes :

- Un premier axe concerne la progression par rapport aux contenus mathématiques explorés, de l'algèbre de cycle 4 (de la 5ème à la 3ème, en traitant un seul niveau scolaire chaque année) à un élargissement vers l'amont et l'aval de cet enseignement. Au commencement du projet, le choix de l'algèbre s'est imposé d'une part parce que c'est un domaine de recherche investigué par certaines des chercheuses impliquées dans le LÉA (Grugeon et al., 2012), et, d'autre part, parce que ce domaine est au cœur des interrogations des enseignant.e.s, qui avaient manifesté, au départ de ce projet, un grand intérêt pour une formation à l'enseignement de l'algèbre ;
- Le deuxième axe concerne les apports scientifiques des chercheur.e.s qui ont évolué d'une centration sur les contenus mathématiques, nécessaires pour poser les bases épistémologiques du travail commun, à une prise en compte des déroulements en classes (conditions de mise en place des contenus construits a priori) et des pratiques d'évaluation. Ce choix de progression est lié en particulier aux hypothèses des chercheur.e.s sur les pratiques enseignantes et sur des leviers pour les enrichir (voir chapitre 4).

¹⁴ Projet NéOpræval: projet financé par l'Agence Nationale de la Recherche pour une durée de 3 ans à compter du 1er mars 2014, sous la responsabilité de Brigitte GRUGEON-ALLYYS .L'objectif du projet consiste à outiller les enseignants pour gérer l'hétérogénéité des apprentissages en mettant à leur disposition des outils d'évaluation diagnostique automatique utilisables dans leurs classes ainsi que des ressources appropriées aux besoins repérés des élèves.

Le travail du groupe a intégré conjointement les apports de la recherche (des outils et des résultats essentiellement), l'analyse des pratiques habituelles des enseignant.e.s et la co-conception et rédaction des ressources.

b) Principes de fonctionnement et mise en perspective avec d'autres dispositifs

Nous tentons ici de décontextualiser ce qui a structuré notre collaboration pour montrer de quelle façon elle a été rendue possible, par les principes mis en œuvre pour la faire vivre. Nous essayons aussi de la rapprocher avec les modes de fonctionnement décrits dans d'autres courants de travail entre praticien.ne.s et chercheur.e.s. Nous avons choisi le terme de « travail collaboratif », dans le sens où nos échanges participent au travail de l'enseignant.e et du/de la chercheur.e. Nos propres modes de fonctionnement ont émergé *a posteriori*, car la collaboration a été le moyen de notre recherche et non son objet au départ, si bien que nous ne nous étions pas inscrites dans un type de collaboration spécifique. Le travail de collaboration est complexe et repose sur des principes eux-mêmes liés, qui sont, pour nous, la base du développement des connaissances produites dans et avec le collectif. Nous faisons l'hypothèse que l'absence de n'importe lequel des principes que nous décrivons ci-dessous rendrait plus difficile voire impossible la collaboration sur du temps long.

Co-construction d'une problématique commune

La construction progressive d'un objet d'échanges et d'investigation commun est abordée dans les ingénieries coopératives. Dans la recherche collaborative, la co-construction de la problématique s'apparente au processus de co-situation (Barry et al., 2012), où se rejoignent préoccupations des chercheur.e.s et des enseignant.e.s. Plus précisément, selon la description des étapes de co-situation proposée par Barry et Saboya (2015), la co-construction d'une problématique se joue pour nous à la fois dans la préparation du projet, portée par des chercheur.e.s ouvert.e.s aux préoccupations du métier d'enseignant.e, et dans l'alignement des questions de recherche aux besoins exprimés (Abboud et al., 2017) lors des premières discussions avec les enseignant.e.s du collectif. Cela rejoint notre hypothèse, selon laquelle faire se rencontrer les questionnements des chercheur.e.s avec ceux des enseignant.e.s nécessite de prendre en considération les problèmes ressentis par ces dernier.e.s (Butlen et Masselot, 2018).

La thématique de l'évaluation, objet de notre intérêt de chercheur.e.s dans ce travail collaboratif, n'était cependant pas un besoin ressenti par les enseignant.e.s. C'est à travers une redéfinition et des conceptions partagées de l'évaluation que la problématique de travail commune a pu se construire, faisant sens pour tous de la même façon, de même temps qu'un « milieu commun » (Wozniak, 2016), se construisant dans le temps. Ce milieu naît de l'exploration des terrains des un.e.s et des autres : à travers ces allers et retours, ce qui est commun finit par émerger. Cela implique en particulier le fait de faire venir les enseignant.e.s sur le terrain de la recherche, et de partager au moins en partie avec elles et eux les outils théoriques transposés de nos recherches, comme éléments participant à l'enrichissement de ce milieu (Cole et al., 2018). Inversement, cela implique que les chercheur.e.s prennent en compte le terrain des enseignant.e.s, leurs contraintes et marges de manœuvre. Cette co-construction d'un milieu s'accompagne également d'une prise de recul pour analyser ce qui se passe en classe, tant pour l'enseignant.e qui réfléchit sur ses pratiques ou celles de ses collègues, que pour les chercheur.e.s qui éprouvent la pertinence des outils de la recherche pour étayer une telle réflexion. Cela implique la mise en place d'un langage et d'outils communs (Sensevy et al, 2013). Par exemple, le terme d'évaluation était pris dans des sens différents pour les

protagonistes, et les apports de la recherche (voir chapitre 2) ont permis de s'accorder sur une même façon de les identifier dans les conceptions et pratiques. Ce milieu est également constitué d'une histoire partagée : des essais de situations à mettre en œuvre co-construites et co-analysées, la mémoire des discussions parfois vives sur ce qu'il est possible ou pas d'implémenter dans les classes.

Dans notre cas, enfin, une référence épistémologique explicite, relative aux contenus abordés, issue de la recherche en didactique (Grugeon-Allys et al., 2012 ; Pilet, 2015) et transposée pour pouvoir être partagée avec les enseignant.e.s, joue un rôle central dans la construction du milieu. Faire des apports épistémologiques et didactiques sur l'algèbre élémentaire s'est avéré essentiel selon nous pour porter un regard commun (dépersonnalisé) sur les contenus enseignés et a probablement contribué à faire émerger chez les enseignant.e.s le lien entre l'absence de certaines tâches ou justifications avec certaines difficultés ou erreurs des élèves. Partager cette référence avec les enseignant.e.s, dans une version transposée, a été un levier incontournable dans la co-construction du milieu commun et de la problématique, tout en s'inscrivant dans les attentes institutionnelles et les besoins de l'enseignement (voir chapitre 4 pour plus d'éléments sur le rôle des outils issus de nos recherches dans le développement professionnel des enseignant.e.s).

Appui sur les contextes d'enseignement et les pratiques des enseignant.e.s

Ce second principe est avant tout guidé par un double ancrage théorique sur les pratiques enseignantes et sur la formation, où l'on retrouve en partie nos hypothèses et résultats issus de précédentes recherches (voir chapitre 4). Ici encore, notre inscription dans la Double Approche didactique et ergonomique de l'enseignement (Robert et Rogalski, 2002b), nous amène à prendre en compte non seulement les activités de l'enseignant.e en lien avec les apprentissages potentiels des élèves, mais aussi des facteurs liés aux contraintes du métier, en particulier sociaux ou institutionnels. Nous nous appuyons sur nos recherches menées sur les pratiques ordinaires qui ont pointé le fait que les pratiques sont fortement ancrées et rapidement stabilisées chez un.e enseignant.e donné.e et faisons l'hypothèse de la nécessité de partir d'une Zone Proximale de Développement des Pratiques (ZPDP, Rogalski et Robert, 2015) et de pratiques déjà là - ou presque déjà là - (Robert, Roditi et Grugeon, 2008) pour proposer des enrichissements, sous forme, non pas des méthodes à appliquer, mais plutôt d'alternatives pour enseigner (Robert, 2004 ; Robert et Horoks, 2007), dont les enseignant.e.s peuvent se saisir.

En croisant ici cette approche avec certains apports de la théorie anthropologique du didactique, nous considérons d'autre part les pratiques enseignantes comme dépendantes de l'institution scolaire dans laquelle l'enseignant.e exerce. Cela nous conduit à considérer le contexte institutionnel, les programmes, le temps alloué à telle ou telle discipline comme des contraintes et marges de manœuvre essentielles pour échanger et construire avec les enseignant.e.s. Par exemple, un changement, quant à l'évaluation, dans les attentes institutionnelles, visible, soit dans les textes officiels, soit dans les exercices proposés aux évaluations nationales ou certificatives (baccalauréat, brevet des collèges), peut avoir un impact sur les pratiques d'évaluation des enseignants, tant sur les contenus proposés, que sur la place donnée à l'évaluation dans les apprentissages (fonctions diagnostiques et formative notamment).

Cette volonté de travailler à partir et avec les pratiques des enseignant.e.s, que l'on retrouve en recherche collaborative lors de la co-situation avec l'effort nécessaire, pour les chercheur.e.s, de « *prendre connaissance minimalement des cadres de référence sous-jacents aux pratiques des enseignants* » (Barry et Saboya, 2015), est présente, non seulement au démarrage du projet,

mais encore par la suite, de façon systématique, tout au long du travail de conception, de mise en œuvre et d'analyse. Du côté de la recherche, cela favorise une réflexion et la production de résultats situés dans la réalité du terrain. Du côté des enseignant.e.s, l'appui sur leurs pratiques ordinaires minimise le coût de leur investissement dans le LéA, coût qui, pour Goigoux (2017, p. 3), peut être rendu raisonnable par l'efficacité de la collaboration, dans "*le rapport entre ses coûts pour les enseignants (réorganisation cognitive, surcharge de travail, investissement émotionnel...) et ses bénéfices (satisfaction due à l'amélioration des apprentissages des élèves ou à l'accroissement du sentiment de compétence du professeur)*". Trouver un tel équilibre entre coût et bénéfice nous paraît nécessaire pour que les enseignant.e.s restent investi.e.s sur un temps long. C'est certainement une explication possible de la longévité du LéA.

Ce principe est donc à relier avec le suivant, qui porte sur le temps long, qui nous permet de créer des ressources d'enseignement et de formation communes et réalistes, fondées sur ces apports théoriques mais reposant aussi sur l'expérience des enseignant.e.s. La durée est ainsi une condition nécessaire à la construction, tant des ressources que de la recherche, en particulier en ce qui concerne l'analyse des effets de cette collaboration sur les pratiques et sur les apprentissages des élèves.

Conception itérative de ressources sur un temps long

La co-construction de la ressource est pour nous un moyen de travailler ensemble, d'assurer une activité conjointe mais les questions que nous nous posons ici ne portent ni sur la diffusion, ni sur la viabilité, à plus ou moins grande échelle de cette ressource. Notre volonté de travailler avec les enseignant.e.s sur un objet commun, une ressource à diffuser à des collègues enseignant.e.s extérieur.e.s au LéA, rapproche notre dispositif de collaboration des ingénieries coopératives. Mais il s'en éloigne dans la mesure où il a aussi pour objectif de documenter les pratiques des enseignant.e.s (Bednarz et al., 2015).

Cette co-construction nous amène à produire et tester ensemble des ressources en appui sur les analyses collectives des séances expérimentées par les enseignant.e.s, et à adapter ces ressources, en faisant d'abord des choix de tâches, à partir des pratiques habituelles des enseignant.e.s, puis en les insérant dans des séquences, et enfin en mettant au point des déroulés pour la gestion en classe. Ces ressources s'organisent en progressions découpées en séquences et en séances et en scénarios expliquant les éléments incontournables pour leur gestion en classe, et ne sont pas composées de séances isolées mais d'un ensemble structuré et cohérent inscrit dans une progressivité sur plusieurs années scolaires comme le suggèrent des travaux récents sur la diffusion de résultats de recherche dans l'enseignement (Coppé et Grugeon-Allys, 2015 ; Coppé, Grugeon-Allys et Pilet, 2016).

Les ressources ainsi construites sont testées en classe par plusieurs enseignant.e.s, parfois dans plusieurs classes pour un.e même enseignant.e, apportant à la discussion collective des traces de cette mise en place – photographies du tableau, productions d'élèves, vidéos de la séance – ou des témoignages. Les ressources sont ainsi complétées par des traces tangibles de cette mise en œuvre, puis testées à nouveau par les mêmes enseignant.e.s, ainsi que par certain.e.s de celles et ceux qui rejoignent le LéA lors des années suivantes.

Notre principe de conception est itératif dans le sens où les ressources sont conçues, expérimentées et retravaillées suite aux analyses des expérimentations, jusqu'à obtenir une version stabilisée et partagée après plusieurs cycles (Figure 4). Ce processus itératif s'éloigne de celui défini dans les ingénieries de développement (Perrin-Glorian, 2019), dans lequel l'itération consiste à diffuser une ressource en partie déjà conçue par les chercheur.e.s à un ensemble d'enseignant.e.s de plus en plus large et éloigné de l'équipe de conception. Il se rapproche en revanche des ingénieries coopératives (Sensevy, 2013, 2016) et des Lessons Studies (Clivaz, 2015) dans le sens où la ressource est testée et révisée par l'équipe de

conception suite aux expérimentations et à leurs analyses. La ressource stabilisée est ensuite diffusée à plus ou moins grande échelle selon les recherches.

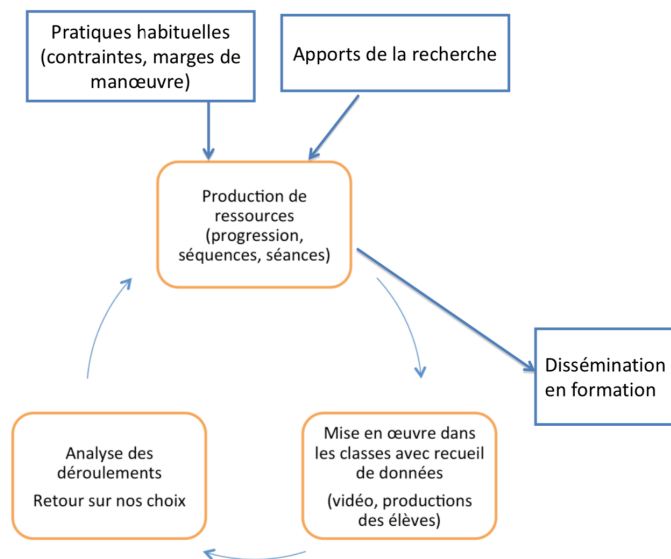


Figure 4 : processus itératif de conception de ressources dans le LéA RMG

Le fait de vouloir partir des pratiques enseignantes amène alors faire porter nos analyses conjointes sur des données objectivables de la classe. Nous partons en effet des documents des enseignant.e.s pour leur classe analysés par les outils des chercheur.e.s et enrichis par leurs propositions, qui sont négociées pour rester possibles dans les contextes d'enseignement des enseignant.e.s du LéA. Il y a un principe sous-jacent de symétrie, défini ci-dessous, qui consiste à considérer que les apports des chercheur.e.s et des enseignant.e.s sont tous à prendre en considération dans la négociation.

Le temps long, conjugué au nombre de membres du LéA, globalement croissant, permet donc selon nous une mise à l'épreuve à la fois des ressources construites et de la possibilité de leur diffusion auprès d'enseignant.e.s extérieurs à l'équipe. Il permet à l'équipe d'attester de la viabilité des propositions d'enseignement émanant du LéA et donne l'opportunité d'un certain recul pour en analyser les effets sur les élèves à plus long terme. Ce temps long permet des allers et retours entre questionnements professionnels, questionnements de recherche et réponses apportées à ces questionnements. Leurs reformulations successives nous semblent participer à construire une mémoire collective d'équipe : les questions et les réponses de chacun devenant dans la mesure du possible les questions et les réponses de tous. L'articulation d'un temps court (relatif aux besoins immédiats des enseignant.e.s pour leurs classes) et d'un temps long permet une prise en compte des apports du travail collaboratif selon différentes temporalités et selon les possibilités de chacun.e.

Partage des tâches et des responsabilités pour rendre visible l'implication des différents acteurs : dialectique entre symétrie et asymétrie

L'une des conditions mise en lumière pour expliquer que le collectif perdure tient à l'implication de tous les acteurs/trices du collectif dans les différentes tâches et responsabilités et le partage des connaissances. Les participant.e.s ont en effet tou.te.s un rôle à jouer, qui dépasse les tensions supposées entre acteur/trice.s du terrain et chercheur.e.s. Ainsi, les enseignant.e.s ont été impliqué.e.s dans la rédaction du projet et des bilans annuels, notamment en ce qui concerne la problématisation de la recherche, l'impact sur les apprentissages de leurs élèves, le fonctionnement et le calendrier du dispositif.

Chercheur.e.s et enseignant.e.s sont impliqué.e.s dans des processus de transposition didactique des savoirs considérés pour prendre en considération des travaux issus de la recherche, des pratiques habituelles et des attentes institutionnelles (programmes notamment). La transposition didactique est discutée et partagée. Ainsi, par exemple, si des choix de situations d'enseignement ne s'avèrent pas pertinents suite à l'analyse réflexive de leur mise en œuvre en classe, la responsabilité est collective. Ce n'est pas l'enseignant.e qui est remis.e en question mais les choix de l'équipe. La diffusion de la recherche et des ressources est également partagée.

L'asymétrie est aussi constitutive du collectif qui regroupe des enseignant.e.s et des chercheur.e.s dont l'ancienneté dans le métier est différente. Cette variété des statuts, de l'expérience et de la nature des connaissances peut être un facteur favorisant l'asymétrie. Dépasser l'écueil d'une distinction entre ceux/celles qui savent et ceux/celles qui apprennent, requiert, *a posteriori*, de mettre en place des conditions favorisant l'engagement de tou.te.s. Nous retrouvons cette même volonté d'engagement de tous les participant.e.s du collectif dans les ingénieries coopératives. Dans la recherche collaborative, cette négociation du partage des tâches semble se situer surtout dans la phase de co-situation, dans l'étape de mise en œuvre (Barry et Saboya, 2015), tandis que, pour nous, elle s'est construite au fur et à mesure de la collaboration, évoluant même au fur et à mesure de son avancée.

Le principe de co-conception et de mise en œuvre de ressources tel que nous l'avons exposé plus haut rend possible le partage des tâches et les apports de tous les membres. Si l'implication des enseignant.e.s dans le recueil des données et les co-analyses ont pour nous une place centrale, c'est parce que la variété possible des recueils – vidéos de classes, travaux d'élèves, témoignages – est un moyen et un matériau à la fois pour travailler ensemble en co-produisant des ressources et aussi fournir des données pour la recherche. Les enseignant.e.s se filment, scannent des productions d'élèves et mettent à la disposition des membres du groupe des documents de classe. Selon le questionnement qui nous intéresse, ce recueil de données fait l'objet d'une analyse, dont les critères sont discutés pendant les séances collectives, et qui est réalisée ou partagée avec les enseignant.e.s. Leur participation aux analyses réalisées pendant les réunions, ou leurs réactions à la présentation de celles qui sont préparées par les chercheur.e.s en amont, enrichit selon nous la réflexion de tou.te.s en appui sur les échanges et explications des différents points de vue.

Enfin, nous avons mise en place tout comme à l'étape de co-situation dans la recherche collaborative, un « contrat collaboratif » (Morrissette, 2011) qui pourrait se décrire comme un « mode de faire et de dire » pour chacun.e dans un projet commun et où se « négocient les rôles et les attentes réciproques » de chacun.e. Ce contrat, institué dès les premières rencontres avec les enseignant.e.s, évolue au fur et à mesure du travail commun même s'il n'est qu'en partie explicite. En effet, au fil des réunions un contrat tout d'abord explicite s'est en effet établi entre chercheuses et enseignant.e.s sur la nécessité de partager les données, les analyses et les connaissances pour que chacun.e d'entre nous ait un intérêt à rester dans le collectif. Nous faisons l'hypothèse que l'explicitation de ce contrat a rendu possible la co-construction d'une problématique commune au plus près des préoccupations des enseignants. Mais son explicitation ne suffit probablement pas pour qu'il devienne une réalité. Il s'agit d'installer réellement un contrat de confiance, être dans une écoute compréhensive, organiser les réunions avec des apports des uns et des autres, distribuer le temps de parole, s'inquiéter parfois du manque de parole, prendre en compte les contraintes, accepter les désaccords et les argumenter... Et montrer alors, que les chercheur.e.s n'ont vraiment pas toutes les solutions aux questions que pose l'enseignement. Cet espace est l'occasion de préciser certaines de nos analyses et parfois de ne pas sur-interpréter les choix des enseignant.e.s.

Ainsi, ces principes, encore partiellement implicites au début du projet, ont pu tout au long de la recherche se préciser et montrer selon nous leur pertinence pour décrire et organiser la démarche de collaboration. Nous identifions alors une dialectique entre une symétrie liée aux partages des tâches et une asymétrie assumée quant aux apports potentiels des uns et des autres. Si des rapprochements avec les principes d'autres travaux sur les recherches entre chercheur.e.s et enseignant.e.s sont possibles, c'est certainement parce qu'il y a un caractère commun voire une forme de généralité dans les modes de fonctionnement entre praticien.ne.s et chercheur.e.s. À ce propos, Perrin-Glorian (2019) rapproche ingénierie didactique de développement et de formation et ingénierie coopérative en trois points communs : des questionnements communs aux enseignant.e.s et chercheur.e.s portant sur contenu précis, l'importance du temps long pour rendre cyclique la méthodologie et le partage des tâches et des responsabilités. D'autres similarités existent par ailleurs avec des dispositifs de formation sans dimension de recherche collaborative (Allard et al, 2018).

Les résultats d'une telle recherche, en termes de connaissances pour les chercheur.e.s, nous semblent aller au-delà des analyses de pratiques qui ont pu en découler (voir chapitre 4 pour la question des effets d'une telle collaboration sur les pratiques). En nous demandant en particulier ce que ce type de dispositif nous avait permis de réaliser, qui aurait été impossible en dehors, nous avons pris conscience des apports méthodologiques inestimables pour nos propres pratiques de recherche en didactique des mathématiques.

2) Une étude sur un temps long, avec des enseignant.e.s différent.e.s, pour apprécier des évolutions de représentations et de pratiques dans la communauté

Nous menons par ailleurs une autre étude portant sur un temps long, sur les représentations des professeur.e.s des écoles débutant.e.s sur l'évaluation en mathématiques. Cette fois-ci, ce ne sont pas les mêmes enseignant.e.s qui sont suivi.e.s par les chercheur.e.s pendant plusieurs années, mais des cohortes d'enseignant.e.s différent.e.s qui sont interrogé.e.s année après année sur leurs représentations initiales sur l'évaluation. Une telle démarche permet évidemment d'augmenter l'effectif des enseignant.e.s interrogés, mais aussi de mesurer des évolutions des réponses au fil des années dans la communauté des enseignant.e.s débutant.e.s.

Nous avons donc proposé un même questionnaire pour recueillir les représentations de professeur.e.s des écoles en formation initiale, pendant plusieurs années consécutives (travail en cours). Ce questionnaire est avant tout un levier de formation : il permet de recueillir des informations exploitables en formation sur les représentations des enseignant.e.s débutant.e.s sur des questions liées à l'évaluation de leurs élèves en mathématiques¹⁵. Mais il devient aussi un recueil de données pour le/la chercheur.e, en permettant de voir aussi comment, sur un effectif important et un grand nombre d'années, évoluent les représentations initiales des professeur.e.s des écoles sur la question de l'évaluation, au fur et à mesure des réformes de l'enseignement et de la formation.

Ainsi, le questionnaire ci-dessous (tableau 6), posé aux enseignant.e.s formé.e.s en amont d'une formation spécifique sur l'évaluation en mathématiques, comporte des questions structurées autour d'une décomposition des pratiques selon les cinq composantes de la Double Approche (prenant en compte à la fois les contenus évalués, le déroulement de l'évaluation, et les

¹⁵ Ce questionnaire est utilisé différemment dans les UE recherche et professionnalisante de la formation initiale des enseignant.e.s du 1^{er} degré, à l'aide d'outils issus de la Double Approche (dans la formation par la recherche, pour faire analyser leurs propres réponses par les PE comme le feraient les chercheur.e.s) ou non (dans la formation professionnalisante).

contraintes du métier d'enseignant.e), et fortement influencées par nos hypothèses et résultats sur les pratiques d'évaluation.

Questions du questionnaire	Justification pour notre recherche.
<i>À quel niveau enseignez-vous ?</i>	En effet, selon le niveau, maternelle ou élémentaire (voire secondaire), les pratiques d'évaluation diffèrent très probablement, la maternelle nous semblant être plus propice que les autres niveaux scolaires à une évaluation par l'observation des élèves, plutôt qu'à une évaluation formelle écrite.
<i>Quels sont vos souvenirs des évaluations en tant qu'élèves en mathématiques ?</i>	Nous faisons ici l'hypothèse que les souvenirs des étudiant.e.s en tant qu'évalué.e.s peuvent influencer leur façon d'évaluer leurs élèves.
<i>Pour quelles raisons évaluez-vous vos élèves en mathématiques ?</i>	Ces deux questions doivent nous permettre de repérer quelles sont les fonctions données à l'évaluation et les pratiques déclarées pour sa mise en œuvre en classe par les étudiant.e.s
<i>Quelles sont les façons dont vous évaluez vos élèves en mathématiques (écrit/oral, fréquence et moment de la séquence, notation) ? Est-ce différent dans les autres disciplines ?</i>	
<i>Quels liens y a-t-il entre les exercices que vous donnez en évaluation et ceux que vous proposez pendant la séquence d'enseignement ?</i>	Nous cherchons ici à mesurer l'écart entre enseigné et évalué, pour le relier à la fonction donnée à l'évaluation par les étudiant.e.s
<i>Quel discours tenez-vous à vos élèves en amont de l'évaluation (en mathématiques ou plus généralement) dans votre classe ?</i>	Nous voulons voir dans quelle mesure ce discours, au-delà de propos pour rassurer les élèves, ne donne généralement pas les clés aux élèves pour agir en amont et en aval des évaluations formelles, dans la plupart des classes (et pas uniquement chez les enseignant.e.s débutant.e.s).
<i>Quelle exploitation faites-vous des évaluations écrites de vos élèves en mathématiques après les avoir corrigées ?</i>	Nous voulons vérifier l'hypothèse d'une faible exploitation des contrôles par les enseignant.e.s, en vue de faire progresser les élèves.
<i>Est-ce qu'il vous semble possible de ne pas donner le même énoncé d'évaluation sommative à tous vos élèves ?</i>	Ici aussi la fonction de l'évaluation peut transparaître à travers la façon dont les étudiant.e.s envisagent ou non d'évaluer différemment les élèves : vont-ils et elles refuser de noter de la même façon des épreuves de difficultés différentes ? qu'est-ce qui prime entre équité et égalité ?
<i>Comment interprétez-vous qu'une évaluation sommative soit très mal réussie par la majorité de vos élèves ?</i>	Nous cherchons ici à voir si les étudiant.e.s remettent en question le travail des élèves, ou l'enseignement dispensé, plus que leur évaluation elle-même, plus rarement questionnée selon nous.

Tableau 6 : questionnaire sur les pratiques d'évaluation de professeur.e.s des écoles en formation initiale

Ce questionnaire donne au formateur / à la formatrice, accès aux pratiques des enseignant.e.s, et doit permettre de faire émerger des conceptions, de susciter des prises de conscience et discussion sur des alternatives pour évaluer, favorables au développement professionnel des enseignant.e.s, pour peu qu'ils et elles aient (déjà) les mots pour les exprimer. Mais dans le même temps, ce questionnaire est pensé comme un outil de recherche, permettant de recueillir des données sur les pratiques, et l'analyse a priori qui est proposée ici présente les hypothèses de recherche qui y sont testées. L'analyse des réponses des formé.e.s doit nous permettre non seulement de dresser le portrait des pratiques de ces enseignant.e.s débutant.e.s, mais aussi de voir de quelle façon ce portrait a évolué ces dernières années (travail en cours)¹⁶.

¹⁶ A travers cette étude, on peut noter combien les limites entre formation et recherche sont parfois floues entre les mains d'un.e enseignant.e chercheur.e en INSPE...

La synthèse des réponses de promotions récentes d'étudiant.e.s montre que les souvenirs de l'évaluation vécue en tant qu'élèves sont de moins en moins mauvais, et la volonté de bienveillance envers les élèves de plus en plus grande, sans pour autant que les enseignant.e.s interrogé.e.s semblent avoir les outils pour penser et exercer une évaluation qui favorise les apprentissages de leurs élèves. L'annexe 1 présente les résultats du questionnaire pour l'année 2019-2020, dans une forme qui devra permettre la mise en perspective avec les réponses des années précédentes.

Il pourrait être intéressant de recueillir aussi l'évolution des réponses au questionnaire de ces professeur.e.s en fin de formation, voire quelques années après leur titularisation, afin de voir de quelle façon leurs représentations sur l'évaluation ont ou non évolué suite à leurs premières années d'exercice. Des questionnaires similaires ont été posés aussi en formation d'enseignants dans le 2nd degré technologique et en formation de formateurs/trices, et la comparaison des réponses, selon le profils des formé.e.s est aussi une perspective de recherche pour dresser un panorama plus large des représentations et pratiques sur l'évaluation en mathématiques.

B. Changement d'échelle des effectifs étudiés : l'enquête PRAESCO

La seconde piste d'élargissement de nos études repose sur la mise en place d'analyses avec de grands effectifs d'enseignant.e.s (plusieurs centaines), qui nécessitent elles aussi des ajustements méthodologiques. Une telle opportunité s'est offerte à nous avec l'enquête PRAESCO, présentée dans ce qui suit. Les éléments qui suivent sont repris de notre synthèse des résultats de l'enquête publiés par la DEPP, et développés plus en détails dans Coppé et al (2021).

1) *Présentation de l'enquête PRAESCO*

En 2019, un échantillon national représentatif de près de 1 800 enseignant.e.s de mathématiques en classe de 3^e a été sollicité pour répondre à l'enquête PRAESCO Mathématiques (PRAtiques Enseignantes Spécifiques aux COntenus). Cette enquête, conçue par la DEPP, vise à décrire, à grande échelle, la diversité des pratiques enseignantes et notamment des choix pédagogiques et didactiques propres à l'enseignement des mathématiques. Au croisement des approches didactique et statistique, PRAESCO apporte un regard inédit qui vient ainsi enrichir d'une part les travaux existants sur les pratiques enseignantes (Talis, EPODE), qui n'étaient pas centrés sur les contenus enseignés et, d'autre part, les nombreuses études, nationales et internationales (CEDRE, PISA, TIMSS), sur les compétences des élèves en mathématiques. À terme, la reconduction tous les cinq ans de l'enquête PRAESCO, parallèlement à l'évaluation CEDRE, permettra de documenter, en lien avec l'évolution des compétences des élèves, l'évolution des pratiques enseignantes en mathématiques.

Le questionnaire proposé aux enseignant.e.s de 3^e est adossé aux programmes de mathématiques du cycle 4 (BO n°30 du 26-7-2018). Conçu par une équipe composée pour moitié de chercheur.e.s en didactique des mathématiques et pour l'autre de formateurs/trices et d'enseignant.e.s, il s'articule autour de trois grands axes d'analyse : l'enseignement du calcul littéral (organisation mathématique et didactique des séquences, justifications apportées par l'enseignant.e), l'organisation générale de l'enseignement (modalités de travail en classe, régulation et évaluation) et la prise en compte de l'élève (activité, autonomie et implication). Ces axes sont décomposés en 13 dimensions d'analyse (voir annexe 2, tableaux 2.1, 2.2 et 2.3). Les pratiques spécifiques à l'enseignement des mathématiques concernent en effet un domaine précis, auprès d'une classe spécifique de 3^e dont les enseignant.e.s avaient la charge en 2019.

La conception des items de l'enquête relatifs à l'enseignement du calcul littéral intègre des résultats de recherche en didactique de l'algèbre élémentaire.

Le questionnaire comprend également des questions inspirées de résultats plus généraux indiquant des conditions pouvant être favorables aux apprentissages, en algèbre et plus largement (conditions déjà en grande partie évoquées dans les parties 1 et 2 de la synthèse). Ces derniers concernent la place de l'erreur dans l'apprentissage, le rôle de l'évaluation, des conditions relatives à l'organisation didactique de l'enseignement (séquence), à la gestion didactique lors des séances en classe et aux responsabilités de l'enseignant et de l'élève, issues de résultats de nos précédentes recherches à plus petite échelle.

Le questionnaire inclut enfin un volet consacré au contexte d'enseignement et au profil du répondant afin de tenir compte du fait que l'enseignant.e est un individu situé, aux caractéristiques personnelles et professionnelles propres, dont l'activité se déploie au croisement des prescriptions institutionnelles et des conditions d'exercices spécifiques de sa profession (Robert et Rogalski, 2005 ; Chevallard, 2007 ; Grugeon, 2010).

2) Nos hypothèses pour passer des études de cas à une étude à grande échelle

Le passage d'études des cas de quelques enseignant.e.s à une étude à grande échelle implique bien entendu des considérations méthodologiques, qui nous ont amenées pour l'étude PRAESCO à questionner nos choix sur ce qui nous paraissait incontournable dans nos analyses des pratiques : comment ne pas trop perdre la qualité de l'information, tout en augmentant considérablement sa quantité ? Cela nous a permis de faire la synthèse de nos connaissances sur les pratiques, et de soulever de nouvelles questions.

Tout d'abord, nous assumons le fait de continuer à donner toujours une place centrale au contenu mathématique, ce qui nous amène à nous limiter pour cette étude à certains éléments enseignés (le calcul littéral en classe de 3^e) et nous permet d'apprécier plus précisément les choix des enseignant.e.s. Le choix de l'algèbre s'est imposé comme incontournable, tant dans l'enseignement du cycle 4 que pour la suite des études des élèves, et pouvant potentiellement soulever des problèmes tant chez les élèves que chez les enseignant.e.s.

Nous étudions précisément des éléments des composantes cognitive et médiative des pratiques, afin d'apprécier les activités mathématiques qui peuvent en découler pour les élèves, et donc les apprentissages potentiels. Nous prenons en compte la composante institutionnelle, à travers l'adossement aux programmes scolaires en vigueur, et les composantes sociale et personnelle restent à cette échelle des variables de nos analyses, associées aux réponses sur les contenus et déroulements, pour interpréter certains choix des enseignant.e.s, qui n'iraient pas dans le sens des pratiques de référence des didacticien.ne.s.

Certes, le questionnaire recueille une pratique déclarée, donc qui ne nous donne pas accès au déroulement effectif en classe, qui joue cependant un rôle important dans nos études à petite échelle. Nous cherchons alors à introduire malgré tout des éléments issus de « vraies » classes dans les questions que nous posons (proposition de réponses déjà constatées chez des enseignant.e.s, de documents, tâches ou copies d'élèves qui proviennent de vraies classes, référence à une classe des enseignant.e.s. en particulier), en s'appuyant sur le matériau récolté en particulier lors d'études de cas. Ainsi, l'une des originalités du questionnaire PRAESCO, par rapport aux questionnaires Talis et EPODE notamment, porte sur l'inclusion de « mises en situation », c'est-à-dire des questions simulant une situation d'enseignement où les enseignant.e.s doivent répondre en indiquant ce que seraient leurs choix pédagogiques ou didactiques si cette situation fictive prenait place dans le contexte de leur classe de 3^e de référence.

Ce travail est d'autant plus exigeant pour les chercheur.e.s en termes d'analyse a priori, car il ne peut pas y avoir d'appréciation a posteriori d'éléments que nous n'aurions pas pensé à

questionner. Cela justifie le fait de se lancer dans une telle enquête après un certain nombre d'analyses cliniques, pour développer des hypothèses sur ce qu'il est indispensable de questionner, dans les pratiques et en particulier les déroulements (ou déclarations sur les déroulements), en lien avec les apprentissages (possibles) des élèves. Cela nous oblige à revenir sur ces recherches à petite échelle pour déterminer, en relisant les résultats obtenus, les questions à confirmer ou infirmer à grande échelle : dans les composantes cognitives et médiatives en particulier, les éléments à retenir comme jouant potentiellement un rôle dans les apprentissages.

3) Résultats et limites

a) Variété des pratiques

Nous retrouvons dans les résultats obtenus la variété (sur un même contenu et avec les mêmes programmes) et la cohérence des pratiques, déjà constatées dans nos analyses à petite échelle. En effet, les choix des enseignant.e.s concernant l'organisation de séquences, la sélection de situations d'introduction ou d'exercices, l'organisation des évaluations, la gestion des modalités de travail et des interactions sont très variés. Ils mettent en évidence une volonté, largement partagée, de repérer les procédures et erreurs des élèves mais des moyens pour y parvenir disparates, tenant parfois insuffisamment compte des enjeux d'apprentissage et issus d'interprétations variées des attentes institutionnelles contenues dans les programmes.

Les deux premiers points analysés concernent la composante cognitive des pratiques, avec le choix de tâches et le discours des enseignant.e.s sur les tâches et contenus mathématiques.

Choix de situations de découverte et d'entraînement

Le programme de mathématiques de 3^e accorde une place particulièrement importante à la résolution de problèmes pour l'apprentissage des mathématiques, et en particulier dans le domaine du calcul littéral. Au-delà des exercices de calcul (développer, factoriser), le programme spécifie explicitement les types de problèmes (modélisation, preuve, mise en équation) à aborder pour donner du sens au calcul littéral et pour qu'il devienne un outil, les différents statuts de la lettre à traiter (variable, inconnue, indéterminée et paramètre), les propriétés à utiliser pour transformer des expressions littérales et équations, ainsi que les règles de conversion d'un registre de représentation à un autre (symbolique, numérique et graphique). Les documents d'accompagnement indiquent enfin qu'il est nécessaire de « *veiller à maintenir un équilibre entre la construction d'automatismes (à travers un entraînement fréquent et régulier en classe ou hors de la classe) et la résolution de problèmes conduisant à mobiliser des stratégies et des techniques de calcul littéral* » (Utiliser le calcul littéral, 2016).

Ces indications générales se traduisent de manière variée dans les pratiques enseignantes documentées par l'enquête PRAESCO. Pour débiter la séquence sur les expressions algébriques, 61 % des enseignant.e.s privilégient la résolution de problèmes en demandant aux élèves de produire des expressions littérales correspondant à des situations diverses (52 %) ou de prouver des propriétés (9 %). Ces types d'activités mobilisent le calcul littéral comme outil de résolution. Ils et elles sont près de 40 % à privilégier au contraire les techniques de calcul en commençant par des exercices du type « Développer et réduire des expressions littérales ». Le temps passé sur ces deux types d'exercices (la résolution de problèmes *versus* les exercices de calcul) durant l'ensemble de la séquence sur les expressions algébriques témoigne de choix différenciés (annexe 2, figure 2.4) : près d'une moitié d'enseignant.e.s rapporte consacrer autant

de temps à la résolution de problèmes (« produire des expressions ou prouver des propriétés ») qu'au calcul technique (« développer, réduire ou factoriser ») tandis que l'autre moitié opère des choix plus marqués (40 % passent plus de temps sur le calcul et 11 % sur les problèmes). Notons par ailleurs que les enseignant.e.s qui entament la séquence par des activités de résolution de problèmes sont aussi ceux et celles qui déclarent passer le plus de temps sur ce type d'exercices au cours de la séquence complète : 67 % d'entre eux et elles déclarent ainsi passer autant ou plus de temps sur les problèmes que sur les exercices de calcul (ils et elles ne sont que 48 % à le faire parmi les enseignant.e.s qui introduisent la séquence par des exercices de calcul).

Nous retrouvons ici dans une étude à grande échelle la variété dans les choix de tâches faits par les enseignant.e.s, déjà repérée dans des études de cas, avec en particulier une place pas toujours très grande pour des situations donnant des raisons d'être au calcul algébrique.

Choix de formulations dans le cours, d'arguments pour interagir avec les élèves

Nous avons questionné le recours des enseignant.e.s à différents types d'arguments en cas d'erreur d'un.e élève lors de deux exercices, l'un de calcul littéral (développement d'expressions littérales) et l'autre de résolution d'équations (voir annexe 2, figure 2.21). Ces arguments peuvent être soutenus par des propriétés mathématiques (comme la distributivité) ou être, au contraire, plus proches de recettes ou de règles soutenues par le langage courant (comme *regrouper* ou *passer*), par des analogies (*ajouter des poires et des pommes*) ou encore par des signes, des flèches ou des couleurs. Sur l'exercice de calcul littéral, plus de six enseignant.e.s sur dix (64 %) rapportent donner fréquemment des indications du type *On n'ajoute pas des poires et des pommes*. Les trois quarts des enseignant.e.s interrogé.e.s considèrent que cette justification est concrète pour les élèves. La moitié seulement des enseignant.e.s rapportent également fréquemment proposer à l'élève, dont la réponse est fautive, de la tester avec un exemple numérique. Ils et elles sont encore moins nombreux/ses à utiliser fréquemment des indications soulignant la priorité opératoire (39 % en moyenne) ou à demander aux élèves d'utiliser la propriété de distributivité (21 % en moyenne). Concernant la résolution d'équation, les enseignant.e.s sont plus nombreux/ses à donner des indications mobilisant des formulations mathématiques : ainsi, 90 % attirent l'attention de l'élève sur la distinction entre l'addition et la multiplication et 58 % lui proposent de tester si sa réponse vérifie l'égalité initiale. Seul un quart des enseignant.e.s utilisent une formulation du type *passer de l'autre côté* qui n'est pas de nature selon nous à favoriser un raisonnement mathématique.

