

# Présentation de l'ouvrage

Cet ouvrage rend compte de prolongements qui peuvent être apportés aux outils et aux formations présentés dans le livre *Une caméra au fond de la classe de mathématiques. (Se) former au métier d'enseignant à partir du secondaire à partir de vidéos*. Les onze nouveaux chapitres conçus pour être indépendants, ont pour ambition de compléter l'ouvrage précédent que nous appellerons « tome 1 ».

## **Introduction : former les enseignants, une piste importante pour améliorer la situation de l'enseignement des mathématiques**

Les résultats des évaluations mathématiques CEDRE et PISA pour le secondaire, présentés dans le tome 1, n'étaient déjà pas fameux et ils ne se sont pas améliorés depuis, pas plus que ceux de TIMSS d'ailleurs (cf. chapitre 9 en partie 2). D'autres difficultés, moins quantifiées mais tout aussi réelles, affectent l'enseignement des mathématiques actuel, liées aux réformes en cours et aux changements du métier notamment (cf. chapitre 9 en partie 2). Alors qu'est-ce qui est en cause ? Nous voulons souligner qu'en particulier les formations des enseignants ont une certaine responsabilité dans cette histoire.

Nous pensons que les mauvais scores des élèves témoignent d'une pluralité de causes, achevées, dans l'enseignement secondaire. Nous mettons à part ce qui pèse sur l'école primaire, qui n'est pas nouveau<sup>1</sup> mais ne semble pas sensiblement amélioré.

Au collège et au lycée, d'une part, la succession des programmes peut être incriminée. Ils changent trop vite, trop souvent, pour que les enseignants, même formés, aient le temps de se les approprier (cf. rapport Villani-Torossian). Les modifications sont liées notamment à l'intégration des TICE, à l'introduction d'éléments d'algorithme, et à une certaine pratique de la modélisation, et n'ont pas contribué à améliorer la situation : il faut du temps, beaucoup de temps (Laborde, 2018) pour une appropriation individuelle suffisante par les enseignants des changements qui

---

1 Et nous ne tenons pas compte ici des années covid...

en résultent. En effet, il s'agit de mettre au point des dispositifs adaptés aux différents élèves, mais qui soient aussi confortables pour l'enseignant, et cela demande du temps, encore une fois, d'autant que l'expérience joue aussi pour les peaufiner. Les volumes horaires alloués baissent aussi et ne favorisent pas les expérimentations en classe ni même une véritable participation des élèves, ce qui renforce la difficulté pour les enseignants d'entraîner dans une activité mathématique les élèves qui se contentent d'un minimum.

Les récentes réformes du lycée (en 2019), à partir de la classe de première, ne semblent pas modifier la situation, si ce n'est par une certaine diminution, très préoccupante, des effectifs des élèves faisant des mathématiques et notamment des filles dès la classe de première (cf. chapitre 9).

D'autre part, la ségrégation scolaire grandissante contribue à aggraver les écarts entre élèves et à faire baisser les performances des plus défavorisés. On sait l'importance, pour les enfants, des apports de la famille et du milieu de vie, en amont des études<sup>2</sup> ; les relations entre origine sociale et résultats scolaires, y compris en mathématiques, l'attestent ; les inégalités dues à l'environnement social et familial sont même renforcées par des cercles vicieux liés notamment aux répartitions géographiques non mixtes qui en découlent<sup>3</sup>. Ainsi des populations mixtes s'éloignent de plus en plus de certains établissements, au risque d'aggraver ainsi les conditions de travail des enseignants et des élèves.

S'y ajoutent des différences individuelles, au sein de chaque groupe social, et des « appétences » variées des élèves pour cette discipline particulière, ne traitant pas directement du monde réel, très formelle. Apprendre les mathématiques nécessite beaucoup de souplesse mentale, de reconnaissances de ce qui doit être utilisé, d'adaptations du général au particulier, de changements de points de vue fréquents et aussi de traitements quelquefois fastidieux (suites de calculs, numériques, algébriques, vectoriels, fonctionnels...) et de raisonnements à organiser, qui nécessitent sans doute des éclaircissements nombreux, notamment pour ceux qui n'y sont pas familiarisés chez eux.

