



HAL
open science

Exemples de recherches en didactique des mathématiques sur la formation des enseignants (premier et second degrés)

Mariam Haspekian, Julie Horoks

► To cite this version:

Mariam Haspekian, Julie Horoks (Dir.). Exemples de recherches en didactique des mathématiques sur la formation des enseignants (premier et second degrés). Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques de Paris : Université Paris Diderot, (84 p.), 2010, ISBN- 9782866123239. hal-02110034

HAL Id: hal-02110034

<https://hal.science/hal-02110034v1>

Submitted on 16 May 2019

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.

IREM
PARIS 7

n° 1

Mars 2010

Ldar

Laboratoire de didactique André Revuz
Mathématiques • Physique • Chimie

**Cahiers du laboratoire de didactique
André Revuz**

**Exemples de recherches en didactique des
mathématiques sur la formation des enseignants
(premier et second degrés)**

Editeurs : M. Haspekian et J.Horoks

**Exemples de recherches en didactique des
mathématiques sur la formation des enseignants
(premier et second degrés)**

Mariam Haspekian et Julie Horoks (Editeurs)

Introduction au cahier

Ce texte est issu des journées d'étude de juin et septembre 2009 de notre équipe de recherches en didactique des mathématiques et de la physique (LDAR) qui s'est emparée de ce thème des recherches sur les formations aux pratiques pour cette année. Au moment où l'actualité politique réorganise précisément toute la formation des enseignants en France, quelles réflexions, quelles questions de recherche, mais aussi quels résultats avons-nous sur la professionnalisation des enseignants ?

La formation des enseignants est un thème de recherches difficile, encore peu investi et les quelques articles ci-joints permettent de s'en faire une certaine idée. Les exposés et les réflexions qui y sont rassemblés témoignent davantage de travaux en cours que de recherches abouties, et n'ont aucune prétention à l'exhaustivité.

Qu'est-ce que former des enseignants ? Apprend-on à enseigner les mathématiques de la même façon qu'on apprend les mathématiques ?

Ces questions en font surgir mille autres. Y a-t-il des pratiques enseignantes « efficaces » ? Comment se développe la professionnalité des enseignants ? Y a-t-il des spécificités de la formation des enseignants de mathématiques par rapport à d'autres professions ?

Il s'agit ici de revenir aux pratiques enseignantes et d'aborder, à partir de là, leur formation du point de vue des « questions de recherche ». Plusieurs champs se trouvent concernés : sociologie, sciences de l'éducation, psychologie ergonomique, didactique professionnelle...

Le lecteur trouvera comme première contribution le texte de présentation d'Aline Robert (page 5), texte qui nous emmène sur les traces des recherches en France dans ce domaine. Son panorama introduit le thème en partant :

- des premières questions,
- des premières recherches, et
- de leurs cadres théoriques et problématiques,

en posant, entre autres, la question cruciale, pour le chercheur, des « modalités » des formations.

Monique Pézard (page 17) a accepté de compléter cette introduction sur les recherches sur le plan international. Sa présentation a montré alors d'autres modèles avec d'autres concepts tels que les « beliefs » ou encore les « connaissances subjectives ».

A la suite de ces deux présentations générales, on trouvera les contributions exposant des travaux en cours par des chercheurs impliqués dans la formation des enseignants en mathématiques (nous avons respecté l'ordre des interventions) :

Nathalie Sayac et Julie Horoks (page 33) exposent leurs travaux sur « les pratiques de formateurs en mathématiques à l'IUFM dans le 1^{er} Degré ». Dans leur recherche, elles ont utilisé deux cadres théoriques : celui de la didactique professionnelle (permettant de repérer des « organisateurs des pratiques professionnelles ») et celui de la Double Approche qui complète leur cadre avec les 5 composantes. Elles ont formulé des résultats en termes de « postures » et certaines hypothèses de recherche sur l'axe privilégié des formateurs en mathématiques (l'axe disciplinaire des savoirs professionnels) et sur l'enchaînement des postures (qui serait un organisateur des pratiques). Le texte interroge sur les approches à adopter en recherche (approches en termes de savoirs ? d'activité ? de pratiques ?), questions qui restent ouvertes.

Denis Butlen, Monique Pézard et Pascale Masselot (page 43) nous invitent à une description de leur scénario d'accompagnement en mathématiques de professeurs des écoles débutants nommés en ZEP. Ils expliquent leurs choix par l'analyse des évolutions des pratiques des débutants, dont ils font l'hypothèse qu'elles illustrent des paliers à franchir. Deux dimensions des pratiques sont étudiées plus particulièrement, de l'installation desquelles dépendent les autres dimensions : ce qui tient à l'installation de la paix scolaire et au fait d'exercer une vigilance didactique.

Marie-Jeanne Perrin et Christine Mangiante (page 57) ont présenté leurs travaux qui se situent dans le cadre de la géométrie, au premier degré. Il s'agit de nous faire réfléchir au pilotage, crucial, variable, que l'enseignant doit mener sur le milieu matériel (au sens large, y compris les représentations) auquel il confronte les élèves. La recherche a pour but de donner un exemple de situation sur l'enseignement de la symétrie axiale faisant une part explicite et expliquée à ce pilotage.

Enfin, dans le travail de Brigitte Grugeon-Allys (page 73) on voit esquissé un outil d'analyse multidimensionnel appliqué à la Formation Initiale, grâce à une analyse du développement des pratiques des professeurs débutants pendant les premières années d'exercice à partir de la conception et la mise en œuvre de dispositifs de formation spécifiques.