Nous constatons donc une certaine prédominance d'arguments non mathématiques pour justifier, valider les techniques de calcul littéral, coexistants parfois avec des arguments plus mathématiques, qui rejoint ici aussi certains de nos précédents résultats à plus petite échelle sur l'enseignement de l'algèbre (Horoks & Pilet, 2016b).

Des résultats sur les choix des enseignant.e.s pour l'évaluation de leurs élèves

L'enquête nous donne aussi des résultats sur les pratiques d'évaluation des enseignant.e.s, en algèbre et plus largement (voir figures 2.4 à 2.7 dans l'annexe 2).

Nous y retrouvons en particulier une place assez faible pour l'évaluation diagnostique (voir figure 2.4, pratiquée formellement par 18% des enseignant.e.s seulement), et une place peu importante du traitement de l'erreur en classe (seuls 44% des enseignant.e.s déclarent chercher à les repérer pour les traiter en AP pour 26%, et pour 16% individuellement pendant la classe). L'évaluation sommative (figure 2.5) ne contient généralement pas n'exercices nouveaux ou plus complexes (pour resp. 73 et 78% des enseignant.e.s) : pour 91%, ce sont des exercices considérés comme proches de ce qui a été vu en classe précédemment. Plus des trois quarts des

enseignant.e.s disent préparer les élèves en amont de l'évaluation, en leur expliquant dès le début de l'année leurs attentes à cet égard, et leur faire des retours par la suite.

En ce qui concerne l'évaluation formative, nous avons cherché à la caractériser à travers des éléments sur l'exploitation de certaines réponses ou erreurs des élèves en vue de les faire progresser. Ici les items analysés portent d'une part sur des choix généraux des enseignant.e.s pour la gestion des erreurs (figure 2.6) et d'autre part sur leurs choix de modalités pour la correction d'une tâche spécifique (voire figure 2.7). Nous pouvons constater que l'erreur est plus souvent traitée collectivement qu'individuellement (78% des enseignant.e.s contre 45%), avec, dans 60% des réponses, une prise en charge par l'enseignant.e plutôt que par un.e élève (37%). Les modalités choisies pour la correction collective d'une tâche technique sont le plus souvent de faire venir un élève volontaire au tableau (37%), plutôt que de choisir spécifiquement un élève qui a réussi (35%) ou qui a commis certaines erreurs classiques (35%).

Ainsi, sur cette dimension des pratiques, nous retrouvons à grande échelle des résultats pointés plus localement dans nos recherches, sur une organisation des mises en commun laissant généralement une place relativement faible à la confrontation des productions des élèves et au traitement de l'erreur. Le rôle qu'y jouent les mathématiques est peu déterminant (l'élève au tableau étant en effet volontaire, plutôt que choisi parce sa production permettrait une discussion mathématique riche dans la classe), et les initiatives des élèves dans les processus d'évaluation dans ces moments (justifier, comparer, valider, invalider les productions) ne nous semblent pas très grandes, alors que ces initiatives pourraient selon nous participer à leurs apprentissages en algèbre, et plus largement en mathématiques.

b) Le couple (cognitif ; médiatif) pour caractériser les pratiques : définition de clusters

Les réponses aux items interrogeant un même aspect des pratiques enseignantes ont été groupées afin de construire un indicateur synthétique relatif à cet aspect. Des analyses statistiques ont été menées pour définir et valider ainsi treize indicateurs, correspondant chacun à un groupe d'items. La moyenne de chaque indicateur est, par construction, égale à zéro sur l'ensemble de l'échantillon et les valeurs prises correspondent donc à des écarts à la moyenne, exprimés en points de pourcentage d'écart-type. Ces indicateurs synthétiques permettent de comparer différents groupes d'enseignant.e.s entre eux et elles ce qui est tout particulièrement utile dans le cadre de la typologie des pratiques. Une classification ascendante hiérarchique a en effet permis de mettre au jour quatre groupes d'enseignant.e.s caractérisés par des pratiques homogènes (figure 5). Ces groupes sont désignés par des lettres et sont présentés par ordre décroissant de leur effectif. Afin d'illustrer au mieux les aspects qui les différencient le plus, les comparaisons de chaque groupe avec l'ensemble de l'échantillon sont indiquées en pourcentage lorsqu'elles portent sur un item ou en points lorsqu'elles portent sur l'indicateur synthétique construit pour un groupe d'items (voir Annexe 2 pour les caractéristiques des clusters pour chacune des 13 dimensions, figures 2.9 à 2.12) et les descriptions de chacun des groupes.

Les résultats semblent montrer que les réponses des enseignant.e.s vont un peu de pair sur les deux composantes cognitives et médiatives : des choix de tâches pertinentes s'accompagneraient alors en général de déroulements pertinents, ce qui semblerait indiquer que tous les déroulements ne sont pas possibles pour toutes les tâches... et réciproquement ? Cependant les questions posées ne permettent pas toujours de mettre en relation un déroulement donné avec une tâche précise.

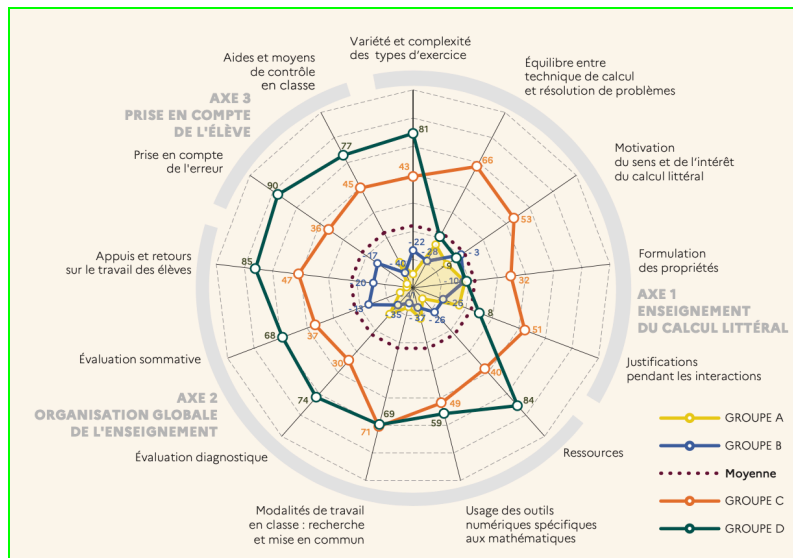


Figure 5 : clusters pour caractériser les pratiques enseignantes

D'autre part, même si elles jouent un rôle – pas toujours très significatif – dans la description des clusters ainsi constitués, les composantes personnelles et sociales nous semblent constituer des éléments de caractérisation des pratiques moins puissants que les composantes cognitive et médiative, qui ont permis une analyse fine du questionnaire. En effet, l'analyse des clusters en termes de contexte d'enseignement et de profils des enseignant.e.s ne semble pas être un outil significatif pour les caractériser (cf. figures 2.13 à 2.16 dans l'annexe 2). En revanche, la formation suivie par les répondant.e.s semble avoir un impact fort sur les choix relevant des composantes cognitive et médiative faits par les enseignant.e.s (cf. figures 2.17 et 2.18 de l'annexe 2).

Influence du profil et du contexte (personnel et social, institutionnel) sur les composantes cognitive et médiative

Les moyennes masquent des disparités selon certaines caractéristiques individuelles : les enseignant.e.s contractuel.le.s sont ainsi plus nombreux/ses à privilégier l'aspect technique du calcul pour introduire les séquences, qu'il s'agisse de celles sur les expressions algébriques (58 %) ou de celles sur les équations (76%). À l'opposé, les enseignant.e.s déclarant être ou avoir été formateurs/trices (académiques, à l'ESPE ou à l'IUFM, à l'IREM) privilégient largement la résolution de problèmes : ils et elles sont ainsi 75 % à entamer la séquence sur les expressions algébriques par des problèmes et 62 % à faire également ce choix pour la séquence sur les équations. En ce qui concerne la situation d'introduction des expressions algébriques en particulier, lorsque les enseignant.e.s sont amené.e.s à choisir entre deux situations (cf. figure 2.19) dans lesquelles la lettre est donnée (situation 2) ou non (situation 1) par l'énoncé, amenant ainsi les élèves à prendre plus ou moins d'initiatives dans le choix de l'outil algébrique, les réponses sont contrastées en fonction du profil et du contexte d'enseignement. Ainsi, la situation 1 a été plus largement choisie par les enseignant.e.s du public hors éducation prioritaire (73% au lieu de 69% en moyenne) que dans l'éducation prioritaire (66%) ou le privé (61%). De façon plus marquante encore, le profil des enseignant.e.s (formateurs/trices d'une part, enseignant.e.s contractuel.le.s de l'autre), joue un rôle dans leur choix de situation (75% choisissent la situation 1 dans le premier cas, contre 41% sinon).

Les niveaux de mise en fonctionnement privilégiés dans les exercices par les enseignant.e.s varient aussi selon le contexte d'enseignement. Près des deux tiers des enseignant.e.s (64 %) déclarent faire « souvent » ou « très souvent » travailler les élèves sur des problèmes pouvant être résolus de plusieurs façons, laissant ainsi l'autonomie aux élèves de proposer leur

procédure. Les enseignant.e.s ont été questionné.e.s à propos du type d'énoncés qu'ils et elles proposent habituellement à leurs élèves lorsqu'il leur est demandé de comparer des programmes de calcul (annexe 2, figure 2.20). Ils et elles sont 76 % à couramment recourir à des énoncés engageant les élèves à établir une conjecture en testant les programmes de calcul sur des nombres, puis à la prouver. Ils et elles sont aussi 56 % (mais seulement 46 % en éducation prioritaire) à couramment mobiliser des énoncés demandant aux élèves de prouver une assertion (comme la formulation 3), leur laissant ainsi plus d'initiatives. Ils et elles restent néanmoins tout aussi nombreux/ses (55 % dans l'ensemble, mais 65 % en éducation prioritaire et 64 % dans le secteur privé sous contrat) à choisir couramment des énoncés demandant aux élèves d'utiliser une variable ne leur laissant pas la responsabilité d'engager un raisonnement algébrique pour faire la preuve.

Enfin, la proportion d'enseignant.e.s favorisant des explications moins mathématiques est plus élevée parmi les enseignant.e.s contractuel.le.s (80 % au lieu de 64% en moyenne) et ceux/celles exerçant en éducation prioritaire (69 %) et est, au contraire, plus faible parmi les enseignant.e.s ayant une expérience de formateur/trice (48 %). (voir annexe 2, figure 2.21).

Ces résultats montrent la variété existante des pratiques sur un contenu donné, et dans certains contextes d'enseignement, la place prépondérante des tâches techniques par rapport aux tâches donnant du sens aux contenus et la présence de discours s'appuyant sur des arguments autres que les propriétés mathématiques pour justifier ces techniques. Cela confirme aussi le peu d'initiatives laissées aux élèves, malgré une attention à leur mise en activité, mais sur des tâches peu riches algébriquement. En ce qui concerne l'évaluation enfin, la pratique restreinte de l'évaluation diagnostique en début de séquence, et la bienveillance manifeste des enseignant.e.s en ce qui concerne l'évaluation sommative, font écho à ce que nous avons pu observer à plus petite échelle, en particulier dans le LéA.

Pour conclure, nous signalons un item de la première phase test de l'enquête qui avait particulièrement retenu notre attention. Cet item visait à comprendre comment les enseignant.e.s réagissaient lorsqu'une évaluation sommative était mal réussie par l'ensemble des élèves. Les réponses des enseignant.e.s interrogé.e.s (tableau 7) semblent indiquer une remise en cause relativement faible de l'enseignement dispensé, et encore plus faible de l'évaluation elle-même. Cela consolide notre volonté de questionner les apports possibles de la formation, initiale et continue, pour d'outiller les enseignant.e.s et leur permettre de réfléchir à leurs pratiques, y compris en ce qui concerne l'évaluation.

	Jamais ou presque	Parfois	Souvent	Très souvent
Mes élèves n'ont pas suffisamment travaillé	48%		52%	
Les énoncés des exercices n'étaient pas toujours adaptés	88%		12%	
Je n'ai pas choisi une stratégie d'enseignement adaptée à mes élèves	82%		18%	

Tableau 7 : réponse à la question : « Lorsque les résultats d'une évaluation proposée aux élèves de ma classe de 3^e de référence ne sont pas à la hauteur de mes attentes, je considère que : »

Cette enquête à grande échelle nous permet donc de conforter nos outils pour caractériser les pratiques en lien avec les apprentissages visés, sur un contenu donné, et de montrer la pertinence des indicateurs liés aux composantes cognitives et médiatives pour décrire les pratiques. Les composantes personnelles et sociales semblent avoir un impact sur les choix effectués sur les composantes cognitives et médiatives, mais ne servent pas à elles seules à caractériser ces choix, comme en atteste la composition des clusters.

C. Conclusion du chapitre 3 : retour aux effets sur les apprentissages des élèves et à la formation

Les études sur le temps long et/ou à grande échelle nous semblent être un véritable « luxe » pour les chercheur.e.s, rendues possibles uniquement sous certaines conditions, dont le temps long et l'appui de l'institution, qui permettent d'engager des enseignant.e.s longtemps et en grand nombre dans nos recherches. Elles supposent des adaptations méthodologiques, que ce soit pour impliquer les enseignant.e.s différemment et durablement, ou pour questionner autrement leurs pratiques, sans être mesure de pouvoir tout observer. La quantité de données générées par de telles études, accumulées sur le temps long et/ou les effectifs importants est aussi un challenge à prendre en compte. En retour, il est probable que de telles expériences ont aussi un impact sur notre appréhension de la recherche à échelle plus réduite, dans nos études de cas, que nous n'abandonnons pas pour autant, puisqu'elles ont produit et continuent à produire des outils pour ces recherches de plus grande envergure.

S'il nous fallait d'ailleurs essayer de situer les enseignants du LéA dans un cluster, nous nous heurterions à des difficultés pour faire coïncider l'évolution de leurs pratiques intermédiaires dans un ou plusieurs des groupes ainsi définis (les pratiques initiales se rapprochant probablement de celles des groupes A ou B, et les pratiques actuelles de ces enseignant.e.s de celles du groupe C). En effet, les tâches algébriques proposées par les enseignant.e.s, au départ étaient majoritairement techniques et ne mettaient pas ou peu en avant les raisons d'être de l'algèbre. Ces pratiques ont évolué vers un choix de tâches plus riches, mais cependant sans évolution notable des déroulements proposés par les enseignant.e.s (stabilité relative de la composante médiative) qui laissaient encore assez peu d'initiatives aux élèves sur ces tâches, avec peu d'explicitations mathématiques et peu de place pour l'évaluation formative. Tout se passe un peu comme si nous avions « découplé » momentanément les composantes cognitives et médiatives des pratiques de ces enseignant.e.s, à défaut de pouvoir les faire évoluer simultanément, les plaçant ainsi.e.s dans un état intermédiaire, finalement peu ordinaire, voire inconfortable ? Est-ce que cela voudrait dire que sans formation, on ne retrouve pas un tel profil enseignant, et qu'il faut nécessairement prendre en compte le temps long, et une certaine progressivité (cognitif puis médiatif) pour faire évoluer les pratiques (vers celles du cluster C) ? Plus d'éléments sur cette évolution des pratiques, en lien avec le travail collaboratif, sont détaillés dans le chapitre 4.

Il nous reste encore à essayer de relier les effets de ces choix de pratiques sur les apprentissages des élèves. Une telle étude est en cours avec la DEPP, à partir d'un échantillon plus modeste d'enseignant.e.s ayant répondu à l'enquête, et à un test passé par leurs élèves.

Chapitre 4 - Formation et effets sur les pratiques

A.	De nos recherches sur les pratiques à nos recherches sur la formation.....	77
1)	Quels transferts de nos hypothèses et outils de recherche sur les pratiques ?.....	77
a)	Postulats pour la formation en appui sur nos résultats sur les pratiques enseignantes.....	77
b)	De l'analyse des pratiques enseignantes à l'analyse des pratiques de formation : quelle transposition de nos outils de recherche ?.....	79
	Des pratiques enseignantes aux pratiques de formation.....	79
	La question des savoirs en formation.....	79
	Les postures des formé.e.s : quelle prise en compte des pratiques enseignantes ?.....	81
	Nos hypothèses et conclusions sur les pratiques de formation dans cette étude.....	82
2)	Pertinence pour la formation de certains outils issus de nos recherches sur les pratiques.....	83
a)	Le <i>relief</i> : outiller les enseignant.e.s en formation pour analyser des données issues de la classe et discuter de leurs pratiques.....	83
	L'analyse a priori : analyser des ressources, en appui sur le relief des notions.....	83
	Partager un langage commun.....	85
b)	L'utilisation de vidéos de classe : un outil pour organiser des proximités en formation ?.....	86
	Le rôle des vidéos en formation.....	86
	Des usages différents selon les hypothèses qu'on fait sur la formation ?.....	86
	Des usages qui diffèrent en fonction du public formé.....	87
	Description du dispositif de formation continue d'enseignant.e.s autour de l'usage de vidéos.....	87
	Et pour d'autres publics ?.....	88
B.	Le cas particulier de la formation à et par la recherche dans les dispositifs de développement professionnel.....	89
1)	Les enjeux d'un tel dispositif dans la formation des enseignant.e.s.....	90
a)	Quel lien avec nos hypothèses sur la ZPDP ?.....	90
b)	Quel rôle pour les théories des chercheur.e.s dans la formation ?.....	90
	Une comparaison de dispositifs de formation en France et en Angleterre.....	90
	Une comparaison de dispositifs de formation par la recherche en France.....	92
2)	Fonctionnement entre chercheur.e.s et enseignant.e.s dans un LéA.....	93
a)	Quel rôle de chercheur.e.s pour les enseignant.e.s dans le dispositif ?.....	93
b)	Quel(s) rôle(s) pour les chercheur.e.s ?.....	94
C.	Évaluer des effets de la formation sur les pratiques.....	94
1)	Évaluer l'impact d'une formation.....	95
2)	Effets de la formation initiale par la recherche sur les pratiques.....	95
a)	Présentation de la formation initiale à et par la recherche pour les professeur.e.s des écoles.....	96
b)	Des outils pour questionner la formation à travers sa conception, ses contenus, ses effets... Méthodologie.....	97
	Pratiques visées / pratiques effectives : observations en classe.....	98
	Des régularités dans les pratiques.....	98
	Des variabilités liées aux contraintes.....	99
	Comparaison avec une initiation à la recherche dans un champ autre que la didactique.....	100
	Comparaison des contenus de formation.....	101
	Un questionnaire pour recueillir des effets déclarés de la formation.....	102
	Utilité des contenus de l'initiation à la recherche pour enseigner les mathématiques.....	103
	Une comparaison des réponses aux questionnaires difficile à faire.....	105
3)	Travail collaboratif et effets sur les pratiques.....	105
a)	Effets déclarés du travail collaboratif : des pratiques enrichies et un nouveau regard sur la recherche ?.....	106
b)	Effets observés sur les pratiques : un suivi sur 6 années.....	107
	Analyse des tâches proposées : une évolution vers des tâches plus riches.....	108

Analyse des déroulements : une évolution plus lente.....	108
Vers une place plus grande donnée aux activités mathématiques des élèves ?	108
... mais avec une exploitation peu hiérarchisée de leurs activités mathématiques, et encore peu de liens avec les mathématiques visées	108
Une évolution dans les pratiques d'évaluation	109
Des perspectives pour aller plus loin dans l'analyse des effets du travail collaboratif sur les pratiques.....	109
c) En dehors du LÉA : effets d'une diffusion en formation des ressources du LÉA : effets déclarés sur les pratiques	110
Présentation du dispositif.....	110
Évaluation du dispositif de formation : méthodologie et résultats	111
D. En conclusion du chapitre 4 : retour aux effets de ces formations sur les élèves... et la boucle est bouclée !	112
1) Les effets du travail collaboratif sur les apprentissages des élèves des enseignant.e.s du LÉA RMG	112
2) Les effets de la formation PACAL sur les apprentissages algébriques des élèves des enseignant.e.s désigné.e.s : une formation plus restreinte en temps, mais touchant un effectif plus important d'élèves	114

A. De nos recherches sur les pratiques à nos recherches sur la formation

Dans cette partie, nous nous interrogeons sur les outils à notre disposition pour questionner la formation des enseignant.e.s, à travers les hypothèses qui les sous-tendent, les dispositifs qui la constituent, et ses éventuels effets sur le développement professionnel des enseignant.e.s. Le phénomène didactique étudié ici est particulièrement complexe et comporte de multiples facettes, non seulement du côté des pratiques enseignantes et des apprentissages des élèves déjà étudié – système « savoir mathématique, élève, enseignant », que du côté de la formation – système « savoir sur l’enseignement des mathématiques et la formation, enseignant.e, formateur/trice », et il est donc nécessaire de prendre en compte cette complexité pour en éclairer différents aspects.

1) *Quels transferts de nos hypothèses et outils de recherche sur les pratiques ?*

a) Postulats pour la formation en appui sur nos résultats sur les pratiques enseignantes

Nous organisons notre réflexion sur le développement professionnel des enseignant.e.s selon différents axes qui sous-tendent pour nous les choix qui peuvent être faits pour la formation. Ces axes proviennent des résultats de nos recherches menées sur les pratiques enseignantes et sur leur développement, mais aussi de postulats, points de départ de nos recherches actuelles et futures.

Le premier axe correspond aux connaissances que nous avons construites sur **les pratiques enseignantes**. Nos hypothèses sur la formation sont en effet largement appuyées sur notre regard de chercheur.e.s et nos résultats de recherche sur les pratiques enseignantes et leur développement (importance du temps long, du collectif, de la spécificité des contenus mathématiques). Nos outils pour les caractériser et mettre en lumière certains de leurs aspects (cohérence, variété, stabilité), décrits dans ce qui précède, nous permettent de formuler des conditions probables pour la formation, en repérant des contraintes (liées au contexte, aux individus) et en détectant des marges de manœuvre à investir par les formateurs et formatrices. Parmi ces marges de manœuvre, nous pouvons lister le fait de définir des palettes de possibles pour les enseignant.e.s formé.e.s, des leviers sur lesquels jouer (tels que la question de l’évaluation).

Un autre axe concerne l’usage que nous choisissons de faire de nos **outils et démarches de chercheur.e.s** pour concevoir, organiser, et réfléchir sur la formation. Certains de nos concepts théoriques éclairent en effet des phénomènes relatifs à l’enseignement et l’apprentissage des mathématiques, et jouent un rôle non seulement dans nos prises de décisions pour former les enseignant.e.s, mais aussi dans la formation elle-même, de façon plus ou moins transparente et transposée. En particulier, la démarche d’analyse a priori des tâches et les outils que nous nous donnons pour réaliser cette analyse¹⁷, puisés dans le *relief* des notions mathématiques que nous

¹⁷ Les outils que nous nous donnons pour faire ces analyses sont des concepts de la recherche en didactique des mathématiques : par exemple les variables didactiques en Théorie des Situations Didactiques, le discours technologique en Théorie Anthropologique du Didactique, ou encore les adaptations des connaissances issues de la Double Approche. L’usage qui est fait de ces outils par le formateur ou la formatrice semble évidemment différent de celui qu’en fait le/la chercheur.e, et rend plus ou moins explicite la genèse de ces concepts pour les enseignant.e.s formées, selon le type de formation.

construisons, permet de caractériser l'activité mathématique possible pendant les séances en classe et de la confronter aux activités réelles des élèves. La prise en compte du métier (et des différentes composantes des pratiques enseignantes) reste aussi au cœur de nos réflexions sur le développement professionnel, comme une condition mais aussi un levier explicite de développement.

Le troisième axe concerne nos **postulats sur la formation** elle-même, et, sans être totalement étayés par nos recherches antérieures, ils nous permettent de poser des hypothèses pour des recherches futures. Ainsi, en transposant nos résultats de recherche sur l'enseignement et l'apprentissages des mathématiques pour la formation, nous supposons qu'il est pertinent :

- d'apprécier une certaine ZPDP des enseignant.e.s (zone de proche développement professionnel, Rogalski & Robert, 2015), pour partir des pratiques et des classes ordinaires, à l'instar de la façon dont nous cherchons à « placer l'enseignement des mathématiques dans les ZPD des élèves » ;
- de partir des besoins supposés ou exprimés des enseignant.e.s, en nous appuyant sur les questionnements, prises de conscience, pour réaliser des proximités entre leurs pratiques déjà là ou presque, et celles visées par la formation ;
- de susciter ces besoins chez les enseignant.e.s, pour justifier l'outillage que nous proposons en formation, tout comme nous cherchons à donner des raisons aux mathématiques enseignées aux élèves, à travers leur dimension « outil » ;
- de partager collectivement les pratiques, ce travail partagé (y compris sous forme de travail collaboratif entre enseignant.e.s et chercheur.e.s) permettant une co-construction de nouvelles connaissances et ressources, et un enrichissement de tou.te.s ;
- de choisir une posture de non prescription, prenant en compte les contraintes et marges de manœuvre du métier d'enseignant.e, et respectant la complexité et de la cohérence des pratiques ;
- de veiller à donner aux enseignant.e.s en formation des postures professionnelles (enseignant ou chercheur plutôt qu'élève ou étudiant) ;
- de faciliter une mise à distance par rapport au quotidien de la classe des enseignant.e.s (vidéo de classe, résultats de recherche) tout en s'appuyant dessus, pour ne pas s'éloigner des pratiques réelles.

Enfin, une dernière entrée, par l'évaluation des élèves en mathématiques, enrichit ces axes de réflexion. L'évaluation est en effet un thème très riche, convoquant à la fois des analyses de contenus mathématiques et de séances de classes, mais aussi de ressources, en lien selon nous avec des habitudes très ancrées, et nous pensons qu'elle permet de re-questionner plus largement l'ensemble des pratiques, comme nous l'avons montré dans le chapitre 2.

Les éléments décrits dans ce chapitre 4 sont d'abord théoriques : ce sont les hypothèses sur lesquelles nous nous appuyons pour penser le développement professionnel, et les outils que nous nous donnons par conséquent pour penser la formation des enseignant.e.s, qu'elle soit initiale ou continue, dans le premier ou le second degré, en y envisageant en particulier le rôle que peut y jouer la recherche, comme moyen de formation. Dans un second temps, des résultats sont proposés pour montrer de quelles façons ces outils sont mis à profit pour former les enseignant.e.s et évaluer les effets de ces dispositifs de formation sur leurs pratiques.

b) De l'analyse des pratiques enseignantes à l'analyse des pratiques de formation : quelle transposition de nos outils de recherche ?

Des pratiques enseignantes aux pratiques de formation

Les pratiques de formation sont variées (Robert et al, 2007), et la formation elle-même propose une variété d'intervenant.e.s, de différents profils, et avec différents enjeux (réussir un concours, se préparer au métier, préparer la classe pour le lendemain, s'initier à la recherche). Il existe probablement une grande variété de pratiques, et nous avons essayé dans Sayac & Horoks (2012), d'organiser une exploration des pratiques de formateurs/trices d'enseignant.e.s du 1^{er} degré de différents horizons. Les formateurs/trices ont en effet des parcours professionnels très variés (ancien.ne.s ou actuel.le.s enseignant.e.s du primaire ou du secondaire, enseignant.e.s-chercheur.e.s à l'université) qui induisent probablement des différences importantes au niveau des pratiques de formation. En plus de faire un état des lieux des pratiques de formation à partir de l'étude quelques cas, nous souhaitons mettre à jour d'éventuels malentendus entre formateurs/trices et enseignant.e.s stagiaires en formation initiale en mathématiques, en repérant des « incidents » (Roditi, 2005).

Ici encore, la Double Approche a largement inspiré notre démarche, pour prendre en compte les conditions du métier de formateur/trice (institution, contexte, profil), même si les pratiques de formations ne peuvent être rapportées aux pratiques d'enseignement, et que les outils pour les décrire doivent être adaptés. Cette approche porte aussi une attention particulière aux mathématiques en jeu dans les situations d'enseignement, ce qui nous permet de tenir compte des contenus mathématiques lors de formation, qui constituent d'après nos hypothèses une entrée privilégiée par beaucoup de formateurs/trices. La complexité des pratiques enseignantes mise en lumière dans ce cadre nous semble également inhérente aux pratiques de formation. De plus, les outils développés pour analyser les activités mathématiques des élèves nous semblent transposables pour analyser certaines activités des stagiaires en formation initiale. Ainsi, la notion de tâche, déclencheur de l'activité des élèves, au cœur de l'analyse des pratiques, nous paraît pertinente pour analyser ce qui peut se passer durant des séances ordinaires de formation. Les travaux de Houdement et Kuzniak (1996) sur les stratégies de formation sont également essentiels pour penser la formation dans le cadre de la didactique des mathématiques et par là même, les pratiques des formateurs/trices. Ainsi, les stratégies d'homologie, de monstration et de transposition ont été identifiées comme des stratégies utilisées de manière variable et contextuelle par les formateurs/trices de mathématiques en IUFM. Elles dépendraient des notions mathématiques traitées durant les séances (*homologie* pour les notions méconnues des étudiant.e.s, *transposition* et *monstration* pour des notions plus familières). Nous nous sommes également inspirés des travaux de DeBlois (2006) sur les postures épistémologiques des futur.e.s maîtres.ses (la posture de l'ancien.ne élève, la posture de l'étudiant.e et la posture de l'enseignant.e).

La question des savoirs en formation

La question de définir les savoirs dispensés lors des séances de formation s'est rapidement (im)posée à nous et reste au cœur de notre questionnement tant elle nous semble importante pour rendre compte et analyser les pratiques des formateurs/trices d'enseignant.e.s. La notion de *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) proposée par Shulman (1986, 1987) nous a paru pertinente pour préciser les contenus mathématiques de la formation initiale des professeur.e.s du 1^{er} degré car elle correspondait davantage, à notre avis, aux savoirs professionnels transmis en formation. Les stagiaires doivent opérer en effet une transformation de la connaissance mathématique pour passer de sa compréhension pour eux ou elles-mêmes à la compréhension

pour les autres (le modèle de Shulman décrit six processus nécessaires à cette transformation). Dans la continuité du travail sur les PCK, les travaux de Ball et al. (2005) sur le *Mathematical Knowledge for Teaching* (MKT) ont permis d'adapter le PCK au métier de formateur/trice pour analyser la nature des connaissances mathématiques que l'enseignant.e doit posséder pour enseigner cette discipline efficacement. Si on fait abstraction du rapport à la discipline mathématique et à son enseignement et des connaissances mathématiques, non pris en compte dans notre étude, les outils développés ci-dessous pour catégoriser les savoirs convoqués en formation et les posture données aux stagiaires ou adoptées par elles et eux, pourraient convenir aussi à une analyse de formation dans le 2nd degré.

Le découpage que nous avons tenté d'adopter pour décrire les différents savoirs en jeu dans la formation professionnelle (voir tableau 8) rejoint celui proposé par Ball et intègre le PCK dans un ensemble plus global de domaines de savoirs pour enseigner. Il distingue les deux dimensions des savoirs : les savoirs disciplinaires (D1, D2, D3) et les savoirs transversaux (T1, T2, T3).

SAVOIRS DISCIPLINAIRES		SAVOIRS TRANSVERSAUX	
D1 : relatifs aux connaissances mathématiques pures et aux savoirs épistémologiques	D3 : savoirs relatifs à la didactique des mathématiques	T1 : relatifs aux gestes professionnels du métier d'enseignant	
D2 : relatifs à la construction de programmations, de progressions par cycle...		T2 : relatifs aux connaissances portant sur les élèves et sur les apprentissages	
		T3 : relatifs aux programmes et aux instructions officielles	

Tableau 8 : redéfinition des savoirs professionnels visés par la formation

La première dimension des savoirs pour la formation professionnelle des enseignants est relative aux savoirs disciplinaires :

- **D1** correspond aux savoirs travaillés sous un angle strictement mathématique ou épistémologique
- **D2** concerne les mathématiques convoquées dans l'organisation du savoir à enseigner : élaboration de progressions par cycle, de programmation, gestion de situations-problèmes mathématiques...
- **D3** concerne l'approche didactique des savoirs mathématiques, la transposition du savoir prescrit au savoir à enseigner : par exemple quand on étudie des manuels ou des ressources numériques d'un point de vue didactique, ou quand on travaille sur la notion de champ conceptuel, d'invariants opératoires et de signifiants (symboles, désignations) liés à une notion.

L'autre dimension des savoirs pour la formation professionnelle des enseignants, plus transversale, comporte également trois entrées spécifiques :

- **T1** concerne les gestes professionnels élémentaires en classe : comment gérer une classe ? Comment travailler en groupe ? Comment faire des retours au calme ?
- **T2** concerne la connaissance des élèves : approches sociologique, psychologique, cognitive des élèves : par exemple quand on distingue des stades d'apprentissage, quand on parle de la ZPD ou quand on s'intéresse aux ZEP...
- **T3** concerne les connaissances institutionnelles : instructions officielles, programmes d'enseignement, documents d'accompagnement, grilles de références...

Il ne nous est cependant pas toujours aisé de catégoriser de manière objective les tâches proposées par les formateurs/trices, ni même leur discours en formation, en fonction du type de savoir convoqué, et un enjeu futur de cette recherche pourrait être de stabiliser cette approche

des savoirs pour la formation. Quoiqu'il en soit, il semble avéré que ces savoirs ne sont pas travaillés en alternance ou l'un après l'autre, mais qu'ils sont souvent fortement imbriqués les uns dans les autres et difficilement identifiables. Ils nous paraissent bien recouvrir les différents contenus proposés, en formation initiale, par les formateurs/trices en mathématiques. La question est de savoir dans quelle mesure ils sont travaillés et à quels moments dans la formation.

Les postures des formé.e.s : quelle prise en compte des pratiques enseignantes ?

C'est dans la continuité de cette réflexion que la question des *postures* des stagiaires nous est apparue, dans l'idée de rendre compte de la dynamique durant les séances de formation tout en essayant de mieux comprendre l'articulation des savoirs en jeu. Cette notion dégagée au cours de notre recherche concerne la façon dont le formateur ou la formatrice s'adresse aux stagiaires de son groupe, lors des séances de formation et que nous avons appelée *posture* en référence à la notion de posture professionnelle et à la notion de postures épistémologiques des futurs maîtres durant la formation (DeBlois 2006). En effet, nous sommes partis du constat que l'enseignant.e stagiaire est placé.e, durant son année de formation initiale et suivant les différents moments de formation (stages en responsabilité, module de formation disciplinaire à l'IUFM, module d'analyse des pratiques) dans différentes postures qu'il ou elle doit adopter de manière plus ou moins délibérée :

- La **posture élève** : quand il ou elle est soumis.e à des tâches à résoudre en tant qu'élève du système éducatif. Par exemple, dans des tâches à réaliser au même titre qu'un élève le ferait, quel que soit le niveau (jouer à des jeux, reproduire une figure géométrique, résoudre des problèmes...);
- La **posture étudiant.e** : quand il ou elle est soumis.e à des activités lui permettant de se former en tant que futur.e enseignant.e, de réfléchir à une démarche d'enseignement en termes de contenus ou de gestion de la classe, mais qui ne sont pas des activités caractéristiques du métier (elles ne seront donc pas reproduites a priori dans la pratique quotidienne du métier enseignant). Par exemple, quand on demande de classer des situations en fonction de critères d'enseignement ou de catégoriser des procédures d'élèves ;
- La **posture enseignant.e** : quand on s'adresse au/à la stagiaire en tant qu'enseignant.e, quand il ou elle élabore, produit des actions ou du discours en lien direct avec une pratique de classe.

Pour chaque tâche proposée, nous nous sommes demandé si le/la formateur/trice s'adressait à des élèves, à des étudiant.e.s ou à des enseignant.e.s, de manière explicite ou non, à travers la consigne proposée, les aides et bilans apportés lors de ses différentes interventions. Nous supposons qu'il est attendu des stagiaires qu'ils ou elles s'installent dans la posture choisie (consciemment ou non). Les stagiaires sont a priori libres de s'adapter ou de s'opposer à la posture induite par la tâche proposée, de même qu'ils/elles peuvent ne pas avoir conscience de la posture attendue par le/la formateur/trice. Des incidents¹⁸ pourraient témoigner de ces décalages entre posture voulue et posture adoptée (Deblois et Squalli ont évoqué des tensions à ce propos, 1997). Par exemple, quand le/la formateur/trice confronte ses stagiaires à des tâches pour lesquelles ils/elles doivent passer d'une posture d'élève (résolution de l'exercice) à une posture d'étudiant.e (réflexion sur l'exercice ou sur sa résolution) alors que ces dernier.e.s s'installent et restent dans la posture première¹⁹. Nous avons relevé plusieurs incidents de ce genre durant les séances filmées. Cela semble se produire le plus souvent quand des stagiaires rencontrent des difficultés à résoudre des activités « élèves » qu'on leur propose d'étudier (pour diverses raisons de formation : transmission d'un savoir de type D1 généralement). Certain.e.s

¹⁸ E. Roditi a introduit la notion d'incident didactique (2005). Il désigne par là tout événement qui demande une adaptation, une prise de décision de l'enseignant.

¹⁹ Deblois et Squalli estiment même que la posture de l'ancien élève est « persistante » en formation (2002)

stagiaires restent enfermés dans la posture élève qui ne peut être dépassée faute de connaissances suffisantes sur la notion étudiée. La gestion de ces incidents par le formateur/ la formatrice peut alors être révélatrice de ses conceptions sur la formation et sur les organisateurs de sa pratique.

Nos hypothèses et conclusions sur les pratiques de formation dans cette étude

Pour essayer d'appréhender la réalité des pratiques de formation des formateurs/trices de mathématiques en IUFM, tout en prenant en compte les diversités existantes, nous supposons qu'ils et elles privilégient généralement l'axe disciplinaire des savoirs à transmettre en formation initiale par rapport à l'axe transversal, mais se différencient par la gestion de cette priorité. Les choix du formateur / de la formatrice dépendent de sa conception de la formation et de l'adaptation qu'il ou elle fait pour lui-même du plan de formation prescrit institutionnellement. Ils dépendent également de ses représentations du métier, de ses stagiaires et de son histoire professionnelle (expérience dans la fonction de formateur/trice ou d'enseignant.e du secondaire ou du primaire). Nous supposons aussi que l'enchaînement des postures dans lesquelles les stagiaires sont engagé.e.s au cours d'une séance de formation est l'un des organisateurs de sa pratique. Le lien entre savoirs professionnels et postures devra faire l'objet d'un traitement particulier.

Au-delà des tâches proposées aux stagiaires, il convient de regarder non seulement le mode de travail demandé (en groupe, individuellement), mais aussi les interventions du formateur / de la formatrice pendant le travail des stagiaires et au moment de la synthèse (si ce moment a lieu). En effet, lors de la phase de synthèse, la posture dans laquelle les stagiaires ont été installé.e.s lors du travail de recherche peut être modifiée et le formateur / la formatrice peut engager (consciemment ou non) ces dernier.e.s sur une autre posture. Par exemple, après un travail ayant porté sur l'anticipation des différentes procédures des élèves pour résoudre un exercice que les stagiaires ont traité dans une posture « étudiant.e », le formateur / la formatrice peut orienter la mise en commun de cette activité sur un questionnement, par exemple, sur la prise en compte et le bilan de ces différentes procédures dans leur classe, questionnement qui s'adresse alors aux stagiaires placé.e.s dans une posture « enseignant.e ».

Nous avons choisi de concevoir une étude qualitative portant sur un nombre restreint de formateurs/trices de mathématiques en IUFM, exerçant dans un même centre de formation. En neutralisant la variable contextuelle du lieu et du moment de formation (et dans une moindre mesure des contenus généraux), et en nous appuyant sur la singularité de leurs actions, nous souhaitons appréhender la variabilité ou les régularités de leurs pratiques de formation. L'analyse de la séance de formation filmée pour chacun.e des participant.e.s (en termes de postures et avec des outils généralement utilisés pour analyser des séances de classe en mathématiques) et de leurs réponses à un questionnaire portant sur leur parcours, leurs conceptions sur la formation et choix globaux pour former, a soulevé de nouvelles questions, plus qu'elle ne nous a permis de vérifier certaines de nos hypothèses. La question des savoirs et des postures est délicate à trancher dans la mesure où ces savoirs sont souvent imbriqués, et souvent peu explicites dans le discours du/de la formateur/trice, et que la dynamique et le jeu de transfert entre ces postures brouille parfois leur interprétation. C'est pourquoi par la suite (voir plus loin dans ce chapitre), nous avons préféré caractériser les activités proposées en formation à travers les pratiques enseignant.e.s visées par la formation, plus que par les savoirs que ces pratiques mobilisent, pour faciliter nos analyses.