Enfin, la dégradation des conditions de travail des enseignants est un facteur aggravant, avec pêle-mêle des tâches administratives toujours plus lourdes, la diminution des heures de concertation entre enseignants, peu d'heures d'enseignement en demi-classes, peu de possibilité de co-animation des classes, ou encore des élèves dont un certain nombre développe un rapport à l'école et au savoir

---

2 Que ce soit en termes de pratique intellectuelle ou d'image de la discipline, voire de l'école.

3 En termes de sélection des élèves dans les différents établissements et de non démocratisation du système (cf. Merle (2018), Brocholicchi (2010, 2018), Bautier et Rayou (2009), Rochex et Crinon (2011).

négalif. Les salaires trop bas s'y ajoutent et rendent le recrutement difficile<sup>4</sup>. De ce fait, de nombreuses heures d'enseignement sont assurées par des personnes vacataires, ou contractuelles, peu ou pas formées, et quelquefois même ces heures ne sont pas assurées du tout. Pour avoir un aperçu de l'évolution du métier telle qu'elle est ressentie par les enseignants, quelques réponses à un questionnaire sont reproduites dans le chapitre 9 en partie 2.

Mais cette première tentative de réponse, conjoncturelle, à la question de l'aggravation des résultats négatifs de l'éducation nationale ne nous suffit pas, et ce n'est pas seulement parce qu'elle est donnée très vite et à trop grands traits !

De fait, il reste des élèves qui apprennent, des professeurs motivés et des classes qui « marchent », y compris dans les établissements considérés comme difficiles du fait du recrutement socio-géographique des élèves et de la concurrence entre établissements.

La deuxième réponse que nous suggérons est, peut-être davantage encore, compte tenu de toutes ces difficultés et ces nouveautés incessantes, que la formation professionnelle des enseignants reste un moyen privilégié pour enrichir les pratiques et améliorer les apprentissages des élèves et n'est pas aussi développée que nécessaire. De plus, il y a beaucoup de nouvelles ressources, notamment sur internet, qui contribuent sans doute à faire changer la donne, y compris pour les enseignants débutants, sans que l'on sache exactement comment ça joue, et cela majore aussi les exigences qui pèsent sur les formations.

Ainsi l'enjeu des formations est pour nous central, et c'est l'exposé de ce qui peut faire partie du travail à mener avec les enseignants et les formateurs qui est poursuivi dans ce tome 2.

Soulignons que ces outils que nous partageons ici ne peuvent révéler leur efficacité que si certaines conditions minimales sont respectées dans les formations, y compris pour la formation des formateurs. Or, là encore, l'organisation de cette formation ne semble pas toujours optimale, avec, pour ne citer que cela, des changements structurels fréquents, mais aussi une formation initiale des enseignants souvent « polluée » par de nombreuses évaluations. On peut y ajouter des mises en relation difficiles entre les premières expériences en classe et les formations, et la charge de travail des stagiaires<sup>5</sup> qui peut empêcher une certaine prise de distance, pourtant nécessaire (cf. chapitre 9 en partie 2). Sans parler de la formation continue très (trop) réduite, proposée la plupart du temps aux seuls volontaires, voire absente, etc. C'est avec toutes ces informations et précautions en tête qu'il s'agit d'aborder cet ouvrage.

---

4 Et le recours à un nombre grandissant de vacataires.

5 Mal rétribués de surcroît.

## I. Rappel des démarches présentées dans le tome 1

Dans le tome 1 nous avons partagé des outils d'analyses puis des analyses de pratiques, le plus souvent filmées dans des classes<sup>6</sup>, et des séances de formation. Outils et analyses éclairent les choix qu'ont à faire au quotidien, explicitement ou non, les enseignants de mathématiques de collège et de lycée. Notre ambition était de contribuer à enrichir les pratiques des enseignants de mathématiques, en particulier en classe, et/ou à concevoir des formations ayant cet objectif. Ces objectifs de formation nous avaient amenées à une présentation écrite de ces analyses, proche de ce qui avait été organisé effectivement dans un master de formation de formateurs<sup>7</sup>, en conformité avec nos hypothèses sur l'enrichissement des pratiques.