Enseigner les math (en lycée et collège) : un métier qui s'apprend ou... qui se forme ?

Aline Robert

Introduction : de quoi parle-t-on ?

On réserve ici le mot « professionnelles » aux formations qui ont pour ambition une qualification en relation explicite avec la profession, autrement dit une formation qui met en jeu le travail de l'enseignant. Restent cependant des imprécisions – à partir de quand le disciplinaire devient-il professionnel ? Comment tenir compte de la différence entre des formations initiales, continues... ?

Cela dit, les mêmes grandes questions qui traversent nos recherches en didactique des mathématiques vont se retrouver, voire vont être démultipliées dans les recherches sur la formation : notamment la place des acteurs, et surtout la place dans les analyses de la circulation des mathématiques en classe (tout ce qui est dit) par rapport à celles de l'avancée du savoir. Démultipliées car se retrouvant à la fois dans le choix des cadres théoriques pour étudier les formations et dans le choix de ce qui est déterminant dans les scénarios de formation.

On abordera d'abord dans cet exposé un certain nombre de ces grandes questions et problématiques qui traversent le thème, puis on développera l'exemple particulier d'une démarche, avant d'esquisser quelques perspectives générales.

Grandes questions et problématiques

1. Le contexte des formations – premières questions

L'actualité nous a plus ou moins forcés à sortir de nos paradigmes stricts de chercheurs en didactique des mathématiques et à entendre des questionnements plus larges sur les formations, surtout initiales, pouvant être (ou non) transformés en questions de recherche pour nous. Tout questionnement n'est pas propice à de telles recherches ! Rappelons nous, à l'extrême, ce professeur de mathématiques très intéressé par la didactique mais refusant d'accepter une première thèse sur la formation en 1994 sous prétexte que ce n'était pas du champ de la didactique.

Dans une première approche, les questions qui ont émergé sont de plusieurs ordres, conditionnant les choix à éventuellement effectuer pour les formations mais en grande partie indépendantes de la volonté des formateurs :

a) Le poids des contraintes institutionnelles

Que ce soit par la nécessité de prendre en compte l'organisation effective des stages et/ou le volume d'enseignement des débutants, ou par les différences de points de vue à adopter pour des professeurs d'école polyvalents et des professeurs de collège et lycée, l'importance des contraintes institutionnelles a été mise pleinement en évidence ces dernières années.

b) Les durées et dates des formations professionnelles dans le cursus d'un futur enseignant

Le choix du moment des stages par exemple est très délicat : avant toute formation professionnelle, il peut rester très superficiel – trop tard dans la formation il peut s'avérer « dépassé ».

c) Les contenus, les modalités et la place des formations professionnelles dans l'ensemble de la formation

Le difficile problème de l'insertion des formations professionnelles stricto sensu dans les formations mathématiques et générales, non liées aux mathématiques, se pose dans des termes proches : dès qu'ils sont sur le terrain, les futurs enseignants ne sont motivés que par leur pratique quotidienne, et se montrent peu ouverts à des compléments généraux de formation ; cependant avant ces stages, ils n'arrivent pas non plus à s'y intéresser vraiment. Et après, ils regrettent de n'avoir pas été formés à des connaissances sur les adolescents ou les jeunes enfants...

Ainsi se posent de manière récurrente des questions sur

- les contenus des formations et sur l'acquisition de connaissances¹ mathématiques, épistémologiques, didactiques sur les mathématiques à enseigner et sur les élèves, ainsi que de connaissances autres (psychologiques, sociologiques, ...)
- les modalités de ces formations, avec notamment des questions sur le moment d'intervenir sur ce qui précède et le travail à organiser, sur le terrain (de diverses formes), les accompagnements (CP, visites...), en centre (math/autre) avec la question des liens avec les passages sur le terrain, des questions aussi sur le rôle des écrits professionnels, voire des recherches dans tout ce processus.

Je voudrais souligner que beaucoup de nos recherches sur les pratiques des enseignants en mathématiques se terminent par des perspectives en terme de formation : il est clair que tout ce que nous « savons » sur les pratiques et leurs effets ne peut être transmis en formation initiale, ne serait-ce que compte tenu de leur durée (contrainte institutionnelle) !

Or il n'y a pas à ma connaissance de recherches déterminantes sur les choix correspondants, qui amèneraient à privilégier un ordre, une hiérarchie entre les apports disciplinaires, didactiques ou de sciences de l'éducation, pour prendre un exemple, ou fixer une durée et un ordre dans les stages et leurs accompagnements. On reviendra en particulier sur la difficulté de concevoir des recherches sur l'évaluation des formations.

Enfin, on peut citer plusieurs types de difficultés récurrentes en formation initiale, pour ne pas dire avérées, qu'il est difficile d'ignorer : la difficulté pour un débutant de supporter quelle que formation que ce soit, et en particulier le statut d'étudiant et ses évaluations multiples, pointée depuis 2000 par C. Blanchard-Laville et S. Nadot, liée à « l'adolescence » professionnelle de ces futurs enseignants – peut-être plus sensible que pour d'autres métiers – et qui a alimentée une campagne médiatique particulièrement malfaisante ; la difficulté dénoncée par de nombreux chercheurs de la juxtaposition de formations développées indépendamment les unes des autres et que les débutants n'arrivent pas à imbriquer, ce qui peut donner un vrai gâchis.