Ainsi, force est de constater que la transposition d'outils de la didactique des mathématiques, des pratiques d'enseignant.e aux pratiques de formateur/trice d'enseignant.e.s requiert un double niveau d'analyse qui complexifie notre tâche, et que dans ce contexte, notre double

casquette de formatrices et de chercheuses travaillant sur les pratiques des formateurs/trices nous aide parfois à comprendre ce qui se joue mais perturbe également l'objectivité de nos analyses. L'enjeu d'une telle recherche reste important si l'on fait l'hypothèse que les pratiques des formateurs/trices ont une incidence directe ou indirecte sur les pratiques des professeur.e.s des écoles enseignant les mathématiques dans leur classe. Il ne pourra être question dans cette recherche de mesurer cet impact, mais si l'on souhaitait à terme s'y intéresser, il faudrait selon nous d'abord s'efforcer de mieux connaître les pratiques des formateurs/trices d'enseignant.e.s et la singularité de leur activité, pour analyser les dispositifs de formation et leurs effets possibles ou avérés.

2) *Pertinence pour la formation de certains outils issus de nos recherches sur les pratiques*

Deux éléments issus de nos recherches sur les pratiques sont mis en avant ici, qui permettent de relier deux pôles dont le rapprochement nous semble être une condition nécessaire pour former les enseignant.e.s :

- les éléments de *relief*, permettant une analyse fine des contenus mathématiques en jeu dans les tâches proposées, pour en déduire des activités possibles des élèves et envisager des déroulements qui permettent ces activités, pour analyser et construire des ressources, et construire un langage commun permettant d'observer ensemble et avec la plus grande objectivité le réel de la classe, en particulier lors du visionnage et de l'analyse d'une vidéo de classe ;
- les vidéos, permettant de se placer dans la classe, sur le terrain, qu'elles proviennent ou non de la classe d'un.e des formé.e.s, pour prendre en compte des éléments de contexte du métier et les activités réelles des élèves, compte tenu de celles de l'enseignant.e.

A partir de ces deux pôles, le travail du/de la formateur/trice nous semble être d'organiser des proximités entre pratiques de chacun.e et collectives, avec les pratiques visées, modélisées par la recherche.

a) *Le relief : outiller les enseignant.e.s en formation pour analyser des données issues de la classe et discuter de leurs pratiques*

L'analyse a priori : analyser des ressources, en appui sur le relief des notions

Afin de penser les pratiques visées par la formation (elles-mêmes appuyées sur certains savoirs que nous ne cherchons pas à déterminer entièrement ici, nous nous appuyons sur la notion de *vigilance didactique*. Nous faisons en effet l'hypothèse de travail (cf. Grugeon & Horoks, 2014) que pour être à même d'exercer une certaine vigilance didactique, définie « *comme un ajustement didactique permanent de la part du professeur faisant appel aux deux composantes cognitive et médiative des pratiques et s'exerçant dans les trois niveaux global, local et micro.* » (Butlen et al. 2012b), les enseignant.e.s doivent mobiliser des connaissances mathématiques et didactiques en situation, en particulier « *des outils permettant de lire le réel, issus de la didactique des mathématiques mais transformés en vue de l'action d'enseigner* ». Ces outils, en appui sur le *relief* de la notion, sont nécessaires pour identifier le savoir mathématique en jeu dans une situation d'apprentissage, pour apprécier le choix de variables didactiques et l'incidence de leurs valeurs sur les procédures et les résultats des élèves, et pour mieux anticiper la mise en actes du projet. Pendant la classe, ces outils peuvent aussi aider au repérage de phénomènes et à la prise de décisions, et continuent à alimenter la réflexion sur ce qui s'est passé en classe.

Nous pensons donc que des activités pour la formation s'appuyant sur l'usage d'outils d'analyse a priori, qui sont des outils conceptuels liés à des résultats de recherche en didactique, peut favoriser le développement chez l'étudiant.e, d'une « appréciation critique argumentée ». Nous supposons de plus que la mobilisation de ces outils conceptuels, sous certaines conditions organisées pendant la formation, peut contribuer à enrichir et à favoriser l'acquisition de certains savoirs pour l'enseignement ainsi que l'exercice d'une vigilance didactique (Charles-Pézard 2010, Butlen et al. 2012a), élément constitutif d'une pratique réflexive, chez les futurs enseignant.e.s.

Parmi ces activités pour la formation, l'analyse de ressources nous semble être un levier pour faire fonctionner les outils d'analyse issus de la recherche, et amener les futur.e.s enseignant.e.s à porter une appréciation critique sur ces ressources, non seulement pour les comparer pour un contenu et un niveau scolaire donné et faire un choix pour leur enseignement, mais aussi pour en comparer les différences, par exemple dans la transition entre deux niveaux scolaires, voire de construire ses propres ressources, et ainsi élargir le questionnement professionnel autour de l'enseignement de ces contenus.

Les moments de transition dans l'enseignement des mathématiques – entre école et collège, ou collège et lycée – ont déjà été pointés par la recherche comme des moments de rupture, à la fois révélateurs et aggravateurs des difficultés des élèves. Leur étude a pour nous, chercheur.e.s et formateurs/trices, l'objectif de mieux comprendre ces écarts, en questionnant des différences entre les deux niveaux, pour aider les élèves et leurs enseignant.e.s à mieux appréhender ces passages. Nous interrogeons par exemple (dans Horoks & Chesnais 2019, Chesnais & al. 2015) la façon dont se fait l'enseignement d'une même notion avant et après la transition, pour essayer de comprendre les écarts possibles et éventuels malentendus pour les élèves. Nous supposons que les pratiques des enseignant.e.s ne sont pas les mêmes avant et après de ces transitions, mais que ces différences sont ignorées par tou.te.s, ou du moins minorées, et, par manque de communication, peu prises en compte dans l'enseignement. Ici, l'analyse des ressources conçues pour l'enseignement de part et d'autre d'une transition, indicatrices de scénarii possibles pour les enseignant.e.s, peut nous renseigner sur des différences potentielles de pratiques, sur un même contenu, et sur les potentiels écarts dans les activités et apprentissages mathématiques qui pourraient en découler. Le *relief* construit sur les contenus mathématique au programme avant et après la transition, à travers une analyse épistémologique, institutionnelle et didactique, nous permet de voir dans quelle mesure les notions proposées sont identiques a priori pour les deux classes, et mobilisées avec des niveaux de mise en fonctionnement plus ou moins complexes, dans des tâches plus ou moins variées. Pour une même connaissance mathématique à mobiliser, on pourrait donc par exemple trouver les mêmes tâches en 3^e et en 2nde, ou des tâches avec des adaptations différentes, ou bien encore des tâches dont les énoncés sont très différents mêmes s'ils amènent à mobiliser les mêmes connaissances, ou encore des tâches nouvelles en 2nde (ou des tâches de 3^{ème} qui sont abandonnées en 2nde). Par ailleurs, dans la transition collège-lycée, la variété des tâches possibles pour faire mobiliser un nombre de propriétés visiblement plus grand en 2nde qu'en 3^e questionne aussi la possibilité de réussir ou non à travailler chacune de manière répétée²⁰ dans le cadre des horaires alloués à leur enseignement.

²⁰ Nous avons déjà questionné dans le chapitre 1 l'influence du fait de proposer ou non des tâches répétitives aux élèves sur leur capacité à réussir ces tâches à nouveau par la suite, même si une automatisation de certaines tâches n'est pas forcément bénéfique (cf. par exemple Butlen, 2003, en calcul mental ou Dumail, 2007, sur la racine carrée).

Partager un langage commun

Ce travail sur les ressources nécessite non seulement la mobilisation d'outils d'analyse, issus du *relief* des notions qui y sont travaillés, et d'un langage commun. Ce langage commun (Sensevy et al., 2013) nous semble en effet nécessaire à l'analyse ou la construction d'une ressource en formation, initiale ou continue, à partir des apports des enseignant.e.s sur ce qu'ils et elles enseignent et des apports didactiques des formateurs/trices ou des chercheur.e.s.

Nous avons par ailleurs tenté d'approcher la diversité culturelle et linguistique à l'œuvre dans les mathématiques et dans leur enseignement, à travers le projet international LEXICON (<http://www.lexicon.iccr.edu.au>), qui a consisté à s'interroger sur le discours professionnel des enseignant.e.s en reconstruisant le lexique didactico-pédagogique sur lequel ce discours s'appuie. L'hypothèse faite est que ces discours et lexiques sont culturellement et linguistiquement situés, qu'ils influencent ce à quoi les enseignant.e.s sont sensibles et conditionnent ce qu'ils et elles peuvent exprimer de leurs pratiques, partager avec d'autres, soumettre à la discussion (Artigue et al., EMF2018). En utilisant comme point d'appui des vidéos filmées dans une classe de 4^{ème} dans chaque pays participant au projet, chaque équipe – composée d'enseignant.e.s et de chercheur.e.s – a eu alors à construire un lexique des termes utilisés par des enseignant.e.s expérimenté.e.s de collège pour décrire une séance de classe de mathématiques. Ce qui était visé était le recensement des termes « raisonnablement » partagés et consensuels dans des communautés d'enseignant.e.s expérimenté.e.s : il ne s'agissait pas d'un lexique de chercheur.e.s et la voix prépondérante, en cas de litige, devait être donnée aux enseignant.e.s des équipes. Un processus de validation des lexiques à travers un questionnaire à grande échelle (environ 200 répondant.e.s en France) a été organisé : des seuils d'acceptation/rejet des termes en fonction des réponses aux questions de familiarité ont été fixés. Un ouvrage rassemble tous nos lexiques et une discussion sur les questions émergeant de leur comparaison dans nos travaux (Artigue et al., 2021).

En France où la didactique, notamment en mathématiques, s'est construite épistémologiquement et institutionnellement en marquant sa distinction avec le champ pédagogique déjà existant, une place centrale est accordée aux spécificités disciplinaires des processus d'apprentissage et d'enseignement, ce qui n'est pas le cas dans d'autres pays participants au projet. Ainsi, on pourrait situer le long d'un axe pédagogico-didactique l'ensemble des lexiques produits, pour y voir le rôle joué par les contenus mathématiques. Le lexique français, tout en respectant les règles collectives fixées, regroupe dans une catégorie spécifique 19 termes qui désignent des formes d'activité mathématique. Il est le seul dans ce cas, les autres lexiques obéissant à d'autres structurations.

Une autre marque des contextes culturels est la place occupée dans les lexiques par des termes ou expressions issus de la recherche. Certains lexiques, par exemple le lexique chilien, ne contiennent aucun terme issu de la recherche didactique ; les candidats proposés par les chercheur.e.s ayant été systématiquement rejetés par les enseignant.e.s des équipes car jugés non suffisamment familiers. Inversement, le lexique japonais, imprégné de la culture des « Lesson Study » et de la terminologie associée, est fortement imprégné par la recherche, et cette terminologie est largement partagée par les enseignant.e.s du fait du rôle clef joué par cette pratique dans leur formation et développement professionnel. Le lexique français est dans une position intermédiaire haute, où se voit nettement la marque d'une migration de concepts de la recherche didactique vers le langage professionnel des enseignant.e.s, même si elle reste limitée (30 termes ou expressions dont 13 issus de la Théorie des Situations Didactiques, reflétant en cela le rôle joué par cette théorie dans notre culture didactique).

b) L'utilisation de vidéos de classe : un outil pour organiser des proximités en formation ?

Les analyses de vidéo pour la recherche en didactique des mathématiques ont permis à la fois d'établir des diversités et des régularités dans les pratiques, notamment dans les choix de contenus et de gestion des enseignant.e.s, et de commencer à en chercher des explications. Nous considérons ici qu'elles ont aussi un rôle important à jouer pour la formation d'enseignant.e.s ou de formateurs/trices.

Le rôle des vidéos en formation

Notre approche théorique des pratiques et de la manière dont elles se forment nous encourage à essayer de donner une direction ascendante à ce processus de formation : au lieu d'étudier d'abord le contenu mathématique institutionnel, puis d'élaborer des tâches et ensuite de réfléchir à la manière de les mettre en œuvre dans les classes (comme le recommandent certaines formations inspirées par d'autres cadres théoriques), nous choisissons de partir des pratiques réelles, observables à l'intérieur de la classe en particulier à travers une vidéo, et de faire face directement à certains aspects de leur complexité. À partir de ce point de départ, le/la didacticien.ne essaie de faire en sorte que les enseignant.e.s en formation remontent collectivement à la généralisation de certaines questions ou problèmes rencontrés par tou.te.s (concernant les contenus à enseigner ou les manières de gérer l'activité mathématique des élèves). Le rôle du/de la didacticien.ne est ici fondamental pour permettre ce mouvement vers un point de vue plus général, organisant alors des proximités, entre ce que les enseignant.e.s font dans leur classe – disent qu'ils ou elles font, pensent faire – et les effets possibles sur les activités mathématiques et apprentissages des élèves.

Les activités proposées en formation autour de l'usage de la vidéo sont donc selon nous « proches » de l'expérience des participant.e.s (en amont de la formation) et de leurs besoins (en aval de la formation), reliées à leur expérience quotidienne. Les vidéos permettent en effet de se placer assez prêt de ce que font les enseignant.e.s en classe mais avec suffisamment de distance pour qu'ils et elles puissent y réfléchir, notamment parce que n'étant pas directement impliqué.e.s dans la situation, leur donnant alors accès à la complexité de la classe mais sans être chargé.e.s de la gérer (cf. Gaudin & Chaliès, 2012) et donc sans avoir à prendre les risques inhérents à l'animation d'une classe.

La vidéo de classe nous semble donc être un outil pertinent pour se faire une idée des activités des enseignant.e.s et des élèves et accéder à la complexité du processus d'enseignement-apprentissage. Elle permet en particulier de travailler deux composantes simultanément - cognitive et médiative - puisqu'elle montre à la fois les contenus et les manières de gérer la classe. Elle renseigne également sur l'activité des élèves bien plus que le texte des exercices et des leçons, puisqu'elle donne accès aux questions, commentaires ou discussions de certain.e.s élèves, ainsi qu'à ce que l'enseignant.e dit pendant leurs activités (ce qui peut les influencer) et à leur sujet. L'analyse des vidéos peut donc selon nous contribuer à une meilleure compréhension des liens entre les pratiques d'enseignement et les activités des élèves. Elles permettent également d'aborder des discussions collectives sur les pratiques, en utilisant un vocabulaire professionnel (voir partie précédente) qui aidera les participant.e.s à la "dépersonnalisation" nécessaire afin de parvenir à un débat scientifique plutôt qu'idéologique (Horoks & Robert 2007).

Des usages différents selon les hypothèses qu'on fait sur la formation ?

Dans Coles et al (2018), nous avons comparé l'usage de vidéo proposé dans des formations d'enseignant.e.s en France et en Grande Bretagne. Cette comparaison nous a amené.e.s à rendre

explicitement nos usages de la vidéo en formation, et les justifications qui les sous-tendent, et qui sont fortement liés à nos expériences de formateurs et formatrices, mais aussi de chercheur.e.s. Dans cet article, nous avons donc mis en avant nos arguments pour l'utilisation de vidéos en formation, dans un contexte anglais et deux contextes français : en formation initiale d'enseignant.e.s du 2nd degré en mathématiques à Montpellier d'une part, et en formation initiale à et par la recherche pour des enseignant.e.s du 1^{er} degré à Créteil d'autre part.

Une similitude entre les trois contextes (les deux contextes français et le contexte anglais) est l'utilisation de la vidéo comme mécanisme pour provoquer la réflexion des enseignant.e.s sur leurs pratiques et la conviction de la nécessité, pour un travail efficace avec la vidéo, d'aider les enseignant.e.s à dépasser les descriptions généralisées et évaluatives de ce qui est vu et à entrer dans un espace où il est possible de s'attarder sur le détail des événements et de permettre l'émergence de nouvelles perceptions et connexions (Coles, 2013), même si nous ne traitons pas ce besoin de la même manière. Ainsi les trois formations décrites partent toutes des besoins exprimés des enseignant.e.s formé.e.s, les vidéos étant alors un artefact qui permet de faire émerger ces besoins.

Par ailleurs, malgré la différence de public et d'enjeux, des points communs assez forts ressortent dans l'usage des vidéos en formation dans les deux contextes français, tel qu'il est organisé par deux formatrices fortement influencées par une même approche théorique pour la recherche (La Double Approche), questionnant alors le rôle que joue cette approche théorique dans les décisions des deux chercheuses-formatrices impliquées (voir plus loin dans ce chapitre pour plus d'éléments sur le rôle potentiel de la théorie dans nos formations).

Des usages qui diffèrent en fonction du public formé

La démarche que nous tentons de modéliser pour l'usage de vidéos en formation d'enseignant.e.s est décrite ci-dessous, ainsi que les justifications accompagnant nos choix pour ces formations. Cette démarche est celle développée par Aline Robert, et décrite à plusieurs occasions, et en particulier dans l'ouvrage « Une caméra au fond de la classe » de Robert, Penninckx et Lattuati (2013). Nous avons décrit notre usage de la vidéo en formation dans Horoks & Robert (2007), qui nous semble différer cependant selon que la vidéo sert de point d'appui pour la formation initiale ou continue, d'enseignant.e.s ou de formateurs/trices d'enseignant.e.s, et ces usages ne sont pas non plus ceux de la recherche (Robert, 2004 ; Robert & Vivier, 2013). Dans Hache et al (2005), nous avons d'ailleurs décrit un scénario de formation autour de la vidéo, selon qu'il s'adressait à des enseignant.e.s ou à des formateurs/trices d'enseignant.e.s.

Description du dispositif de formation continue d'enseignant.e.s autour de l'usage de vidéos

Nous faisons faire dans un premier temps aux enseignant.e.s l'analyse a priori des tâches dont la résolution a été filmée, pour ensuite visionner la vidéo en ayant à l'esprit les informations à repérer dans la séance : certaines interventions de l'enseignant.e filmé.e qui peuvent influencer l'activité mathématique des élèves, certains éléments observables de l'activité des élèves qui permettent de voir fonctionner les connaissances mathématiques visées, et la façon dont l'enseignant.e exploite ces traces de leurs activités²¹. Cette démarche nous semble permettre en particulier d'amener les enseignant.e.s à comprendre les tensions entre la préparation et le déroulement en classe : les incidents didactiques (les erreurs des élèves, leurs questions, etc. qui montrent des décalages entre leur activité et celle qui était prévue par l'enseignant.e) et la

²¹ On peut voir ici comme une centration sur la question de l'évaluation m'amène ici à reformuler ce qu'on peut voir dans une vidéo de classe. La question de l'évaluation, et de la formation des enseignant.e.s à l'évaluation, à travers l'analyse de vidéo, est d'ailleurs un chapitre de du tome 2 de l'ouvrage *La caméra au fond de la classe*, en cours d'écriture, et que nous coordonnons avec Aline Robert.

gestion de ces incidents sont analysés, et un retour sur l'apprentissage des élèves est aménagé afin de permettre à chacun.e de dresser un bilan de la séance étudiée.

En prolongement de cette démarche d'analyse, ce dispositif de formation comprend une seconde partie consacrée à la construction d'alternatives locales ou globales : « Cet.te enseignant.e pouvait-il/elle faire autrement ? Un.e autre enseignant.e, dans la même situation, pouvait-il/elle faire autrement ? » Ainsi posée, et en profitant de la diversité des participant.e.s à la formation, l'analyse permet d'explicitier les contraintes qui pèsent sur l'enseignement mais aussi de révéler des marges de manœuvre qui resteraient implicites sans ce travail spécifique.

Ce dispositif de formation conduit finalement, dans une troisième partie du travail, à développer une réflexion des participant.e.s sur leur propre pratique et ouvrir la voie vers une confirmation, une amélioration ou une évolution de leurs pratiques. La formation ainsi conçue permet d'éviter deux écueils conduisant à une « lecture en creux » des pratiques enseignantes. Le premier consisterait à les comparer à des pratiques fictives fondées seulement sur des considérations épistémologiques ou didactiques. Le second consisterait à la juger à l'aune de ses propres pratiques d'enseignant.e en exercice.

Le dispositif ainsi conçu permet de travailler sur plusieurs composantes à la fois et de tenir compte de la cohérence des pratiques. Nous faisons en effet l'hypothèse qu'il est nécessaire de travailler souvent simultanément les contenus à enseigner et les déroulements : c'est un « mélange » que les analyses de vidéo amènent à réaliser tout naturellement. Cette hypothèse est une manière de respecter la complexité des pratiques et de ne pas laisser aux participant.e.s opérer seul.e.s les recompositions nécessaires entre un travail sur les contenus et un travail sur les choix de gestion, dont l'interdépendance est importante. Cela implique à la fois un travail sur le cognitif – sur les contenus mathématiques, les tâches et les activités des élèves, et sur le médiatif, donc sur les variables dans les choix de déroulement. La dimension collective des pratiques est valorisée pour éviter de concevoir des situations d'enseignement dont la mise en œuvre s'opposerait trop aux contraintes du métier pour être réalisable dans un établissement scolaire. La formation conduit donc à l'élaboration d'une réponse construite à la question : « Quel est mon intérêt à agir ainsi (ou à ne pas agir ainsi) ? », un intérêt comprenant, bien entendu, des dimensions épistémologiques et didactiques – puisque l'enseignant.e a pour objectif premier l'apprentissage de ses élèves – mais aussi d'autres dimensions – y compris la dimension personnelle – pour mieux prendre en compte la réalité complexe d'une activité professionnelle.

Et pour d'autres publics ?

Dans le cas particulier d'une formation de professeur.e.s débutant.e.s, le dispositif focalise sur certains « gestes professionnels » à acquérir, définis dans (Peltier-Barbier & al, 2004) comme des activités spécifiques de l'enseignant.e, des activités élémentaires qui se déroulent de manière régulière et qui, en partie automatisées et en partie adaptées à chaque occurrence, lui permettent de réaliser en classe son projet d'enseignement, notamment d'interagir avec ses élèves, en fonction de ses objectifs et de leurs réactions. Ces gestes sont identifiés sur la vidéo, ils sont soumis à l'analyse et mis en débat entre participant.e.s. L'objectif est alors de construire une diversité de moyens possibles en fonction des objectifs suivis en tenant compte de la complexité des moyens mise au jour par l'analyse du geste identifié dans la vidéo.

Dans le cas de la formation de formateurs/trices²², la démarche suivie est globalement la même (cf. Hache et al., 2005), avec quelques adaptations. Cette formation est généralement longue :

²² Les (futur.e.s) formateurs/trices avec lequel.le.s nous travaillons sont enseignant.e.s au moins à temps partiel, ce qui ne rend pas toujours très claire la frontière entre une formation d'enseignant.e.s et une formation de formateurs/trices.

il est nécessaire en effet à nos yeux qu'une certaine rupture puisse s'établir, qui permette aux participant.e.s de ne pas se rapporter seulement à leurs propres pratiques et à leur expérience mais aussi à de nouvelles connaissances plus larges, suffisamment appropriées pour être adaptées. Nous donnons d'autre part l'initiative du choix de la vidéo aux participant.e.s, et l'un.e d'entre eux/elles présente l'analyse d'un extrait d'une vidéo qu'il ou elle a filmé dans une de ses classes – à replacer dans le temps long et le projet de l'enseignant.e, en donnant aussi les caractéristiques des élèves et l'histoire de la classe, et rappelant les contraintes dues au programme et aux horaires – et organise la discussion notamment sur les alternatives éventuelles. Remarquons que cette organisation autour des vidéos des participant.e.s amène à entrer dans de nombreux sujets de manière un peu décousue, voire aléatoire, et non dans un ordre décidé a priori pour la formation. Tout cela contribue à l'émergence d'un collectif lié par cette formation commune, disposant des mêmes mots pour dire les mêmes choses, et mutualisant de nouveaux problèmes avec le formateur/la formatrice.

Il s'agit de travailler aussi sur les manières de faire prendre conscience de leurs choix aux enseignant.e.s. Nous proposons de faire acquérir aux participant.e.s certains outils mis en place dans des recherches qui pourraient, par exemple, contribuer à enrichir la gamme des alternatives auxquelles peut recourir un.e enseignant.e pour s'adapter à des classes très différentes (à plus long terme). Ce travail nous semble pouvoir amener à prendre en compte les contraintes institutionnelles et sociales qui pèsent sur les enseignant.e.s, dont des caractéristiques des élèves et du milieu enseignant. Ce travail long sur les vidéos, nous semble permettre un approfondissement à la fois les outils d'analyses, des alternatives et des problématiques à accrocher aux vidéos, tout en menant une réflexion sur les formations d'enseignant.e.s qui peuvent utiliser le même dispositif (allégé). Le fait que chacun.e occupe alternativement plusieurs places (acteur/trice, spectateur/trice et analyseur/se), et la mise au point de grilles d'analyse communes avec des mots précis utilisés ensuite par tou.te.s, sont des exemples de modalités qui ont l'ambition de répondre à ces objectifs.

B. Le cas particulier de la formation à et par la recherche dans les dispositifs de développement professionnel

Une posture pour les enseignant.e.s en formation, non analysée dans Sayac & Horoks (2012) est celle du/de la chercheur.e (ou du moins de l'apprenti.e chercheur.e), dans laquelle on place ou tente de placer les enseignant.e.s dans le cadre de certaines formations à et par la recherche. Nous réinterrogeons ici nos hypothèses sur la formation, pour envisager le rôle que peut y jouer la recherche. Pour cela, nous analysons la place que certaines formations donnent aux théories issues de la recherche.

Dans un premier temps, nous comparons des dispositifs de formation initiale d'enseignant.e.s :

- d'une part les dispositifs de formation britannique et français déjà évoqués plus haut pour leur usage de la vidéo ;
- puis d'autre part des dispositifs similaires de formation par la recherche en France, dans deux INSPE différentes, dans le cadre des Masters MEEF, où la dimension recherche tient actuellement une place importante, non seulement pour la validation du master, mais aussi, selon nous, pour le développement professionnel des enseignant.e.s.

Le second type de dispositif analysé concerne la participation d'enseignant.e.s à des groupes de travail collaboratifs avec des chercheur.e.s (LéA ou groupe IREM).

Même si les dispositifs décrits ici diffèrent, par leur public (enseignants-stagiaires de l'enseignement primaire ou déjà en poste dans le secondaire) et les intentions des participant.e.s (valider un master ou s'engager volontairement dans un dispositif de recherche), leur comparaison nous amène à questionner l'intérêt de la recherche pour le développement professionnel des enseignant.e.s, et à enrichir nos hypothèses sur nos leviers possibles de formation.

1) *Les enjeux d'un tel dispositif dans la formation des enseignant.e.s*

a) *Quel lien avec nos hypothèses sur la ZPDP ?*

Nous questionnons le rôle joué par la recherche pour le développement professionnel des enseignant.e.s et ses effets sur les pratiques en formation. Les objectifs sont ici de montrer les méthodes des chercheur.e.s - analyser des données comme cela se pratique dans la recherche - et de fournir aux enseignant.e.s les outils nécessaires pour interpréter des choix d'enseignement (a priori ou observés dans un contexte donné). Ce sont ces outils qui, nous l'espérons, aideront les enseignant.e.s à réfléchir sur leurs propres pratiques (Cole et al, 2018), même si nous leur proposons de prendre la posture de chercheur.e dans le dispositif (ce qui peut être déstabilisant en particulier pour les étudiant.e.s en formation initiale) et d'adopter des démarches de chercheur.e dans le domaine (problématiser, expérimenter, rédiger une recherche).

Bien que cette façon de concevoir la formation semble s'éloigner nettement de notre volonté déjà affichée de partir des pratiques en classe et des besoins des enseignant.e.s pour leur classe, nous pensons que sous certaines conditions (dont le temps long), ce type de détour dans la formation peut participer au développement chez l'enseignant.e ou futur.e enseignant.e, d'une prise de recul sur ses propres pratiques. Ces hypothèses sont à mettre en regard du choix, de la nature et de l'usage des éléments théoriques de la recherche en didactique des mathématiques qui sont travaillés avec les enseignant.e.s dans ces dispositifs.

b) *Quel rôle pour les théories des chercheur.e.s dans la formation ?*

Différentes théories didactiques sous-tendent nos analyses à plusieurs niveaux de nos études sur la formation : celles qui guident les choix effectués pour la formation, celles qui guident sa mise en œuvre et nous permettent d'analyser ce qui s'y passe, celles qui nous permettent d'analyser les pratiques des stagiaires dans leurs classes, ou encore celles qui sont enseignées comme objets et outils (par exemple dans le cadre de l'initiation à la recherche décrit plus loin). Nous interrogeons donc dans ce qui suit la façon spécifique dont nos outils théoriques de chercheur.e.s sont mobilisés de manière plus ou moins explicite dans la conception, la gestion et les contenus de nos dispositifs participant à la formation d'enseignant.e.s.

Une comparaison de dispositifs de formation en France et en Angleterre

Nous avons mené une comparaison de dispositifs de formation en France²³ et en Angleterre pour faire ressortir le rôle de la recherche dans les pratiques de formation de chercheur.e.s

²³ Les deux dispositifs français sont décrits plus en détails dans cette synthèse : page 86 en ce qui concerne le dispositif de formation professionnalisante appuyé sur l'usage de la vidéo, et page 95 pour ce qui est du dispositif de formation à et par la recherche.

travaillant avec des outils théoriques différents. Dans (Coles et al, 2018) nous nous sommes demandé comment nos théories de l'apprentissage et de l'enseignement guidaient ou influençaient les actions de formateurs/trices d'enseignant.e.s, en comparant les pratiques de formation de trois « *educators* » en France et en Grande Bretagne, qui sont aussi des chercheur.e.s sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques²⁴. Nous cherchons à déterminer dans quelle mesure ces pratiques de formation sont inspirées par les cadres théoriques utilisés lors de nos propres recherches sur les pratiques des enseignant.e.s.

Dans le contexte anglais, c'est l'Enaction qui offre une théorie informant la formation des enseignant.e.s et l'enseignement des mathématiques, alors que dans les exemples décrits dans le contexte français, c'est principalement la Double Approche qui donne à voir comment les pratiques d'enseignement fonctionnent et se forment. Cependant aucun de ces cadres ne constitue a priori une théorie destinée à être un outil de formation des enseignant.e.s, ou de recherche sur la formation.

Dans l'exemple français, pour analyser et interpréter les pratiques des enseignant.e.s, mais aussi pour considérer nos propres pratiques en tant que formateurs/trices, nous utilisons le cadre de la Double Approche (Robert & Hache, 2013). D'autres théories imprègnent nos choix pour la formation, tout comme nos pratiques de recherche. Des éléments de la "Théorie des situations didactiques" (Brousseau, 1997) en particulier, comme les concepts de situation et variables didactiques, le découpage des séances en phases (dévolution, recherche, comparaison des procédures des élèves, institutionnalisation), sont explicitement présentés aux enseignant.e.s stagiaires pendant la formation pour construire et/ou analyser des situations pour la classe, pour enseigner ou pour expérimenter en classe une question de recherche. La transposition qu'on en fait, en remontant ou non aux origines de ces concepts, dépend des formations (initiale, continue) et enjeux de celles-ci (préparation de stage / écriture de mémoire).

L'influence des théories que nous adoptons pour la recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques peut être analysée dans nos choix pour la formation. En lien avec la nature de nos théories didactiques, nous pouvons dans un premier temps constater le rôle plus ou moins important des mathématiques dans les séances de formation. Dans la perspective française, les théories utilisées donnent une importance significative aux mathématiques et aux spécificités des objets mathématiques qui sont étudiés, ce qui conduit à se focaliser également sur les mathématiques en jeu dans les vidéos utilisées lors des sessions de formation, plus nettement que dans le contexte anglais, où la manière de travailler est potentiellement plus générale. L'influence de la Théorie des Situations Didactique est par exemple perceptible dans la manière dont nous utilisons les situations problématiques pour déclencher chez les formé.e.s l'identification des besoins et des questions, et le besoin d'outils pour analyser les pratiques et ce qui se passe dans la classe, ainsi que l'organisation des sessions de formation en différentes phases. Par ailleurs, la Double Approche nous permet d'interpréter les choix pour la formation (a priori ou a posteriori) en tenant compte des contraintes professionnelles (type de public, parcours personnel, etc).

Il apparaît, à travers les descriptions de la formation dans ces contextes, qu'il existe des différences notables quant au rôle implicite que joue la théorie dans chacune de nos formations. Du point de vue français décrit ici, les formatrices apportent quelque chose de nouveau, qui n'est pas dans les pratiques des enseignant.e.s formé.e.s, mais qui est issu des recherches : des éléments de théorie, plus ou moins adaptés pour être utilisés dans la formation des enseignant.e.s, comme des outils didactiques experts. Dans les deux contextes français décrits, les formatrices enseignent en effet des éléments théoriques choisis, comme des outils pour

²⁴ Point de vue qui ne prétend pas représenter celui de tous les didacticien.ne.s français.es sur la formation des enseignant.e.s.

enseigner et analyser les pratiques d'enseignement ou pour faire des recherches, proposant ainsi un détour pour aider les enseignant.e.s stagiaires à réfléchir sur leur pratique. Dans une perspective enactiviste, les enseignant.e.s anglais.es sont eux et elles aussi encouragé.e.s à théoriser ce qu'ils/elles voient sur une vidéo, et la discussion porte sur leur propre théorisation. Ce qui est rendu explicite, c'est cette théorisation, et non celle du formateur/de la formatrice.

Il semble ainsi y avoir une différence dans la « quantité » de théorie que nous essayons d'amener les enseignant.e.s en formation à s'approprier, en communiquant explicitement des éléments de celle-ci, plus ou moins transposés, pendant les sessions. Si la théorie de l'Enaction informe les actions du formateur dans le contexte anglais, son intention n'est pas que les enseignant.e.s s'engagent dans l'Enaction, mais de soutenir les enseignant.e.s dans le développement de leur propre enseignement, en théorisant leur propre pratique. Le fait que nous, en tant qu'éducateurs/trices, fassions des choix sur la mesure dans laquelle les théories sont visibles ou non pour les enseignant.e.s en formation soulève des questions importantes, sur les effets de ces choix pour le développement professionnel.

Une comparaison de dispositifs de formation par la recherche en France

Dans une comparaison, cette fois-ci entre des dispositifs plus similaires de formation initiale des professeur.e.s des écoles à et par la recherche en didactique des mathématiques (Georget, Grau, Hersant & Horoks, pour un symposium au colloque *l'École primaire au XXI^e siècle* en octobre 2021), nous avons essayé de pointer ce qui était commun à nos démarches, pour comprendre comment nos pratiques de chercheur.e.s – travaillant sur les pratiques enseignantes et appuyées sur des outils théoriques assez proches – influençaient nos choix pour la formation. Nous pouvons alors noter des points communs forts, malgré des contraintes différentes des dispositifs de formation, qui sont vraisemblablement à relier :

- à des résultats de recherche en didactique des mathématiques (variété, cohérence, stabilité des pratiques, approche constructiviste et problématique de la façon dont on peut former à l'enseignement des mathématiques, reconnaissance d'obstacles à cette formation logés dans les doxas du métier), qui sont autant de conditions relatives à la façon dont on peut faire évoluer les pratiques ;
- à des démarches fortement ancrées dans nos pratiques de recherche en didactique des mathématiques (lecture, écriture scientifique dans le champs de recherche, spécificité des contenus mathématiques, analyse a priori / a posteriori).

	Créteil (JH)	Nantes (SG)	Nantes (MH)
Lecture en ddm	X	X	X
Apports de la ddm	X	X	X
Analyse de données	Issues de recherches en ddm puis de leur classe	Issues de leur classe	Issues de leur classe
Grille d'analyse a priori adossée explicitement à des hypothèses d'apprentissage	Exemple puis construite	Fournie et enrichie au fur et à mesure	Fournie
Cadres théoriques : Théorie des Situations + Dialectique Outil/Objet +...	Théorie Anthropologique, Double Approche	Théorie Anthropologique, Double Approche, Problématisation, Action conjointe	
Entrée dans le mémoire	Par le contenu	Par une question pro	Par le contenu
Écriture selon les normes de la discipline de recherche	X	X	X

Tableau 9 – Comparaison de trois dispositifs de formation initiale des PE à et par la recherche

Les différences dans nos choix pour la formation tiennent finalement – de manière pas forcément consciente d'ailleurs, puisqu'il a fallu cette comparaison pour une prise de conscience – à nos propres façons de faire de la recherche, et aux outils usuels que nous y manipulons (tableau 9). Ainsi, les théories que nous rendons visibles pour les enseignant.e.s

formé.e.s sont relativement proches de celles que nous utilisons nous-mêmes pour nos recherches. Il nous reste à investiguer les effets de nos choix de formation, et notamment en ce qui concerne la variété de nos utilisations des théories avec les enseignant.e.s formé.e.s, depuis l'absence de théorie explicite, jusqu'à l'utilisation d'outils théoriques plus ou moins transposés.

2) *Fonctionnement entre chercheur.e.s et enseignant.e.s dans un LéA*

Dépasant le seul contexte de formation classique, nous nous intéressons aussi ici à des dispositifs de travail entre enseignant.e.s et chercheur.e.s dans lesquels le développement professionnel des enseignant.e.s peut se faire selon nous à travers la participation à une recherche (voir la description du dispositif de travail collaboratif LéA RMG au chapitre 3). L'analyse d'un tel dispositif questionne la place qu'y occupe la recherche et son rôle possible dans l'enrichissement des pratiques.

Dans le LéA RMG, l'articulation entre formation et recherche a évolué avec les thématiques traitées, qui elles-mêmes ont évolué en fonction des besoins d'enseignement, de formation et de recherche. Pour les enseignant.e.s, la recherche menée dans le groupe a été un moyen selon nous de développement professionnel. Pour les chercheur.e.s, ce développement professionnel a été un objet de recherche, mais aussi et avant tout un besoin à prendre en compte pour rendre viable cette collaboration (voir chapitre 3).

a) *Quel rôle de chercheur.e.s pour les enseignant.e.s dans le dispositif ?*

Les enseignant.e.s ont eu plusieurs rôles à jouer dans le dispositif collaboratif du LéA RMG. Dans tous ces rôles, ils et elles ont été amené.e.s à participer au questionnement, à la construction et au retour sur l'expérimentation, donc à la recherche qui est menée, mais pas systématiquement avec tous les outils des chercheur.e.s, en fonction des différents objectifs poursuivis. Au départ, les enseignant.e.s participant au LéA étaient intéressé.e.s par des échanges autour de l'enseignement de l'algèbre, dans lesquels les chercheur.e.s avaient un rôle de formatrices/teurs, tout en recueillant, pour la recherche, des données sur les pratiques habituelles des enseignant.e.s, en particulier pour l'évaluation de leurs élèves. Ces pratiques habituelles, conjuguées avec les apports de la recherche, ont été le point de départ de ressources co-construites, proposant des situations mathématiques et des progressions viables dans les classes (Coppé & Grugeon, 2015). Certains des documents produits sont donc à la fois des instruments de travail pour la formation des enseignant.e.s du LéA, mais aussi des données pour les chercheur.e.s, pour observer les pratiques et leur évolution, à travers le contenu de ces documents et les discussions qui ont accompagné leur construction. La question de l'évaluation n'étant en effet pas prioritaire pour les enseignant.e.s du LéA au départ du projet, la recherche sur ce point n'a pas démarré comme un travail collaboratif à proprement parler, dans le sens où les enseignant.e.s ne se sont pas emparé.e.s immédiatement des questionnements des chercheur.e.s. La participation progressive des enseignant.e.s dans le fait de questionner et mesurer les effets des enseignements nouvellement mis en place en algèbre, a permis de mettre en lumière les moyens pour évaluer ces effets et de remettre les questionnements autour de l'évaluation au cœur des discussions, avec un rôle d'expérimentateurs/trices pour les enseignant.e.s du LéA, mais pas uniquement. Nous pensons en effet que, pour les enseignant.e.s de ce dispositif, la participation à cette recherche, avec différents rôles (questionner, concevoir, tester, coder, analyser) a été un levier de développement professionnel, et un moyen pour les enseignant.e.s de reconsidérer les apports possibles de la recherche pour l'enseignement. Les effets de ce travail sur les pratiques sont analysés plus loin dans ce chapitre.

b) Quel(s) rôle(s) pour les chercheur.e.s ?

L'équilibre entre les contraintes liées aux objectifs de formation des enseignant.e.s du LéA et celles de la recherche à mener a été complexe à maintenir, et il y a eu en particulier une vraie tension ici entre plusieurs temporalités :

- celle des enseignant.e.s, dont les besoins évoluent en fonction de la classe et du moment de l'année, et qui doivent faire avancer le temps didactique dans leur classe sous les contraintes institutionnelles ;
- celle des chercheur.e.s, qui ont besoin de prendre le temps de construire les cadres méthodologiques, analyser a priori le dispositif de recherche, recueillir des données, et les analyser a posteriori, avant la réunion qui va suivre.

Notre place en tant que chercheur.e.s au sein du LéA s'est donc avérée relativement délicate, ayant eu plusieurs rôles à y tenir, qui ont pu être simultanés ou rentrer parfois en concurrence, compte tenu de notre triple objectif :

- accompagner une production de ressources, avec des apports de la recherche, ce qui permet de dégager des argumentations et une construction indépendante des élèves, en se positionnant comme des "animatrices non naïves" du débat ;
- analyser les pratiques des enseignant.e.s avec elles/eux, proposer des apports de recherche pour permettre aux enseignant.e.s une réflexion sur leurs pratiques;
- produire des données pour la recherche à la fois sur les pratiques d'évaluation et d'enseignement du numérique et de l'algébrique et leur impact sur les apprentissages des élèves, mais aussi la recherche sur l'impact d'un travail collaboratif sur ces pratiques.