Nos hypothèses sur les pratiques enseignantes et leur développement nous amènent en effet à nous appuyer en formation, autant que possible, sur des séances de classe, filmées, pour les analyser et les discuter (cf. chapitre 1). Le but est de dégager et d'explicitier à partir de ces discussions les choix qui sont en jeu dans les pratiques. Nous nous étions ainsi intéressées dans la première partie du tome 1 à des séances d'exercices en classe, qui donnaient lieu à des analyses de tâches et de déroulements. Cela permettait de discuter des alternatives éventuelles en dégageant des palettes de choix possibles. Ces discussions conduisaient naturellement, dans un second temps, à analyser les contraintes en jeu, liées aux contenus, aux programmes, aux difficultés des élèves, ce que nous appelons le relief sur les notions à enseigner, en dégageant les enjeux à la fois institutionnels et individuels de l'enseignement. Suivait un chapitre sur les hypothèses que nous adoptons sur les pratiques, décrites comme complexes et cohérentes, avec des lignes de force qui organisent chaque pratique singulière. La réflexion que nous présentions sur leur développement permet de justifier a posteriori l'organisation adoptée dans cet écrit. On évoque à ce sujet des formations « à l'envers », à partir des pratiques, où le travail collectif sur des pratiques en séances de classe précède les analyses de contenus et de relief par exemple (on y reviendra).

Dans la mesure où ce livre est venu d'une formation de formateurs dispensée pendant plus de 15 ans (de 2002 à 2017) au sein du master professionnel déjà évoqué, qui a fait ses preuves semble-t-il, nous gardons l'idée de présenter les nouveaux contenus abordés en respectant, autant que possible, le format des séances effectives de formations ayant été organisées.

---

6 Dont des extraits sont sur le site des Presses Universitaires de Franche Comté.

7 Adossé au master de didactique des mathématiques à l'Université Paris-Diderot, qui a eu lieu de 2002 (sous forme d'un DU) à 2017.

## II. Quoi de neuf dans le tome 2 ? Une présentation globale

Ce deuxième tome s'adresse, comme le premier, à des formateurs et/ou à des enseignants expérimentés ; il s'agit de compléter les outils et les analyses donnés dans le tome 1 ainsi que les pistes de formation. Les autrices et auteurs s'appuient le plus souvent possible sur des formations ayant eu lieu, à partir d'analyses de vidéos de classe ou d'autres aspects directement liés aux pratiques de classe, et en « remontant » aux éléments visés, à partir des discussions ayant eu lieu. Les modalités envisagées pour ces formations sont ainsi plus larges que celles du tome 1 même si le principe de partir (s'appuyer sur) des pratiques en classe reste inchangé. Les supports en jeu peuvent ainsi être des vidéos, non jointes nous y reviendrons, mais aussi des productions d'élèves par exemple, voire d'autres ressources toujours directement liées aux pratiques.

Le tome 2 est ainsi constitué de deux parties – la première partie s'inscrit à la suite des deux premières parties du tome 1 ; sept chapitres se succèdent, associés à des aspects variés des pratiques qui n'avaient pas encore ou pas autant été développés dans le tome 1. Tous sont adossés à des recherches sur les pratiques, tous donnent lieu à un moment donné du chapitre à des présentations de formations « à partir des pratiques », dont le principe et la justification sont rappelés dans le premier chapitre en partie 1. Dans la deuxième partie sont présentés des compléments, qui ne sont pas conçus pour être directement travaillés en formation mais dont nous pensons qu'ils peuvent être utiles à la culture commune des formateurs (et enseignants).