Y participe le « TB à l'oral, TB à l'écrit, peut mieux faire dans sa pratique » pour reprendre la jolie formule de D. Bucheton (2008) qui précise détecter pour sa part trois logiques de formation inconciliables² – disciplinaire idéale, réflexive générale, de terrain – cela étant aggravé par la posture ambiguë des formateurs entre évaluation et véritable formation.

¹ Avec des sous-questions sur la qualité et la quantité de ces connaissances ainsi que leur isolement relatif

² Dans le même ordre d'idées, nous avons classé les offres de formation en les plaçant sur un axe lié à la préparation du travail de l'enseignant (Robert et al, 2007).

Les difficultés des néo-titulaires devant exercer en ZEP et exprimant le fait que leur formation initiale ne les a pas bien préparés, pas plus que le petit complément imaginé pour cette année là, complète le tableau avec, plus généralement, un certain échec des formations continues, souvent trop courtes.

Ce tableau est obscurci par une question implicite non consensuelle : quel enseignant former et comment ? Qu'est-ce qu'un futur « bon » enseignant doit savoir, savoir faire ?

Mais poser ainsi la question induit déjà un découpage peut-être non adéquat – enseigner est un métier qui s'apprend, certes, mais s'enseigne-t-il ou se forme-t-il ?

Et si on s'inspirait « trop » du modèle de l'enseignement aux élèves en découpant ainsi ? Et si les deux questions implicites à tout modèle « quel enseignant former et comment » n'étaient pas bien déclinées par le découpage en « connaissances ou savoirs à transmettre » et « modalités de formation » ?

2. Du côté des recherches déjà faites dans l'équipe didirem (LDAR) et ailleurs.

Un certain nombre de travaux de recherche émanant de l'équipe, sortes de précurseurs, ont été menés dans les années 90 en didactique des mathématiques.

Les deux thèses sur les scénarios de formation et stratégies de formateurs (Kuzniak, 1994, Houdement, 1995) donnent des outils d'analyse des propositions de formation dans le premier degré, donnant ainsi un accès aux conceptions sur la genèse des pratiques ; puis les deux thèses sur les tentatives d'évaluation a posteriori de formations initiales et continues (Vergnes, 2001, Masselot, 2000), montrent à la fois la complexité de la démarche et la relativité des effets, notamment liée aux individus eux-mêmes et à leur plus ou moins grande « perméabilité » aux formations. La thèse de Peltier (1995) permet de confirmer une certaine évolution des représentations exprimées des formés pendant leur formation, mais sans nécessairement de relations avec leurs pratiques ultérieures.

Plus récente, la thèse de Lenfant (2002) donne à la fois un diagnostic de conceptions sur l'algèbre élémentaire des débutants et de leur évolution en formation, insistant sur l'idée de naturalisation à débusquer et à faire reculer.

On peut classer les recherches actuelles menées dans l'équipe en distinguant celles de l'équipe premier degré, qui portent sur l'accompagnement des T1 nommés en ZEP, et, prolongent certaines questions sur les précurseurs des pratiques chez les débutants (Butlen et al. 2007 ; Masselot, 2000 ; Mangiante, 2007), celles autour des formations aux TICE (Emprun, 2007 par exemple) qui mettent en jeu la complexité des pratiques, liée au métier et le travail enfin de Grugeon (2008) qui a développé des recherches précises sur le développement des pratiques des débutants du second degré en relation avec certains choix des formations.

Les recherches en didactique des math dans les autres équipes aboutissent souvent à un diagnostic des pratiques des débutants (on y reviendra) et confirment en les développant, notamment à Grenoble, autour de Cabri, des difficultés de formation des enseignants y compris non débutants sur l'intégration des TICE.

Je retiendrai aussi les recherches en didactique du français autour de D. Bucheton (2008) et C. Garcia Debanc (2008) – avec des livres récents. Ces chercheurs utilisent souvent des comparaisons novices-experts pour comprendre le développement des pratiques, notamment en classe, en relation plus ou moins directe avec les formations.

Il y a bien d'autres recherches que je ne cite pas, notamment sur le plan international, où deux ouvrages récents permettent de suivre les recherches sur le sujet – qui me semblent finalement relativement au même stade un peu partout dans le monde.

Monique Pezard va faire un exposé détaillé de deux ouvrages de synthèse récents (Even, 2009 Krainer, 2008) – relevons simplement que l'étude des « *beliefs*³ », très valorisée antérieurement, s'est avérée tout à fait insuffisante (compte tenu d'une indépendance partielle entre ces *beliefs* exprimés et les pratiques, cf. Marilier, 1994). Certaines recherches, notamment canadiennes, se rapprochent des nôtres (cf. Bednarz, 2000 ou Deblois, 2006 par exemple).

Au final, on dispose, me semble-t-il, d'éléments locaux, relativement isolés, d'expériences encore limitées, pas toujours en relation avec l'acquisition d'un métier.

3. Inscription dans des cadres théoriques et problématiques

Plusieurs interrogations théoriques s'imposent au didacticien, s'inspirant de ses méthodes d'investigation habituelles, élargies. Former n'est pas enseigner, certes, mais, encore une fois, enseigner est un métier qui s'apprend !

Les premières interrogations sont **d'ordre épistémologique** : comment aborder ce qu'on cherche à former, les pratiques des enseignants de mathématiques ? C'est ce qu'on pourrait appeler déterminer ce qui est de l'ordre des pratiques. Viennent tout de suite après les question de genèse et développement des pratiques ainsi « identifiées ». Qu'est-ce que former des pratiques enseignantes ?