Ainsi, notre rôle nous a semblé pouvoir varier au cours d'une séance, d'une séance à l'autre et au fur et à mesure de l'avancée projet. Nous avons adopté un rôle de chercheur.e.s tout en étant organisatrices/teurs et participant.e.s de l'activité réflexive. Notre posture a été davantage celle de formatrices/teurs lorsque nous répondions aux attentes des enseignant.e.s dans la co-construction de ressources, dans la réflexion sur leurs pratiques et leurs rapports au savoir. Ces deux rôles ne sont pas pour autant mutuellement exclusifs, car la/le chercheur.e peut assumer à la fois un rôle de formation tout en récoltant des données sur les pratiques. Mais comme le soulignent Roditi & Trgalova (2016) dans le cadre de la recherche-action, il peut y avoir des problèmes méthodologiques liés aux changements de relation avec l'objet de recherche (travailler avec plutôt que travailler sur) et à la compatibilité entre démarche de recherche et démarche de changement, puisque cela amène à étudier un système doté d'une dynamique à travers la contribution à son évolution. Une fois le premier état des lieux effectué sur les pratiques, la co-conception des ressources conduit à étudier un système dynamique dont les chercheur.e.s sont aussi des éléments.

Assumer un rôle de chercheur.e non investi.e dans la formation elle-même permettrait probablement de pallier, au moins en partie, aux difficultés rencontrées non seulement pour gérer différents besoins au sein des dispositifs (pour la recherche d'une part, et pour l'enseignement et la formation d'autre part) et pour mesurer, avec plus de recul, les effets de ces dispositifs sur les pratiques enseignantes.

C. Évaluer des effets de la formation sur les pratiques

Une première étape pour évaluer les effets d'une formation sur les pratiques, est de se donner des moyens méthodologiques pour caractériser à la fois le dispositif de formation et les effets

qu'il vise, afin de tenter de les relier. Dans ce qui suit, nous présentons des outils développés au départ pour analyser l'impact d'une formation initiale d'enseignant.e.s du 1^{er} degré, mais ces mêmes outils nous paraissent pertinents pour réaliser cette même analyse à d'autres niveaux scolaires et dans d'autres types de formations.

1) *Évaluer l'impact d'une formation*

Des recherches ont déjà porté sur l'évaluation des formations initiales des professeurs stagiaires du premier degré (Butlen et al., 2002 ; Peltier-Barbier et al. 2004) ou du second degré, en particulier sur celles de professeur.e.s de mathématiques (Grugeon-Allys, 2010). Pour aborder cette question difficile, nous devons nous munir d'outils pour analyser les contenus et modalités de la formation, et déterminer ce que nous souhaitons évaluer, en termes d'effets potentiels ou réels, et comment. Pour tenter de construire un cadre d'analyse permettant de répondre à ces questions, et par suite des recherches de Chenevotot-Quentin et al. (2008), nous cherchons alors à définir une référence pour caractériser la formation en relation avec les pratiques enseignantes visées. De cette référence, nous avons construit des grilles d'analyse des pratiques (voir annexe 3, tableau 3.1), pour lister les pratiques enseignantes visées *a priori* par la formation dont on cherche à évaluer les effets, mises en relation avec les contenus de la formation (activités proposées en formation), et pour décrire les pratiques enseignant.e.s avant, pendant ou à l'issue de la formation, avec un grain suffisamment fin pour en apprécier les évolutions éventuelles. L'évolution des pratiques peut être alors étudiée à partir de l'étude des écarts entre les pratiques visées en formation et celles effectivement mises en place en classe, en termes de différents types de savoirs pour l'enseignement, des différentes compétences professionnelles développées, de régularités ou de variabilités de pratiques effectives (Chappet-Pariès et al., 2008), ou encore par la comparaison des pratiques en amont ou en aval de la formation. Les régularités sont mises en perspective en particulier des choix réalisés en formation, notamment des types de tâches développés en lien avec les concepts de la didactique des mathématiques mobilisés. Les variabilités sont mises en perspective des contraintes liées soit à la composante personnelle, soit aux composantes institutionnelle ou sociale (notamment l'établissement d'exercice).

Dans ce qui suit, nous décrivons nos recherches sur l'impact d'un dispositif de formation par la recherche sur les pratiques d'enseignant.e.s, d'abord dans le cas de la formation initiale dans le 1^{er} degré, puis dans celui de la participation d'enseignant.e.s en poste dans le 2nd degré à un groupe de travail collaboratif. Nous présentons à chaque fois les contenus et fonctionnements nos dispositifs, et les critères que nous nous donnons pour évaluer les effets sur les pratiques, à un niveau plus ou moins global.

2) *Effets de la formation initiale par la recherche sur les pratiques*

Dans Grugeon & Horoks (2014) et Horoks et al (2019), nous avons essayé d'apprécier les effets d'une initiation à la recherche en didactique des mathématiques sur le développement des pratiques de professeur.e.s des écoles débutant.e.s. Nous nous sommes demandé quels étaient les éléments qui avaient évolué dans les pratiques des enseignant.e.s à l'issue de la formation, avec quelles régularités et variabilités, à rapprocher à la fois de la formation dispensée et du contexte d'enseignement. En quoi les conditions mises en place favorisent-elles l'entrée des étudiant.e.s dans une démarche de pratique réflexive (Altet 1998) portant aussi bien, sur les savoirs tant disciplinaires (ici mathématiques) que didactiques mobilisés pour enseigner, et sur leur opérationnalisation dans les pratiques développées aussi bien hors de la classe qu'en classe ?

a) Présentation de la formation initiale à et par la recherche pour les professeur.e.s des écoles

Dans le cadre du master « Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation du premier degré » (MEEF) à l'ESPE de l'académie de Créteil – Université Paris Est Créteil, les étudiant.e.s suivent pendant deux ans une initiation à la recherche. Le programme de formation indique que « *s'initier à la recherche en produisant un travail personnel de recherche, rend(ra) mieux capable de lire des travaux de recherche, de s'en approprier les résultats, de les mettre en relation avec les connaissances déjà disponibles et de développer une attitude réflexive.* » La discipline de recherche dans laquelle s'effectuera cette initiation est choisie parmi plusieurs options relevant de propositions rattachées à des laboratoires de recherche. Cette initiation portait au moment de la recherche en 2013 sur environ 140h réparties sur deux ans²⁵ et devait permettre aux étudiant.e.s de produire un mémoire de recherche, évalué dans le cadre du master.

Pour modéliser les niveaux de l'activité enseignante visée dans l'option de recherche en didactique des mathématiques (« Apprentissages mathématiques à l'école : approche didactique », OR1) il est nécessaire de caractériser les tâches proposées et les modalités de formation, motivant les raisons d'être des concepts travaillés et amenant les étudiant.e.s à mobiliser les concepts outils transposés de la didactique des mathématiques pour les résoudre. L'usage de ces outils devrait conduire les étudiant.e.s à construire dialectiquement une « certaine » prise de distance par rapport à une pratique professionnelle et une première construction d'expérience professionnelle en prise sur la réalité de l'enseignement.

Les contenus de l'initiation à la recherche dans l'OR1 sont inspirés de théories de la recherche en didactique des mathématiques française, et plus particulièrement de résultats liés à l'enseignement des mathématiques à l'école primaire. L'initiation doit permettre de familiariser les étudiant.e.s avec quelques résultats marquants sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques à l'école. Elle a aussi pour objectif de leur donner les outils nécessaires pour pouvoir réaliser un mémoire de recherche à l'issue des deux années de master. Ainsi, les contenus de la formation définis a priori prennent en compte des apports de la recherche en didactique des mathématiques en particulier des concepts issus de théories de la recherche en didactique des mathématiques²⁶. Ces concepts sont mobilisés comme outils conceptuels, dont on peut caractériser deux grands types suivant leur usage par les étudiant.e.s. Certains des concepts abordés sont utiles, plus ou moins directement, pour la classe, par exemple les concepts de variables didactiques ou de différentes phases d'une séance. D'autres outils ne voient leur présence ici justifiée que pour engager les étudiants dans l'initiation à la recherche, notamment pour concevoir des situations, des questionnaires leur permettant de tester des hypothèses. Nous considérons que ces deux types d'outils conceptuels pourront participer au développement des pratiques de ces futur.e.s enseignant.e.s. Certaines séances sont introduites à travers un contenu mathématique spécifique (calcul mental, numération), d'autres tournent autour d'un axe de recherche particulier (élèves en difficulté, pratiques enseignantes telles que l'évaluation ou la gestion de l'hétérogénéité) ou d'une démarche de recherche liée aux données recueillies (vidéo, manuel, protocoles, productions d'élèves). Quelques cours s'articulent autour de l'exposition d'éléments théoriques et de leur illustration par des exemples de recherches et

²⁵ 90h sur 2 ans actuellement, en 2021-2022

²⁶ Issus de la TSD : situation didactique ou a-didactique, situation d'action, de formulation ou de validation, variable didactique, contrat didactique, dévolution, institutionnalisation, milieu, rétroaction du milieu, analyse *a priori* / *a posteriori*, conception

- issus de la TAD : transposition didactique, types de tâches/techniques/technologie

- issus de la DA : composantes des pratiques, adaptations des connaissances

de résultats. Enfin, de nombreuses séances sont consacrées au suivi méthodologique du travail personnel des étudiant.e.s.

Les mémoires réalisés par les étudiant.e.s de l'OR1 questionnent dans la majorité des cas les effets d'un choix d'enseignement relativement à un contenu mathématique spécifique (choix de situations, de variables didactiques, de modalités de travail, de représentations sémiotiques, de discours sur les contenus), qui sont généralement évalués à l'aide de pré- et post-tests soumis aux élèves, et d'un recueil de données sur leurs productions orales et écrites pendant une ou plusieurs séances, éventuellement comparés entre plusieurs classes. Pour évaluer ces effets en toute objectivité, comme dans toute recherche, il est nécessaire de définir une méthodologie avec des critères précis, ici reposant sur les outils d'analyse présentés dans l'option. C'est une posture qui n'est pas facile à tenir pour les étudiant.es dans leur propre classe, étant donné qu'ils et elles ont à gérer simultanément une expérimentation de recherche et la conduite des enseignements dans la classe. Une observation de la classe d'un.e autre enseignant.e est néanmoins possible dans le cadre du mémoire, mais ce n'est généralement pas le choix fait par les étudiant.es, pour de probables raisons d'organisation.

En termes de modalités de formation, on peut considérer que celles de l'OR1 diffèrent probablement des stratégies de formation utilisées dans le reste de la formation (cf. homologie, monstration et transposition, Houdement et Kuzniak 1996), puisque ce sont des activités liées à l'initiation à la recherche et non à l'enseignement, avec une posture attendue de chercheur.e.s pour les stagiaires, et non d'enseignant.e.s. Un des enjeux visés est de les amener à transférer les démarches d'analyse issues de la recherche, dans des situations professionnelles.

b) Des outils pour questionner la formation à travers sa conception, ses contenus, ses effets

L'enjeu de nos recherches est ici de mettre en relation le scénario de formation développé dans l'OR1 et les pratiques en classe développées lors de la première année d'exercice, par les étudiant.e.s ayant suivi cette formation, pour les mettre en perspective des pratiques visées par la formation.

Méthodologie

L'UE d'initiation à la recherche a été mise en place depuis septembre 2010 dans le cadre du master MEEF de l'ESPE de Créteil. Nous avons étudié la dynamique de développement des pratiques des premier.e.s étudiant.e.s ayant choisi l'OR1 comme thématique d'initiation à la recherche et l'ayant suivie sur 2 ans : en 2011-2012 pour le M1 et 2012-2013 pour le M2. Une trentaine d'étudiant.e.s ont suivi cette option entre 2011 et 2013.

Nous avons fait passer un questionnaire aux étudiant.e.s en fin de M2 pour appréhender leurs points de vue sur la formation reçue et des éléments portant sur leurs pratiques déclarées. Quinze étudiant.e.s ont répondu au questionnaire. Plusieurs thèmes étaient abordés, parmi lesquels l'intérêt porté aux contenus de l'OR1, le lien entre ces contenus et ceux des autres UE, la place du mémoire. Les étudiant.e.s ont aussi fourni leur note à l'épreuve orale de mathématique du concours de professeur.e des écoles, ainsi que les rapports de visites effectuées pendant leur stage et les écrits professionnels associés à ces stages.

En 2013-2014, nous avons organisé le suivi de treize professeur.e.s d'école stagiaires (lors de leur première année d'exercice) issu.e.s de cette promotion de M2, nommé.e.s dans des écoles des départements de l'académie de Créteil. Pour accéder à des éléments des pratiques de ces étudiant.e.s hors classe et en classe, nous avons réalisé les deux visites prévues dans le cadre de

l'accompagnement des stagiaires par les formateurs/trices de l'ESPE. Nous avons explicité le protocole de visite avant les deux visites aux stagiaires (protocole conçu pour que tou.te.s les chercheur.e.s respectent les mêmes modalités de visite, avant, pendant et après l'observation, et annoncent les mêmes objectifs aux stagiaires) et avons précisé que nous exploiterions les données recueillies dans une recherche en cours, indépendamment du processus de titularisation. Les stagiaires nous ont fourni leurs préparations de séances. Nous avons organisé l'observation en classe et les entretiens formatifs, comme indiqué dans le protocole. Les comptes-rendus de visites et les bilans de formation ont été pris en compte lors des deux commissions de titularisation. Aussi, la mise en place du protocole de visite nous a semblé essentielle pour expliciter les conditions de la visite afin d'éviter au maximum d'interférer avec le processus d'évaluation des étudiant.e.s. Nous présentons ci-dessous les données recueillies dans ce contexte.

Nous avons défini une grille d'observation (voir annexe 3, tableau 3.2) commune à l'ensemble des chercheur.e.s impliqué.e.s dans la recherche²⁷ pour organiser le recueil d'informations suite à l'observation, lors de chaque visite. Cette grille, remplie après chacune des deux visites de formation par le/la chercheur.e chargé.e du suivi, retrace à la fois dans le détail ce qui s'est passé lors des séances observées, mais comporte aussi des éléments plus généraux (établissement, nombre d'élèves, affichages dans la classe, participation à des projets d'école, etc). Pour construire cette grille d'analyse des pratiques visées par la formation, et l'échelle permettant de rendre compte de leur développement, nous nous sommes appuyé sur les trois i-genres²⁸ définis par Butlen et al. (2003).

Nous avons ainsi décrit la dynamique de développement à l'œuvre en fin de première année d'exercice, à partir des niveaux sur l'échelle de développement des pratiques, pour chaque pratique visée a priori dans la formation, indiqués après chaque visite. La comparaison de ces grilles doit permettre ainsi de repérer des régularités à mettre en relation avec la formation et de faire apparaître des variabilités, en relation avec d'autres déterminants des pratiques (institutionnel, social et personnel), notamment liées à l'établissement d'exercice. Nous avons aussi réalisé un entretien après la deuxième visite pour obtenir des traces de la formation suivie pendant l'OR1, sur des points qui n'auraient pas été spontanément abordés lors des entretiens formatifs de visite.

Pratiques visées / pratiques effectives : observations en classe

Des régularités dans les pratiques

Nous avons réalisé une synthèse des niveaux sur l'échelle de développement par type d'activité (tableau 10).

Activités	C	B	A
Repérer les enjeux d'un apprentissage pour choisir une situation adaptée	1	5	6
Construire une situation adaptée (par rapport aux objectifs, à la séquence)	1	6	5
Choisir et utiliser de façon pertinente un manuel ou d'autres ressources	1	8	3

²⁷ Nadine Grapin, Brigitte Grugeon-Allys, Eric Mounier, Cécile Ouvrier-Bufferet et moi-même.

²⁸ Les enseignants de l'i-genre 1 ou 2 (se rapprochant des pratiques notées C ou B dans notre grille) se caractérisent par des scénarios présentant pas ou très rarement de problèmes consistants aux élèves, par des temps de recherche très réduits, par une baisse quasi systématique des exigences de la part du professeur, par une individualisation non contrôlée de l'enseignement, par la mise en œuvre d'une certaine forme de pédagogie différenciée rendant le plus souvent impossible l'existence de phases de synthèse et d'institutionnalisation, et une difficulté à gérer le temps didactique (Butlen, Charles-Pézarid & Masselot, 2011). Les pratiques enseignantes visées par la formation, notées A dans notre grille, relèvent principalement de l'i-genre 3.

Connaître les savoirs mathématiques et leur didactique en lien avec leur enseignement	1	8	3
Connaître les savoirs mathématiques et leur didactique en lien avec les apprentissages des élèves	1	9	2
Gérer différents types de séances	1	7	4
Gérer les différentes phases d'une séance (dévolution, recherche, mise en commun, institutionnalisation)	1	4	7
Evaluer les élèves	1	8	3
Gérer l'hétérogénéité des procédures des élèves	1	9	2
Faire un retour réflexif sur une séance	1	4	7
Continuer à se former et innover	1	4	7

Tableau 10 : niveaux de développement professionnel des étudiant.e.s issu.e.s de l'OR1, pendant leur 1^{ère} année en classe

Il apparaît clairement des régularités dans l'analyse des niveaux de développement. Les niveaux se situent entre A et B, selon les activités visées *a priori* par la formation, à l'exception d'une stagiaire qui était en grande difficulté et n'arrivait pas à gérer la paix scolaire dans sa classe, les origines de ces difficultés relevant certainement d'éléments extérieurs à la formation. Nous indiquons des points saillants.

Les stagiaires de cette étude ont construit des situations qui globalement ont du sens pour les élèves. Lors de leur préparation, ils et elles ont anticipé plus ou moins implicitement les procédures et les erreurs envisageables dans la résolution des tâches proposées en mathématiques, sans toujours faire explicitement référence aux concepts de la didactique.

En ce qui concerne la gestion des différentes phases d'une séance, nous constatons que à l'exception d'une stagiaire, tou.te.s les autres laissent un temps de recherche assez conséquent aux élèves, puis prennent en compte les procédures pendant une phase de mise en commun mais certain.e.s n'organisent pas encore leur hiérarchisation. Nous remarquons que les phases de synthèse sont davantage menées collectivement, ce qui entraîne que la validation reste encore souvent prise en charge par l'enseignant.e.

Des variabilités liées aux contraintes

Nous identifions des variabilités entre les stagiaires qui peuvent être liées selon nous à différents types de contraintes. À la suite des entretiens, nous associons certaines de ces contraintes à la composante personnelle. Ces variabilités peuvent en effet relever du rapport au rôle de l'école ou au savoir mathématique pour le/la stagiaire d'une maturité plus ou moins grande, d'une posture ayant eu plus ou moins de mal à s'installer. De plus, nous avons relevé une grande différence selon qu'ils et elles aient ou non réalisé en M2 leur stage en alternance. Ces variabilités peuvent aussi dépendre du type d'établissement dans lequel les stagiaires ont effectué leur première année d'exercice : nomination en maternelle ou en élémentaire, nomination en ZEP ou non, existence d'un projet d'école ou non, travail d'équipe possible avec des collègues installé.e.s ou non depuis longtemps dans l'établissement. Ces conditions d'exercice vont selon nous favoriser ou non leur intégration dans leur nouveau métier.

En ce qui concerne les hypothèses formulées, l'analyse des données recueillies suite à la première année d'exercice des étudiant.e.s ayant suivi l'OR1 met en évidence qu'une entrée par la recherche dans la formation peut avoir des effets favorables :

- un changement probable du regard des étudiant.e.s sur la formation, malgré des contraintes très fortes lors de l'année de formation ;
- le développement d'une appréciation critique argumentée, en lien avec l'usage d'outils conceptuels fondés sur des résultats de recherche en didactique, mobilisés pour résoudre les types de tâches proposés dans l'OR1, même si ce résultat reste à étayer.

Il ne sera évidemment pas aisé de séparer les effets de la formation à et par la recherche et ceux du mémoire des effets du reste de la formation, car les thématiques proposées ici n'y sont pas

absentes. Par exemple, les étudiant.e.s bénéficient d'heures de formation en mathématiques, intégrant la didactique de la discipline, avec des modalités différentes de celles qui sont proposées dans l'OR1, mais dont l'analyse de vidéos n'est pas absente, comme nous avons pu le vérifier dans les questionnaires. Les étudiant.e.s affirment avoir fait un peu (14 sur 37) ou beaucoup (11 sur 37) de liens avec le reste de la formation, ce qui pose la question de la place de la recherche au sein de tout l'édifice de la formation : quel.le.s sont les étudiant.e.s qui bénéficient le plus de ce dispositif ? Est-il un apport dans le développement professionnel de tou.te.s, ou bien faut-il maîtriser déjà certaines des compétences attendues pour en profiter au mieux ? Il est important d'étudier la stabilité d'un tel développement à moyen terme puis à plus long terme puis de le comparer à celui des étudiant.e.s d'un groupe ayant suivi une option autre pour leur mémoire de recherche, ce que nous avons fait par la suite à l'aide du questionnaire.

Comparaison avec une initiation à la recherche dans un champ autre que la didactique

Cette seconde étude, réalisée quelques temps après la première, dans le cadre d'un projet financé par l'INSPE de Créteil, tente d'évaluer des effets de la formation à l'initiation à la recherche sur l'élaboration de compétences des étudiant.es et enseignant.es débutant.e.s en comparant plusieurs groupes de thématiques de recherche différentes (Horoks et al., 2019). Cela complexifie notre étude, car les thématiques choisies (qui, pour des raisons pratiques, sont celles au sein desquelles les chercheur.e.s impliqué.e.s dans le projet interviennent en tant que formateurs et formatrices) ont des orientations théoriques différentes. L'une est clairement centrée sur l'enseignement d'une discipline scolaire, les mathématiques (option 1 : *Enseignement et apprentissage en mathématique, une approche didactique*), tandis que deux autres s'intéressent à l'égalité des filles et des garçons soit en abordant cette thématique parmi d'autres dans le contexte de l'enseignement de l'éducation physique et sportive (option 5 : *Activités physiques et nouvelles problématiques éducatives*), à l'interface entre la sociologie du genre et la didactique de l'EPS, soit de manière plus transversale dans les gestes professionnels enseignants (option 33 : *Genre en éducation – égalité des sexes et lutte contre l'homophobie à l'école et dans les pratiques enseignantes*).

Nous nous demandons en quoi les activités proposées dans ces unités d'approfondissement et de recherche en formation initiale (c'est-à-dire tout ce que les étudiant.e.s sont amené.e.s à faire lors des séances d'initiation, pour leur faire mobiliser les savoirs visés), favorisent :

- l'entrée des étudiants dans une démarche de réflexion sur leurs pratiques, portant aussi bien sur les savoirs disciplinaires (ici mathématiques, EPS) que didactiques ou sociologiques (la question du genre en éducation) mobilisés pour enseigner ;
- l'opérationnalisation de ces savoirs dans les pratiques développées en classe.

En ce qui concerne la question du genre, des études antérieures ont analysé la perception de différents types d'enseignements à l'égalité filles-garçons (Baurens & Schreiber, 2010 ; Fassa-Recrosio *et al.*, 2014) par les étudiant.e.s et stagiaires des métiers de l'enseignement, y compris spécifiquement en EPS (Couchot-Schiex *et al.*, 2009 ; Couchot-Schiex, 2018). Leurs résultats convergent pour faire part de la difficulté à dépasser le stade de la prise d'informations et à faire entrer les concepts proposés dans les pratiques enseignantes. Lorsqu'ils et elles s'en emparent, les transformations des pratiques ne sont pas toujours efficaces. L'analyse réalisée à propos de l'initiation à la recherche, par Lamamra et Posse (2014), montre que même si des transformations de leurs pratiques professionnelles sont engagées, des micro-résistances perdurent. Nous questionnons la possibilité de faciliter cette intégration dans les pratiques par le biais de la recherche.

Comparaison des contenus de formation

Dans cette recherche, nous nous demandons tout d'abord quels sont les outils conceptuels transposés de nos théories qui sont proposés explicitement à nos étudiant.e.s dans ces options, et à travers quelles activités de formation. Une liste commune d'activités proposées aux étudiant.e.s²⁹ dans ces initiations est donnée dans le tableau 11). Les activités proposées sont plus ou moins éloignées des gestes pratiques visées pour la classe, faisant de ces initiations un détour de formation parfois assez conséquent.

Contenus	option 1	option 33	option 5
Analyse de tâches/analyse de situations	x	x	x
Analyse de manuels	x	x	
Analyse de productions d'élèves	x		
Analyse de vidéos (ou transcriptions)	x	x	
Analyse de gestes professionnels à partir de narration			x
Analyse des interactions didactiques (E>él ou él>él)	x	x	x
Construction d'une problématique et d'une argumentation, recueil de données	x	x	x
Présentation de son propre travail	x	x	x
Présentation des outils théoriques du champ de recherche	x	x	x
Lecture d'articles et présentation de travaux de recherche	x	x	x

Tableau 11 : comparaison des activités de formation proposées dans les trois options de recherche

Cette première comparaison permet d'observer des différences et des points communs entre les formations dispensées dans les trois options. Nous pouvons constater en particulier que, étant donné la nature de la recherche en didactique, de nombreuses activités de l'option 1 (didactique des mathématiques) donnent une place importante aux contenus mathématiques, à travers des activités d'analyse de tâches, de manuels ou de productions d'élèves, que l'on peut retrouver dans une moindre mesure dans l'option 33 (égalité des sexes), mais de manière moindre dans l'option 5 (EPS dont égalité des sexes). En revanche, les trois options accordent une part importante à l'élaboration du mémoire (à travers la construction d'une problématique, le recueil de données, les lectures d'articles et les présentations de l'avancée du travail de recherche).

Cependant, cette liste d'activités de formation, même si elle nous permet de comparer les pratiques de recherche que nous essayons de faire fréquenter aux étudiant.es, ne donne pas à voir les outils conceptuels manipulés par les étudiant.es ni les autres activités convoquées.

Prenons par exemple le cas du travail autour de la vidéo dans l'option de didactique des mathématiques. L'analyse de la vidéo, filmée dans une classe de mathématiques du 1^{er} degré, consiste pour les étudiant.es, comme nous l'avons déjà pointé, en une analyse préalable de tâche(s) (l'analyse *a priori* des tâches mathématiques proposées aux élèves dans la vidéo, avec des outils fondés sur l'analyse épistémologique des contenus, et tirés de recherches sur la didactique de ces contenus), et une anticipation des procédures des élèves pour résoudre ces tâches. Ensuite, à partir de la vidéo elle-même, les étudiant.es réalisent une analyse des pratiques de l'enseignant.e et de ses interactions avec les élèves dans les différentes phases de l'activité (dévolution du problème, recherche des élèves, mise en commun des procédures, institutionnalisation, outils empruntés explicitement à la théorie des situations de Brousseau, 1998). Cette activité convoque donc de nombreux outils de la recherche en didactique des

²⁹ Il nous semble important de noter que l'établissement conjoint d'une telle grille pour décrire nos formations représente déjà une avancée notable dans le travail d'analyse des dispositifs, par des chercheur.e.s d'horizons relativement différents, et par ailleurs formateurs et formatrices n'étant pas amené.e.s à travailler ensemble pour la formation.

mathématiques et on la retrouve fréquemment dans la formation proposée dans cette option. Le recours à l'analyse de vidéo est en effet une méthodologie très courante en didactique des mathématiques (cf. Robert, 2004), pour répondre à des problématiques de recherche probablement plus élaborées que celles qui peuvent être abordées ici, pendant les deux ans de la formation à et par la recherche. Bien que la vidéo soit aussi un moyen traditionnel de la recherche en didactique de l'EPS, elle ne fait pas partie des activités habituelles de la formation dans l'option EPS qui, en revanche, s'appuie sur l'analyse de narration de séances tirées d'articles professionnels ou scientifiques. On y retrouve les préoccupations d'une forme directement accessible, à laquelle on peut se référer à l'envi, d'une décomplexification de la situation d'enseignement. Le fil descriptif employé par les auteur.es cible les éléments de la situation sur laquelle l'étudiant.e sera invité.e à porter une attention guidée par l'utilisation d'une grille d'indicateurs préétablie collectivement.

Les outils d'analyse proposés aux étudiant.e.s de ces options sont tirés du champ de recherche correspondant. Ils ont été décrits précédemment pour l'option de didactique des mathématiques (anciennement appelée ORI lors de la mise en place de cette UE dans la formation). Dans les deux options dédiées à l'égalité des sexes, les outils de la recherche sont systématiquement reliés au cadre conceptuel des études de genre intégrant leurs évolutions théoriques et thématiques (intégration de la lutte contre l'homophobie, par exemple), et les outils pragmatiques de la recherche sur les questions de genre en éducation sont mis à disposition des étudiant.es notamment pour leur collecte de données. Si, dans l'initiation à la recherche en didactique des mathématiques, il s'agit majoritairement de s'appuyer sur la mise en place d'une séquence, souvent dans sa propre classe, pour vérifier une hypothèse sur les apprentissages des élèves ou sur les effets d'une ingénierie courte, dans les options sur l'égalité des sexes, l'expérimentation consiste généralement en une observation et une analyse des pratiques d'un.e autre enseignant.e.

En EPS, le thème de l'égalité des filles et des garçons peut être analysé à partir de différents indicateurs didactiques : la programmation des activités physiques et sportives ; la composition des séquences, des séances et leurs objectifs ; les tâches proposées ; les modalités de groupement des élèves pour chaque situation ; les critères, barèmes et supports d'évaluation ; enfin les interactions à visée didactique ou celles entre élèves significatives du climat de classe et de la bienveillance quant aux tâtonnements dans les apprentissages par corps. Les analyses réalisées sur les mémoires des étudiant.es montrent que les transformations à visée didactique ont du mal à aller au-delà de propositions factuelles de contenus contre-stéréotypés ou estimés « neutres », ou de constats, d'état des lieux des relations filles-garçons dans la classe, tandis que les mémoires de l'option de didactique des mathématiques cherchent à évaluer l'impact d'un choix d'enseignement sur les apprentissages.

Cette différence, dans les questions et les démarches de recherche, sera bien évidemment à interroger en lien avec les pratiques, dont nous allons exposer les outils d'analyse dans la partie suivante. Ceux-ci dépendent principalement de nos champs de recherche respectifs, dont nous avons croisé les cadres théoriques pour établir les grilles d'analyse des pratiques dans nos disciplines respectives.

Un questionnaire pour recueillir des effets déclarés de la formation

Dans les options concernées, un questionnaire est proposé pendant l'année de M2 (en milieu ou fin d'année), pour évaluer les enseignements de l'option et envisager des modifications pour les années suivantes. Ces questionnaires sont propres à chaque option, et n'ont pas de visée de recherche *a priori*. Le fait que ces questionnaires évoluent peu d'une année sur l'autre permet tout de même de comparer, pour une même option, des changements dans les réponses des étudiant.e.s, en lien avec d'éventuelles modifications des enseignements dans l'option. Nous

n'avons cependant pas de questionnaire commun pour étayer cette étude, malgré des questions similaires. Les questions concernant les pratiques de nos ancien.ne.s étudiant.e.s portent sur la thématique de l'option, et ici encore la comparaison entre options reste limitée. Enfin, le nombre d'étudiant.e.s ayant répondu à ces questionnaires pendant l'année universitaire 2016-2017, reste assez faible (moins de 40 pour chacune des options).

Les questionnaires comportaient principalement des questions fermées (demandant un avis sur une échelle à quatre niveaux, en matière d'utilité, de fréquence), et quelques-unes ouvertes, qui proposaient de développer certaines des réponses fermées, pour observer en particulier les arguments et le vocabulaire utilisé. Les réponses à chacune des questions n'étaient pas obligatoires.

Dans les deux cas, le questionnaire visait à recueillir le point de vue des étudiant.es sur la formation, en lien avec les autres UE du master, et à évaluer comment ils et elles percevaient l'utilité des différents contenus de formation pour leur enseignement, en particulier l'utilité du mémoire. Les questions étaient en partie similaires entre les options, avec des différences liées à leurs spécificités. Les premières questions ont porté sur le profil des étudiant.e.s : leur parcours d'étude et leur positionnement par rapport aux mathématiques et à leur enseignement, ou par rapport aux questions de genre dans l'enseignement. Nous avons également cherché à savoir si certaines activités proposées dans l'initiation à la recherche l'étaient aussi dans d'autres unités d'enseignement de la formation, afin de rapprocher les effets sur les pratiques des activités proposées en recherche, si elles sont isolées dans la formation. Enfin, nous avons interrogé l'utilité des activités proposées dans l'option pour penser la classe, afin d'évaluer l'influence éventuelle de ces activités sur les pratiques, en spécifiant suivant les différentes activités visées dans les pratiques (dans la classe/hors de la classe, en amont/après la classe).

Nous donnons ici les résultats des questionnaires, en séparant mathématiques et genre, et discutons par la suite des comparaisons possibles.

Utilité des contenus de l'initiation à la recherche pour enseigner les mathématiques

En mathématiques, 37 étudiant.es ont répondu au questionnaire papier posé en fin de formation (dont une moitié environ n'avaient suivi que l'année de M2). Le questionnaire a été proposé à l'issue de l'évaluation de l'option, pour éviter au maximum les biais possibles dans les réponses des étudiant.e.s. Il était anonyme, mais les étudiant.e.s qui le souhaitaient pouvaient donner leurs coordonnées pour participer à la suite de notre recherche et au suivi en classe l'année suivante. Il est intéressant de noter qu'une moitié des étudiant.e.s (18 sur 37) ont accepté ce suivi *a priori*, même si par la suite, les conditions de l'entrée dans le métier (pas de classe fixe, surcharge de travail) n'ont pas permis à tou.te.s de confirmer leur participation. Le nombre de ceux ou celles qui ont accepté que leur classe puisse être un lieu d'expérimentation pour les mémoires de nos futur.e.s étudiant.e.s est encore plus grand (26 sur 37).

Il y a deux profils parmi les participant.e.s à l'option 1 : celles et ceux qui sont à l'aise avec les mathématiques et leur enseignement ou qui au contraire cherchent des pistes pour régler leurs difficultés avec cette discipline. Les contenus de l'option ont été jugés plus ou moins utiles, suivant qu'ils se rapprochaient ou non des pratiques visées d'enseignement (cf. tableau 12 : les étudiant.e.s devaient se prononcer pour chaque contenu de l'option 1 sur une échelle d'utilité : pas utile/peu utile/utile/très utile). Ainsi, il n'est pas étonnant de trouver l'analyse de tâches et de situations comme étant l'activité de formation la plus plébiscitée, et la lecture d'articles comme paraissant être la moins utile, même si certain.e.s étudiant.e.s soulignent par la suite que ce sont des ressources à envisager pour trouver des pistes d'enseignement.

Utilité des contenus proposés dans l'option de didactique des mathématiques	pas ou peu utile	utile ou très utile
analyse de tâches et situations		32
analyse de manuels	12	20
analyse de productions d'élèves	3	29
analyse de vidéos	6	26
suivi de votre travail de recherche	11	21
lecture d'articles	17	14
présentation de cadres théoriques et travaux	16	14

Tableau 12 : utilité des contenus de l'option de didactique des mathématiques

Par la suite, nous avons demandé aux étudiant.e.s de préciser à quoi ces contenus avaient été utiles plus précisément pour elles ou eux. Certain.e.s évoquent leur utilité pour préparer la classe et construire leur enseignement, analyser des ressources, anticiper et interpréter les erreurs des élèves, mais aussi les observer et les évaluer. D'autres soulignent le fait que cela les a poussé.e.s à proposer en classe des séances ou modalités de travail qu'ils et elles n'auraient peut-être pas osé mettre en place (résolution de problèmes ouverts, travail en groupe). Dans le vocabulaire utilisé dans leurs réponses, on retrouve en particulier des mots pour dire les concepts et démarches de la recherche en didactique des mathématiques (par exemple variables, analyses a priori, procédures, dévolution, vigilance didactique) appliqués aux gestes professionnels pour la classe. Enfin, plusieurs évoquent la prise de recul et le fait de se questionner, en lien avec les apports de l'option de didactique des mathématiques.

En ce qui concerne la production du mémoire, on peut noter (tableau 13) que globalement les étudiant.e.s de l'option de recherche en didactique des mathématiques ont trouvé ce travail utile pour leur stage en classe, et plus particulièrement a priori (pour préparer, anticiper) et a posteriori (analyser).

Quelle utilité de votre mémoire :	un peu utile	utile ou très utile
pour observer la classe	3	29
pour préparer la classe	3	30
pour anticiper les réponses des élèves	2	31
pour analyser les réponses des élèves	1	31
pour faire la classe	8	24
pour analyser <i>a posteriori</i> ce qui s'est passé en classe	3	28

Tableau 13 : utilité du travail de mémoire en amont, pendant et en aval de la classe, en mathématiques

Il est à noter qu'aucun.e étudiant.e n'a jugé ici de contenu « pas du tout utile » relativement au stage. Il semblerait que le travail réalisé pour leur mémoire leur permette une analyse réflexive sur la classe, plus importante en amont ou en aval que pendant la classe. Les commentaires faits par les étudiant.e.s sur ce en quoi le mémoire a pu leur être utile rejoignent ceux qui ont été faits sur les contenus de l'option en général, avec en particulier dans certaines réponses des liens entre le recueil de données du mémoire et l'évaluation des élèves, et assez peu de remarques mentionnant les contenus mathématiques spécifiques abordés dans le mémoire. Il aurait pu être intéressant pour nous de demander aux étudiant.e.s dans le questionnaire si les effets du travail sur leur mémoire portaient essentiellement sur les pratiques d'enseignement de la notion mathématique traitée dans le mémoire, ou sur l'enseignement des mathématiques de manière plus globale, voire sur l'enseignement de toutes les disciplines.

Si nous cherchons à relier les pratiques visées dans l'option et les effets déclarés sur les pratiques des étudiant.e.s stagiaires, nous pouvons noter que ce sont les pratiques concernant l'amont et l'aval de la classe qui semblent le plus influencées (analyser *a priori* et *a posteriori*), alors que les activités proposées dans l'option, et en particulier l'analyse de vidéos de classe,

visaient aussi des pratiques liées à la mise en œuvre en classe. Cela n'est probablement pas très étonnant, compte tenu des multiples contraintes auxquelles ces étudiant.e.s stagiaires sont soumis.

Une comparaison des réponses aux questionnaires difficile à faire

L'analyse détaillée des questionnaires dans les deux autres options de recherche peut être lue dans l'annexe 4. La comparaison des réponses aux questionnaires des différentes options n'est pas aisée, compte tenu des questionnaires eux-mêmes (propres à chaque option et avec une visée plutôt liée à la formation) et au faible nombre d'étudiant.e.s ayant répondu. Nous pouvons noter un certain nombre de réponses positives (en particulier pour l'option 1) en ce qui concerne l'impact déclaré des activités de l'option (contenus didactiques et rédaction du mémoire) sur les pratiques lors du stage en alternance. Il n'est pas évident de relier rigoureusement ces activités d'initiation à la recherche avec les pratiques développées en stage, mais on peut noter que certaines de ces activités sont relativement absentes du reste de la formation (analyse de manuels, de vidéos, lecture d'articles), peut-être faute de temps suffisant.

Les raisons négatives évoquées par les étudiant.e.s témoignent des tensions liées à la structuration de la formation en master MEEF, qui oscille entre contenu académique de niveau master et contenu à visée professionnalisante, qui divise le temps de formation entre les enseignements pour la classe et les cours suivis en ESPE. Leur expression témoigne de l'ambivalence perçue de la formation dans laquelle ils et elles peinent à trouver du sens aux différents contenus, se trouvent pris.es dans des injonctions qui peuvent leur paraître contradictoires, dans différents temps qui paraissent disjoints quand ils pourraient et devraient être le support de la construction de compétences par intégration progressive de gestes professionnels réfléchis.

Ainsi, les résultats des questionnaires nous permettent de répondre partiellement seulement, et de manière très prudente, à nos hypothèses de recherche. En ce qui concerne les effets des activités proposées dans ces unités d'approfondissement et de recherche en formation initiale, il nous semble possible de dire que le travail de recherche sur la didactique des savoirs disciplinaires (ici mathématiques, EPS), et les activités mises en place dans sa propre classe pour constituer le mémoire, semblent avoir favorisé l'entrée des étudiant.e.s dans une démarche de réflexion sur leurs pratiques (en amont et en aval de la classe), tandis que l'approche sociologique de l'enseignement (la question du genre en éducation) semble avoir eu des effets (déclarés) plus limités sur les pratiques en stage. Il nous faut noter aussi toutes les contraintes auxquelles sont soumis.e.s les étudiant.e.s lors de cette formation initiale (temps limité, multiples postures), contraintes qui ne facilitent pas l'appropriation des contenus proposés. C'est probablement sur un temps plus long que peut se jouer cette appropriation.