Cependant, contrairement à ce qui a pu être fait dans le tome 1, il n'y a pas dans ce tome de renvois à des extraits de vidéos de classe, compte tenu notamment des conditions drastiques de leurs mises à disposition sur un site. De ce fait, la question des ressources à utiliser, dans ces formations à partir des pratiques, donne lieu à une réflexion transversale, plus ou moins développée dans les différents chapitres. On interroge en particulier l'utilisation de documents de formation produits à l'issue de recherches, ayant été, elles, documentées par des vidéos, ainsi que l'usage de simulateurs.

Interroger plus largement les liens entre recherches et formation, à l'origine de tous les chapitres de la première partie, même si c'est à des titres divers, nous a semblé nécessaire à l'issue de cette présentation, rétablissant ainsi un deuxième fil conducteur après celui du choix commun de modalité de formation (à partir des pratiques) – c'est l'objet de la conclusion, écrite à partir d'une table ronde organisée sur ce sujet entre les principales autrices de l'ouvrage.

Voici une mise en perspective plus précise des différents chapitres :

Un premier chapitre permet de rappeler la démarche globale, commune, adoptée dans le tome 1 et reprise dans tous les chapitres de la première partie. Dans les deux chapitres suivants, est ajoutée d'abord l'étude des déroulements des

moments d'exposition des connaissances qui ne figurait pas encore dans le tome 1 (chapitre 2), illustrée par une analyse détaillée de l'introduction du théorème de Thalès dans une classe de troisième (chapitre 3). Ces moments peuvent aussi être appelés « cours » mais ce mot peut désigner aussi n'importe quel moment de la classe, d'où le choix d'un mot non ambigu. Cette étude complète celle des séances d'exercices, largement travaillées dans le premier tome. Suit une analyse, plus développée que dans le tome 1, des formations à l'usage des TICE en classe de mathématiques (chapitre 4). Les chapitres suivants sont plus nouveaux : une étude des différentes évaluations que les enseignants pratiquent est d'abord présentée, comme une nouvelle source de formations possibles (chapitre 5). Les choix de langage, souvent implicites, qu'on sait de mieux en mieux analyser, font l'objet d'un autre chapitre, qui peut également être à l'origine de questionnements à installer en formation (chapitre 6). L'extension à des formations initiales d'un travail appuyé sur les pratiques (en germe chez les participants), permet d'élargir à de nouveaux publics, débutants, les modalités particulières de ces formations développées jusqu'ici pour des formateurs ou des enseignants non débutants, complétant également le tome 1. Enfin l'usage de stimulateurs apporte un éclairage différent sur d'autres ressources pour partir des pratiques.

Comme dans le premier volume, des compléments sont proposés dans la partie 2, indépendamment de toute formation, apportant approfondissements et ouvertures. Y sont exposées d'abord des données actualisées sur l'enseignement des mathématiques dans le second degré, avec les résultats des dernières évaluations nationales et internationales (Cedre 2019, Pisa 2018, TIMSS 2019- 2015), les réformes du lycée (2019), et celles des formations et recrutements (les dernières prises en compte datant de 2020). Ces données illustrent une certaine dégradation de la situation, qui peut être amplifiée par les évolutions du métier d'enseignant : en attestent des entretiens qui nous ont semblé emblématiques des opinions à ce sujet, sans prétendre à une quelconque exhaustivité. Tout ce tableau rend encore plus importantes à nos yeux des formations des enseignants approfondies, y compris disciplinaires. Le chapitre suivant de la partie 2 revient sur quelques aspects théoriques que nous adoptons et adaptons, en référence à Vygostki notamment. Un dernier chapitre apporte des éclairages sur les neuro-sciences et leurs ambitions en matière d'enseignement des mathématiques. C'est une question souvent posée en amont des formations (et dans la noosphère, qui rassemble les décideurs en matière d'éducation), et qui mérite qu'on s'y attarde.