Par exemple certains chercheurs comme A. Jorro (2007) développent une théorie très corporelle, qui n'est pas sans évoquer l'embodiment, et qui débouche sur un développement très lié à l'imitation de gestes (dans un sens très physique). En matière de pratiques et de développement des pratiques, doit-on parler de concepts (pragmatiques par exemple), doit-on travailler sur des activités, sur des schèmes, sur des compétences ou encore sur des gestes professionnels ? Y a-t-il une progression à envisager ? Quels liens avec d'éventuels précurseurs ? Quelle évolution – quoi faire d'abord ?

En amont, l'identification de connaissances et concepts précis à transmettre (ou à faire construire), et le découpage correspondant se posent aussi d'emblée ainsi que la question de la transposition de connaissances (savoirs) didactiques, établies par ou pour des chercheurs, à transmettre éventuellement aux enseignants, avec nécessairement un certain « isolement » par rapport à leurs conditions de production en recherche. De surcroît, ces connaissances, notamment issues de la didactique, sont à croiser avec d'autres issues de la sociologie par exemple, notamment pour former les collègues qui vont exercer en ZEP (Bautier et Rayou, 2009).

Viennent aussi des questions **d'objectifs des formations**, liés notamment aux difficultés des formés mais devant s'inscrire dans une certaine cohérence. Ces questions sont très délicates car difficiles à évaluer, elles peuvent être reliées à des normes pas toujours objectivées, et de toutes manières elles sont infléchies par l'institution dont les formateurs se pensent plus ou moins « investis » de la représenter.

Par exemple, on sait bien que dans les apprentissages scolaires interviennent des choix liés aux contenus présentés et mis en travail (à différents niveaux – scénarios, cours et exercices, contrôles) et aux choix liés à la gestion de la classe, plus ou moins vue comme conditionnant l'avancée du savoir dans la classe. Les positions théoriques sur ces choix sont déterminantes en formation, et notamment sur les objectifs en termes de conceptualisation⁴, côté élèves.

³ représentations

⁴ Nous entendons par conceptualisation une certaine disponibilité des connaissances tant outils que objets, organisées dans l'ensemble des connaissances présentes.

Qu'est-ce qu'on va adopter avec les enseignants débutants comme position théorique sur les apprentissages ? Va-t-on insister sur les qualités des contenus mathématiques à élaborer ou s'attarder sur des caractéristiques de gestion ou présenter les deux de manière imbriquée ?

C'est d'autant plus important que mêmes choix se répètent à un second niveau : contenus de formation, modalités de formation et importance relative...

A inscrire dans les questions liées au processus de développement supposé des pratiques, viennent des interrogations sur **les scénarios de formation (contenus et modalités)** et sur les **formateurs**, compte tenu des diagnostics qui sont déjà disponibles et des contraintes institutionnelles et sociales. La question des modalités des formations n'est pas indépendante de celle des contenus et doit être abordée à part entière même si les positions théoriques là-dessus peuvent différer.

Enfin tout ce qui concerne **les évaluations** des éventuelles recherches correspondantes, dispositifs, scénarios, voire ingénierie, reste à mettre en place – ici un triple niveau d'évaluation s'imposerait, celui des formations, celui des pratiques des enseignants et celui des apprentissages de leurs élèves...

On voit revenir ce triple, voire quadruple, chantier de la thèse de Vergnes et on comprend l'importance de trouver des détours, des moyens indirects pour y arriver. C'est aussi une question ouverte.

Un exemple de démarche de chercheur (Robert, 1999, 2001, 2005, 2007)

Ce qui suit s'inscrit dans les recherches sur les analyses de pratiques dans le cadre de la double approche ergonomique et didactique des pratiques, qui sert de préalable théorique pour identifier ce qui est « de l'ordre des pratiques » : les pratiques sont associées à l'ensemble des activités de l'enseignant en amont de la classe, pendant et après, caractérisées par une double inscription dans un métier et dans des objectifs d'apprentissage mathématique scolaire des élèves, et peuvent être approchées par 5 composantes à imbriquer et trois niveaux d'organisation (Robert, in Vandebrouck, 2008).

1. Résultats sur les pratiques des débutants (second degré) pouvant intéresser un travail de recherche sur les formations (diagnostics)

a-Généralités : état initial et objectifs

Nous nous appuyons ici sur des réflexions générales, assez répandues et partagées par beaucoup de formateurs. On peut ainsi penser que les débutants développent des pratiques qui évoluent tout au long de leur première année, transitoires : elles ne sont pas encore stables, elles sont déjà complexes et on peut supposer que leur cohérence est déjà « en germe », à partir de leurs expériences antérieures et connaissances. Ces jeunes collègues sont amenés à adopter une nouvelle posture, qui fait intervenir leur composante personnelle et qui est liée à l'exercice d'un métier nouveau, dans un établissement réel. Par exemple ils doivent élaborer un texte complet du savoir sur chaque chapitre, alors qu'avant, la résolution des exercices avait un rôle déterminant en relation avec leur réussite individuelle ; ils doivent tenir compte des élèves dans leurs prévisions et leur gestion de la classe, paramètre totalement nouveau, qui force à une décentration du travail mathématique ; mais aussi, petit à petit, ils

ont à prendre conscience des contraintes et des marges de manœuvre de leur nouvelle profession : « tout n'est pas possible ni pour tout le monde, ni pour chacun ». Plus tard, confrontés à des programmes différents, ils devront en saisir la portée et les limites, ils devront aussi répondre à leurs élèves, aussi variées et opaques que soient leurs questions, mais à la mesure de l'engagement qu'ils pourront consentir, dans la durée.