Ces recherches demandent à être prolongées pour mettre en lumière les effets de ces initiations sur un temps plus long, une fois les difficultés des premières années de métier en partie dépassées. Elles sont riches en enseignement pour la formation puisqu'elles se doivent d'accompagner au mieux les futur.e.s enseignant.e.s, quelles que soient les conditions.

3) Travail collaboratif et effets sur les pratiques

Dans ce qui suit, nous analysons les effets du travail collaboratif réalisé dans le LéA RMG pendant 8 ans, d'une part à travers un questionnaire posé aux participant.e.s enseignant.e.s à l'issue des 6 premières années de travail (plus de détails dans Allard, Horoks & Pilet, à paraître

pour la revue *Éducation et Didactique*), et d'autre part à travers des observations régulières, à l'aide des vidéos filmées par les enseignant.e.s dans leurs classes. Ce dispositif n'est pas une formation à proprement parler, mais il vise tout de même à un développement des pratiques enseignant.e.s, par la collaboration avec des chercheur.e.s. Il est décrit dans le chapitre 3, et nous ne revenons donc pas ici sur son fonctionnement, mais uniquement sur les moyens mis en œuvre pour en évaluer les effets sur les pratiques, et les résultats obtenus.

a) Effets déclarés du travail collaboratif : des pratiques enrichies et un nouveau regard sur la recherche ?

Après 8 années de travail commun, le collectif LéA RMG est toujours pérenne en 2021 et continue de s'étoffer au fil des années tant sur le nombre de participant.e.s (voir figure 6) que sur les thématiques traitées et les perspectives envisagées. Nous appuyons notre propos à partir des 11 réponses à un questionnaire en ligne, non anonyme, posé à l'ensemble des enseignant.e.s du LéA en juin 2020. L'objectif du questionnaire était de faire le bilan de six premières années de travail collaboratif et d'envisager la suite à donner. Les réponses sont synthétisées dans l'annexe 5.

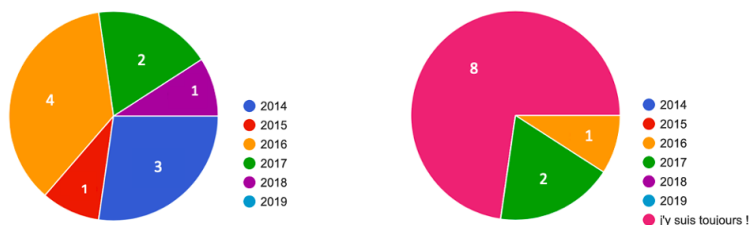


Figure 6 - Années d'intégration et de départ des enseignants dans le LéA RMG (N=11 enseignants)

Notons que la composition de ce collectif n'est pas figée. Au fur et à mesure des années du projet, l'équipe enseignante s'est étoffée avec l'arrivée de collègues, nouvellement recruté.e.s dans l'éducation nationale ou en provenance d'établissements appartenant au même réseau d'éducation prioritaire. Cette collaboration avec des pairs est par ailleurs la motivation principale des enseignant.e.s pour intégrer le LéA (voir annexe 5, figure 5.1).

En ce qui concerne leurs pratiques d'enseignement, les enseignant.e.s déclarent avoir ressenti des effets du travail collaboratif sur leurs pratiques (voir annexe 5, figure 5.2, pour ce qui est du travail sur le thème de l'algèbre), en particulier en ce qui concerne les contenus qu'ils ou elles choisissent (préparation, tâches, traces écrites, attentes envers les élèves) et leur gestion des déroulements en classe (erreurs et interactions), mais un peu moins sur leur façon de travailler avec leurs collègues d'établissement ou du collectif, ou sur leur rapport aux élèves, même si, pour ce dernier point, leur ressenti sur les apprentissages de leurs élèves est globalement positif.

Par ailleurs, les réponses des enseignant.e.s au questionnaires (voir annexe 5, figure 5.3), montrent que l'appui sur leurs besoins pour la classe et sur leurs propres pratiques d'une part, et la richesse des échanges collectifs, alimentés aussi par les apports de la recherche, d'autre part, ont eu un impact sur leurs pratiques. C'est probablement une explication possible de la longévité du LéA, et cela nous conforte dans nos postulats sur l'importance de partir des pratiques déjà là, et le rôle que peut jouer la recherche, dans le développement professionnel des enseignant.e.s.

Les réponses des enseignant.e.s confortent aussi nos hypothèses sur l'importance d'une articulation d'un temps court (relatif aux besoins immédiats des enseignant.e.s pour leurs classes) et d'un temps long, pour une prise en compte des apports du travail collaboratif, selon différentes temporalités et selon les possibilités de chacun.e. Elles nous montrent aussi que cette temporalité évolue, et qu'il convient d'envisager plusieurs façons de tirer parti de sa participation au travail du collectif (voir annexe 5, figure 5.4), avec une temporalité de plus en plus courte, à relier peut-être avec une capacité de plus en plus grande des enseignant.e.s à prendre en compte les apports de la recherche (et/ou à une adaptation progressive des chercheur.e.s à la ZPDP des enseignant.e.s ?).

Par ailleurs, les enseignants du LéA témoignent de la symétrie et des asymétries des rôles multiples dont ils et elles se sont senti.e.s investi.e.s dans le LéA : « *Enseignant, sujet d'étude, expérimentateur, rédacteur, formateur...* », avec en particulier ce qui concerne l'apport de données : « *J'ai apporté des copies d'élèves, des cours effectués, ainsi que des réflexions, j'ai créé et perfectionné des documents utilisables.* » et la mise en place d'expérimentations : « *Tester les ressources, proposer des exercices, tourner des vidéos.* », pour faire le « *relais entre les propositions faites par les chercheurs et l'expérimentation menée en classe.* », mais aussi un apport de connaissances : « *Pouvoir donner le point de vue "enseignant"* », « *Apporter des pratiques* » ou une « *expérience enseignante* ».

Le rôle qu'ils et elles disent avoir joué dans la recherche effectuée concerne principalement la mise en place d'expérimentations et l'apport de données, mais aussi leur participation à la discussion sur ces données : il est « *très intéressant d'être chercheur d'une certaine manière par l'expérimentation terrain, en participant au codage des copies* » et à la rédaction des ressources qui en ont découlé. Un enseignant précise même : « *J'ai le sentiment d'avoir participé à la recherche en expérimentant auprès des élèves ce que nous avons produit dans le LéA mais aussi en étant moi-même un sujet d'étude sur mes gestes professionnels, sur le discours utilisé en classe, sur le choix des activités, etc. Je pense que le travail de rédaction sous toutes ses formes et de communication (pour les journées des LéA, pour les bilans) est aussi une activité de la recherche.* ». Le partage des tâches de diffusion de la recherche et de formation d'enseignant.e.s a en effet engagé certain.e.s des enseignant.e.s du LéA à découvrir un rôle qu'ils et elles n'avaient pas forcément tou.te.s envisagé au départ.

Le rôle que les enseignant.e.s perçoivent chez les chercheur.e.s est cependant surtout situé du côté de la théorie : « *Je vois les chercheurs comme les détenteurs des connaissances théoriques, les personnes qui nous poussent à mener des réflexions et nous guident dans celles-ci.* », elles favorisent le fait de « *faire le tri et des liens dans les informations théoriques pour en retenir l'essentiel* », ayant « *un regard extérieur* », mais sans négliger le côté pratique, car étant aussi « *force de proposition de contenus et de déroulements* », « *de ressources peu communes* », et tout en ayant elles et eux aussi des rôles multiples : « *Un double rôle : accompagnateur et organisateur* », organisant « *également un lien plus fort avec des institutions* » dont « *ils connaissent aussi plus finement les codes* ».

b) Effets observés sur les pratiques : un suivi sur 6 années

Notre dispositif collaboratif, permettant à la fois un travail sur le temps long, et des incursions dans la classe à travers les vidéos filmées – souvent par les enseignant.e.s eux/elles-mêmes, nous donne accès à l'observation des pratiques tout au long de la collaboration. De cette façon, et avec les outils que nous rappelons ci-dessous, nous avons pu apprécier comment les pratiques évoluent, en considérant en particulier leurs composantes cognitive et médiative. C'est ce qui est décrit ci-dessous, illustré par l'exemple de deux enseignants, à travers le choix de tâches sur

l'ensemble des séquences d'algèbre et la gestion du déroulement de certaines de ces tâches en classe.

Analyse des tâches proposées : une évolution vers des tâches plus riches

Nous avons montré (chapitre 2) comment nous analysions les pratiques enseignantes lors de l'évaluation sommative (contrôle de fin de chapitre) à travers les tâches choisies pour les séquences d'algèbre. Nous avons ainsi pu caractériser, avec l'exemple de l'un des enseignant.e.s du LéA, les choix faits pour la classe, la maison et le contrôle, et les écarts éventuels dans les types de tâches proposés et leur complexité. Nous pouvons noter que cet enseignant, à la suite des apports sur la didactique de l'algèbre que nous avons proposés pendant les trois années de ce travail collaboratif, a fait évoluer l'ensemble des tâches de ses séquences en algèbre les années suivantes, de telle sorte que les raisons d'être des expressions algébriques sont de plus en plus présentes dans les moments de première rencontre ou de reprise de l'algèbre.

L'analyse des tâches sur les autres années dévoile que même si les tâches évoluent d'une année à l'autre, le faible écart en ce qui est enseigné et ce qui est évalué est invariant, ce qui est probablement à relier à la fonction donnée à l'évaluation par cet enseignant, qui n'a pas ou peu varié. En revanche, les effets de nos propositions (en appui important sur un test diagnostique des élèves) sont relativement moins visibles en ce qui concerne les pratiques d'évaluation diagnostique. Cependant par la suite, sur un contenu nouveau (les fonctions en classe de 3^e), à travers la mise en œuvre de pré-tests permettant de recueillir les connaissances initiales des élèves, il nous a semblé que les quelques enseignant.e.s du LéA impliqué.e.s se sont emparé.e.s de ce test pour en faire aussi un levier pour exploiter en classe les besoins repérés des élèves, faisant ainsi d'un dispositif de recherche, un instrument pour enseigner.

Analyse des déroulements : une évolution plus lente

Nous avons pu constater dès la première année du travail collaboratif (Horoks & Pilet, 2015) que si les tâches proposées par les enseignant.e.s évoluent au fur et à mesure de leur participation au LéA vers une plus grande richesse, les déroulements restent en revanche relativement stables.

Vers une place plus grande donnée aux activités mathématiques des élèves ?

L'analyse de la gestion des déroulements sur les trois premières années pour un.e même enseignant.e ou pour différent.e.s enseignant.e.s sur une même séance (Horoks & Pilet, 2016) participant au groupe de travail sur l'enseignement de l'algèbre, nous a permis de constater que le repérage et l'interprétation des activités mathématiques des élèves évoluait. Ainsi, la prise d'informations sur les productions des élèves semble être enrichie par une meilleure interprétation des différentes procédures possibles, correctes ou non, et non plus seulement des résultats de ces procédures. Cela se constate principalement lors de la mise en commun, lorsque l'enseignant.e choisit des productions plus pertinentes (variées, erronées), et implique de façon accrue ses élèves dans les moments de formulation et de validation des productions.

... mais avec une exploitation peu hiérarchisée de leurs activités mathématiques, et encore peu de liens avec les mathématiques visées

Toutefois la hiérarchisation explicite de ces procédures reste anecdotique en particulier à l'issue des tâches qui permettent de travailler les enjeux de l'algèbre (prouver, traduire d'un registre à un autre, etc.). De plus le discours des enseignant.e.s ne permet que rarement de remonter jusqu'aux propriétés mathématiques, et même si elles sont parfois nommées, il n'est pas fait

explicitement référence aux conditions de leur application. Cette tendance est certainement accentuée par le fait que les élèves sont en Zone d'Éducation Prioritaire : c'est la raison invoquée par elles et eux pour expliquer qu'ils hésitent à formaliser les propriétés de manière totalement décontextualisée. Cependant les retours faits aux élèves par les enseignant.e.s lors des évaluations, sommatives comme formatives, nous paraissent s'être enrichis avec des frontières moins marquées entre ces deux types d'évaluation.

Une évolution dans les pratiques d'évaluation

Des grilles d'évaluation sommative ont été conçues par les enseignant.e.s lors de la troisième année du travail du LéA, à leur propre initiative – inspirées à la fois du travail sur les types de tâches algébriques et les niveaux de mise en fonctionnement des connaissances, et pour répondre à un besoin face à des demandes institutionnelles imposant l'usage des compétences. Ces grilles permettent aux enseignant.e.s une analyse plus fine des activités mathématiques déployées par les élèves dans les évaluations formelles, avec un retour possible. De plus, les enseignant.e.s ont choisi de proposer autour de ce support des modalités de travail permettant un partage des critères d'évaluation et de réussite en amont et en aval des évaluations avec les élèves, avec des initiatives pour elles et eux dans la formulation et hiérarchisation de ces critères, qui pourraient participer selon nous à leurs apprentissages. Ces grilles, leurs contenus et les discussions à leur sujet, constituent aux yeux des chercheur.e.s des traces d'une évolution des pratiques d'évaluation sommative des enseignant.e.s du LéA, mobilisant des outils d'analyse a priori des contenus, et témoignant d'une volonté de partager plus largement avec les élèves à la fois les critères selon lesquels ils et elles sont évalué.e.s, et la façon dont ils et elles se situent par rapport à ce qui est attendu, reprenant ainsi des hypothèses partagées dans le groupe sur l'évaluation formative.

Des perspectives pour aller plus loin dans l'analyse des effets du travail collaboratif sur les pratiques

Les réticences des enseignant.e.s à proposer à leurs élèves des tâches ouvertes, à prise d'initiatives, et à leur donner des responsabilités dans les processus d'évaluation formative, semblent fortement liées au contexte dans lequel ils et elles enseignent, comme peuvent en attester leurs remarques lors des réunions de travail du groupe. En effet, le manque de temps pour chercher, et le manque de confiance dans la capacité de leurs élèves pour chercher, font partie des éléments déclarés freinant la mise en œuvre de certains éléments suggérés par les chercheur.e.s du groupe. Une analyse des arguments proposés par les enseignant.e.s pour justifier leurs choix, adosser leurs doutes, ou à l'inverse appuyer leur adhésion aux propositions co-construites, pourrait permettre de voir, non un changement de ces contraintes inhérentes au métier, mais un allègement de leur poids sur les pratiques. Un tel travail a été entamé (Adel, Horoks & Pilet, travail en cours), pour analyser les échanges lors des premières années de travail collaboratif. Ces analyses tentent de suivre, au fil des réunions, l'évolution de certains éléments dans les propos des enseignant.e.s, lors de deux types de moments particuliers :

- Les moments de tensions / déséquilibre entre enseignant.e.s et chercheur.e.s a priori, liés à un apport des chercheur.e.s issu de la recherche en didactiques des mathématiques, un retour sur ce que font les enseignant.e.s (vidéo, documents), ou l'accueil de nouveaux ou nouvelles participant.e.s dans le LéA (déséquilibre entre anciens et nouveaux membres) ;
- Les moments où a lieu une possible prise de conscience par les enseignant.e.s, sur des contenus ignorés dans l'enseignement : des types de tâches (généralisation, structure, équivalence) et activités enseignantes (diagnostic des prérequis, gestion des mises en commun donnant une place aux erreurs et au raisonnement) inhabituels, ou sur le rôle important, mais jusque-là négligé, du statut des propriétés mathématiques (distributivité).

Nos analyses doivent alors tenter de repérer ces moments, à travers les différents thèmes abordés (enseignement, algèbre, évaluation, collaboration) pour y débusquer les arguments et les besoins exprimés des enseignant.e.s (voir tableau 14 pour une tentative de classification des arguments).

Argument	Explication
Pédagogique	du méditatif non dirigé vers les savoirs et apprentissages
Didactique	manifeste une intention didactique : mobiliser des outils de la DDM, comme les variables didactiques, pour faire apprendre
Scientifique	appuyé sur des résultats de recherche
Institutionnel	appuyé sur les horaires, programmes, manuels, examens
Social	élèves, établissement, collègues de maths
Personnel	expérience d'enseignement, classes, formation, rapport à l'enseignement en général ou sur des notions en particulier, nature du raisonnement utilisé.
Epistémologique	appuyé sur l'étude fine du savoir : développement historique du savoir, articulation des notions, types de problèmes et éléments technologico-théoriques
Cognitif	difficultés constatées des élèves, obstacles, erreurs, procédures
Médiatif	relatif à la pratique en et pour la classe : organisation des déroulements, gestion des réponses des élèves, usage des propriétés dans le raisonnement.
Collaboratif	en lien avec le travail dans le cadre du LéA, contrat entre les chercheurs et les enseignants, organisation et méthode de travail dans le LéA, temps, faisabilité dans le dispositif de recherche

Tableau 14 : Types d'arguments des enseignant.e.s du LéA pour justifier leurs choix pour la classe

Une autre piste d'analyse serait d'analyser la posture des enseignant.e.s participant en tant que formateur/trice à la formation continue adossée au travail du LéA RMG, décrite ci-dessous. Un questionnaire est en cours de constitution, pour interroger les enseignant.e.s sur ce qui, dans le travail collaboratif, semble les avoir outillé.e.s pour assurer cette formation, avec un sentiment de légitimité plus ou moins grand. Une comparaison avec un autre dispositif de travail, les *lesson study adaptés*, est prévue (Artigue, Hartmann, Horoks, Masselin, Tabarant, en cours).

- c) En dehors du LéA : effets d'une diffusion en formation des ressources du LéA : effets déclarés sur les pratiques, effets sur les apprentissages

Depuis 2017, un stage de formation continue à public désigné (Acquisition de compétences en calcul littéral au cycle 4, PACAL) vise à diffuser et percoler des résultats de recherche sur l'évaluation en algèbre élémentaire au cycle 4 issus du travail collaboratif du LéA RMG, dans les établissements de l'académie de Créteil. Plus précisément, il s'agit d'amener les enseignant.e.s à repérer et analyser les difficultés des élèves en calcul numérique et littéral à partir de l'évaluation diagnostique numérique standardisée *Pépète* (Grugeon-Allys & al. 2012, voir annexe 6, tableau 6.1 pour plus d'informations sur le test) puis à analyser des séquences prenant en compte les besoins d'apprentissage des élèves, à les adapter et les mettre en œuvre dans leurs classes. L'analyse de ce dispositif nous amène à envisager comment nos connaissances et ressources issues du travail collaboratif dans le LéA, et réinvesties dans la formation PACAL, peuvent aussi avoir des effets sur les pratiques d'enseignant.e.s extérieur.e.s au LéA.

Présentation du dispositif

Ce stage est mis en place pour un public désigné constitué d'un enseignant correspondant par collège dans trois districts de l'académie de Créteil. Les enseignant.e.s participant à la formation sont désigné.e.s par les chef.fe.s d'établissement : ces correspondant.e.s sont chargé.e.s de diffuser la formation aux collègues de leur établissement.

Ce stage a eu lieu pour la première fois à la rentrée 2017, et est progressivement étendu à l'ensemble des 30 districts de l'académie. Il dure dix-huit heures organisées en six demi-journées de formation.

Le stage débute par l'étude de la caractérisation des différents aspects de la compétence algébrique et la mise en évidence de classes d'erreurs. Cette étude mène à l'analyse de l'évaluation diagnostique numérique *Pépîte* qui vise à caractériser les difficultés des élèves. Les enseignant.e.s font alors passer une première version de l'évaluation *Pépîte* dans leur classe et analysent les productions de leurs élèves. La formation propose ensuite une présentation et une analyse de séances issues du LéA (documents et vidéos) pour concevoir des séquences organisant une progressivité des apprentissages au cycle 4. Les enseignant.e.s sont engagé.e.s dans l'analyse de tâches et l'étude de leur adéquation par rapport aux objectifs d'apprentissage visés, l'analyse des démarches, techniques et raisonnements des élèves en lien avec les compétences et les connaissances attendues en calcul littéral, et l'analyse de mises en commun en classe.

À l'image du travail du LéA, mais à une échelle nettement plus réduite, la formation prend en compte des retours d'expérience en classe (productions d'élèves, vidéos) pour permettre aux participant.e.s de développer une analyse réflexive de leurs pratiques réelles en classe. En fin de stage, les élèves passent une deuxième version de l'évaluation *Pépîte* pour permettre aux enseignant.e.s de mettre en perspective les résultats des élèves, l'enseignement proposé en formation et transposé en classe, les difficultés rencontrées, les alternatives à envisager.

Les formateurs/trices de PACAL sont presque tou.te.s issu.e.s du LéA RMG, et la formation est assurée, pour chacune des 6 séances, par un binôme chercheur.e – enseignant.e.

Nous interrogeons alors la façon dont ce dispositif, construit autour de ressources co-conçues entre chercheur.e.s et enseignant.e.s, et animé par des binômes d'enseignant.e et chercheur.e, peut avoir un effet sur les pratiques des enseignant.e.s formés dans le stage, alors même qu'ils et elles sont désigné.e.s, et pas forcément volontaires pour participer à la formation, et en diffuser les contenus auprès de leurs collègues.

Évaluation du dispositif de formation : méthodologie et résultats

Nous avons réalisé une analyse des pratiques déclarées des enseignant.e.s à travers des questionnaires adressés pendant et à la fin du stage PACAL (dans Grugeon-Allys, Chenevotot, Pilet & Horoks, 2019). Le questionnaire aborde le contexte d'enseignement, ainsi que l'avis de l'enseignant.e sur le test *Pépîte* : sur son contenu (nombre et pertinence des exercices, difficulté des items, proximité avec ce qui est fait par ailleurs en classe) et sa mise en œuvre (difficultés matérielles et techniques pour l'enseignant.e et les élèves) ainsi que son utilité pour évaluer les élèves. À travers les réponses des enseignant.e.s, sur leur appréciation des contenus manipulés dans la formation, nous cherchons à voir comment la façon dont nous avons choisi de les outiller dans le stage, a pu, ou non, rencontrer leurs besoins, leurs pratiques. Nous avons obtenu 18 réponses au questionnaire.

Les réponses montrent une faible prise en compte de l'articulation arithmétique-algébrique dans l'enseignement de l'algèbre. Les enseignant.e.s ayant rempli le questionnaire considèrent en effet des exercices portant sur des tâches anciennes de calcul comme non utiles, et ne jugent pas nécessaire d'évaluer les élèves diagnostiquement sur des tâches nouvelles du calcul littéral, plus riches. Leur rapport à l'évaluation diagnostique consiste principalement à repérer un niveau acquis/non acquis plutôt que de repérer des raisonnements, des erreurs sur un domaine mathématique, et à écarter les tâches ouvertes considérées comme trop difficiles pour leurs élèves.

À l'issue de la mise en place de *Pépité* dans leur classe, les deux tiers des enseignant.e.s déclarent que leur analyse des connaissances et compétences numériques et algébriques des élèves a évolué un peu depuis qu'ils et elles ont eu accès au test. Les pratiques (déclarées) d'enseignement et d'évaluation semblent s'être enrichies, avec de nouvelles tâches algébriques à proposer / proposées aux élèves (en découverte ou entraînement) et des nouveaux outils pour repérer, interpréter et exploiter les productions des élèves en algèbre, en donnant une place plus explicite aux connaissances algébriques qui sont mobilisées. Mais il faudrait pouvoir interroger les effets à plus long terme, d'après nos constats au sein du LéA, qui montrent un changement rapide de la composante cognitive (choix de tâches, repérage des procédures), avec une évolution plus lente de la composante médiative des pratiques (exploitation pour faire apprendre).

D. En conclusion du chapitre 4 : retour aux effets de ces formations sur les élèves... et la boucle est bouclée !

Nous avons tenté dans les dispositifs de formation décrits précédemment, en particulier par la recherche, de faire évoluer les pratiques enseignantes vers une plus grande richesse des tâches mathématiques proposées, un repérage et une analyse plus fine des activités mathématiques provoquées par ces tâches, ainsi qu'une exploitation de ces activités donnant plus d'initiatives aux élèves et une place plus explicite pour les mathématiques visées et mobilisées dans les tâches, pratiques dont nous supposons qu'elles peuvent favoriser les apprentissages des élèves.

Nous avons aussi essayé de repérer dans les pratiques des enseignant.e.s des évolutions sur ces différents points à l'issue des formations dispensées, et il nous a semblé qu'en ce qui concernait l'amont de la classe en premier lieu (choix de tâches, anticipation des activités mathématiques qui pourraient en découler) nous avons pu voir une telle évolution. Un temps plus long semble nécessaire pour voir évoluer aussi les pratiques en ce qui concerne la gestion des déroulements en classe, pour exploiter au mieux les activités mathématiques des élèves en vue de faire apprendre. Le poids des autres composantes (sociale, institutionnelle et personnelle) dans les décisions des enseignant.e.s nous a aussi semblé pouvoir être amoindri (en particulier en ce qui concernait la gestion du temps, ou la confiance dans le fait que les élèves sont capables de réaliser des tâches complexes et de se saisir des initiatives qu'on leur accorde) par les apports permettant d'enrichir les pratiques dans leurs composantes cognitive et médiative.

Il nous reste à vérifier que ces changements dans les pratiques s'accompagnent en effet de meilleurs résultats pour les apprentissages des élèves en mathématiques.

1) *Les effets du travail collaboratif sur les apprentissages des élèves des enseignant.e.s du LéA RMG*

Dans Pilet & Horoks (2019), pour repérer des effets des choix faits dans le LéA RMG sur les apprentissages des élèves, nous nous sommes appuyé.e.s sur l'évaluation diagnostique *Pépité* des connaissances et compétences des élèves (Grugeon-Allys et al., 2012). Cette évaluation, fondée sur une analyse épistémologique du domaine de l'algèbre élémentaire, couvre l'ensemble des types de tâches du domaine et est basée sur une analyse multidimensionnelle des réponses des élèves permettant d'établir automatiquement le profil de chaque élève suivant trois composantes : l'usage de l'algèbre, la traduction d'un registre de représentation à un autre

et le calcul numérique et algébrique. Une échelle de maîtrise permet de situer l'élève sur chaque composante (voir annexe 6, tableau 6.1), le niveau 1 étant le plus élevé.

Les sept enseignant.e.s de notre étude ont fait passer trois tests à leurs élèves, répartis sur deux années : le test de début de 4^e, le test de début de 3^e et enfin le test de fin de 3^e. Les élèves de notre cohorte n'ont pas tous passé l'ensemble des tests diagnostiques, suivant qu'ils et elles étaient ou non, lors de chacune de ces deux années, dans la classe de l'un.e des enseignant.e.s de notre étude (ou dans la classe d'un.e autre enseignant.e de leur établissement ne participant pas au LéA), mais aussi selon les aléas technologiques : 21 élèves ont passé à la fois les tests de début de 4^{ème} et de début de 3^{ème}, 11 élèves à la fois les tests de début 4^{ème} et de fin 3^{ème}, 59 les tests de début et de fin de 3^{ème} et, malheureusement seulement 5 élèves les trois tests successivement ! Nous présentons l'ensemble des données tout en soulignant que l'échantillon est par conséquent très limité : d'un point de vue méthodologique, le suivi de cohortes d'élèves sur plusieurs années au sein d'un même établissement n'est pas simple à réaliser, et ne permet pas de tirer pleinement des conclusions sur les effets des propositions du LéA.

La répartition des élèves sur les composantes *Usage de l'algèbre* et *Calcul algébrique* est notable (voir annexe 6, tableau 6.2, colonne 1). Au fil des années, de moins en moins d'élèves utilisent des démarches arithmétiques et de plus en plus utilisent l'algèbre dans la résolution de problème ce qui peut être mis en lien avec le fait que le moment de reprise de l'algèbre est davantage organisé par les enseignant.e.s autour des raisons d'être de l'algèbre. Toutefois ce recours à l'algèbre est limité car les élèves convoquent les lettres mais ne savent pas toujours les utiliser ensuite (niveau 3). Le niveau des élèves baisse en *Calcul algébrique* et en *Traduction* entre la 4^e et la 3^e (annexe 6, tableau 6.2, colonnes 2 et 3), ce qui peut être expliqué par le fait que les expressions algébriques sont de plus en plus complexes. Entre le début et la fin de la 3^e, le nombre d'élèves de niveau 3 en calcul algébrique diminue. Le niveau sur la traduction algébrique est stable entre le début et la fin de la 3^e. Les impressions exprimées par les enseignant.e.s du LéA sur les compétences algébriques accrues de leurs élèves par rapport aux autres années nous semblent tout de même confortées par les résultats de ces tests, même limités.

Dans la suite du travail avec les enseignant.e.s du LéA RMG, sur des thèmes situés en amont et en aval du calcul littéral (le pré-algébrique au cycle 3, les fonctions en 3^e), nous avons conçu des séquences d'enseignement comprenant des tests de début et de fin, afin de recueillir les éventuels progrès des élèves sur les points importants (modélisation pour la résolution de problèmes au cycle 3, articulation des registres pour travailler sur les fonctions en 3^e), tests qui non seulement devraient permettre un recueil de données pour la recherche, mais pour lesquels nous constatons par ailleurs une réelle exploitation par les enseignant.e.s, qui en font un outil pour partir des besoins des élèves. (Allard, Grugeon-Allys, Horoks, Moussy & Pilet, travail en cours).

Nous maintenons l'hypothèse que ce travail collaboratif sur le temps long a un impact sur les apprentissages des élèves, ce qui explique certainement aussi pourquoi les enseignant.e.s continuent à participer à la réflexion collective après toutes ces années, malgré l'investissement en temps que cela représente.

2) *Les effets de la formation PACAL sur les apprentissages algébriques des élèves des enseignant.e.s désigné.e.s : une formation plus restreinte en temps, mais touchant un effectif plus important d'élèves*

Nous avons questionné plus haut, à travers la formation PACAL, la possibilité de diffuser les ressources produites par le LéA RMG sans en reproduire le dispositif complet, de façon à les rendre tout aussi efficaces dans les classes d'autres enseignant.e.s extérieur.e.s au LéA. Nous analysons donc ici aussi les effets sur les élèves des enseignant.e.s participant à la formation (qui ne représente que 18h, réparties sur une année scolaire, contre une trentaine d'heures chaque année, pendant plusieurs années dans le LéA).

L'analyse de la compétence algébrique des élèves des enseignant.e.s ayant participé à la formation continue PACAL repose elle aussi sur l'évaluation diagnostique automatique *Pépîte* que les enseignant.e.s soumettent à leurs élèves en début et en fin du dispositif de formation, avec un relativement grand échantillon d'élèves en revanche cette fois-ci. En effet, pour la rentrée 2017 qui est la promotion choisie ici pour en analyser les effets, la formation PACAL a touché 3 districts, ce qui représentait 39 établissements et leurs correspondants, soit un total de 250 enseignant.e.s et leurs classes de 4e, soit environ 4000 élèves. Le test diagnostique proposé au départ et à la fin de ce dispositif est autant un levier de formation (faire prendre conscience des difficultés des élèves, de leurs progrès) qu'un recueil de données pour attester d'effets éventuels, sur les apprentissages algébriques des élèves, des séquences proposées par la formation et mises en œuvre au moins en partie dans les classes des participant.e.s (dont on rappelle qu'ils et elles n'ont pas choisi volontairement de suivre cette formation, et n'ont pas l'obligation d'appliquer dans leurs classes les tâches travaillées dans PACAL).

Nous présentons d'abord les résultats concernant les compétences algébriques initiales de 1100 élèves de 4e (13-14 ans) des enseignant.e.s des établissements des districts impliqués dans PACAL qui ont passé pour la première fois le test diagnostique *Pépîte* en octobre-novembre 2017 (voir annexe 7, tableau 7.1, colonne 1 pour le test de début de formation, colonne 2 pour le test de fin de formation).

Une vue globale du niveau des 1100 élèves pour la compétence modéliser du programme, à travers *Pépîte*, indique qu'environ 10% d'élèves (niveau très satisfaisant et niveau satisfaisant) utilisent les lettres pour produire des expressions littérales complexes ou non et des formules liées aux grandeurs mesurables. Près de la moitié des élèves (niveau fragile) utilisent les lettres pour produire des expressions littérales simples (premier degré sans parenthèse) qui sont souvent incorrectes dans des cas plus complexes. Enfin, une petite moitié d'entre elles et eux (niveau insuffisant) utilise une démarche arithmétique et n'a pas ou peu d'usage des lettres ou de façon abrégée. En ce qui concerne la réussite moyenne par item, l'évaluation diagnostique *Pépîte* montre que les items les plus réussis mettent en jeu des compétences en calcul numérique plutôt qu'en calcul littéral ainsi qu'un faible nombre de compétences simultanément). Au contraire, les items les moins réussis font travailler des compétences en calcul littéral ou pour représenter.

Les résultats au pré-test viennent donc confirmer les difficultés des élèves à l'entrée en 4^e, difficultés déjà repérées, montrant des connaissances fragiles dans le numérique (calcul et production d'expressions) et pour la modélisation et la substitution dans les problèmes de l'algèbre.

Le second test, pour des raisons pratiques de difficultés de mise en œuvre du test, inhérentes aux conditions matérielles des établissements de l'académie de Créteil, n'a pu être analysé que

pour une seule classe, et comparé au pré-test, mais semble confirmer des effets positifs de la formation PACAL sur les performances algébriques des élèves. En dehors des compétences de calcul numériques, toutes les autres compétences algébriques semblent avoir progressé pour les élèves de cette classe, mais il faudrait investiguer la façon dont l'enseignant concerné a mis en œuvre les progressions et situations proposées dans la formation PACAL, pour pouvoir prétendre déduire un réel impact des choix présentés dans cette formation.

Ainsi, si nos recherches sur les pratiques enseignantes (à petite et grande échelle) et leurs effets sur les apprentissages des élèves ont inspiré grandement nos recherches sur la formation et ses effets sur les pratiques, il nous reste encore à confirmer l'impact de ces formations sur les apprentissages des élèves des enseignant.e.s formé.e.s, ce qui, par la même occasion, viendra enrichir encore nos outils pour la formation.

Conclusion : limites et nouvelles questions

A.	Des limites : qui trop embrasse mal étreint ?!	117
B.	Nouvelles questions et perspectives de recherche, pour affiner ou élargir encore un peu plus nos études	118
1)	Analyser les effets de certaines pratiques sur les apprentissages des élèves	118
2)	Élargir l'analyse des pratiques d'évaluation	119
3)	Analyser les effets de certains choix de formation sur les pratiques, à moyen terme	120

A. Des limites : qui trop embrasse mal étreint ?!

L'ambition de cette synthèse était de montrer comme la suite de mon travail m'avait permis de prolonger le travail de ma thèse en évoquant chacune de ses limites, pour essayer de les investiguer et de pousser plus loin ou de façon plus large les analyses des pratiques et de leurs effets sur les apprentissages. Il reste cependant des limites, que je vais tenter de lister ici.

Une **première limite** est liée à nos choix d'indicateurs pour analyser les pratiques et les apprentissages, et, en creux, ceux que nous décidons de ne pas retenir, sans pour autant nier leur rôle dans les phénomènes que nous cherchons à analyser.

En ce qui concerne l'analyse des effets des pratiques sur les apprentissages des élèves, nous heurtons toujours au fait d'avoir choisi de ne prendre en compte que des indicateurs liés aux contenus et déroulements pour analyser, dans les pratiques, ce qui peut influencer les activités mathématiques des élèves. Mais nous savons que d'autres facteurs entrent en jeu – sociaux, psychologiques, affectifs – et que nos outils ne nous permettent pas de les prendre en compte. Or, en nous penchant en particulier sur la question de l'évaluation, nous pouvons penser que le rapport des élèves à l'évaluation, en particulier sommative, a probablement un impact sur leur façon de travailler et d'apprendre (selon qu'ils ou elles cherchent la réussite au contrôle, ou plus largement la compréhension des mathématiques en jeu, au-delà de celles qui seront évaluées). Ainsi, est-ce qu'une pratique d'évaluation différente, plus bienveillante, plus explicite, plus adaptée à chaque élève, peut changer leur regard sur les mathématiques, et leur façon de travailler et d'apprendre ? De même, nous savons qu'une partie des activités mathématiques des élèves se situe en dehors de la classe, réalisées lors du travail à la maison donc en dehors de nos observations en classe, et échappe à nos analyses, alors que ce travail participe aussi aux apprentissages des élèves.

De la même façon, nos analyses de pratiques enseignantes et de leurs évolutions en lien avec les formations reçues sont limitées par les facteurs que nous choisissons de ne pas prendre en compte, faute d'y avoir accès, alors que dans certains cas (le rapport aux mathématiques chez les enseignant.e.s du 1^{er} degré en formation initiale, les formations suivies par les enseignant.e.s du 2nd degré en dehors de celle dont nous analysons les effets) nous semblent avoir un impact sur leurs choix pour enseigner, et être autant de leviers pour la formation.

Une **seconde limite** découle des difficultés inhérentes au recueil de données dans les études élargies que nous avons tenté de mener ici.

Les études sur le temps long ou avec de grands effectifs d'enseignant.e.s ou d'élèves nécessitent en effet une gestion particulière des données : stockage et classement de données nombreuses et volumineuses, de nature parfois différentes (vidéos, documents pour la classe, photos de copies d'élèves, échanges par mail ou lors des réunions de travail, interventions sur des documents partagés en ligne, réponses à des entretiens ou à des questionnaires...), et traitement statistique expert. Ces difficultés occasionnent souvent des « trous » dans nos recueils, qui peuvent donner lieu à des interprétations erronées des choix des enseignant.e.s ou à une analyse faussée de leurs effets sur les élèves.

De plus, l'utilisation des questionnaires, auxquels nous avons eu recours pour ces études élargies sur les pratiques, nécessite une grande prudence. Les réponses aux questions que nous posons dans ces questionnaires doivent pouvoir être interprétées par les chercheur.e.s sans ambiguïté, et pour cela, viser de manière isolée certains éléments des pratiques. Or, le nombre total de questions étant généralement limité, pour ne pas surcharger les enseignant.e.s qui

accepteraient d'y répondre, cela implique de faire des choix dans ce que nous serons, ou non, en mesure de questionner. Cela met d'autant plus l'accent sur la nécessité de se doter d'indicateurs pertinents, pour lesquels nous avons des hypothèses fortes, voire des résultats, sur leurs liens avec les apprentissages des élèves.

Une **troisième et dernière limite** concerne la posture même du ou de la chercheur.e dans les dispositifs de formation analysés. En effet, dans ces formations ou groupes de travail collaboratifs, les chercheur.e.s jouent aussi le rôle de formateur/trice, participant potentiellement à l'évolution qu'ils ou elles cherchent à analyser. Cela peut amener des tensions fortes, des contradictions entre les objectifs poursuivis, par exemple lorsque les chercheur.e.s se retrouvent en position de ne pas donner aux enseignant.e.s une réponse qu'ils ou elles attendent, pour ne pas prendre le risque de trop modifier les pratiques ordinaires dont ils ou elles cherchent à faire un état des lieux³⁰. Comment alors mener une recherche sur un dispositif tout en étant acteur/trice de ce dispositif ? Faire un pas de côté, et renoncer à participer à la dynamique de collaboration est une posture possible, mais pas toujours facile à tenir.

Cette limite est à rapprocher de choix à faire en formation dans les postures de formatrice-chercheuse ou de chercheur-formateur, quant à l'usage qu'il ou elle peut faire de ses recherches pour la formation : dans quelle mesure nos résultats de recherche peuvent-ils soutenir d'éventuelles prescriptions ? En dévoilant quelles parts des recherches menées à bien pour les obtenir – et des limites de celles-ci ?

B. Nouvelles questions et perspectives de recherche, pour affiner ou élargir encore un peu plus nos études

Mes projets de recherche se déclinent en trois axes, qui reprennent les trois pôles mis en avant dans cette synthèse : les apprentissages, les pratiques et la formation, avec une place dans chacun de ces axes pour la question de l'évaluation.

1) *Analyser les effets de certaines pratiques sur les apprentissages des élèves*

Une première perspective de recherche sur les liens entre pratiques d'enseignement et apprentissages des élèves en mathématiques dans le secondaire concerne l'exploitation des résultats de l'enquête PRAESCO. Avec le concours de la DEPP, il est prévu de mettre en relation – sans aller cependant jusqu'à relier directement les réponses des enseignant.e.s à l'enquête et le niveau de leurs élèves – les catégories de pratiques (clusters) avec les performances algébriques des élèves, à l'aide du test Pépite. Une comparaison avec les résultats de l'enquête PRAESCO dans l'enseignement primaire est aussi en cours.