Comme dans *Une caméra au fond de la classe*, le lecteur ou la lectrice peut effectuer une lecture non linéaire, aussi les répétitions sont destinées à rendre cette lecture possible, malgré l'unité du contenu. De plus, l'écriture des chapitres reflète une certaine diversité des autrices ; cela nous semble encore enrichir le message par cette polyphonie de points de vue à partir d'une base partagée.

Une bibliographie commune est jointe.

### III. Les résumés des différents chapitres

#### Partie 1

Le chapitre 1 « La démarche globale adoptée sur les formations professionnelles des enseignants de mathématiques du secondaire » reprend les fondements didactiques partagés dans lesquels s'inscrivent les formations décrites ensuite, sur les apprentissages et les pratiques des enseignants (appui sur les Zones Proximales de Développement Professionnel). Puis sont dégagés des principes admis sur les formations, concernant notamment leurs modalités – à partir des pratiques – et qui sont là encore mis en œuvre ou à mettre en œuvre, avec les adaptations nécessaires, dans tous les chapitres ultérieurs. On évoque parfois des formations à l'envers à cause de cette inversion entre ce qui peut être étudié en amont des pratiques, pour les comprendre, et nos scénarios où c'est l'étude directe des pratiques qui motive d'aller voir les programmes, les élèves...

Dans le chapitre 2 « L'étude des déroulements des cours (moments d'exposition des connaissances) – l'outil "proximités" » nous dégagons d'abord le rôle du cours dans les processus d'apprentissage, puis présentons les éléments que nous retenons pour analyser en recherche les cours, et les « activités d'introduction » s'il y a lieu, notamment à partir de vidéos. Nous donnons quelques exemples. Puis nous abordons les formations, initiées dans ce cas par les résultats d'un questionnaire sur les cours destiné aux élèves et aux enseignants. Nous développons un exemple nous permettant d'illustrer nos outils d'analyse spécifiques. Nous réfléchissons aux marges de manœuvre pour l'enseignement ainsi mises en évidence et terminons en élargissant l'utilisation de l'outil à l'étude de séances d'exercices.

Dans le chapitre 3 « Un cours sur l'introduction du théorème de Thalès en troisième REP : le travail de l'enseignant en classe » nous donnons de nouveaux exemples illustrant le travail de l'enseignant en classe pendant un cours (comprenant une « activité d'introduction »). Nous utilisons une monographie produite à l'issue de recherches didactiques (cahier 24 du laboratoire LDAR, publiée par l'IREM de Paris, Chappet-Paries & Robert, 2022). L'étude qui sert de base à ce document « source » a été menée à partir de vidéos, tournées en classe de troisième en 2020-2021<sup>8</sup>, en REP, depuis la séance qui sert d'introduction au théorème de Thalès jusqu'à la séance qui suit l'exposition des connaissances sur le théorème. Il ne s'agit pas ici dans un premier temps de présenter directement des séances de formation

---

<sup>8</sup> Nous remercions chaleureusement leur auteur, qui n'a pas renoncé à filmer ces séances en plein covid et malgré l'interruption forcée des vacances de Noël au milieu du chapitre.

mais de dégager à partir de descriptions précises de pratiques effectives, dans un contexte particulier, des caractéristiques qui peuvent être reprises en formation (des éléments de scénarios de formation sont indiqués à la fin). Dans la première partie, nous présentons des éléments de relief sur le théorème de Thalès à enseigner en troisième et nous montrons comment cela nous permet d'étudier le début du scénario développé par l'enseignant. Dans la deuxième partie nous illustrons le déroulement du moment d'exposition des connaissances décrit dans le document en nous centrant sur les proximités du discours de l'enseignant. De ce qui précède, nous dégagons une logique d'action particulière de l'enseignant « le pari du sens ». Dans la troisième partie, nous revenons sur le contexte REP de la classe. Après la présentation d'éléments de scénarios de formation, dans la conclusion, nous réfléchissons plus généralement à l'utilisation, par les formateurs, de ressources issues de la recherche.