b- Diagnostics à partir de travaux précis

Au quotidien, dans les classes des débutants, on a mis en évidence depuis longtemps des difficultés, plus ou moins résistantes, dont les plus tenaces concernent la prise en compte des élèves et la gestion du temps (liées à la composante médiative). Il se peut que le projet mathématique de la séance soit majoré au détriment des élèves, ou que ce soit la prise en compte des élèves qui est majorée, au détriment du suivi du projet mathématique (Chesné, 2006). Tout se passe comme si certains débutants étaient obnubilés par les réactions de la classe et le souci que tous les élèves suivent, alors que d'autres oublieraient que c'est aux élèves qu'il leur faut enseigner des mathématiques, ce qui les amène à des choix caricaturaux. Au niveau de la composante cognitive, le projet développé par les débutants est souvent assez local, à l'échelle de quelques séances au maximum et ne s'inscrit pas toujours dans un ensemble relativement cohérent sur l'année, notamment sur le plan du savoir mathématique comme l'ont montré des recherches développées en théorie des situations (Margolinas et Rivière, 2005, Bloch, 2005). Certains débutants ont par ailleurs tellement naturalisé certaines notions mathématiques qu'ils n'en voient plus les difficultés (en algèbre notamment, Lenfant, 2002), ils ont oublié qu'énoncer une règle, même en la commentant, ne suffit pas à la faire apprendre (à tous), ils négligent le passage par des processus pragmatiques, des intermédiaires, des constructions transitoires avant l'appropriation formelle des choses ; ils peuvent aussi minorer la nécessité de constructions du sens. L'articulation harmonieuse des différentes composantes des pratiques ne se fait pas toute seule !

c- Une interprétation

Nous interprétons aussi ces constats comme traduisant une double difficulté : au niveau micro, l'absence d'automatismes, de routines, au niveau global, le manque de projet global, consistant, tant sur les mathématiques que sur les élèves ; cela fait obstacle à la possibilité d'une certaine prise de distance avec le niveau local. De ce fait, le local occuperait toute la scène, serait en quelque sorte « surchargé », sans possibilité d'articulation des différentes composantes. En particulier mathématiques et élèves ne sont pas encore « imbriqués » dans les préoccupations et les activités des débutants alors que chez des enseignants expérimentés en revanche il est quasi-impossible de ne parler « que de mathématiques » tant « les élèves » sont immédiatement associés à toute réflexion mathématique... Là encore c'est au mélange de l'expérience et des formations qu'est dévolu l'élaboration d'un meilleur équilibre entre les niveaux.

d- Et alors ?

Cela dit, les formations, sur le terrain et autres, amènent la plupart des débutants à surmonter les premières difficultés, les plus visibles, avec plus ou moins de mal, notamment selon l'établissement où ils sont affectés. Les classes « tournent » mais des questions majeures demeurent : comment aider au mieux à cette prise en main des classes ? Que dire de la qualité des apprentissages des élèves ? Autant de questions qui restent encore largement ouvertes aujourd'hui, même si nos travaux permettent d'étayer une réflexion sur les formations.

Pour les enseignants expérimentés, c'est surtout la stabilité de la composante médiative des pratiques (Crahay, 1989, Robert, 2007, Chappet-Pariès et al. 2008, 2009) qui peut avoir des conséquences en formation, ainsi que la difficulté à modifier seul ses pratiques (cf Robert, 2003). L'expérience du master professionnel « métier de formateurs d'enseignants de mathématiques du second degré » a alimenté certaines des réflexions qui suivent.

2. De catalogues d'hypothèses assez isolées (cf. Robert et al 2007) à un début d'inscription de la formation des pratiques des enseignants dans un cadre théorique

a- Partir des pratiques

Nous retenons alors une hypothèse générale pour penser les formations, en « calquant » l'hypothèse correspondante pour les apprentissages : il s'agit de « partir » des pratiques pour former les pratiques.

On pourrait évoquer une hypothèse de type « épistémologique », faisant écho à Vergnaud lorsqu'il symbolise l'épistémologie des apprentissages des mathématiques par la formule lapidaire « les problèmes sont source et critère des savoirs ».

Ce qui précède amène alors à postuler que ce serait les pratiques des enseignants, y compris en classe de mathématiques, *avec tout ce qui va avec*, qui joueraient, au moins pour partie, comme source et critère des acquis professionnels, en deçà des différents savoirs qui peuvent intervenir en amont. La complexité intervient pour ne pas isoler comme objets de formation par exemple les activités des enseignants avant la classe, puis leurs activités en classe.

Enseigner n'est pas seulement exposer de nouvelles connaissances prévues dans les programmes aux élèves : il faut les faire travailler pour qu'ils comprennent et utilisent ce qui est en jeu mais dans le cadre des contraintes institutionnelles et sociales incontournables, et de manière compatible avec sa personnalité. En un mot il s'agit que l'objet des formations ressemble aux pratiques réelles !

Cela dit, plusieurs étapes, voire une progression peuvent être dégagées, tant dans le travail de l'enseignant à former que dans les formations elles-mêmes.

b- Importance des échanges collectifs, du langage, des prises de conscience

D'autre part nous retenons les idées, notamment développées par Vygotski, de l'importance du langage comme outil de communication et de prise de conscience ; l'hypothèse que la formation intra individuelle peut suivre des échanges interindividuels.