Dans une perspective plus théorique, à la suite de nos développements sur la gestion des *proximités* ou des mises en commun, il nous est apparu que la question de la relation entre une ZPD individuelle de chaque élève et ce que l'on pourrait appeler une "ZPD de classe" restait à creuser. Dans notre travail actuel, nos observables pour étudier les activités des élèves sont principalement fondés sur ce qui se passe et ce qui peut être vu ou entendu (par l'enseignant.e ou le/la chercheur.e) dans la classe, et rarement sur ce qui se passe pour les élèves individuel.le.s

³⁰ Mais tout en sachant aussi qu'on ne modifie pas si rapidement les pratiques, et que les chercheur.e.s ne possèdent pas les réponses à toutes les questions posées par les enseignant.e.s, contrairement à ce que semblaient croire les enseignant.e.s du LéA au début de la collaboration, et qu'ils ont exprimé au bout d'une année, en disant leur frustration face au silence des chercheur.e.s.

ou les sous-groupes. Les *proximités* discursives de l'enseignant.e peuvent alors être considérées comme un moyen de faire évoluer les élèves vers de nouvelles connaissances conceptuelles, mais le processus se réfère à la classe en tant qu'entité, sans déterminer comment recomposer la somme de toutes les ZPD des élèves, si tant est qu'on puisse le faire, d'autant que le système considéré est dynamique et change constamment. On peut en effet penser que l'activité mathématique de certain.e.s élèves, plus à l'aise, ainsi que l'activité de l'enseignant.e et ses commentaires sur cette activité, peuvent déclencher un développement de la ZPD des autres élèves, puis de leurs connaissances. Cette question appelle clairement des recherches supplémentaires. Le concept de ZPD reste-t-il pertinent pour analyser ce qui pourrait être considéré comme l'échafaudage par l'enseignant d'une conceptualisation de la classe ? La notion de « *whole class scaffolding* » (Smit & al. 2013) nous incite à poursuivre une telle extension.

Une troisième piste de réflexion, concerne les effets des pratiques d'évaluation, et en particulier questionne les effets d'une plus grande association des élèves aux processus d'évaluation. Comment mesurer ces effets sur les apprentissages des élèves indépendamment des effets du reste des choix de l'enseignant.e pour sa classe ? Est-ce que cela concerne tou.te.s les élèves, ou seulement ceux ou celles dont le niveau est déjà suffisamment bon en mathématiques pour pouvoir en profiter ?

Pour investiguer ces questions, il serait peut-être intéressant de se pencher, non pas sur les apprentissages mathématiques des élèves directement, mais sur d'autres dimensions de leur travail : sont-ils et elles en mesure de mieux comprendre ce qu'on attend dans l'évaluation, et ce qu'ils et elles doivent faire pour s'y préparer³¹ ? Une étude des effets de dispositifs particuliers d'évaluation sur les apprentissages de tou.te.s ou de certain.e.s élèves et leur façon de travailler, permettrait de mieux cerner les effets possibles des choix d'évaluation, dans le 1^{er} ou le 2nd degré, et d'être plus armé.e.s pour outiller ensuite les enseignant.e.s sur ces points dès la formation initiale.

2) *Élargir l'analyse des pratiques d'évaluation*

Sur cet axe, mes pistes de recherche concernent principalement l'approfondissement et l'élargissement de l'étude des pratiques d'évaluation.

Une enquête auprès des étudiant.e.s stagiaires dans le 1^{er} degré et le 2nd degré professionnel en formation initiale est en cours (voir chapitre 3), et devrait permettre de faire un état des lieux et une comparaison de leurs représentations et pratiques déclarées sur l'évaluation, et de leurs évolutions ces 8 dernières années.

Une autre piste de recherche concerne l'évaluation à d'autres niveaux scolaires, ou dans d'autres disciplines.

Au lycée ou à l'université, l'évaluation nous semble jouer un rôle principalement certificatif dans les pratiques, et on peut questionner ici aussi les représentations des enseignant.e.s sur l'évaluation, et la place qu'ils et elles donnent au formatif. Quel appui prennent-ils et elles sur ce que les étudiant.e.s font ou savent, pour les aider à progresser ? Est-il encore possible à ces niveaux de la scolarité d'essayer d'apprécier la ZPD des étudiant.e.s pour s'en approcher, compte tenu des contraintes (effectifs, contenus) ? Quels moyens alors sont mis en œuvre pour permettre la réussite du plus grand nombre ? Une enquête sur les pratiques des enseignant.e.s du supérieur en ce qui concerne l'évaluation, pas uniquement

³¹ Cela rejoint des constats faits par Sirejacob avec d'autres outils dans sa thèse (2017), sur la capacité des bons élèves à lister les types de tâches mathématiques mobilisant les notions visées, constitutifs du chapitre et de l'évaluation en sanctionnant la fin.

certificative, et sur leur rapport à l'évaluation, permettrait de mieux comprendre comment se jouent ces processus, et d'envisager des leviers possibles, à travers l'évaluation, pour faire évoluer les pratiques à l'Université.

D'autre part, une confrontation à des pratiques d'évaluation dans d'autres disciplines scolaires, pour un.e même enseignant.e enseignant.e dans l'enseignement primaire, ou pour des enseignant.e.s de différentes disciplines dans le secondaire (EPS, disciplines artistiques) permettrait de mettre en lumière des points communs et différences et de questionner les pratiques pour l'évaluation en mathématiques. Une telle comparaison est en cours sur l'évaluation en mathématiques et en français au cycle 2 dans le projet EVADIVA³².

Une dernière perspective de recherche sur cet axe sera de questionner les effets de l'enseignement à distance sur les pratiques d'évaluation des enseignant.e.s du secondaire. Les récents confinements ont obligés les enseignant.e.s à dispenser leurs cours à distance, mettant principalement en lumière leurs difficultés à prendre de l'information sur l'activité mathématiques des élèves, pour l'exploiter et se situer au plus près de leurs besoins, probablement accrus pendant cette période difficile. Nous faisons alors l'hypothèse que cette mise à distance a peut-être occasionné une prise de conscience des enseignant.e.s sur leurs pratiques pour prendre appui sur les élèves, alors que cet appui était mis à mal par la situation, et que cette prise de conscience pourrait servir de levier pour le développement professionnel. Nous menons actuellement au sein du groupe IREM CORFEM Ile de France une enquête sur les pratiques d'enseignement à distance et lors du retour en classe, dans laquelle nous questionnons les enseignant.e.s sur ce qu'ils ou elles ont modifié dans leurs pratiques (tâches, exposition des connaissances, déroulement, évaluation, rôle donné aux élèves), pendant l'enseignement à distance, et éventuellement gardé ensuite lors du retour en classe. Nous les interrogeons aussi sur ce qui a été source de difficulté pour elles et eux, ainsi que pour leurs élèves dans l'enseignement à distance, et relient leurs réponses avec leur profil et leurs conditions de travail pendant le confinement.

3) Analyser les effets de certains choix de formation sur les pratiques, à moyen terme

Deux pistes de recherche méritent selon moi d'être poursuivies, sur les questions relatives à la formation des enseignant.e.s.

Nous souhaitons en particulier continuer à approfondir nos études sur les effets de la formation des enseignant.e.s à et par la recherche. En formation initiale, nous avons eu du mal ces dernières années à apprécier ces effets, faute d'avoir pu suivre nos ancien.ne.s étudiant.e.s sur un temps plus long. Il serait souhaitable pourtant de recueillir leurs pratiques après quelques années d'exercice, une fois les difficultés liées à l'entrée dans le métier en partie dépassées. Cela pourrait être rendu possible en particulier en impliquant nos ancien.ne.s étudiant.e.s dans les recherches menées dans les mémoires de nos étudiant.e.s actuel.le.s, leur fournissant ainsi un terrain d'expérimentation.

En formation continue, l'analyse des pratiques d'enseignant.e.s participant depuis quelques temps à des groupes de travail collaboratif (LéA, IREM) nous semble être un point d'appui pour penser la formation des enseignant.e.s et la construction de ressources qui puissent mettre en lumière certains points généralement restés dans l'ombre, et qui ne rendent pas toujours facile l'appropriation et la mise en œuvre de ces ressources par des enseignant.e.s extérieur.e.s

³² Évaluations didactiques et validité en mathématiques et lecture au cycle 2.

au groupe de travail. Nous souhaiterions donc poursuivre nos analyses de pratiques « éclairées » par le travail collaboratif lors de déroulement en classe, portant sur des situations émanant de ces groupes, et expliciter les enrichissements que ces analyses permettent selon nous d'apporter aux ressources co-construites, et tester leur viabilité dans d'autres classes. Un mémoire de master de recherche en didactique des mathématiques est en cours (Aurélie Roux, co-encadré avec Anne-Cécile Mathé), qui devrait donner lieu à une thèse investiguant ces questions, à la transition école-collège.

Enfin, l'entrée par l'évaluation (comme prise d'information, interprétation et exploitation) reste selon moi un levier pour la formation à différents niveaux, non encore totalement exploité dans ces recherches. Je souhaite donc continuer à interroger les potentialités de cette entrée par l'évaluation pour la formation continue des enseignant.e.s, dans le 1^{er} et le 2nd degré : c'est l'objet de la thèse en cours de Dorian Cotron, que je dirige, et qui teste les effets d'un dispositif de formation à l'évaluation (vue comme prise d'information, interprétation et exploitation des activités mathématiques des élèves), sur les composantes cognitive et médiative des pratiques d'enseignant.e.s du 1^{er} et du 2nd degré en géométrie.

D'autre part, il me semble que ces questionnements mériteraient d'être prolongés à l'étude de formations de formateurs/trices d'enseignant.e.s, afin de voir des effets d'une entrée par l'évaluation sur les outils que les formateurs/trices se donnent par la suite pour observer et former les enseignant.e.s.

Bibliographie

A. Bibliographie personnelle

- Allard, C., Horoks, J., Pilet, J. (à paraître). Principes de travail collaboratif entre chercheur.e.s et enseignant.e.s : le cas du LéA RMG, Éducation et Didactique
- Allard, C., Asius, L., Horoks, J. & Robert, A. (2019). Courtes vidéos de cours (capsules) : une ressource pour la classe inversée, avantages et inconvénients. Point de vue d'enseignants et de didacticiennes. In M. Abboud (Ed.), Actes du Colloque EMF 2018 (p. 649-657). Paris : IREM de Paris.
- Artigue, M., Grugeon-Allys, B., Horoks, J. & Pilet, J. (2021). Identifying the Lexicon of French Middle-School Mathematics Teachers: The French Case, in Mesiti, C., Artigue, M., Hollingsworth, H., Cao, Y., & Clarke, D. (Eds.), Teachers talking about their classrooms: Learning from the professional lexicons of mathematics teachers around the world. Routledge.
- Artigue, M., Chevalarias, Debertonne-Dassule, F., Grugeon-Allys, B., Horoks, J. & Pilet, J. (2021). French Lexicon, in Mesiti, C., Artigue, M., Hollingsworth, H., Cao, Y., & Clarke, D. (Eds.), Teachers talking about their classrooms: Learning from the professional lexicons of mathematics teachers around the world. Routledge.
- Artigue, M., Chevalarias, T., Debertonne-Dassule, F., Grugeon-Allys, B., Horoks, J., & Pilet, J. (2019). Approcher la diversité culturelle dans l'enseignement des mathématiques à travers le filtre du langage professionnel des enseignants. In M. Abboud (Ed.), Actes du Colloque EMF 2018 (p.860-868). Paris : IREM de Paris.
- Artigue, M., Novotná, J., Grugeon-Allys, B., Horoks, J., Hospesová, A., Morasová, H., et al. (2017). Comparing the professional lexicons of Czech and French mathematics teachers, dans Proceedings of PME 41, Vol. 2, Singapour, p. 113-120.
- Bordenave, L., Daurès, P.-L., de Hosson, C., Decamp, N., Hache, C. & Horoks, J. (2018) Communicating science through the Comics & Science Workshops: the Sarabandes research project. Journal of Science Communication.
- Bridoux, S., Grenier-Boley, N., Hache, C., Horoks, J., Robert, A. & Vandebrouck, F. (2021). TD, Actes de la 20ème École d'Été de Didactique des Mathématiques organisée par l'ARDM, Autrans, octobre 2019, 271-292.
- Chesnais, A., Grenier-Boley, N., Horoks, J., & Robert, A. (2015) Caractérisation didactique de l'évolution des contenus à enseigner lors des transitions - deux exemples d'une même notion abordée avant et après une transition (symétrie et fonction), In L. Theis, Actes EMF2015, Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage, Alger, Algérie, 10 au 14 octobre 2015, SPE3, 970-981
- Chesnais A., Dumail A., Horoks J., Pariès M., Robert A. (2010). De la circulation des savoirs mathématiques dans la classe aux activités des élèves et à leurs productions en contrôle : questionner les relations, questionner les différences, In L. Coulange et C. Hache (Eds.), Actes du séminaire national de didactique des mathématiques (p. 267-302). Paris : IREM de Paris Diderot
- Chesnais, A., & Horoks, J. (2009). Analyse et comparaison de pratiques effectives d'enseignants et conséquences en termes d'apprentissages. Espace Mathématique Francophone : Pratiques D'enseignants Dans Les Classes Et Apprentissage Mathématique Des Elèves (p 245-258).
- Coles, A., Horoks, J., & Chesnais, A. (2018). Theory and the role of the mathematics teacher. In Annales de Didactique et de Sciences Cognitives, vol special English-French, 119-144.

- Coppé, S., Grugeon-Allys, B., Horoks, J., Pilet, J., Solnon, A., Raffaëlli, C., & Charpentier, A. (2021). Premiers résultats de l'enquête sur les pratiques d'enseignement des mathématiques, Praesco en classe de troisième en 2019.
- Grugeon-Allys, B. & Horoks, J. (2014). Potential effects of an initiation to research on the professional development of teachers. short oral communications, in PME38 – 38th Conference of the International Group for Psychology of the Mathematics Education, Vancouver, Canada, July 15-20 2014
- Grugeon-Allys, B. & Horoks, J. (2014). étude des effets d'une formation d'initiation à la recherche sur la dynamique du développement des pratiques de futurs professeurs en début de carrière, communication in 42ème colloque COPIRELEM – Quelles ressources pour enrichir les pratiques et améliorer les apprentissages mathématiques à l'école primaire, Mont de Marsan, 18-20 juin 2014
- Hache C., Horoks J., Robert A. et Roditi E. (2005) : « Les analyses de vidéo : outils de recherche et moyens de formation pour les enseignants du second degré en mathématiques », Actes du 5ème Colloque International, Recherche (s) et Formation « Former des enseignants-professionnels, savoirs et compétences », Nantes, CDRom.
- Hache, C., Horoks, J., Penninckx, J. & Robert, A. (2020). Des recherches en didactique des mathématiques à l'écriture de manuels dans le secondaire : compromis ou compromissions ? Petit x, 110-111, 57-84, Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques (Grenoble).
- Horoks, J., Chesnais, A. (2019). Des outils pour analyser la transition collège-lycée en mathématiques. In M. Abboud (Ed.), Actes du Colloque EMF 2018 (p. 1500-1506). Paris : IREM de Paris.
- Horoks, J. & Pilet, J., (2017). Analyser les pratiques d'évaluation des enseignants dans un dispositif collaboratif entre enseignants et chercheurs, In Actes du 29ème colloque international de l'Association pour le Développement des Méthodologies d'Évaluation en Éducation, L'évaluation levier pour l'enseignement et la formation, Dijon, 25-27 janvier 2017, T3, 42-43
- Horoks, J., & Pilet, J. (2016a). Formative assessment in teacher's practice. In 13th International Congress on Mathematical Education, TSG40, Hamburg, 24-31 July 2016
- Horoks, J., & Pilet, J. (2016b). Analyser les pratiques d'évaluation des enseignants de mathématiques. In Y. Matheron & G. Gueudet (Eds.), Enjeux et débats en didactique des mathématiques. Actes de la 18ème Ecole d'été des mathématiques, Brest, août 2015 (p. 623-636). Grenoble : La pensée Sauvage.
- Horoks, J. & Grugeon – Allys, B. (2015). Training teachers through research. TWG 18 in CERME9 – 9th Congress of European Research on Mathematics Education, Prague, Czech Republic, February 4-8 2015
- Horoks, J., Grugeon-Allys, B., Pézard-Charles, M. (2015) Former des enseignants par la recherche : quels outils pour analyser les effets potentiels sur les pratiques ?, In L. Theis, Actes EMF2015, Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage, Alger, Algérie, 10 au 14 octobre 2015, GT2, 173-184
- Horoks, J., Pilet, J. (2015) Etudier et faire évoluer les pratiques d'évaluation des enseignants de mathématiques en algèbre au collège dans le cadre d'un Léa, In L. Theis, Actes EMF2015, Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage, Alger, Algérie, 10 au 14 octobre 2015, GT9, 491-501
- Horoks, J., Pilet J., Haspekian, M. (2015). Quelles pratiques d'évaluation en algèbre au collège ? atelier in XXIIe colloque de la CORFEM, Nîmes, 11-12 juin 2015, http://www.univ-irem.fr/exemple/corfem/Actes_2015_01.pdf
- Horoks, J. (2013). Teaching practices and student learning: a case study. In Vandebrouck F., Mathematics classrooms. Students' activities and teachers' practices (pp. 135-149). Rotterdam: Sense Publishers.
- Horoks, J. (2012). Analysing tasks to describe teachers' practices and link them to pupils' learning in mathematics, TSG31 in ICME12 – The 12th International Congress on Mathematical Education, Seoul, North Korea, July 8-15 2015

- Horoks J. (2008). Pratiques enseignantes et apprentissage des élèves : une étude de cas in Vandebrouck F., La classe de mathématiques: activités des élèves et pratiques des enseignants, France : Octarès, 162-180
- Horoks, J., (2008). Les triangles semblables en classe de Seconde : des enseignements aux apprentissages, In G. Gueudet et Y. Matheron, Actes du séminaire national de didactique des mathématiques (p. 159-182). Paris : IREM de Paris Diderot
- Horoks, J., & Robert, A. (2007). Tasks designed to highlight task-activity relationships. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 10(4-6), 279-287. ^[17]_[SEP]
- de Hosson, C., Bordenave, L., Daures, P.-L., Décamp, N., Hache, C., Horoks, J. & Kermen, I. « Quand l'élève devient auteur.e : analyse didactique d'ateliers BD-sciences », Tréma [En ligne], 51 | 2019, mis en ligne le 01 mars 2019, consulté le 03 octobre 2019. URL : <http://journals.openedition.org/trema/4895> ; DOI : 10.4000/trema.4895
- De Hosson, C., Bordenave, L., Daurès, P.-L., Décamp, N., Hache, C., Horoks, J. & Kermen, I. (2019). Quand l'élève devient auteur.e: analyse didactique d'ateliers BD-sciences ; in Colloque 515 "le récit et ses multiples usages" - ACFAS 2019, Gatineau, 27-28 mai 2019.
- Pilet, J., Allard, C. & Horoks, J. (2019). Une entrée par l'évaluation des apprentissages pour analyser les interactions entre l'enseignant et les élèves dans les moments de mise en commun, *Éducation et Francophonie*, XLVII(3), 121-139.
- Pilet, J., Horoks, J. (2019). Effets potentiels d'une évolution des pratiques enseignantes d'évaluation sur les apprentissages algébriques des élèves au collège. In M. Abboud (Ed.), Actes du Colloque EMF 2018 (p. 1030-1038). Paris : IREM de Paris. .
- Pilet, J., & Horoks, J. (2015). Une recherche en cours sur les pratiques enseignantes d'évaluation des apprentissages des collégiens en algèbre. In A.-C. Mathé & E. Mounier (Eds.), Actes du séminaire national de didactique des mathématiques (p. 89-98). Paris : IREM de Paris Diderot
- Sayac, N., & Horoks, J. (2012). Les pratiques des formateurs de mathématiques en IUFM dans le premier degré, In M. Haspekian et J. Horoks (Eds.), Exemples de recherches en didactique des mathématiques sur la formation des enseignants, Cahier du LDAR, n°1, 33-41.

B. Bibliographie complémentaire

- Abboud, M., Robert, A., Rogalski, J. et Vandebrouck, F. (2017). Pour une théorie de l'activité en didactique des mathématiques. Un résumé des fondements partagés des développements récents et des perspectives, *Cahiers du Laboratoire de Didactique André Revuz*, (18). Paris : IREM de Paris.
- Allal, L., & Lopez, L. M. (2005). Formative assessment of learning: A review of publications in French. *Formative assessment: Improving learning in secondary classrooms*, 241-264.
- Allal, L. K., & Mottier Lopez, L. (2007). *Régulation des apprentissages en situation scolaire et en formation*. De Boeck.
- Allard, C. (2015). *Étude du processus d'Institutionnalisation dans les pratiques de fin d'école primaire: le cas de l'enseignement des fractions* (thèse de doctorat, Université de Paris VII).
- Allard, C. Butlen, D., Masselot, P. (2018). Dispositif d'accompagnement en mathématiques des enseignants d'un réseau en rep plus : présentation et première analyse *Actes du 44^{ème} colloque de la COPIRELEM, Manipuler, représenter, communiquer : quelle est la place de la sémiotique dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques Juin 2017*.
- Altet, M. (2004). L'intégration des savoirs de sciences de l'éducation dans l'expertise enseignante : représentations et rapports aux savoirs professionnels des enseignants dans « Entre sens commun et sciences humaines » de Lessard C., Altet M., Paquay L., Perrenoud P. *Ed De Boeck*

- Ash, D., & Levitt, K. (2003). Working within the zone of proximal development: Formative assessment as professional development. *Journal of Science Teacher Education*, 14(1), 23-48.
- Ball, D. L., Hill, H.C., & Bass, H. (2005). « *Knowing mathematics for teaching: Who knows mathematics well enough to teach third grade, and how can we decide* »? *American Educator*.
- Barrier, T., Hache, C., Mathé, A. C., & Montigny, S. (2013). Décrire l'activité géométrique des élèves: instrument–regard–langage. In *Actes du 40ème colloque COPIRELEM*.
- Barry, S. et Saboya, M. (2015). Un éclairage sur l'étape de co-situation de la recherche collaborative à travers une analyse comparative de deux études en didactique des mathématiques. *Recherches qualitatives*, 34(1), 49-73.
- Barry, S., Saboya, M., Corriveau, C., Bednarz, N., & Maheux, J. F. (2018). Défis et enjeux de la démarche de recherche collaborative en didactique des mathématiques. *Dans Actes de la 16ième école d'été de didactique des mathématiques*, 444-482.
- Baurens, M., & Schreiber, C. (2010). Comment troubler les jeunes enseignant·e·s sur la question du genre à l'école ? Analyse d'une expérience de six ans de formation en IUFM. *Nouvelles questions féministes*, 29(2), 72-87.
- Baxter, J. A., & Williams, S. (2010). Social and analytic scaffolding in middle school mathematics: Managing the dilemma of telling. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 13(1), 7-26.
- Bednarz, N., Rinaudo, J.-L. et Roditi, É. (2015). La recherche collaborative. *Carrefours de l'éducation*, 39 (1), 171-184.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: principles, policy & practice*, 5(1), 7-74.
- Bodin, A. (1997). L'évaluation du savoir mathématique. Questions et méthodes. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 17(1), 49-96. <https://revue-rdm.com/1997/l-evaluation-du-savoir/>
- Bosch, M. et Gascón, J. (2005). La praxéologie comme unité d'analyse des processus didactiques. Dans Mercier A. & Margolinas C. (Eds) *Balises pour la didactique des mathématiques* (p. 197-122). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Bridoux, S., Grenier-Boley, N., Hache, C., & Robert, A. (2016). Les moments d'exposition des connaissances, analyses et exemples. In *Annales de didactique et de sciences cognitives*.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.
- Butlen, D., Peltier-Barbier, M. L., & Pézard, M. (2002). Nommés en REP, comment font-ils ? Pratiques de professeurs d'école nseignant les mathématiques en REP: contradiction et cohérence. *Revue française de pédagogie*, 41-52.
- Butlen, D. et Charles-Pézard, M. (2003). Étapes intermédiaires dans le processus de conceptualisation en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 23(1), 41-78.
- Butlen, D., Charles-Pézard, M., & Masselot, P. (2011). Deux dimensions de l'activité du professeur exerçant dans des classes de milieux défavorisés: installer la paix scolaire, exercer une vigilance didactique. In *Colloque international INRP, 16, 17 et 18 mars 2011. Le travail enseignant au XXIe siècle Perspectives croisées: didactiques et didactique professionnelle*.
- Butlen, D. et Masselot, P. (2018). De la recherche à la formation : enrichir les pratiques des enseignants pour favoriser les apprentissages des élèves en mathématiques. In *Recherche et Formation*, n. 87.
- Chappet-Pariès M., Robert A., Rogalski J. (2008). Analyses de séances en classe et stabilité des pratiques d'enseignants de mathématiques expérimentés du second degré. *Educational studies of mathematics* 68 55-80.
- Chappet-Pariès M., Robert A. (2011). Séances de formation d'enseignants de mathématiques (collège et lycée) utilisant des vidéos, *Petit x*, 86, 45-77.

- Chesnais A (2009). *L'enseignement de la symétrie axiale en sixième dans des contextes différents : les pratiques de deux enseignants et les activités des élèves*, Thèse de doctorat, Université Paris 7-Diderot, Paris.
- Chenevotot-Quentin, F., Grugeon-Allys, B., & Delozanne, É. (2008). Diagnostic cognitif en algèbre élémentaire à différents niveaux de la scolarité. In *Actes du colloque DIDIREM* (Vol. 4).
- Chevallard, Y. (2007). Éducation & didactique: une tension essentielle. *Éducation et didactique*, (1-1), 9-28.
- Chevallard, Y. (2013). Éléments de théorie anthropologique du didactique (TAD) Une initiation à la didactique fondamentale. *Université d'Aix-Marseille-Département des Sciences de l'éducation, Journée Didactique en MR2*.
- Clivaz, S. (2015). Les Lesson Study ? Kesako ? *Revue de Mathématiques pour l'école (RMé) (ex- Math-Ecole)*, 224, 23-26. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/670>
- Coppé, S. & Grugeon-Allys, B. (2015). Étude multidimensionnelle de l'impact des travaux de recherche en didactique dans l'enseignement de l'algèbre élémentaire : quelles évolutions? Quelles contraintes? Quelles perspectives?. Dans D. Butlen (dir.), *Rôles et places de la didactique et des didactiques des mathématiques dans la société et dans le système éducatif*, (p. 41-72). Grenoble : La pensée sauvage.
- Coppé, S., Grugeon-Allys, B., & Pilet, J. (2016). Conditions pour diffuser des situations issues de la recherche en didactique des mathématiques: L'exemple du carré bordé. *Petit x*, 102, 57-80.
- Couchot-Schiex, S., Cogérino, G., & Coltice, M. (2009). Professeurs stagiaires en EPS face à l'enseignement en mixité. *Carrefours de l'éducation*, (1), 169-182.
- Couchot-Schiex, S. (2018). Stéréotypes et représentations dans les pratiques enseignantes et culturelles en milieu scolaire (suite du numéro 1). Introduction au numéro. *Revue GEF (Genre Éducation Formation)*.
- De Ketele, J. M., Gerard, F. M., & Roegiers, X. (1997). L'évaluation et l'observation scolaire: deux démarches complémentaires. *Éducatives-Revue de diffusion des savoirs en éducation*, 12, 33-37.
- DeBlois, L. (2006). Alternier entre différentes postures épistémologiques pour complexifier les conceptions de l'enseignement des mathématiques. *Présenté à Espace Mathématique Francophone, Sherbrooke, Québec, Canada*.
- Deblois, L. & Squalli, H. (1997). « l'analyse des erreurs des élèves en mathématiques par des étudiantes et des étudiants en formation initiale à l'enseignement » La formation initiale, entre continuité et ruptures, *Presses de l'Université de Laval, Québec*, p 125 - 143
- Deblois, L. & Squalli, H. (2002). "Implication de l'analyse de production d'élèves dans la formation des maitres" *Educational Studies in Mathematics* 50, p 212- 237
- Douady R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 7/2 5 – 31.
- Dumail A. (2007). La racine carrée en troisième, des enseignements aux apprentissages. Mémoire de Master 2. *Cahier de Didirem*, 57, IREM-Université Paris 7.
- Gaudin, C., & Chaliès, S. (2012). *L'utilisation de la vidéo dans la formation professionnelle des enseignants novices* (No. 178, pp. 115-130). ENS Éditions.
- Goigoux, R. (2017). Associer chercheurs et praticiens à la conception d'outils didactiques ou de dispositifs innovants pour améliorer l'enseignement. *Éducation et didactique*, 11.3, 135-142.
- Grugeon-Allys, B. (2010). Evolution des pratiques des professeurs débutants de mathématiques pendant les premières années d'exercice. R. Goigoux, L. Ria & M.-C. Toczec-Capelle (éds.), *Les parcours de formation des enseignants débutants. Clermont-Ferrand: Presses universitaires Blaise Pascal*.
- Grugeon-Allys B., Pilet J., Chenevotot-Quentin F., Delozanne E. (2012). Diagnostic et parcours différenciés d'enseignement en algèbre élémentaire. In Coulange, L., Drouhard, J.-P., Dorier, J.-L.,

- Robert, A. (Eds.) *Recherches en Didactique des Mathématiques, Numéro spécial hors-série, Enseignement de l'algèbre élémentaire : bilan et perspectives* (137-162). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Grugeon-Allys, B. (2016). Modéliser le profil diagnostique des élèves dans un domaine mathématique et l'exploiter pour gérer l'hétérogénéité des apprentissages en classe: une approche didactique multidimensionnelle. *e-JIREF*, 2(2), 63-88.
- Hache, C. (2001). L'univers mathématique proposé par le professeur en classe. Observation, description, organisation. *Recherches en didactique des mathématiques*.
- Houdement, C., & Kuzniak, A. (1996). Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 16(3), 289-322.
- Jorro, A., & Mercier-Brunel, Y. (2011). Les gestes évaluatifs de l'enseignant dans une tâche de correction collective. *Mesure et évaluation en éducation*, 34(3), 27-50.
- Jorro, A., & Crocé-Spinelli, H. (2010). Le développement de gestes professionnels en classe de français. Le cas de situations de lecture interprétative. *Pratiques. Linguistique, littérature, didactique*, (145-146), 125-140.
- Hadji, C. (1989). Eléments pour un modèle de l'articulation formation/évaluation. *Revue française de pédagogie*, 49-59.
- Kieran, C., Pang, J., Schifter, D., & Ng, S. F. (2016). *Early algebra: Research into its nature, its learning, its teaching*. Springer Nature.
- Lamamra, N., & Posse, M. (2013). Des enseignant-es sous tension : entre principe d'égalité et système de genre. Expérience d'un enseignement sur le genre à la HEP Lausanne. *Nouvelles questions féministes*, 16, 63-76.
- Leontiev, A.N. (1972/1978). *Activity, Consciousness and Personality*. Prentice Hall.
- Leplat J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail*. Paris : Presse Universitaire de France.
- Lobato, J., Clarke, D., & Ellis, A. B. (2005). Initiating and eliciting in teaching: A reformulation of telling. *Journal for research in mathematics education*, 36(2), 101-136.
- Mason, J., & Pimm, D. (1984). Generic examples: Seeing the general in the particular. *Educational studies in mathematics*, 15(3), 277-289
- Masselot P., Robert A. (2007). Le rôle des organisateurs dans nos analyses didactiques de professeurs enseignant les mathématiques. *Recherche et formation*, 56, 15-32.
- Margolinas, C., & Laparra, M. (2008). Quand la dévolution prend le pas sur l'institutionnalisation. In *Actes du colloque Les didactiques et leur rapport à l'enseignement et à la formation*, Bordeaux.
- Merle, P. (2015). *Les notes. Secrets de fabrication*. Presses universitaires de France.
- Morrisette, J. (2011). Ouvrir la boîte noire de l'entretien de groupe. *Recherches qualitatives*, 29(3), 7-32.
- Pariès, M., Robert, A., Rogalski, J. (2008). Analyses de séances en classe et stabilité des pratiques d'enseignants de mathématiques expérimentés du second degré. *Educational studies in mathematics*, 68(1), 55-80.
- Peltier-Barbier, M. L., Butlen, D., Masselot, P., Ngonu, B., Pezard, M., Robert, A., & Vergnès, D. (2004). *Dur d'enseigner en ZEP*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Perrin-Glorian, M.J. (2019). A l'interface entre recherche et enseignement, les ingénieries didactiques. Actes du congrès: la TACD en question, questions à la didactique. *Rennes : CREAD*.
- Pilet, J. (2015). Réguler l'enseignement en algèbre élémentaire par des parcours d'enseignement différencié. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 35(3), 273-312.

- Recrosio, F. F., Storari, C., Rolle, V., & Studer, M. (2014). *Enseignement de l'égalité à l'école: pratiques et représentations enseignantes*.
- Rey, O., Feyfant, A. (2014). Evaluer pour (mieux) faire apprendre, Dossier de veille de l'IFE, 94. Lyon, ENS de Lyon, <http://ife.ens-lyon.fr/vst/DA-Veille/94-septembre-2014.pdf>
- Robert A. (1998) Outils d'analyses des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. *Recherches en didactique des mathématiques*, 18/2, 139-190.
- Robert A. (2001) Les recherches sur les pratiques des enseignants et les contraintes de l'exercice du métier d'enseignant. *Recherches en didactique des mathématiques*, 21/1-2, 57-80.
- Robert, A. & Rogalski, M. (2002a). Comment peuvent varier les activités mathématiques des élèves sur des exercices ? Le double travail de l'enseignement sur les énoncés et sur la gestion en classe. *Petit x*, 60, 6-25.
- Robert A. & Rogalski J. (2002b) Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 2-4, 505-528.
- Robert A. (2003) Tâches mathématiques et activités des élèves : une discussion sur le jeu des adaptations individuelles introduites au démarrage des exercices cherchés en classe. *Petit x*, 62, 61-71.
- Robert A. (2004). Une analyse de séance de mathématiques au collège à partir d'une vidéo filmée en classe. La question des alternatives dans les pratiques d'enseignants, perspectives en formation d'enseignants. *Petit x*, 65, 52-79.
- Robert A. (2005). De recherches sur les pratiques aux formations d'enseignants de mathématiques du second degré : un point de vue didactique. *Annales de didactique et de sciences cognitives de Strasbourg*, 10, 209-250.
- Robert A., Roditi E., Grugeon B. (2007). Diversité des offres de formation et travail de formateur. *Petit x*, 74, 60-90.
- Robert A. (2007). Stabilité des pratiques des enseignants de mathématiques (second degré) : une hypothèse des inférences en formation. *Recherches en didactique des mathématiques*, 27/3, 271-312.
- Robert A. (2008) Laisser chercher les élèves ? Les faire travailler en petits groupes ? *L'ouvert*, 117, 31-46.
- Robert A., Penninckx J., & Lattuati M. (2012). *Une caméra au fond de la classe de mathématiques. (Se) former au métier d'enseignant à partir du secondaire à partir de vidéos*. Besançon : Presses universitaires de Franche-Comté (PUFC).
- Robert, A., & Hache, C. (2013). Why and how to understand what is at stake in a mathematics class. In F. Vandebrouck (dir.), *Mathematics Classrooms* (pp. 23-73). Rotterdam : Sense Publishers.
- Robert, A., & Vivier, L. (2013). Analyser des vidéos sur les pratiques des enseignants du second degré en mathématiques: des utilisations contrastées en recherche en didactique et en formation de formateurs—quelle transposition?. *Éducation et didactique*, 7(7-2), 115-144.
- Robert, A., & Vandebrouck, F. (2014). *Proximités-en-acte mises en jeu en classe par les enseignants du secondaire et ZPD des élèves: analyses de séances sur des tâches complexes* (No. 10). IREM de Paris.
- Roditi, E. (2003). Régularité et variabilité des pratiques ordinaires d'enseignement. *Recherches en didactique des mathématiques*, 23.2, 183-216.
- Roditi E. (2005) *les pratiques enseignantes en mathématiques Entre contraintes et liberté pédagogique*. Paris : L'harmattan
- Roditi, E. (2011). *Recherches sur les pratiques enseignantes en mathématiques: apports d'une intégration de diverses approches et perspectives* (Doctoral dissertation, Université René Descartes-Paris V).

- Roditi, E. et Trgolova, J. (2016). Collectifs de professeurs et de chercheurs. Dans Y. Matheron et G. Gueudet (dir.), *Enjeux et débats en didactique des mathématiques* (p. 183-202). Grenoble : La pensée sauvage.
- Rogalski J. (2008) Le cadre général de la théorie de l'activité. Une perspective de psychologie ergonomique. Des compléments sur les théories de l'activité et du développement, pour l'analyse des pratiques des enseignants et des apprentissages des élèves. In F. Vandebrouck (Éd.), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (23-30 & 429-459). Toulouse : Octarès.
- Rogalski, J., & Robert, A. (2015). De l'analyse de l'activité de l'enseignant à la formation des formateurs. Le cas de l'enseignement des mathématiques dans le secondaire. *Analyse du travail et formation dans les métiers de l'éducation*, 95-113.
- Rouchier, A. (1980). Situations et processus didactiques dans l'étude des nombres rationnels positifs. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 1(2).
- Sayac. N. (2017). Approche didactique de l'évaluation et de ses pratiques en mathématiques : enjeux d'apprentissages et de formation. . Education. Université Paris Diderot - Paris 7, 2017. [tel-01723752](tel:01723752)
- Schubaeur-Leoni, M.-L. (1991). L'évaluation didactique : une affaire contractuelle. Dans J. Weiss (dir.), *L'évaluation : problème de communication* (p. 79-95). Cousset : DelVal.
- Sensevy, G., Forest, D., Quilio, S. et Morales, G. (2013). Cooperative engineering as a specific design-based research. *ZDM Mathematics Education*, 45(7), 1031-1043.
- Sensevy, G. (2013). Neuf propositions pour les LéA. *Journal de l'IFE de Mars 2013*. <http://ife.ens-lyon.fr/lea/outils/ressources/productions-internes/presentation-des-lea-mars-2013>
- Sensevy, G. (2016). Le collectif en didactique. Quelques remarques. In Y. Matheron, G. Gueudet, V. Celi, C. Derouet, D. Forest, M. Krysinska, S. Quilio, M. Rogalski, T. A. Sierra, L. Trouche, C. Winslow et S. Besnier (Eds), *Enjeux et débats en didactique des mathématiques (vol. 1)* (p. 223-253). Grenoble : La pensée sauvage.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Research*, fév., 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Smit, J., van Eerde, H., & Bakker, A. (2013). A conceptualisation of whole-class scaffolding. *British Educational Research Journal*, 39(5), 817-834
- Smith, J. P. (1996). Efficacy and teaching mathematics by telling: A challenge for reform. *Journal for research in mathematics education*, 27(4), 387-402.
- Sirejacob, S. (2017). *Le rôle de l'enseignant dans l'organisation de l'étude personnelle hors la classe de collégiens: le cas des équations du premier degré à une inconnue* (Doctoral dissertation, Université Sorbonne Paris Cité).
- Vandebrouck, F. (Ed.). (2013). *Mathematics classrooms: Students' activities and Teachers' practices*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Vandebrouck F. (Ed.) (2008) *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse : Octarès.
- Vygotski L. (1997) *Pensée et langage*. Paris : La dispute.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17(2), 89-100
- Wozniak, F. (2016). Questionner les dispositifs professeurs-chercheurs. Une réaction au cours d'Eric Roditi et Jana Traglova. Dans Y. Matheron et G. Gueudet (dir.), *Enjeux et débats en didactique des mathématiques* (p. 203- 205). Grenoble : La pensée sauvage.