Dans le chapitre 4 « Formations aux technologies numériques – De l'analyse des pratiques à leur développement » nous rappelons les constats faits sur un certain manque d'efficacité des formations continues des enseignants à l'utilisation des technologies numériques. Celui-ci semble perdurer malgré les évolutions techniques vers des outils et des applications plus performants et plus faciles à prendre en main. Interrogés sur les stages de formation qu'ils ont suivis, les enseignants soulignent souvent que le focus y est mis sur les technologies elles-mêmes et sur les tâches qui peuvent être proposées aux élèves avec ces outils en montrant, et éventuellement discutant, leur potentiel pour enrichir l'apprentissage des mathématiques. Les enseignants expriment souvent le besoin de moyens (y compris analytiques) qui leur permettraient de transformer ce potentiel présumé en potentiel attesté en classe. Pour répondre, même modestement à cet état de fait, nous proposons une démarche de formation qui s'inscrit dans celle partagée dans cet ouvrage. Après une introduction détaillant les constats précédents, notre chapitre se poursuit en trois parties. Nous précisons d'abord nos objectifs et principes en tant que chercheuse engagée dans la formation des enseignants et des formateurs à l'usage des technologies. Nous donnons ensuite un aperçu des recherches réalisées dans le domaine de la didactique des mathématiques pour comprendre et caractériser les pratiques d'enseignants intégrant les technologies dans leurs classes. Ceci nous amène ensuite à présenter des exemples de séances de formation de formateurs se basant sur les résultats de ces recherches et sur des outils d'analyse qui y sont développés, notamment ceux qui s'inscrivent dans le cadre didactique commun de cet ouvrage.

Dans le chapitre 5 « Évaluation des apprentissages des élèves en mathématiques : un levier pour la formation des formateurs et des enseignants » nous montrons que la question de l'évaluation des apprentissages des élèves, et des pratiques d'évaluation des enseignants, semble être un levier en formation pouvant permettre

de les faire évoluer vers une prise en compte plus grande des activités mathématiques des élèves. Ces pratiques d'évaluation nous semblent par ailleurs assez vite installées, avec un rapport à l'évaluation, en particulier sommative, qui ne laisse pas toujours une grande place aux apprentissages des élèves dans les choix des enseignants. Nous adoptons comme définition de l'évaluation, le fait de prendre de l'information pertinente sur l'activité mathématiques des élèves, d'interpréter cette information en lien avec une référence – qui peut être de différentes natures : institutionnelle, sociale, épistémologique – et d'exploiter cette information en vue de prendre une décision (de Ketele *et al.*, 1997). On peut alors entrevoir comment l'utilisation de la vidéo en formation, couplée avec l'analyse a priori et a posteriori de ce que les élèves produisent, peut faciliter l'accès à cette prise d'information pour les enseignants, en appui sur l'analyse des contenus traités. Le visionnage de vidéos filmées pendant les moments de mise en commun en classe permet en particulier d'aborder des questions relatives à l'évaluation formative, en se dotant d'outils d'observation des activités mathématiques des élèves, et de discuter d'exploitations possibles de ces informations, en faisant des hypothèses sur ce qui pourrait permettre de se placer dans la ZPD d'un certain nombre d'élèves de la classe, pour relier leurs productions à ce qui est attendu mathématiquement et favoriser leurs apprentissages potentiels. Des exemples de telles formations sont donnés pour en illustrer les grands principes et les déroulements, et en évoquer les effets, possibles ou avérés.