L'utilisation d'un vocabulaire spécifique, de mots pour le dire élaborés en commun, peut faciliter à certains égards ce développement, en jouant le rôle de pré-concepts, repris à chaque occasion et devenant de plus en plus consistants...

c- Importance de s'appuyer sur des connaissances « presque-déjà-là » (ie des pratiques proches de ce qui est travaillé en formation)

Ce qui précède est renforcées par l'hypothèse que des connaissances (au sens très large) peuvent s'acquérir si elles ont suffisamment de proximité avec les connaissances « déjà là » au moment où elles sont présentées ou discutées. Nous adoptons l'idée d'une Zone Proximale de Développement des pratiques en calquant sur le développement des connaissances des élèves. Ici le terme « connaissances » ne désigne pas seulement une liste de connaissances

dites professionnelles, sur les mathématiques à enseigner ou la pédagogie ou le métier, mais s'applique à quelque chose qui relève aussi des pratiques, y compris en classe, mais pas seulement.

d- Activités productives et constructives

Il existe dans le cadre de la théorie de l'activité des références au développement des pratiques : c'est notamment le modèle de double régulation de l'activité⁵, dérivé de la théorie de l'activité de Leontiev et exposé, par exemple, dans (Leplat, 1997), repris pour l'analyse de l'activité enseignante par Rogalski (2003, 2008). Ce modèle, précisé, nous semble pouvoir être adapté à certaines formations, notamment aux TICE (Vandebrouck, 2008) mais nous devons travailler encore à le compléter. Nous avons donné ici des hypothèses plus générales, compatibles avec notre cadre théorique.

e- Importance des adaptations individuelles

Laisser un espace aux diversités individuelles nous semble essentiel – le travail sur les alternatives, les palettes de possibles, les aspects globaux, peuvent y contribuer.

3. Inférences opérationnelles, ne prenant pas en compte les contraintes institutionnelles : des propositions partielles à tester (Chesné et al. 2009)

Nous prenons acte du constat déjà évoqué de la difficulté des enseignants débutants à « sortir » de leur classe et de leurs demandes de formations très contextualisés, directement utilisables. Nous le traduisons, compte tenu de la complexité des pratiques, en une demande à ne pas avoir à recomposer par eux-mêmes les différentes composantes qui pourraient être abordées séparément en formation, par exemple dans des séances sur les programmes (cf. composante institutionnelle), sur des listes d'exercices (cf. composante cognitive) ou sur des éléments liés aux seuls déroulements comme « gestion de l'hétérogénéité », « corrections de copies » ... (cf. composante médiative).

Cela nous amène au projet d'organiser des séances de formation (au moins certaines séances de formation) à partir de pratiques effectives, notamment en classe et non d'éléments plus généraux qui les nourrissent, ce qui est compatible avec les hypothèses générales adoptées.

Ces séances seraient mises en place à partir du moment où les débutants ont un contact avec les classes, et elles occuperaient une partie du temps réservé à la formation professionnelle. Il s'agit de présenter les éléments de formation visés comme réponses en termes de pratiques à des questions sur les pratiques que se posent ou peuvent se poser les enseignants débutants ; cela vient en complément d'éléments présentés « à l'avance ».

Sans aborder l'ensemble de la formation, nous suggérons ainsi de concevoir régulièrement des séances collectives amenant à des généralisations à partir des pratiques présentées et non l'inverse. Cela implique, pour tenir compte de nos hypothèses issues de Vygotski, un travail collectif, avec un formateur, qui s'appuie sur des pratiques réelles et/ou filmées et/ou simulées pour remonter à des questions globales – à partir des problèmes particuliers qui auront pu être dégagés ; on y aborde à partir de l'extrait travaillé en même temps plusieurs aspects imbriqués des pratiques (on a utilisé le terme d'« holistique » dans Chesné et al., 2009, cf. aussi Colluci-

⁵ Ce modèle fait intervenir des déterminants de situation et des déterminants du sujet acteur, et produit des effets en retour sur la situation et sur le sujet.

Gray & Fraser) ; ces séances ont un caractère « opportuniste » au sens où ce travail ne s'inscrit pas dans un programme mais doit s'adapter à ce qu'ont rencontré les participants. Les séances analysées doivent faire directement écho pour chaque formé à des éléments de sa propre pratique, déjà passée et/ou à venir bientôt.

Les activités des participants en formation les amènent à imbriquer ainsi toujours un travail sur deux « composantes » au moins des pratiques, par exemple un travail sur des choix de contenus a priori croisés avec les choix de gestion correspondants pendant la classe (cf. les unités complexes évoquées ci-dessus) ; cela implique aussi d'aborder en formation les contraintes et marges de manœuvre des enseignants, sans ignorer les interrogations et même tensions qui peuvent exister ; cela conduit enfin à reconnaître les diversités personnelles et à essayer d'adapter les formations aux individus en présence en dégagant des variables et des possibles.

Pour prendre un exemple, le travail préalable sur les analyses de tâches des énoncés proposés aux élèves et le déroulement à mettre en place, travail fait en amont de la classe, permet localement des prévisions. Il facilite les déroulements (le débutant sait, un peu mieux que sans cette analyse, quoi faire et à quoi s'attendre, hic et nunc, et peut s'adapter à ce qu'il rencontre, que ce soit attendu ou inattendu). Cela répond directement, et sans trop de difficultés, au besoin de dépasser la surcharge du niveau local dénoncée plus haut.