Annexes

Annexe 1 – résultats d’un questionnaire sur les pratiques d’évaluation des professeur.e.s des écoles en formation initiale (promotion 2020).....	132
Annexe 2 – Éléments de résultats de l’enquête PRAESCO (2021)	133
Résultats sur les choix de tâches	134
Résultats sur les pratiques d’évaluation.....	134
Description des 4 groupes de clusters.....	135
Groupe A (34 % des répondants) : un enseignement relativement formel et un accompagnement des élèves moins personnalisé	135
Groupe B (29 % des répondants) : un enseignement plutôt transmissif et portant plus souvent sur les techniques.....	135
Groupe C (21 % des répondants) : un enseignement appuyé sur des choix articulant sens et technique et prenant en compte les élèves.	135
Groupe D (16 % des répondants) : une forte prise en compte de l’élève pour un enseignement qui fait flèche de tout bois.....	136
Caractérisation des clusters sur les 13 dimensions d’analyse	136
Caractérisation des clusters selon le contexte d’enseignement et le profil des enseignant.e.s	137
Caractérisation des choix de tâches et explicitations selon le contexte et le profil.....	138
Annexe 3 – grilles d’analyse de développement des pratiques.....	139
Annexe 4 – analyse du questionnaire concernant les options Genre et EPS.....	143
Utilité des contenus de l’initiation à la recherche pour prendre en compte la question du genre.....	143
Annexe 5 – synthèse des réponses des enseignant.e.s du LéA RMG à un questionnaire posé après 6 ans de travail collaboratif.....	145
Annexe 6 – utilisation du test Pépite pour évaluer les compétences algébriques des élèves des classes des enseignant.e.s du LéA RMG.....	147
Annexe 7 – utilisation du test Pépite pour évaluer les compétences algébriques des élèves des classes des enseignant.e.s de la formation PACAL	148

Annexe 1 – résultats d'un questionnaire sur les pratiques d'évaluation des professeur.e.s des écoles en formation initiale (promotion 2020)

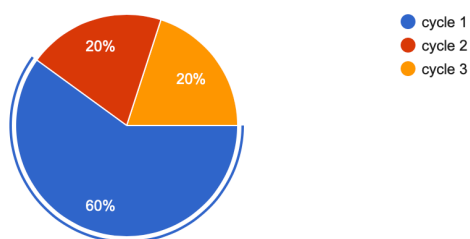


Figure 1.1 : cycle d'enseignement en stage

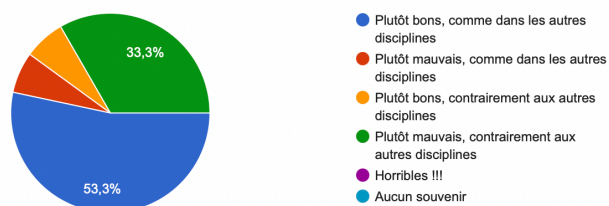


Figure 1.2 : souvenirs de l'évaluation

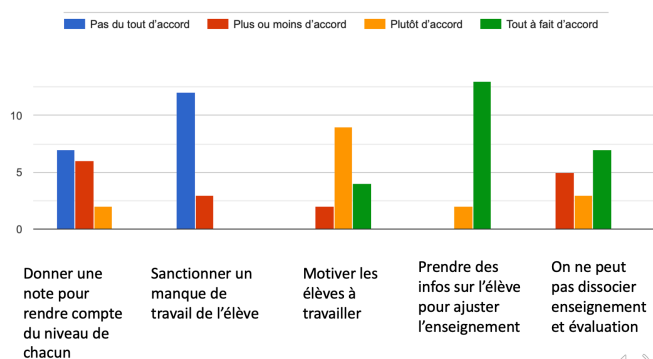


Figure 1.3 : pourquoi évaluer

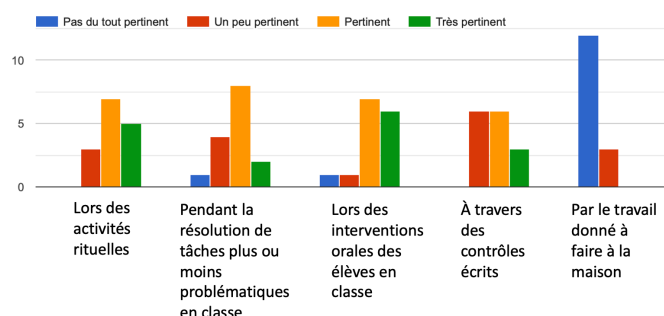


Figure 1.4 : quand évaluer

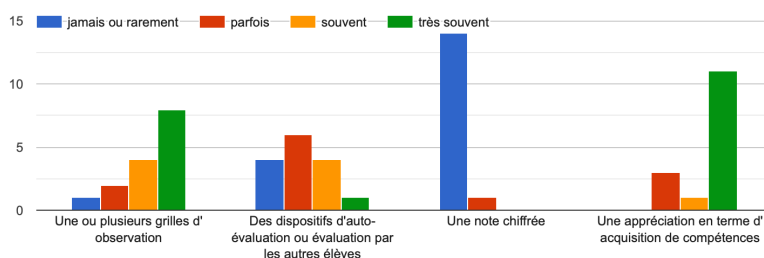


Figure 1.5 : par quels moyens évaluer

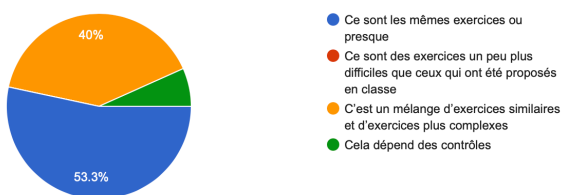


Figure 1.6 : liens entre enseigné et évalué

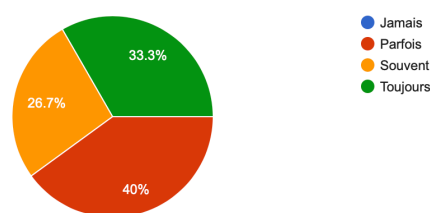


Figure 1.7 : différencier l'évaluation

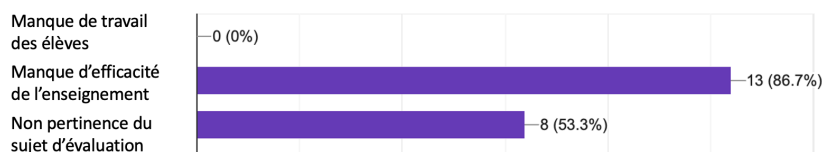


Figure 1.8 : évaluation ratée

Annexe 2 – Éléments de résultats de l'enquête PRAESCO (2021)

ENSEIGNEMENT DU CALCUL LITTÉRAL	1	Équilibre entre technique de calcul et résolution de problèmes	Cette dimension considère les choix de types d'exercices en début et fin de séquence et leur répartition globale selon qu'ils favorisent ou non un équilibre entre développer des techniques de calcul littéral (développement, factorisation, résolution d'équation) et développer la résolution de problèmes (modélisation, preuve, mise en équation) qui mobilisent ces techniques. <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que l'enseignant veille davantage à favoriser la résolution de problèmes en début de séquence et à équilibrer les types d'exercices.</i>
	2	Motivation du sens et de l'intérêt du calcul littéral	Cette dimension s'intéresse aux situations retenues par les enseignants pour introduire les expressions littérales et les équations selon qu'elles motivent plus ou moins le sens et l'intérêt du calcul littéral pour résoudre des problèmes (généralisation, preuve, mise en équation). <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que l'enseignant veille davantage à motiver le sens et l'intérêt du calcul littéral.</i>
	3	Variété et complexité des types d'exercices	Cette dimension s'attache à décrire la variété des exercices retenus selon qu'ils recouvrent ou non les différents types d'exercices (modélisation, preuve, mise en équation, calcul) et les différents contextes de problèmes (intra ou extra mathématiques) mentionnés dans les programmes. Elle prend également en compte leur complexité selon qu'ils relèvent de « questions flash » visant la mémorisation et les automatismes, d'exercices ou problèmes d'application et d'entraînement, ou encore d'exercices à énoncés ouverts pour favoriser les prises d'initiative, la recherche et les débats. Par exemple, un exercice relevant de la preuve, proposé avec un énoncé dans lequel la variable est donnée, est considéré comme moins complexe que lorsque le recours à une variable est à la charge de l'élève. <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que l'enseignant veille davantage à proposer des exercices à la fois variés et complexes.</i>
	4	Formulation des propriétés	Cette dimension concerne la façon dont les enseignants font référence aux propriétés de distributivité et de conservation de l'égalité dans le cours et pour appuyer un raisonnement. Elle indique en particulier si les formulations des propriétés choisies s'éloignent de formulations simplificatrices relevant de recettes, de règles, du langage courant (« passer », « regrouper »), d'analogies (« ajouter des pommes et des poires ») ou de signes (flèches, couleurs). <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que l'enseignant limite davantage l'usage de formulations simplificatrices au profit de formulations mathématiques.</i>
	5	Justifications pendant les interactions	Cette dimension concerne la façon dont les enseignants justifient ou valident un calcul ou un raisonnement par les propriétés de distributivité et de conservation de l'égalité dans les interactions avec les élèves. Comme pour la formulation des propriétés, il s'agit de repérer la fréquence de formulations mathématiques ou simplificatrices mais pendant les interactions avec les élèves. <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que l'enseignant recoure davantage à des formulations mathématiques.</i>

Tableau 2.1 : Indicateurs d'analyse des pratiques sur l'enseignement du calcul littéral

ORGANISATION GLOBALE DE L'ENSEIGNEMENT	6	Ressources	Cette dimension s'attache à décrire la fréquence d'utilisation de ressources diverses par les enseignants en vue de préparer et de mettre en œuvre leur enseignement. <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que l'enseignant utilise des ressources variées (ressources institutionnelles ou non, littérature professionnelle).</i>
	7	Usage des outils numériques spécifiques aux mathématiques	Cette dimension considère les usages des outils numériques pour l'enseignement des mathématiques (tableur, logiciel de géométrie dynamique, calculatrice, banque d'exercices en ligne, Scratch) par les élèves ou l'enseignant. <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que les outils numériques sont davantage utilisés en classe.</i>
	8	Modalités de travail en classe : recherche et mise en commun	Cette dimension s'attache à décrire les modalités de travail en classe selon qu'elles favorisent plus ou moins des temps de recherche (individuels ou en petits groupes) et des temps de mise en commun pour débattre et confronter les productions, confiant ainsi plus ou moins d'initiatives aux élèves dans les processus liés à leurs apprentissages. <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que l'enseignant donne plus de place aux temps de recherche et de mise en commun.</i>
	9	Évaluation diagnostique	Cette dimension s'attache à décrire comment les enseignants repèrent et identifient les acquis, erreurs, conceptions et procédures (erronées ou non) et besoins d'apprentissage des élèves à travers une évaluation diagnostique. Elle considère le moment du repérage (en amont ou au début d'une séquence, pendant le travail en classe) et s'il porte sur une diversité de types d'exercices spécifiques aux contenus, ici le calcul littéral. <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que l'enseignant pratique davantage l'évaluation diagnostique.</i>
	10	Évaluation sommative	Cette dimension concerne la gestion de l'évaluation sommative par les enseignants selon que sa conception soit anticipée ou non dès la préparation de la séquence évaluée, qu'elle contienne plus ou moins d'exercices proches de ceux vus en classe, que le contrat d'évaluation explicite plus ou moins les modalités et les enjeux mathématiques du contenu évalué (grilles de compétences, types d'exercices) et que le retour aux élèves les accompagne plus ou moins dans la compréhension de leurs résultats, erreurs et procédures par rapport à ce qui est attendu. <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que l'enseignant anticipe les évaluations sommatives dès la préparation de la séquence, explicite le contrat d'évaluation à ses élèves et les accompagne par des retours sur leurs résultats, erreurs et procédures.</i>
11	Appuis et retours sur le travail des élèves	Cette dimension s'intéresse à la façon dont l'enseignant prend en compte, pour la conduite de son enseignement, les travaux produits par ses élèves, ainsi qu'à la façon dont il organise les retours sur ces travaux. En ce qui concerne les retours sur le travail fait en classe, il s'agit de regarder la fréquence avec laquelle l'enseignant utilise les travaux et erreurs des élèves pour les montrer à la classe, et sur la manière de l'organiser, éventuellement avec un TNI. Pour les travaux écrits (devoir à la maison, évaluation sommative), cela concerne à la fois les commentaires faits sur les copies, et la reprise en classe de ce qui a pu poser problème, en appui ou non sur les productions effectives. <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que l'enseignant s'appuie plus fréquemment sur les travaux effectifs des élèves pour les exploiter en vue d'accompagner les apprentissages de tous, individuellement ou collectivement.</i>	

Tableau 2.2 : Indicateurs d'analyse des pratiques sur l'organisation globale de l'enseignement

PRISE EN COMPTE DE L'ÉLÈVE	12	Prise en compte de l'erreur	Cette dimension considère la place donnée à l'erreur par l'enseignant dans sa classe, à travers un choix de situations permettant ou non de repérer et de déconstruire les erreurs des élèves, et un traitement de ces erreurs s'appuyant plus ou moins fréquemment sur la classe, en appui ou non sur les productions des élèves concernés, et sur leur participation pour les invalider, en lien plus ou moins explicite avec les contenus mathématiques sous-jacents. <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que l'enseignant donne aux erreurs de ses élèves une place importante, en construisant plus fréquemment avec eux des moyens de faire évoluer leurs apprentissages.</i>
	13	Aides et moyens de contrôle en classe	Cette dimension interroge les moyens donnés par l'enseignant aux élèves pour vérifier ou évaluer leur propre production ou celles des autres élèves. Cela concerne à la fois la nature des aides ou les attentes de l'enseignant, spécifiques aux contenus mathématiques visés (substitution, cohérence et structure d'une expression), proposées plus ou moins fréquemment pour inciter les élèves à contrôler leur travail, et les occasions plus ou moins fréquentes qui leur sont proposées pour s'auto-évaluer et évaluer le travail des autres élèves. <i>Un score plus élevé sur cette dimension suggère que l'enseignant propose davantage de stratégies de vérification et de contrôle.</i>

Tableau 2.3 : Indicateurs d'analyse des pratiques sur la prise en compte de l'élève

Résultats sur les choix de tâches

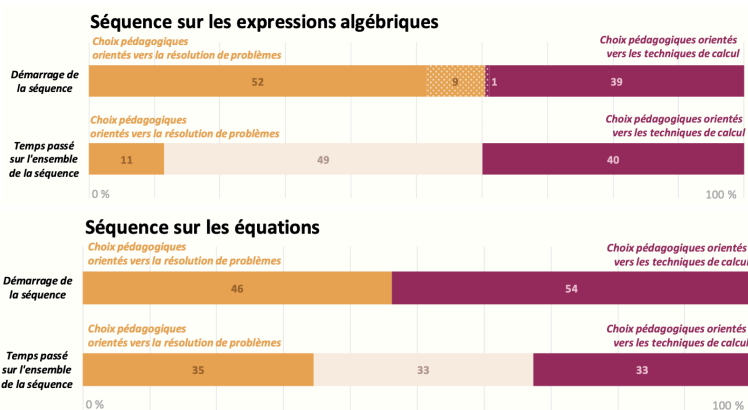


Figure 2.4 : articulation entre sens et technique dans les exercices des séquences sur les expressions et sur les équations

Résultats sur les pratiques d'évaluation

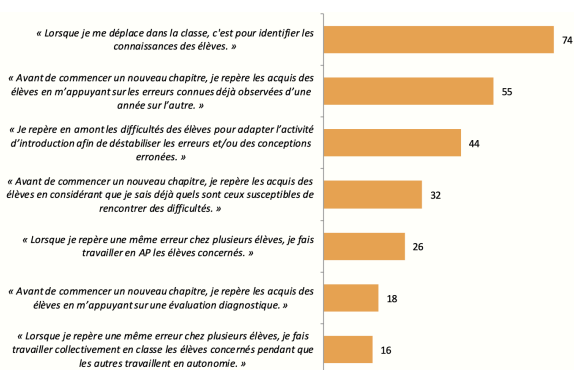


Figure 2.5 : Choix pour l'évaluation diagnostique

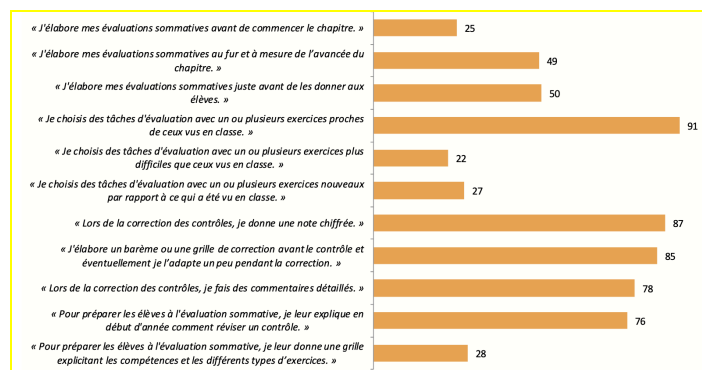


Figure 2.6 : Choix pour l'évaluation sommative

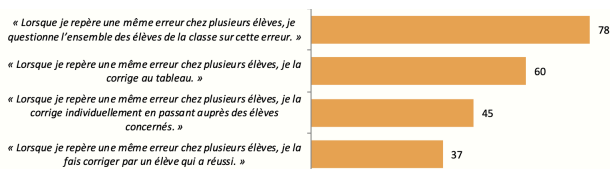


Figure 2.7 : Modalités de prise en compte de l'erreur

Voici un exercice posé en classe de 3^e :
Développer et réduire l'expression suivante : $(5x - 6)(2x + 3)$

Voici quatre propositions de déroulement de la correction au tableau de ce type d'exercice.

Déroulement de correction 1 :
Le professeur corrige en expliquant les propriétés qu'il a utilisées.

Déroulement de correction 2 :
Le professeur choisit un élève qui a une solution correcte pour venir écrire son travail au tableau et expliquer sa démarche.

Déroulement de correction 3 :
Le professeur passe dans les rangs et choisit un élève qui a écrit $(5x - 6)(2x + 3) = -x \times 5x = -5x^2$ ou $(5x - 6)(2x + 3) = 5x \times 2x - 6 \times 3 = 10x^2 - 18$ pour venir au tableau. Puis il demande à la classe d'analyser ce que l'élève a écrit au tableau.

Déroulement de correction 4 :
Un élève volontaire vient corriger au tableau. Le professeur attend qu'il ait fini et demande l'avis de la classe pour valider sa solution.

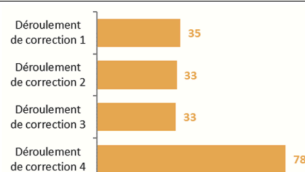


Figure 2.8 : choix de déroulement pour la correction

Description des 4 groupes de clusters

Groupe A (34 % des répondants) : un enseignement relativement formel et un accompagnement des élèves moins personnalisé

Ce groupe est plus masculin que l'ensemble de la population étudiée (56% contre 48%), légèrement plus âgé et rapporte la plus faible participation à des activités de formation continue. Pour préparer leurs cours, les enseignant.e.s de ce groupe ont, moins que la moyenne, recours aux ressources institutionnelles, comme les programmes ou les documents d'accompagnement (- 42 points). D'un point de vue didactique, ces enseignant.e.s cherchent moins à motiver le sens et l'intérêt du calcul littéral (- 19 points) et proposent moins que la moyenne des problèmes complexes (- 43 points). Ils et elles sont parmi les moins nombreux/ses à s'appuyer sur la substitution d'une lettre par un nombre pour invalider une assertion (43% contre 51%) ou pour vérifier une égalité (47% contre 58%), proposant ainsi un enseignement du calcul littéral relativement formel. Ils et elles cherchent moins que la moyenne à expliciter le lien entre ce qui est fait en classe et la façon dont les élèves sont évalués (- 43 points), s'appuient moins sur les productions de leurs élèves (- 49 points) et leur font moins de retours : ils et elles sont ainsi 68% à déclarer faire fréquemment des commentaires détaillés tout au long des copies de contrôle de leurs élèves (contre plus de 80% dans le reste de l'échantillon). Leur prise en compte de l'erreur est également nettement moindre (- 49 points) de sorte que les enseignant.e.s de ce groupe semblent travailler davantage pour un élève moyen.

Groupe B (29 % des répondants) : un enseignement plutôt transmissif et portant plus souvent sur les techniques.

Ce groupe est plus féminin que l'ensemble de la population étudiée (59% contre 52%) et légèrement plus jeune. Ces enseignant.e.s participent moins souvent que la moyenne à des activités de formation continue, et d'une manière générale, rapportent plus de facteurs de difficultés. Leur enseignement du calcul littéral porte plus souvent sur les techniques avec davantage d'exercices du type *développer, factoriser*. Lors des interactions avec les élèves, ils et elles proposent plus souvent des formulations simplificatrices (*pommes et poires* ou *se débarrasser*), sans favoriser la mise en place de propriétés et de vocabulaire mathématiques (- 26 points). Surtout, leur enseignement est plutôt transmissif (- 41 points) avec peu de temps laissé aux élèves pour travailler en autonomie et peu d'activités mises en place pour que les élèves cherchent par petits groupes (15% contre 27%). Ils et elles sont en outre les plus nombreux/ses à préférer un déroulement de correction où l'enseignant.e corrige au tableau en expliquant les propriétés utilisées (46% contre 35%) et à juger qu'une telle correction est rapide et claire (74% contre 61%).

Groupe C (21 % des répondants) : un enseignement appuyé sur des choix articulant sens et technique et prenant en compte les élèves.

Les enseignant.e.s de ce groupe sont un peu plus souvent titulaires du CAFFA, tuteurs/trices de stagiaires ou formateurs/trices. Ils et elles se sentent moins démunis.e.s face aux difficultés de leurs élèves pour identifier des blocages, pour les aider, pour les faire progresser. Si les différences avec le reste de l'échantillon sont fortes concernant le recours à des modalités de travail favorisant la collaboration entre élèves (+ 71 points), c'est par leurs choix relatifs à l'enseignement du calcul littéral que ces enseignant.e.s se distinguent le plus fortement. Sur l'enseignement du calcul littéral, ils et elles équilibrent davantage aspects techniques et résolution de problèmes (+ 66 points) et cherchent à motiver le sens et l'intérêt du calcul littéral lors des activités d'introduction (+ 53 points). Ces enseignant.e.s

utilisent également moins souvent des formulations simplificatrices (ils et elles ne sont ainsi que 16% contre 25% à recourir fréquemment à *passer de l'autre côté*), privilégiant des formulations appuyées sur les mathématiques en jeu (+ 51 points). Enfin, ils et elles sont plus nombreux/ses, avant de commencer un nouveau chapitre, à s'appuyer sur une évaluation diagnostique (environ un tiers contre 18%) et à proposer une évaluation sommative en explicitant clairement aux élèves ce qui est évalué et comment (+ 37 points).

Groupe D (16 % des répondants) : une forte prise en compte de l'élève pour un enseignement qui fait flèche de tout bois.

D'une manière générale dans ce groupe, les enseignant.e.s sont davantage diplômé.e.s d'un master ou d'un diplôme de niveau supérieur (62 % contre 57 %) et les contractuel.le.s sont légèrement surreprésenté.e.s (10% contre 6%), disposent des valeurs les plus élevées sur l'ensemble des 8 indicateurs qui composent les axes d'analyse *Organisation globale de l'enseignement* et *Prise en compte de l'élève*. Ils et elles témoignent d'une attention particulièrement forte portée aux élèves, leur faisant davantage de retours (+ 85 points) et s'appuyant plus fréquemment sur leurs erreurs (+ 90 points). Ils et elles sont en outre moins nombreux/ses à exprimer un sentiment d'impuissance face à la difficulté à faire progresser leurs élèves (50% contre 57%) mais plus nombreux/ses à penser que leurs élèves n'ont pas suffisamment travaillé (70% contre 62%) en cas de résultats décevants lors d'une évaluation. Néanmoins, ces enseignant.e.s présentent des valeurs proches de la moyenne sur l'ensemble des indicateurs de l'axe *Enseignement du calcul littéral*. En particulier, lorsqu'on leur soumet diverses situations d'introduction, ils et elles sont plus nombreux/ses à adhérer à celles ne motivant pas le sens et l'intérêt du calcul littéral. Leurs choix semblent ainsi peu hiérarchisés : ils et elles déclarent utiliser, plus que la moyenne, à la fois des formulations simplificatrices et des formulations appuyées sur des arguments mathématiques. Ils et elles sont ainsi les plus nombreux/ses à adhérer (au-delà du fait d'y recourir) à des formulations du type *passer de l'autre côté* (34% contre 25%) qu'ils et elles considèrent plus adaptées pour travailler sur la résolution des équations et plus concrètes pour travailler sur les expressions littérales.

Caractérisation des clusters sur les 13 dimensions d'analyse

	clust4_1	clust4_2	clust4_3	clust4_4	
	(N=88)	(N=49)	(N=35)	(N=26)	
dim1 Organisation de la séquence et répartition des types d'exercices	0,00	-0,12	-0,29	0,66	-0,04
dim2 Situations d'introduction et raisons d'être	0,00	-0,18	-0,04	0,53	-0,08
dim3 Complexité et variété des problèmes	0,00	-0,44	-0,22	0,43	0,81
dim4 Justification sur la formulation des propriétés	0,00	-0,09	-0,11	0,32	-0,07
dim5 Justification pendant les interactions	0,00	-0,10	-0,28	0,50	0,07
dim6 Modalités de travail en classe : recherche et mise en commun	0,00	-0,38	-0,41	0,71	0,69
dim7 Initiatives et responsabilité	0,00	-0,44	-0,32	0,61	0,80
dim8 Contrat d'évaluation sommative	0,00	-0,43	-0,13	0,37	0,68
dim9 Appuis et retours sur le travail des élèves	0,00	-0,49	-0,20	0,46	0,85
dim10 Usage des TICE	0,00	-0,27	-0,37	0,49	0,59
dim11 Prise d'information	0,00	-0,24	-0,35	0,30	0,74
dim12 Prise en compte de l'erreur	0,00	-0,49	-0,17	0,36	0,90
dim13 Aides et moyens de contrôle en classe	0,00	-0,30	-0,39	0,44	0,77

Figure 2.9 : Caractérisation des clusters sur les 13 dimensions des pratiques

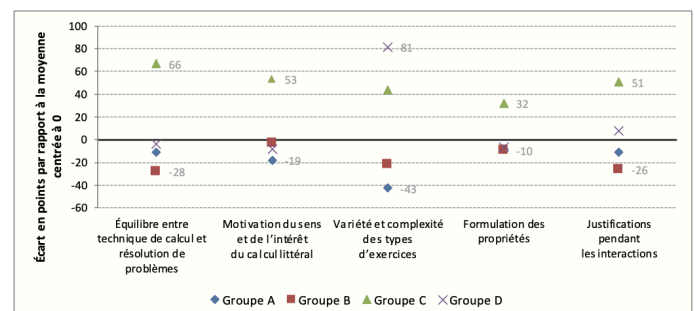


Figure 2.10 : Caractérisation des clusters sur l'axe Enseignement du calcul littéral

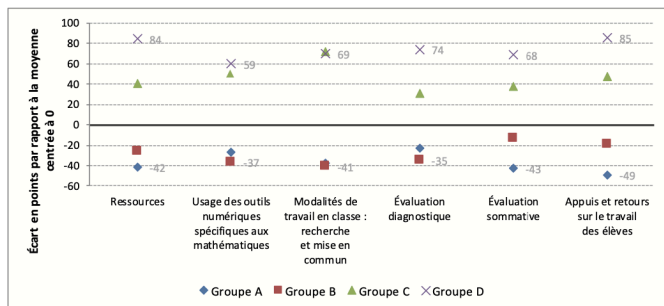


Figure 2.11 : Caractérisation des clusters sur l'axe Organisation globale de l'enseignement

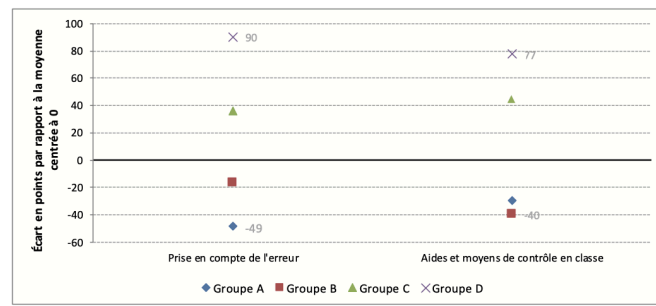


Figure 2.12 : Caractérisation des clusters sur l'axe Prise en compte de l'élève

Caractérisation des clusters selon le contexte d'enseignement et le profil des enseignant.e.s

moyenne) correspondant au libellé de l'item est calculée parmi l'ensemble des répondants (colonne E, blanc sur rose) puis déclinée sur différentes sous-populations (colonnes grises F à AD suivantes). Les proportions qui diffèrent significativement (seuil de 1%) de la valeur moyenne sur l'ensemble de la population sont indiquées en gras; en noir non grisé sont indiquées les valeurs qui diffèrent au seuil de 5%, en gris foncé au seuil de 10% et en gris très clair les valeurs qui ne sont pas significativement différentes de la moyenne.

Exemple de lecture : 57% des répondants sont diplômés de master ou plus (colonne rose, ligne 13). Cette proportion grimpe à 86% (colonne J) parmi les enseignants avec

LABEL	ENS .	c.lust4_1	c.lust4_2	c.lust4_3	c.lust4_4
privé Prop. d'enseignants du privé	0,21	0,23	0,20	0,19	0,21
public Prop. d'enseignants du public hors éducation prioritaire	0,62	0,62	0,62	0,65	0,61
rep Prop. d'enseignants en éducation prioritaire	0,17	0,15	0,18	0,16	0,17
rural Établissement en zone rurale (Hors UU)	0,08	0,09	0,08	0,07	0,09
ips IPS 2019 de l'établissement	104	104	105	103	105
prof_fa Prop. d'enseignants exerçant ds une classe au profil favorable	0,22	0,22	0,22	0,21	0,24
prof_int Prop. d'enseignants exerçant ds une classe au profil intermédiaire	0,46	0,51	0,43	0,46	0,41
prof_de Prop. d'enseignants exerçant ds une classe au profil défavorable	0,32	0,27	0,35	0,33	0,35

Figure 2.13 : Clusters et type d'établissement

moyenne) correspondant au libellé de l'item est calculée parmi l'ensemble des répondants (colonne E, blanc sur rose) puis déclinée sur différentes sous-populations (colonnes grises F à AD suivantes). Les proportions qui diffèrent significativement (seuil de 1%) de la valeur moyenne sur l'ensemble de la population sont indiquées en gras; en noir non grisé sont indiquées les valeurs qui diffèrent au seuil de 5%, en gris foncé au seuil de 10% et en gris très clair les valeurs qui ne sont pas significativement différentes de la moyenne.

Exemple de lecture : 57% des répondants sont diplômés de master ou plus (colonne rose, ligne 13). Cette proportion grimpe à 86% (colonne J) parmi les enseignants avec

LABEL	ENS .	c.lust4_1	c.lust4_2	c.lust4_3	c.lust4_4
prop_3f Prop. d'enseignant déclarant 50-75% d'élv avec cprtm peu adapté	0,09	0,09	0,09	0,09	0,11
prop_3f Prop. d'enseignant déclarant 75-100% d'élv avec cprtm peu adapté	0,08	0,07	0,08	0,06	0,12
prop_3f Prop. d'enseignant déclarant 50% ou moins d'élv avec cprtm peu adapté	0,83	0,84	0,83	0,85	0,78
prop_3f Prop. d'enseignant déclarant plus de 25% d'élv avec cprtm peu adapté	0,32	0,30	0,32	0,31	0,35
prop_3f Prop. d'enseignant déclarant 0-25% d'élv avec niveau suffisant	0,13	0,13	0,14	0,12	0,14
prop_3f Prop. d'enseignant déclarant 25-50% d'élv avec niveau suffisant	0,33	0,31	0,35	0,37	0,32
prop_3f Prop. d'enseignant déclarant 50-75% d'élv avec niveau suffisant	0,46	0,49	0,44	0,44	0,45
prop_3f Prop. d'enseignant déclarant 75-100% d'élv avec niveau suffisant	0,08	0,08	0,07	0,07	0,09
prop_3f Prop. d'enseignant déclarant 50% ou moins d'élv avec niveau suffisant	0,46	0,43	0,49	0,49	0,46
prop_3f Prop. d'enseignant déclarant plus de 25% d'élv avec niveau suffisant	0,87	0,87	0,86	0,88	0,86

Figure 2.14 : Clusters et difficultés déclarées des enseignant.e.s

moyenne) correspondant au libellé de l'item est calculée parmi l'ensemble des répondants (colonne E, blanc sur rose) puis déclinée sur différentes sous-populations (colonnes grises F à AD suivantes). Les proportions qui diffèrent significativement (seuil de 1%) de la valeur moyenne sur l'ensemble de la population sont indiquées en gras; en noir non grisé sont indiquées les valeurs qui diffèrent au seuil de 5%, en gris foncé au seuil de 10% et en gris très clair les valeurs qui ne sont pas significativement différentes de la moyenne.

Exemple de lecture : 57% des répondants sont diplômés de master ou plus (colonne rose, ligne 13). Cette proportion grimpe à 86% (colonne J) parmi les enseignants avec

LABEL	ENS .	c.lust4_1	c.lust4_2	c.lust4_3	c.lust4_4
dim15 Travail collaboratif	0,00	-0,05	0,00	-0,02	0,15
dim16 Usage des ressources	0,00	-0,43	-0,26	0,41	0,84

Figure 2.15 : Clusters et ressources

moyenne) correspondant au libellé de l'item est calculée parmi l'ensemble des répondants (colonne E, blanc sur rose) puis déclinée sur différentes sous-populations (colonnes grises F à AD suivantes). Les proportions qui diffèrent significativement (seuil de 1%) de la valeur moyenne sur l'ensemble de la population sont indiquées en gras; en noir non grisé sont indiquées les valeurs qui diffèrent au seuil de 5%, en gris foncé au seuil de 10% et en gris très clair les valeurs qui ne sont pas significativement différentes de la moyenne.

Exemple de lecture : 57% des répondants sont diplômés de master ou plus (colonne rose, ligne 13). Cette proportion grimpe à 86% (colonne J) parmi les enseignants avec

LABEL	ENS .	c.lust4_1	c.lust4_2	c.lust4_3	c.lust4_4
diplomi Niveau de diplôme le plus élevé obtenu	0,56	0,53	0,58	0,56	0,61
caffa L'enseignant possède le certificat d'aptitude aux fct de formateur acad. (CAFFA)	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
ccash L'enseignant possède le 2CA-SH	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
certif_o L'enseignant possède une autre certification complémentaire	0,03	0,02	0,03	0,03	0,05
aucune L'enseignant ne possède aucune certification complémentaire	0,93	0,93	0,95	0,92	0,92
certifies Prop. d'enseignants certifiés	0,89	0,90	0,92	0,91	0,86
agreges Prop. d'enseignants agrégés	0,05	0,04	0,05	0,06	0,04
contrac Prop. d'enseignants contractuels	0,06	0,06	0,03	0,04	0,10
temps_j Temps de travail	0,92	0,92	0,91	0,92	0,90
expe_er Expérience prof. en tant qu'enseignant	17,0	17,5	16,5	16,7	16,7
expe_cc Expérience prof. dans le collège	9,9	10,1	9,7	9,8	9,5
expe_3E Expérience prof. en 3ème	12,0	12,1	11,8	12,2	11,8
reconv Prop. d'enseignants ayant exercé une profession non liée à l'enseignement pendant	0,25	0,24	0,21	0,28	0,29

Figure 2.16 : Clusters diplômes et expérience

A	B	C	E	AW	AX	AY	AZ																														
<p>moyenne) correspondant au libellé de l'item est calculée parmi l'ensemble des répondants (colonne E, blanc sur rose) puis déclinée sur différentes sous-populations (colonnes grises F à AD suivantes). Les proportions qui diffèrent significativement (seuil de 1%) de la valeur moyenne sur l'ensemble de la population sont indiquées en gras; en noir non grisé sont indiquées les valeurs qui diffèrent au seuil de 5%, en gris foncé au seuil de 10% et en gris très clair les valeurs qui ne sont pas significativement différentes de la moyenne.</p> <p>Exemple de lecture : 57% des répondants sont diplômés de master ou plus (colonne rose, ligne 13). Cette proportion grimpe à 86% (colonne J) parmi les enseignants avec</p>																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>LABEL</th> <th>ENS .</th> <th>c.lust4_1</th> <th>c.lust4_2</th> <th>c.lust4_3</th> <th>c.lust4_4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>form_cx (Formation continue sur...) L'enseignement du calcul littéral</td> <td>0,32</td> <td>0,30</td> <td>0,23</td> <td>0,41</td> <td>0,35</td> </tr> <tr> <td>form_cx (Formation continue sur...) L'enseignement de contenus maths autres que calc. litt.</td> <td>0,63</td> <td>0,59</td> <td>0,58</td> <td>0,73</td> <td>0,65</td> </tr> <tr> <td>form_cx (Formation continue sur...) Les pratiques d'évaluation des élèves</td> <td>0,70</td> <td>0,69</td> <td>0,65</td> <td>0,78</td> <td>0,73</td> </tr> <tr> <td>form_cx (Formation continue sur...) Les compétences en TIC à l'appui de l'enseignement</td> <td>0,77</td> <td>0,75</td> <td>0,77</td> <td>0,79</td> <td>0,79</td> </tr> </tbody> </table>								LABEL	ENS .	c.lust4_1	c.lust4_2	c.lust4_3	c.lust4_4	form_cx (Formation continue sur...) L'enseignement du calcul littéral	0,32	0,30	0,23	0,41	0,35	form_cx (Formation continue sur...) L'enseignement de contenus maths autres que calc. litt.	0,63	0,59	0,58	0,73	0,65	form_cx (Formation continue sur...) Les pratiques d'évaluation des élèves	0,70	0,69	0,65	0,78	0,73	form_cx (Formation continue sur...) Les compétences en TIC à l'appui de l'enseignement	0,77	0,75	0,77	0,79	0,79
LABEL	ENS .	c.lust4_1	c.lust4_2	c.lust4_3	c.lust4_4																																
form_cx (Formation continue sur...) L'enseignement du calcul littéral	0,32	0,30	0,23	0,41	0,35																																
form_cx (Formation continue sur...) L'enseignement de contenus maths autres que calc. litt.	0,63	0,59	0,58	0,73	0,65																																
form_cx (Formation continue sur...) Les pratiques d'évaluation des élèves	0,70	0,69	0,65	0,78	0,73																																
form_cx (Formation continue sur...) Les compétences en TIC à l'appui de l'enseignement	0,77	0,75	0,77	0,79	0,79																																

Figure 2.17 : Clusters et formation continue

moyenne) correspondant au libellé de l'item est calculée parmi l'ensemble des répondants (colonne E, blanc sur rose) puis déclinée sur différentes sous-populations (colonnes grises F à AD suivantes). Les proportions qui diffèrent significativement (seuil de 1%) de la valeur moyenne sur l'ensemble de la population sont indiquées en gras; en noir non grisé sont indiquées les valeurs qui diffèrent au seuil de 5%, en gris foncé au seuil de 10% et en gris très clair les valeurs qui ne sont pas significativement différentes de la moyenne.

Exemple de lecture : 57% des répondants sont diplômés de master ou plus (colonne rose, ligne 13). Cette proportion grimpe à 86% (colonne J) parmi les enseignants avec

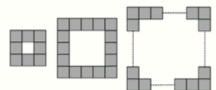
LABEL	ENS .	c.lust4_1	c.lust4_2	c.lust4_3	c.lust4_4
tuteur L'enseignant est ou a été tuteur de stagiaires	0,34	0,31	0,32	0,43	0,33
formate L'enseignant est ou a été formateur (académique, ESPE/IUFM, IREM...)	0,05	0,05	0,03	0,11	0,02
form_in L'enseignant a suivi une formation initiale à l'enseignement des maths (IUFM...)	0,74	0,73	0,78	0,78	0,71

Figure 2.18 : Clusters et profils de formateur

Caractérisation des choix de tâches et explicitations selon le contexte et le profil

Pour commencer le chapitre sur le calcul littéral, j'ai le choix entre deux situations d'introduction :

Situation 1 :
On considère un carré blanc entouré de carreaux unités gris comme sur les figures ci-dessous. L'objectif est de calculer le nombre de carreaux unités gris.



Partie 1 : Production d'une formule

1. Calcule le nombre de carreaux gris lorsque le carré blanc a un côté constitué de 3 carreaux.
2. De même lorsque le carré blanc a un côté constitué de 10 carreaux.
3. De même lorsque le carré blanc a un côté constitué de 100 carreaux.
4. Écris une formule qui permet de calculer le nombre de carreaux gris en fonction du nombre de carreaux constituant un côté du carré blanc.

Partie 2 : Comparaison de formules
Comparer la formule trouvée avec celle de vos camarades.
Avez-vous tous trouvé la même formule ?
Si non, ces différentes formules trouvées sont-elles égales pour tout carré blanc ?

Situation 2 :
Détermine l'aire et le périmètre du rectangle suivant sachant que la longueur est égale au double de la largeur.


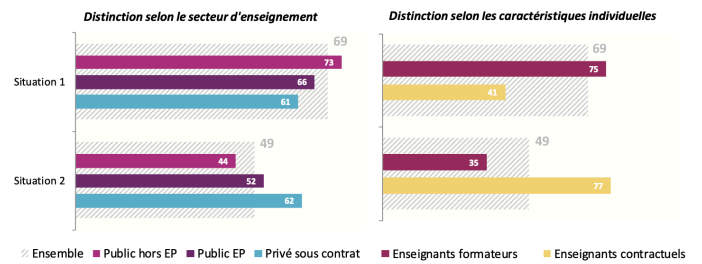



Figure 2.19 : choix de situations d'introduction de la séquence sur les expressions algébriques, selon le profil et le contexte d'enseignement

Avec ma classe de 3^e de référence, j'ai revu la propriété de distributivité et je prépare une séance pour amener les élèves à comparer deux programmes de calcul et à déterminer s'ils sont équivalents ou non. Je souhaite choisir un énoncé pour comparer les programmes de calcul A et B ci-dessous.

Programme A	Programme B
- Choisir un nombre	- Choisir un nombre
- Multiplier par 6	- Multiplier par 9
- Additionner 5	- Additionner 7
- Multiplier par 3	- Multiplier par 2
	- Additionner 1

Voici trois formulations d'un énoncé à proposer aux élèves. J'indique mes habitudes concernant chacune d'elles.

Formulation 1	Formulation 2	Formulation 3
1) Teste ces programmes avec les nombres suivants : 4 ; 7 ; -3. 2) Que remarques-tu ? 3) Prouve ce que tu as remarqué.	1) Teste ces programmes sur 3 nombres. 2) On note x le nombre choisi. a) Montre que le nombre obtenu avec le programme A s'écrit $3(6x + 5)$. b) Écris l'expression du nombre obtenu avec le programme B. 3) Dédus-en que, quel que soit le nombre choisi, les deux programmes donnent le même résultat.	L'affirmation suivante : « Les programmes A et B sont égaux pour n'importe quelle valeur de x » est-elle vraie ? Prouve-le.