Le chapitre 6 « Actions de formation concernant le rôle du langage verbal dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques » est l'occasion de revenir sur les enjeux liés au rôle du langage dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Des éléments seront donnés pour préciser leur caractère crucial dans les classes en particulier en éducation prioritaire, sur la base de résultats de recherches menées en particulier au sein du réseau RESEIDA. Leur actualité dans les préoccupations institutionnelles ainsi que les difficultés de leur prise en compte dans les pratiques enseignantes et en formation seront aussi pointées. Puis seront présentés deux exemples de formation (un exemple en formation initiale et un exemple en formation continue). Ces formations ont été élaborées sur la base des principes d'une formation « remontante », « partant des pratiques » et articulant la prise en compte de différentes composantes (en particulier cognitive et médiative). Ces exemples permettront d'illustrer comment, en prenant appui sur des transcriptions de séances de classes (dans la première) et de productions d'élèves (dans la seconde) ces formations permettent de faire se questionner les enseignants ou futurs enseignants sur ces enjeux ainsi que le type d'outil conceptuel ou méthodologique que l'on peut proposer aux enseignants (notion de registres de représentation sémiotique et analyse logique des concepts dans la première, notion de secondarisation, formes et usages du langage dans la seconde)

pour enrichir leurs pratiques à ce sujet. Dans les deux cas, les supports sont issus de classes de l'éducation prioritaire ce qui permet également de « remonter » à des éléments liés à la composante sociale et à la composante institutionnelle des pratiques tout en pointant certaines « tensions » dans les pratiques enseignantes. Par ailleurs, ces supports sont issus de recherches et des éléments d'analyse ont fait l'objet de publications.

Dans le chapitre 7 « Exemples tirés de pratiques de formation initiale s'inscrivant dans la démarche générale commune d'une formation "à l'envers" » nous montrons comment nous nous inspirons de la démarche commune, initialement ancrée dans une formation de formateurs, pour l'adapter dans le cadre d'une formation initiale d'enseignants de mathématiques. Nous précisons quelques éléments de contexte, que nous appréhendons comme des conditions favorables à la mise en œuvre d'une telle démarche dans la formation initiale. Ces conditions (correspondant pour partie à des choix faits par l'équipe de formateurs concernée) touchent notamment l'organisation de l'accompagnement des étudiants – enseignants stagiaires (tutorat INSPE et visites, suivi de mémoires ou d'écrits professionnels, dispositif de soutien pour des étudiants en difficulté, etc.). Cela permet une meilleure prise en compte des composantes de leurs pratiques enseignantes (car observées sur un temps long et suivant différents temps individualisés de formation). Cet accompagnement individualisé « *sur un temps long* » est prolongé aussi lors de séances collectives de formation conduites par les formateurs, dont les contenus restent pour partie volontairement ouverts pour retenir ou adapter ces contenus au regard d'hypothèses formulées à partir des trajectoires des enseignants débutants observées, à la fois singulières et collectives. La visée est de se situer au mieux dans une ZPDP liée à leurs pratiques. Cette souplesse n'exclut pas par ailleurs des balises dans ces mêmes contenus et leur temporalité, liées à ces mêmes hypothèses. Nous exposons dès lors des exemples qui relèvent de nos pratiques en formation initiale – en vue d'organiser des « remontées » régulières à partir des pratiques enseignantes : le dispositif de la « question du jour » et la prise d'appui sur des « observables » liés aux pratiques enseignantes et leur analyse en formation (cahiers d'élèves, épisodes filmés dans des classes d'enseignants chevronnés ou débutants ou des supports de préparation de classe). Ces « observables » proviennent fréquemment de classes autres que celles des étudiants-enseignants-stagiaires concernés. Enfin nous questionnons les « ressources » pour les pratiques enseignantes et leur analyse en formation : une source de questionnement est le choix de ces ressources et la place donnée à ces ressources dans la formation des enseignants. Nous concluons en revenant sur les trois principes qui se conjuguent en permanence dans les pratiques de formation initiale ainsi décrites : « remontée à partir de » pratiques enseignantes, problématisation des pratiques enseignantes, Zone Proximale de Développement des pratiques enseignantes.