Nous pensons, toujours en nous inspirant de ce qui précède, qu'il est indispensable dans ces séances organisées hors classe et regroupées en centre, de donner une place explicite aux échanges entre les participants, qui les apprécient comme on le sait. Cela permet aussi aux formateurs et chercheurs de mieux coller aux groupes concernés – et de mieux « décoller » ensuite (dépersonnaliser, généraliser, aller vers des concepts), en ayant une idée précise de ce qui peut être complété à partir de ce qui « sort » de tels échanges collectifs entre pairs. C'est au formateur de profiter des réactions et interprétations des participants, partielles, diverses, pour les transformer en questions systématiques précises et pour y apporter des éléments de réponses, par exemple sous forme d'alternatives, complétant et généralisant les interventions des participants. Rien n'exclut d'enclencher de nouvelles dynamiques professionnelles, y compris individuelles.

Le dépassement des constats peut gagner à être accompagné de l'introduction de « mots pour le dire », spécifiques. Ce vocabulaire professionnel petit à petit partagé, construit pendant le travail à partir des pratiques en classe, peut contribuer à la mise en place des références collectives. Les réponses apportées, qui restent de l'ordre des pratiques, sont susceptibles de les enrichir, directement, sans besoin de recomposition.

De telles séances existent déjà, quelquefois le travail autour de l'écrit professionnel (mémoire) a pu être organisé de cette façon – ailleurs ce peut être à l'occasion d'atelier de pratiques ou de séances autour de vidéo, pas nécessairement filmées dans les classes des participants d'ailleurs.

Cela nécessite que les formateurs accordent une place importante à l'élaboration des modalités des formations, en donnant notamment un rôle explicite au collectif ; cela nécessite de planifier des formations suffisamment longues.

4. Recherches à venir

Des questions majeures devront être abordées par les recherches à venir, mises à part la mise en place et l'évaluation partielle de séances comme ci-dessus.

Les premières concernent les relations entre savoirs disciplinaires et savoirs professionnels : c'est un point que nous n'avons pas du tout abordé mais qui conditionne évidemment toute la réflexion. Nous avons évoqué ci-dessus un travail qui part des pratiques et complète les connaissances déjà-là. Encore faut-il qu'il y ait suffisamment de connaissances déjà-là pour que les participants y intègrent les compléments ! Les questions de transposition des connaissances sont essentielles.

D'autres interrogations concernent les modalités des formations et l'assemblage des différents apports au sens le plus large. Comment ménager par exemple dans les formations la recomposition des différents savoirs travaillés en amont, y compris généraux ? Faut-il le faire aussi à partir de séances effectives ? Y a-t-il un ordre plus ou moins efficace dans les apports et leur recomposition, des hiérarchies ? Comment par exemple former à enseigner à des élèves très éloignés des conditions sociales et culturelles facilitant les acquisitions scolaires – commence-t-on par là ou commence-t-on par des éléments dans des classes ordinaires et des éléments sociologiques ?

D'autres questions enfin concernent les variabilités individuelles des pratiques : quelles sont les limites de ce qui peut s'installer et/ou changer chez un enseignant donné, par exemple dans le discours ?

Enfin la formation des formateurs reste une question largement ouverte.

Annexe : pour travailler les pratiques

Nous adoptons l'hypothèse de la complexité des pratiques. Pour les comprendre, dans leurs logiques propres, et, à terme, pour intervenir en formation, nous suggérons ainsi de prendre en compte en les imbriquant leurs relations aux apprentissages des élèves et le métier d'enseignant, dont les adaptations individuelles et les caractéristiques communes du travail à effectuer par tous les enseignants, et l'inscription sociale de ce travail (en partie implicite).

La cohérence des pratiques au travail est depuis longtemps décrite par les ergonomes (de Montmollin, 1984), elle est jugée constitutive de la professionnalité et implique des mises en relation des dimensions utilisées dans les analyses.

Le travail en classe peut être approché d'autre part comme la gestion d'un environnement dynamique humain : ce sur quoi on « agit » ne dépend qu'en partie de l'action de celui qui agit, il y a des éléments imprévisibles, avec un développement propre... (Rogalski J., 2003). Ainsi y a-t-il une part d'improvisation, de compromis sans cesse réévalué entre le projet (mathématique pour nous) et les élèves. Perrenoud (1994) parle « d'improvisation réglée ». De fait, ce métier demande d'articuler un double travail lié aux contenus et aux élèves (avant la classe et en classe) – ce qui est prévu avant la classe délimite ce qui a lieu pendant la classe et ce qui a lieu pendant la classe influence ce qui va être anticipé pour la classe suivante. Mais ce travail de l'enseignant, variable selon les personnes, doit respecter les programmes, les horaires et être conforme à l'organisation sociale de l'enseignement dans l'établissement scolaire.

L'inscription dans la complexité consiste pour nous à ne pas isoler l'analyse des choix quotidiens d'un enseignant en classe, même si on peut les décrire en référence aux apprentissages visés ; il s'agit de se donner les moyens d'inclure cette analyse dans des choix plus vastes de l'enseignant, que l'on cherche à interpréter à la lumière de déterminants globaux des pratiques, liés au métier et aux personnes.