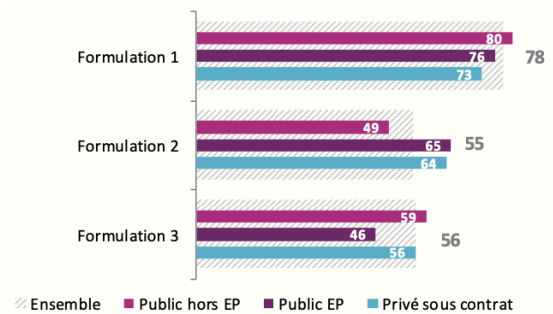


Figure 2.20 : niveaux de mise en fonctionnement privilégiés dans les énoncés des exercices, selon le contexte d'enseignement

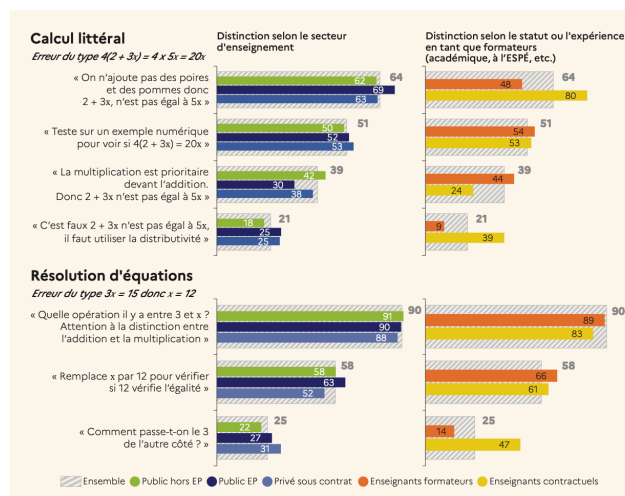


Figure 2.21 : choix d'arguments mathématiques selon le profil et le contexte d'enseignement, dans les séquences sur les expressions et sur les équations

Annexe 3 – grilles d'analyse de développement des pratiques

	c	b	a
repérer les enjeux d'un apprentissage pour choisir une situation adaptée	Interprétation floue des programmes pour extraire des objectifs d'apprentissage	Interprétation des programmes pour en extraire des objectifs non inscrits dans une progression, non reliés entre eux	Interprétation des programmes pour en extraire les objectifs et les inscrire dans les différentes séances d'une progression
construire une situation adaptée (par rapport aux objectifs, à la séquence)	Situation isolée, non adaptée aux objectifs	Situation adaptée par rapport aux objectifs visés, située plus ou moins dans une progression, mais sans choix de valeurs de variables didactiques qui permettraient de faire évoluer les procédures	Situation adaptée par rapport aux objectif visés, située dans une progression, avec un milieu riche lié à des variables didactiques qui permettent de faire évoluer les procédures
choisir, analyser et utiliser de façon pertinente un manuel ou d'autres ressources	<ul style="list-style-type: none"> * Pas d'utilisation du livre du maître. * Choix non argumenté de ressources * Extraction de séances isolées, dans le manuel ou dans d'autres sources, sans en comprendre et en respecter les variables. 	<ul style="list-style-type: none"> * Utilisation non réfléchie et aléatoire du livre du maître * Choix de ressources reposant sur des critères plus ou moins didactiques * Extraction de situations pertinentes mais sans les situer correctement dans une progression 	<ul style="list-style-type: none"> * Utilisation réfléchie du livre du maître pour organiser les différentes étapes d'une progression en lien avec les savoirs mathématiques et didactique. * Choix argumenté d'un manuel ou d'une autre ressource. * Adaptation pertinente des situations empruntées et de leur gestion.
connaître les savoirs mathématiques et leur didactique en lien avec leur enseignement	<ul style="list-style-type: none"> * Notions isolées les unes par rapport aux autres * Peu de connaissances sur la didactique d'un domaine mathématique 	<ul style="list-style-type: none"> * Quelques liens entre les notions * Des situations pertinentes mais encore isolées * Manque de variété dans les types de problèmes, les registres, etc 	<ul style="list-style-type: none"> * Lien avec d'autres notions, prérequis * Connaissances didactiques sur les stratégies d'enseignement (outil/objet, champ conceptuel, variété des tâches, registres de représentation et leur articulation) et les notions (situations de référence)
connaître les savoirs mathématiques et leur didactique en lien avec les apprentissages des élèves	<ul style="list-style-type: none"> * Faible prise de conscience de la variété des procédures (procédure experte privilégiée) * Evolution des procédures non reliée aux variables didactiques 	<ul style="list-style-type: none"> * Prise de conscience de la variété des procédures, sans les hiérarchiser ni les relier totalement aux variables didactiques 	<ul style="list-style-type: none"> * Etiqueter les différentes procédures et erreurs sur une notion donnée * Influence des variables didactiques sur les procédures * Hiérarchisation des procédures et justifications théoriques * Connaissances sur les obstacles et erreurs liés à une notion et ses représentations
organiser la progressivité des apprentissages	<ul style="list-style-type: none"> * proposer des situations isolées 	<ul style="list-style-type: none"> * construction de progressions ne s'appuyant pas sur des critères pertinents liés à l'apprentissage d'un concept 	<ul style="list-style-type: none"> * construction de progressions cohérentes prenant en compte différents aspects des notions mathématiques et l'évolution des procédures (variables didactiques)
gérer différents types de séances	<ul style="list-style-type: none"> * peu d'organisation de situations d'introduction des notions * Moments d'application, travail sur fiches / fichier ou tâches techniques privilégiés 	<ul style="list-style-type: none"> * Organisation d'une vraie situation d'introduction des notions mais avec un lien faible avec l'institutionnalisation (formelle, pas de travail de décontextualisation) * Déséquilibre entre les différents moments de l'étude organisés 	<ul style="list-style-type: none"> * Distinguer les différents moments de l'étude d'une notion et les mettre en œuvre dans une programmation * Organiser une réelle découverte des notions et une institutionnalisation en lien avec ces situations d'introduction (dépersonnalisation, décontextualisation) * Organisation du choix des tâches (différents types et complexité)
gérer les différentes phases d'une séance (rappels, dévolution, recherche, mise en commun institutionnalisation)	<ul style="list-style-type: none"> * Pas de moments clairement identifiés (oral collectif, exercices individuels écrits avec faible mise en commun, usage dominant de fichier) 	<ul style="list-style-type: none"> * Des phases sont organisées mais pas forcément gérées pour engager les élèves dans la recherche et la comparaison des procédures 	<ul style="list-style-type: none"> * Organisation d'une phase de lancement (reformulation ou autre) * Organisation d'un temps de recherche * Organisation d'une mise en commun (formulation, validation et hiérarchisation des procédures), avec des initiatives partagées et des

	<ul style="list-style-type: none"> * Peu d'initiatives laissées aux élèves, validation à la charge du professeur * pas de phase de rappel 	<ul style="list-style-type: none"> * Initiatives partagées mais peu de validation à la charge des élèves, ou qui ne visent pas la construction d'une rationalité mathématique * des rappels portant plus sur les tâches que sur les connaissances, ou pris en charge par l'enseignant 	<ul style="list-style-type: none"> validations visant à la construction d'une rationalité mathématique * Organisation de bilans conduisant à une institutionnalisation (dépersonnalisation, décontextualisation) en lien avec l'activité * des rappels sur les notions suscités par l'enseignant
évaluer les élèves	<ul style="list-style-type: none"> * Evaluations sommatives dominantes * Items et critères pas toujours adaptés par rapport aux objectifs d'évaluation visés * Ecart entre enseigné et évalué 	<ul style="list-style-type: none"> * Construction d'évaluations régulières et de différents types * Le choix des items n'est pas toujours adapté aux objectifs d'évaluation * Difficulté d'interprétation des résultats (procédures non étiquetées, erreurs non identifiées) 	<ul style="list-style-type: none"> * Construction d'évaluations régulières et de différents types, en lien avec les apprentissages visés * Aux cycles 1 et 2, organisation de grilles pour suivre l'évolution des procédures des élèves * Interpréter et exploiter les résultats des évaluations pour réguler l'enseignement
prendre en compte l'hétérogénéité des élèves	<ul style="list-style-type: none"> * Connaissance des profils des élèves mais sans en repérer les cohérences * Ne pas anticiper les difficultés des élèves pour proposer des activités adaptées aux différents besoins * Gestion au mieux pédagogique des différents rythmes 	<ul style="list-style-type: none"> * Connaître les profils des élèves, sans repérer les cohérences de fonctionnement * Organiser en amont, pendant et en aval des séances, des activités prenant en compte les besoins différents des élèves, sans jouer sur les variables didactiques, mais en proposant des tâches différentes ou identiques mais avec des aides procédurales 	<ul style="list-style-type: none"> * Connaître les profils des élèves et repérer les cohérences de fonctionnement * Organiser en amont, pendant et en aval des séances, des activités prenant en compte les besoins différents des élèves, en jouant en particulier sur les variables didactiques
faire un retour réflexif sur une pratique	<ul style="list-style-type: none"> * Pas de prise de conscience des écarts entre a priori et a posteriori, ou sans savoir les analyser (la faute revient aux élèves) * Pas de retour réflexif ni de changement de projet 	<ul style="list-style-type: none"> * Remarquer des écarts a posteriori * Difficulté à repérer les origines de ces écarts * Difficulté à prendre en compte ces écarts pour la suite 	<ul style="list-style-type: none"> * Noter sur la fiche de préparation les décalages avec les prévisions, * Modifier son projet pour tenir compte de ces écarts (côté contenu ou gestion pendant la séance ou pour la suite) * Proposer des alternatives (prendre en compte les conseils à chaud)
continuer à se former et innover	<ul style="list-style-type: none"> * Rester isolé * Ne pas considérer comme utile de se documenter ou se former 	<ul style="list-style-type: none"> * Confronter des points de vue avec des collègues et formateurs * volonté de se former mais sans savoir comment 	<ul style="list-style-type: none"> * Rechercher des informations dans des ressources scientifiques (y compris certains livres du maître) * Tester des nouvelles situations (contenus et modalités) et faire évoluer son enseignement * Proposition d'activités aux collègues, diffusion des apports de la formation

Tableau 3.1 – liste des pratiques visées et échelle de développement

Nom	
visite PES . /2	
FORMATION	
IUFM d'origine	
Formateur Maths (créteil)	
Option recherche	
Mémoire	
Note	
CONTEXTE DU STAGE	
Date de la visite	
Ecole et ville	
Classe	
Nombre d'élèves présents	
Contexte particulier	
Projet d'école et participation	
Travail avec les collègues	
MANUEL et ressources	
Titre du ou des manuels	
Comment s'est fait le choix ?	
Opinion sur le manuel	
Quel usage avec ou non le guide ?	
Autres ressources	
VISITES PRÉCÉDENTES	
Quelles remarques ? Quels apports du for-mateur (analyse, doc, ...) ?	
Qu'est-ce que ça a changé (sur la préparation ou la gestion des séances) ?	
PRÉPARATIONS	
Pourquoi faire des fiches de préparation ?	
Comment sont-elles construites : des rubriques incontournables ?	
Quel découpage de la séquence ?	
A quoi servent les fiches de préparation (en amont, pendant, après la séance)	
Quelles différences suivant les disciplines ?	
Quelle cohérence et progressivité dans la conception globale d'une séquence ?	
Consistance des contenus/objectifs	
CONTENUS ET DÉROULEMENT PREVU	
Affichages	
Rituels	
Organisation et gestion de la classe (phases, modalités, ...)	
Calcul mental	
SÉANCES OBSERVÉES	
Déroulement global	
Présence de phases prévues	
Modalités de travail	
Rappels (par prof ? par élèves ?)	
Liens (avant / après l'activité)	
Dévolution, passage de la consigne	
Temps de recherche des élèves	
Mise en commun : quelle prise en compte des procédures des élèves ? quelles hiérarchisation ?	
Validation / correction	
Institutionnalisation (quel lien avec activité ?)	
Evaluation	
Différenciation	
i-genre	(à renseigner par la suite)

ENTRETIEN - TRACES DE L' ORI			
Analyse a priori/ a posteriori			
Ressources			
Référence à des concepts de DDM			
Lien avec le mémoire en fonction du thème et de la méthodologie utilisée			
QU'EST-CE QUI VOUS SERT ET POUR QUOI ?			
"Le plus utile dans la formation ?"			
Que reprenez-vous et pour quoi faire ?	Pour préparer	Pour gérer la séance	Pour analyser ce qui s'est passé
Des séances de formation pour la préparation au concours			
Des séances de formation pour la préparation aux stages			
Des séances de formation de l'OR1			
Quelle utilité du mémoire ?			
Seriez-vous intéressé pour qu'on vienne faire une expérimentation dans votre classe dans le cadre de l'OR1 ?			
Est-ce que quelque-chose a manqué dans votre formation ?			
Quelles alternatives ?			
BILAN FORMATIF			
Dates	Commentaires des autres formateurs		

Tableau 3.2 – grille de suivi en classe

Annexe 4 – analyse du questionnaire concernant les options Genre et EPS

Utilité des contenus de l'initiation à la recherche pour prendre en compte la question du genre

Parmi les étudiant.e.s stagiaires inscrit.e.s dans l'un des groupes à choix thématiques intégrant des enseignements concernant l'égalité filles-garçons, 71 ont répondu à un questionnaire en ligne administré en janvier, soit à mi-année. Parmi ceux et elles-ci, 41 avaient une question de recherche liée à une problématique de genre pour la réalisation de leur mémoire : 32 suivaient des enseignements considérant uniquement les questions d'égalité filles-garçons et de genre, et 9 suivaient des enseignements en didactique de l'EPS qui leur permettaient d'approfondir la thématique de l'égalité et de la mixité filles-garçons en choisissant une question de recherche dans cette thématique pour la réalisation de leur mémoire. En EPS, c'est le lien avec les études spécialisées antérieures ou l'expérience sportive qui prévaut dans le choix de l'option par les étudiant.es. Pour l'option uniquement ciblée sur l'égalité des sexes, c'est clairement le choix lié à l'actualité sociétale qui domine mais aussi des contraintes liées à la formation (choix imposé en raison de différentes contraintes structurelles).

Pour les questionnaires renseignés par les étudiant.e.s de la formation à et par la recherche sur l'enseignement de l'EPS (qui font un mémoire sur le thème du genre en EPS uniquement) et ceux incluant l'égalité des sexes de manière spécifique, les réponses sur l'utilité de cette initiation sont synthétisées dans le tableau 4.1.

Profils des étudiants en initiation à la recherche		N =	Effets positifs (bons/très bons)	Effets négatifs (très faibles)	Effets incertains (moyens, ni bons ni faibles)
Groupe égalité des sexes		32	19	1	12
Groupe suivant des enseignements EPS	Étudiants ayant choisi le thème de l'égalité	9	6	0	3
	Étudiants ayant choisi un autre thème	29	3	8	18

Tableau 4.1 : effets de la formation à la recherche pour l'égalité des sexes dans l'éducation

Le questionnaire permettait ensuite d'approfondir les appréciations et de les spécifier à partir de 18 items proposés concernant la pratique enseignante. Les étudiant.es devaient répondre à la question suivante : « Dans l'exercice de votre pratique professionnelle, comment prenez-vous en considération les questions liées au genre ? » Nous ne présentons dans le tableau 4.2 que les items didactiques et n'inscrivons que les réponses positives (pas de non-réponse ni nul).

Items	Groupe égalité N=32	Groupe EPS avec égalité N=9	Groupe EPS hors égalité N=29
Lors de la conception d'une séquence	6	4	8
Lors de la conception d'une séance	6	3	6
Dans le choix d'un thème à aborder	12	4	8
Dans le choix d'un support (manuel, album, vidéo...)	13	2	19
Dans le choix des formes de groupement des élèves	23	7	15
Dans le choix d'une forme d'activité (individuelle, groupe...)	19	5	2
Dans la conception de l'évaluation	3	1	2
Pendant que vous faisiez la classe	20	4	12
Dans la manière d'interroger les élèves	23	7	13
En abordant un thème	12	3	11
En utilisant un support	12	1	9
En regardant les élèves en activité	15	5	13
À la suite de l'évaluation et des résultats des élèves	8	2	8

Tableau 4.2 : prise en compte de la question de l'égalité des sexes dans des gestes professionnels spécifiques

Nous remarquons quelques constantes dans l'importance que les étudiant.e.s débutant.e.s accordent à l'égalité filles-garçons :

- les items didactiques proposés ne sont jamais unanimement considérés comme importants ;
- les étudiant.es du groupe EPS ne réalisant pas le mémoire sur l'égalité accordent une attention non négligeable à cette thématique même si elle est de moindre importance et moins constante que celle accordée par les étudiant.es des autres groupes ;
- les items dans lesquels la considération pour l'égalité est la plus présente sont peu nombreux (5 items sur 13) ; la considération/non-considération est très proche pour les trois groupes. Il semblerait que l'approfondissement thématique en formation a un impact non négligeable sans toutefois se distinguer de manière singulière suivant le thème ;
- la conception didactique : séquence, séance, évaluation intègrent le moins la prise en compte de l'égalité ;
- les déclarations montrent une prise de conscience plus importante sur les sous-thèmes plus généraux du vivre-ensemble, répondant assez facilement à des observations spontanées ou à des situations expérimentées et rencontrant directement des situations professionnelles qui posent problème.

Ces résultats sont conformes à ceux qui ont été obtenus antérieurement dans une recherche similaire portant sur un échantillon d'étudiant.e.s débutant.e.s du second degré en EPS (Couchot-Schiex *et al.*, 2009). Les perceptions liées à la réalisation du mémoire sont très tranchées dans les options intégrant la question de l'égalité des sexes, et représentent deux tendances qui s'opposent (tableau 4.3).

La réalisation de votre mémoire présente-t-elle de l'intérêt pour vous ?	Pas ou peu utile	utile ou très utile
	43	28

Tableau 4.3 : intérêt du travail de mémoire pour les options intégrant l'égalité des sexes

Pour interpréter ce résultat, il faut rappeler que le questionnaire a été renseigné à mi-année. Sans posséder d'éléments quantitatifs pour en attester, l'expérience d'accompagnement des étudiant.es dans la réalisation du mémoire autorise à évoquer la modification de ces perceptions en fin d'année lorsque le mémoire est terminé, ainsi qu'en témoignent nombre d'étudiant.e.s à l'issue de la soutenance. Les raisons évoquées font apparaître trois thèmes majeurs : celui du manque de temps, celui de la professionnalisation et celui de l'initiation à la recherche.

Le thème du *temps* est évoqué dans 25 réponses en lien avec une évaluation négative de l'intérêt de réaliser le mémoire. Ce n'est pas le travail en lui-même qui est remis en question, mais les conditions de son élaboration.

Le thème de la *professionnalisation* est évoqué dans 18 réponses. Il est partagé entre les opinions négatives (plus nombreuses) et les opinions positives. Au titre de ces dernières on peut retenir le lien entre le sujet étudié et la transformation des pratiques de classe, ou la relation avec la pratique professionnelle, ce qui peut, à l'inverse, être perçu comme négatif quand les possibilités de transformation des pratiques n'émergent pas ou quand elles restent insuffisamment perçues comme utiles à faire la classe.

Enfin, le thème de *l'initiation à la recherche* est abordé dans 21 réponses justifiant majoritairement des opinions positives, les quelques opinions négatives étant liées au problème temporel. Les opinions positives font valoir soit un intérêt personnel pour la thématique, soit un intérêt renforcé par des « découvertes » théoriques : en contrebalançant « le côté très professionnalisant du master, offrant ainsi un moment de véritable réflexion » ; et en permettant de « prendre du recul sur nos pratiques, sur la formation, et de contribuer à son évolution par un constat objectif et des propositions de solutions dans des domaines variés. ».

Annexe 5 – synthèse des réponses des enseignant.e.s du LéA RMG à un questionnaire posé après 6 ans de travail collaboratif

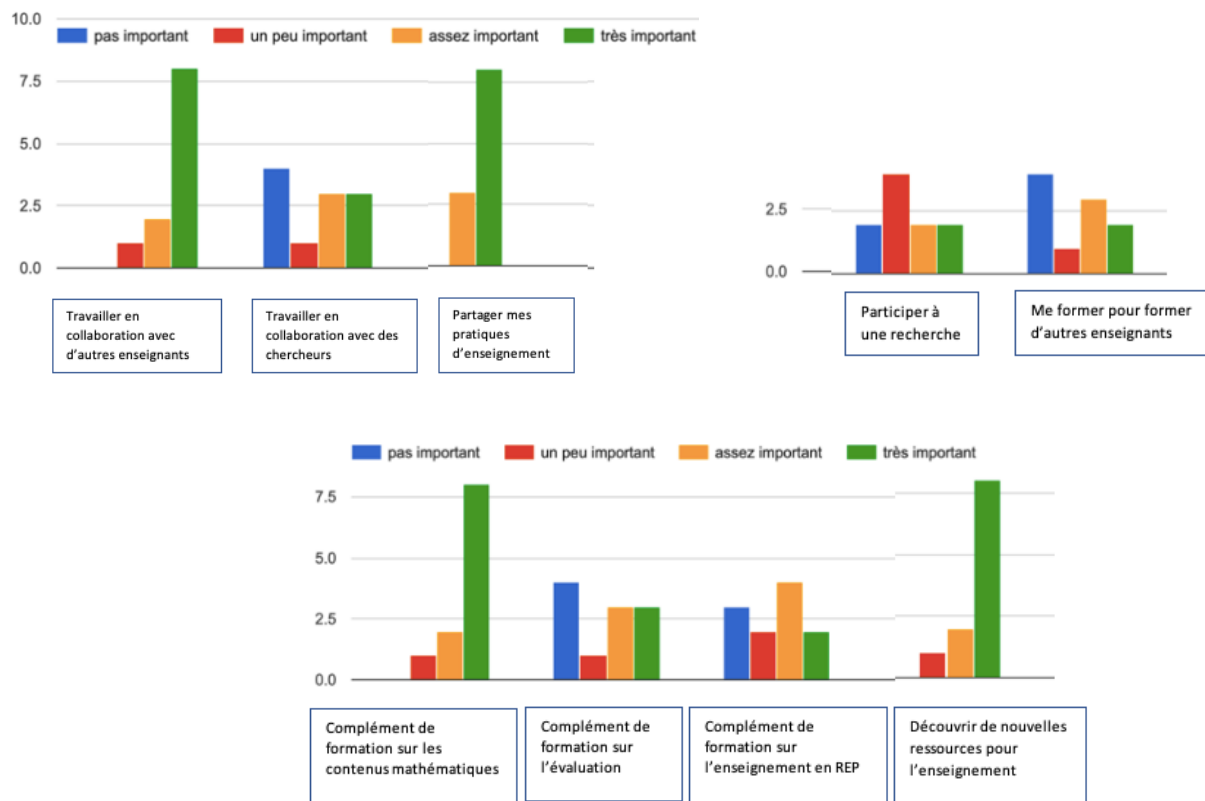


Figure 5.1 – Collaborations ayant motivé les enseignant.e.s pour entrer dans le LéA (réponses à la question : *Qu'est-ce qui, à l'origine, t'a donné envie de participer au LéA RMG ?*)

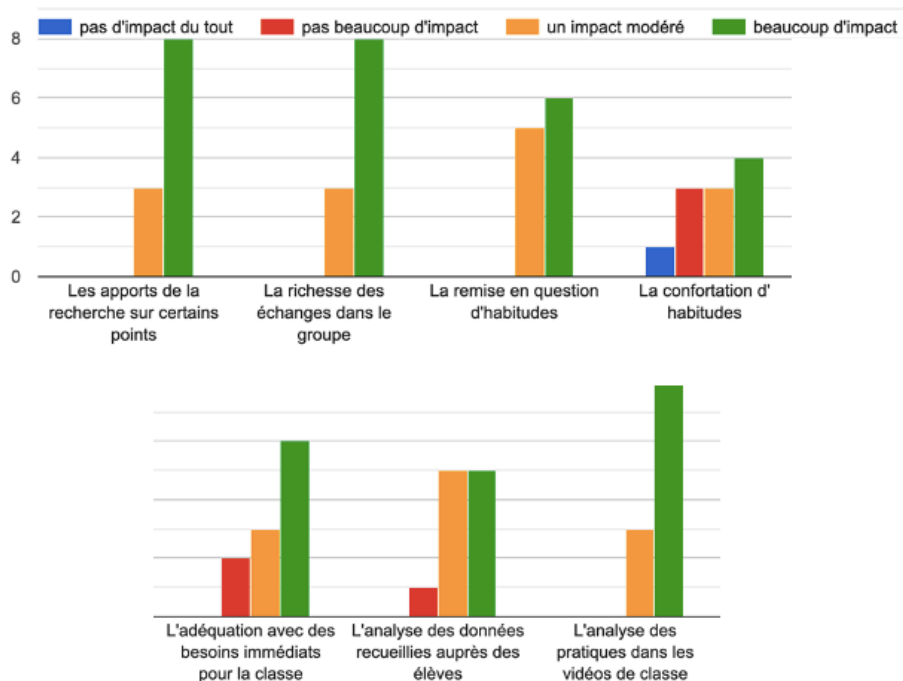


Figure 5.3 – Les éléments des réunions qui ont eu le plus d'impact sur les enseignants (réponses à la question : « *Qu'est-ce qui a fait que certaines réunions, ou certains moments dans ces réunions, ont eu pour toi plus d'impact ?* »)

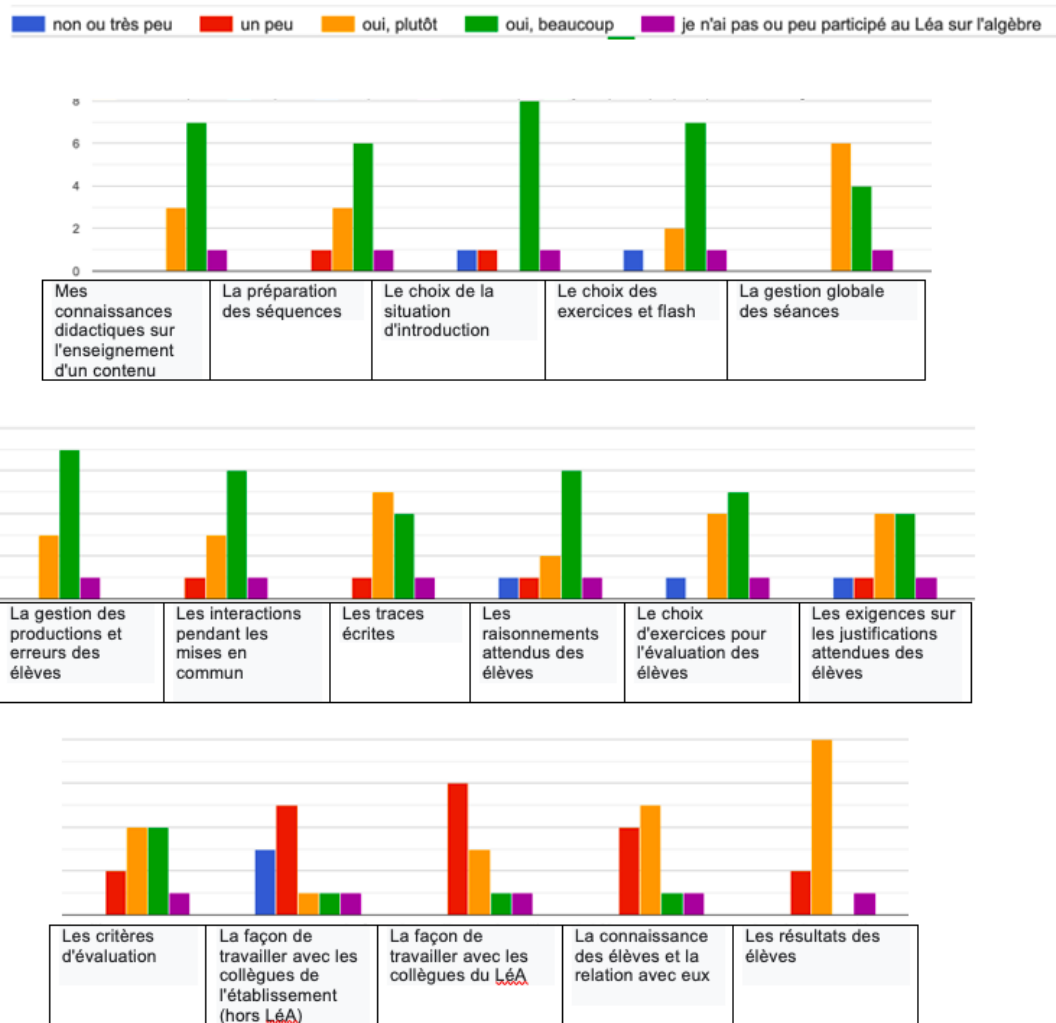


Figure 5.2 – Ce sur quoi la participation au LÉA a eu un impact déclaré dans la pratique des enseignant.e.s (réponses à la question : « Ta participation au LÉA RMG sur la thématique de l'algèbre a modifié en particulier... »)

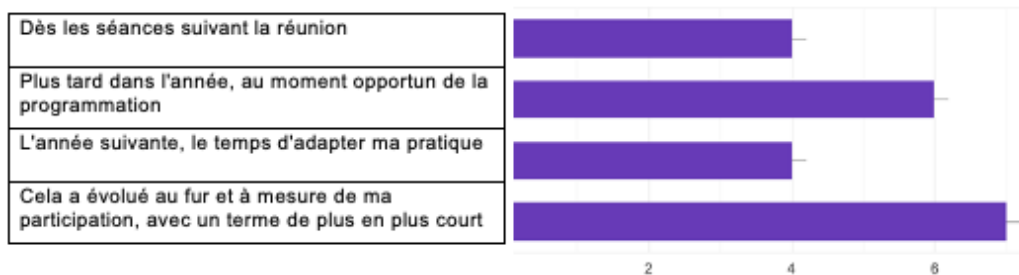


Figure 5.4 – Terme auquel la participation au LÉA a eu un impact déclaré dans la pratique des enseignants (plusieurs réponses possibles à la question : « À quel terme dirais-tu que les réunions du LÉA ont eu une influence sur ta pratique ? »)

Annexe 6 – utilisation du test Pépité pour évaluer les compétences algébriques des élèves des classes des enseignant.e.s du LéA RMG

Composante	Niveau	Description
Usage de l'algèbre	Niveau 1	Disponibilité de l'outil algébrique et usage adapté aux types de problèmes du domaine
	Niveau 2	Usage de l'outil algébrique adapté dans certains types de problèmes
	Niveau 3	Usage de l'outil algébrique non motivé et non adapté
	Niveau 4	Non disponibilité de l'outil algébrique et usage persistant de démarches arithmétiques
Traduction entre différents registres sémiotiques	Niveau 1	Traduction adaptée et contrôlée
	Niveau 2	Traduction fréquemment sans reformulation
	Niveau 3	Traduction pour schématiser
Calcul algébrique	Niveau 1	Calcul intelligent et contrôle préservant l'équivalence des expressions
	Niveau 2	Calcul basé sur des règles syntaxiques souvent à l'aveugle ne préservant pas l'équivalence des expressions
	Niveau 3	Calcul sans signification et non opératoire, erreurs du type $3+x \rightarrow 3x$ et $a^2 \rightarrow 2a$

Tableau 6.1 - Les niveaux sur les composantes permettant de décrire les connaissances et compétences des élèves en algèbre (L'échelle présentée ici est celle pour le niveau attendu en fin de collège en France).

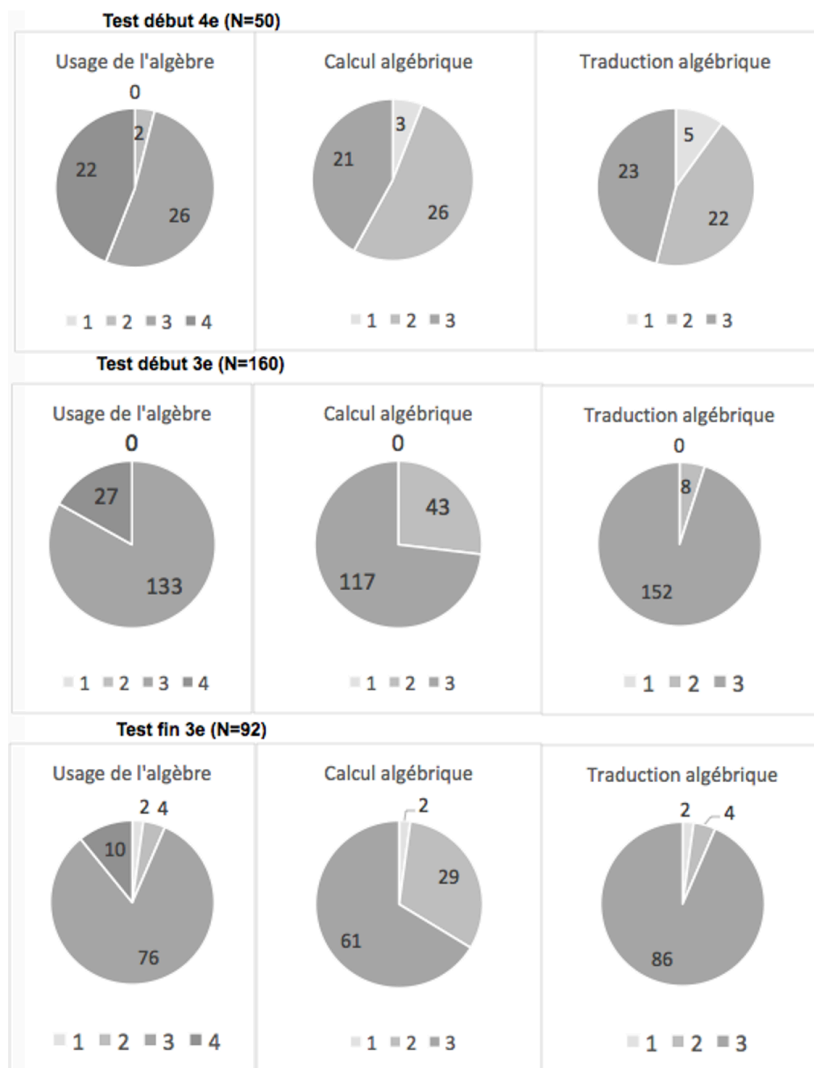


Figure 6.2 : résultats des élèves aux tests Pépité passés durant les années du LéA RMG

Annexe 7 – utilisation du test Pépité pour évaluer les compétences algébriques des élèves des classes des enseignant.e.s de la formation PACAL

	Pré-test	Post-test																								
Modéliser	<table border="1"> <caption>Modéliser - Pré-test</caption> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Nombre d'élèves</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>non évalué</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Insuffisant</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Fragile</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>Satisfaisant</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Très Satisfaisant</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Nombre d'élèves	non évalué	0	Insuffisant	7	Fragile	11	Satisfaisant	0	Très Satisfaisant	2	<table border="1"> <caption>Modéliser - Post-test</caption> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Nombre d'élèves</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>non évalué</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Insuffisant</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Fragile</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Satisfaisant</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Très Satisfaisant</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Nombre d'élèves	non évalué	0	Insuffisant	0	Fragile	13	Satisfaisant	1	Très Satisfaisant	3
Catégorie	Nombre d'élèves																									
non évalué	0																									
Insuffisant	7																									
Fragile	11																									
Satisfaisant	0																									
Très Satisfaisant	2																									
Catégorie	Nombre d'élèves																									
non évalué	0																									
Insuffisant	0																									
Fragile	13																									
Satisfaisant	1																									
Très Satisfaisant	3																									
Prouver	<table border="1"> <caption>Prouver - Pré-test</caption> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Nombre d'élèves</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>non évalué</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Insuffisant</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Fragile</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Satisfaisant</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Très Satisfaisant</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Nombre d'élèves	non évalué	0	Insuffisant	10	Fragile	10	Satisfaisant	0	Très Satisfaisant	0	<table border="1"> <caption>Prouver - Post-test</caption> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Nombre d'élèves</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>non évalué</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Insuffisant</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Fragile</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Satisfaisant</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Très Satisfaisant</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Nombre d'élèves	non évalué	0	Insuffisant	0	Fragile	14	Satisfaisant	0	Très Satisfaisant	3
Catégorie	Nombre d'élèves																									
non évalué	0																									
Insuffisant	10																									
Fragile	10																									
Satisfaisant	0																									
Très Satisfaisant	0																									
Catégorie	Nombre d'élèves																									
non évalué	0																									
Insuffisant	0																									
Fragile	14																									
Satisfaisant	0																									
Très Satisfaisant	3																									
Représenter	<table border="1"> <caption>Représenter - Pré-test</caption> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Nombre d'élèves</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>non évalué</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Insuffisant</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>Fragile</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Satisfaisant</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Très Satisfaisant</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Nombre d'élèves	non évalué	0	Insuffisant	11	Fragile	7	Satisfaisant	0	Très Satisfaisant	2	<table border="1"> <caption>Représenter - Post-test</caption> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Nombre d'élèves</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>non évalué</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Insuffisant</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Fragile</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Satisfaisant</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Très Satisfaisant</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Nombre d'élèves	non évalué	0	Insuffisant	5	Fragile	10	Satisfaisant	0	Très Satisfaisant	2
Catégorie	Nombre d'élèves																									
non évalué	0																									
Insuffisant	11																									
Fragile	7																									
Satisfaisant	0																									
Très Satisfaisant	2																									
Catégorie	Nombre d'élèves																									
non évalué	0																									
Insuffisant	5																									
Fragile	10																									
Satisfaisant	0																									
Très Satisfaisant	2																									
Calcul littéral	<table border="1"> <caption>Calcul littéral - Pré-test</caption> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Nombre d'élèves</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>non évalué</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Insuffisant</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>Fragile</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Satisfaisant</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Très Satisfaisant</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Nombre d'élèves	non évalué	0	Insuffisant	11	Fragile	3	Satisfaisant	0	Très Satisfaisant	6	<table border="1"> <caption>Calcul littéral - Post-test</caption> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Nombre d'élèves</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>non évalué</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Insuffisant</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Fragile</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Satisfaisant</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Très Satisfaisant</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Nombre d'élèves	non évalué	0	Insuffisant	2	Fragile	13	Satisfaisant	0	Très Satisfaisant	2
Catégorie	Nombre d'élèves																									
non évalué	0																									
Insuffisant	11																									
Fragile	3																									
Satisfaisant	0																									
Très Satisfaisant	6																									
Catégorie	Nombre d'élèves																									
non évalué	0																									
Insuffisant	2																									
Fragile	13																									
Satisfaisant	0																									
Très Satisfaisant	2																									
Calcul numérique	<table border="1"> <caption>Calcul numérique - Pré-test</caption> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Nombre d'élèves</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>non évalué</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Insuffisant</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Fragile</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Satisfaisant</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Très Satisfaisant</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Nombre d'élèves	non évalué	0	Insuffisant	5	Fragile	8	Satisfaisant	0	Très Satisfaisant	7	<table border="1"> <caption>Calcul numérique - Post-test</caption> <thead> <tr> <th>Catégorie</th> <th>Nombre d'élèves</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>non évalué</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Insuffisant</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Fragile</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Satisfaisant</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Très Satisfaisant</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	Catégorie	Nombre d'élèves	non évalué	0	Insuffisant	9	Fragile	6	Satisfaisant	0	Très Satisfaisant	2
Catégorie	Nombre d'élèves																									
non évalué	0																									
Insuffisant	5																									
Fragile	8																									
Satisfaisant	0																									
Très Satisfaisant	7																									
Catégorie	Nombre d'élèves																									
non évalué	0																									
Insuffisant	9																									
Fragile	6																									
Satisfaisant	0																									
Très Satisfaisant	2																									

Tableau 7.1 – résultats des élèves aux pré et post-test Pépité dans une classe de la formation PACAL

Résumé

La synthèse de mes travaux de recherche présentée ici vise à relier a posteriori plusieurs axes de réflexion autour de l'analyse de pratiques enseignantes en mathématiques, axes poursuivis grâce à différentes collaborations avec d'autres chercheur.e.s depuis ma thèse.

Tout en restant dans le cadre de la Double Approche Didactique et Ergonomique pour l'analyse des pratiques enseignantes, et en donnant toujours une place centrale aux activités mathématiques des élèves, nos outils pour décrire et caractériser ce que font les enseignant.e.s en classe de mathématiques se sont enrichis, au contact d'autres approches, et en particulier à travers la prise en compte de questions relatives à l'évaluation des apprentissages mathématiques des élèves.

D'autre part, le passage d'études de cas locales, maintes fois répétées sur différents contenus mathématiques, à des études à grande échelle, en ce qui concerne les effectifs d'enseignant.e.s impliqué.e.s ou le temps long de l'étude, nous a permis non seulement de consolider nos outils d'analyse, en mettant en lumière ce qui, selon nous, peut jouer un rôle dans les apprentissages mathématiques des élèves, mais aussi de confirmer certains de nos résultats à plus petite échelle sur la variété et la cohérence des pratiques.

Enfin, ces résultats nourrissent nos réflexions sur la formation des enseignant.e.s, et nous outillent pour analyser les dispositifs de formation et les pratiques des formateurs et formatrices, ainsi que leurs effets sur le développement des pratiques enseignantes en mathématiques.

Des pistes de recherches à mener dans le prolongement de celles-ci concluent cette synthèse.