Dans le chapitre 8 « Simulateurs et ingénieries de formation » nous présentons une modalité particulière de formation basée sur l'utilisation de simulateurs de classe. En travaillant sur les pratiques de formation des enseignants de mathématiques à l'usage des technologies numériques, nous avons développé une ingénierie de formation basée sur l'analyse de pratiques filmées. Dans ce scénario, la vidéo de classe est au cœur d'une démarche avec analyse a priori, anticipation des réactions des élèves, analyse de l'écart entre le prévu et le réalisé, définition et explicitation d'une problématique professionnelle. Si cette ingénierie a montré son intérêt, elle nous a amené à questionner le caractère opportuniste des connaissances émergeant. En effet, ces dernières dépendent de ce qui s'est passé durant les expérimentations servant à l'analyse de pratiques, mais aussi des formés, de ce qu'ils identifient durant cette analyse, de leur propre expérience et de la capacité du formateur à les identifier en direct. Pour pallier cette difficulté, nous nous sommes tournés vers des moyens de contrôler les situations analysées tout en impliquant les pratiques du stagiaire. Au lieu de nous appuyer sur les pratiques des formés ou d'enseignants volontaires, nous avons choisi de concevoir (faute d'outils adaptés) et d'utiliser dans le même scénario que celui d'analyse de vidéo, des simulations informatiques. Les stagiaires peuvent faire la simulation un nombre important de fois, tester des hypothèses, confronter leurs résultats à ceux de leurs pairs, remettre en question les réponses du logiciel... Nous obtenons ainsi une expérience identique pour tous dont nous connaissons les caractéristiques puisque nous les avons déterminées. L'objectif de ce chapitre est de présenter notre démarche de conception qui s'appuie sur l'analyse a priori d'une situation de classe, des captations vidéo de la mise en œuvre de cette situation qui permettent d'identifier les réactions réelles des élèves et les choix d'enseignants ordinaires. Nous décrivons ensuite les caractéristiques des simulations produites puis des usages de cet outil en formation.

## Partie 2. Compléments

Le chapitre 9 « Des données quantitatives à partir d'évaluations à grande échelle – des réformes du lycée et des formations – des changements dans le métier » est dévolu à divers compléments apportant des informations quantitatives sur l'état de l'enseignement des mathématiques en France à partir d'évaluations à grande échelle, et qualitatives sur les réformes en cours (lycée, formations), avec quelques conséquences quantitatives déjà analysées. Un bref aperçu des changements du métier d'enseignant est donné par le biais de deux questionnaires emblématiques. Le chapitre 10 « Aux sources de la ZPD (externe - interne) et de la théorie de l'activité, quelques pistes » revient sur des aspects théoriques aux fondements de nos démarches, avec des rappels sur Vygostki et sur la théorie de l'Activité.

Dans le chapitre 11 « Des neurosciences à l'enseignement des mathématiques : premiers constats, premières interrogations » nous interrogeons les liens entre ces sciences et les pratiques enseignantes. En France, comme dans d'autres pays, les neurosciences occupent une part de plus en plus importante des espaces médiatique et politique. Parallèlement, les études sur le cerveau suscitent un intérêt croissant du grand public et du monde de l'éducation en particulier. Parmi les chercheurs en neurosciences cognitives, certains s'intéressent aux connaissances mathématiques, et en tirent parfois des conséquences à propos de l'enseignement. Une réflexion s'impose donc à ce sujet. Nous avons choisi de la mener à partir de travaux où, précisément, les chercheurs en neurosciences développent des recommandations pour l'enseignement des mathématiques. Nous commençons par présenter leurs hypothèses sur le fonctionnement cérébral et son développement, puis nous nous attardons sur deux recherches en examinant les méthodes mises en œuvre, la nature des connaissances mathématiques étudiées et les conclusions que les auteurs en tirent sur l'activité souhaitable des professeurs. Nous espérons ainsi contribuer à la réflexion sur ce qu'il est devenu courant d'appeler les « *evidence based practices* ».

La conclusion interroge le bilan de ce qui est présenté dans la partie 1 ainsi que les liens entre recherches et formation, en distinguant les enrichissements, à transposer, et les adaptations des recherches à l'origine de ces chapitres. La réflexion est élargie aux questions de diffusion de nos travaux.