Références

- BAUTIER E. ET RAYOU P. (2009) Les inégalités d'apprentissage. Paris : PUF
- BLANCHARD-LAVILLE C., NADOT S. Eds (2000) Malaise dans la formation des enseignants. Paris : L'Harmattan.
- BEDNARZ N. (2000) Formation continue des enseignants en mathématiques : une nécessaire prise en compte du contexte. In Blouin P. & Gattuso L Eds Didactique des mathématiques et formation des enseignants, pp61-78 Editions Modulo : Mont Roylek, Québec, Canada .
- BLOCH I. (2005) Comment analyser la pertinence des réactions mathématiques des professeurs dans leur classe ? Comment travailler cette pertinence dans des situations a-didactiques ? Actes du séminaire de didactique national, Castela et Houdement éditeurs.
- BUCHETON D. (2008) Le développement des gestes professionnels dans l'enseignement du français, un défi pour la recherche et la formation. Bruxelles : De Boeck.
- BUTLEN D., CHARLES-PÉZARD M., MASSELOT P., SAYAC N. (2007) De l'analyse des pratiques à des scénarios de formation : accompagnement en mathématiques de professeurs des écoles nouvellement nommées dans des écoles de milieux défavorisés (ZEP/REP), Rapport de recherche, Cahier de Didirem n°56.
- 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, 1, 55-76.
- CHAPPET-PARIÈS M., ROBERT A., ROGALSKI J. (2009). Comment l'enseignant de mathématiques, en classe, met ses élèves sur le chemin des connaissances : un point de vue méthodologique en didactique des mathématiques, Travail et apprentissages 3, 95-123.
- CHESNÉ J.F. (2006) La formation des pratiques chez les enseignants du second degré : des passages obligés ? Mémoire de master, Université Paris 7.
- CHESNÉ J.F., CHAPPET-PARIÈS M., ROBERT A. (2009) « Partir des pratiques » en formation professionnelle des enseignants de mathématiques des lycées et collèges, Petit x 80.
- COLLUCI GRAY L., FRASER C. (2008) Contested Aspects of Becoming a Teacher: teacher learning and the role of subject knowledge, European Educational Research Journal 7, 4, 475-486.
- CRAHAY M. (1989). Contraintes de situations et interactions maître- élève, changer sa façon d'enseigner, est-ce possible ? Revue française de pédagogie 88, pp. 67-94.
- DEBLOIS L. (2006) Influence des interprétations des productions des élèves sur les stratégies d'intervention en classe de mathématiques, Educational studies of mathematics 62, 307-329.
- EMPRIN F (2007) Formation initiale et continue pour l'enseignement des mathématiques avec les TICE, cadre d'analyse des formations, Thèse de doctorat de l'Université Paris 7.
- EVEN R., BALL D. (2009) The professional education and development of teachers of mathematics, the 15th ICMI Study, Springer.
- HOUEMENT C. (1995) Projet de formation des maîtres du premier degré en mathématiques : programmation et STRATÉGIES, THÈSE DE TROISIÈME CYCLE DE L'UNIVERSITÉ PARIS 7
- GARCIA-DEBANC C. (2008) Pratiques effectives des enseignants débutants, pp 93-151 in Carnus M.F., Garcia-Debanc C. Terrisse A. EDS Analyse des pratiques des enseignants débutants, approches didactiques. Grenoble : La pensée sauvage.
- GRUGEON M. (2008). Quelle évolution des pratiques d'un professeur stagiaire de mathématiques pendant son année de formation à l'IUFM ? pp 383-420, in F. Vandebrouck, La classe de mathématiques. Toulouse, Octarès.
- JORRO, A. (2007) Evaluation et développement professionnel. Paris : L'Harmattan.
- KRAINER K. ET WOOD T. (Eds) (2008) Participants in mathematics teacher education, The international Handbook mathematics teacher education Vol 3, Sens publishers
- KUZNIAK, A. (1994) Etude des stratégies de formation utilisées par les formateurs de maîtres du premier degré, Thèse de troisième cycle de l'Université Paris 7
- LENFANT A. (2002) De la position d'étudiant à la position d'enseignant : l'évolution du rapport à l'algèbre de professeurs stagiaires, Thèse de doctorat, Université Paris 7.
- LEPLAT J. (1997) Regards sur l'activité en situation de travail. Paris : PUF
- MANGIANTE C. (2007) Une étude de la genèse des pratiques des professeurs des écoles enseignant les mathématiques : prédétermination et développement, Thèse de doctorat, Université Paris 7.
- MARGOLINAS C., RIVIÈRE O. (2005). La préparation de séance : un élément du travail du professeur. Petit x 69, 32-57.
- MARILIER M-C. (1994). Représentations des enseignants de mathématiques qui font pratiquer le travail en petits groupes. Thèse de troisième cycle, Université Paris 7.

- MASSELOT P. (2000) De la formation initiale en didactique des mathématiques (en IUFM) aux pratiques quotidiennes en mathématiques en classe des professeurs des écoles (une étude de cas), Thèse de doctorat, Université Paris 7.
- MASSELOT P., ROBERT A. (2007). Le rôle des organisateurs dans nos analyses didactiques de pratiques de professeurs enseignant les mathématiques. *Recherches et formation* 56, 15-32.
- MONTMOLLIN (DE) M. (1984). *L'intelligence de la tâche*. Berne : Peter Lang.
- PASTRÉ P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle. *Revue Française de Pédagogie* n°138, pp. 9-18.
- PELTIER M.L. (1995) La formation initiale en mathématiques des professeurs d'école entre conjoncture et éternité, Thèse de troisième cycle, Université Paris 7.
- PERRENOUD P. (1994) La formation des enseignants entre théorie et pratique. Paris : L'Harmattan.
- ROBERT A. (1999). Recherches didactiques sur la formation professionnelle des enseignants de mathématiques du second degré et leurs pratiques en classe. *Didaskalia*, 15, 123-157.
- 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. (2003) De l'idéal didactique aux déroulements réels en classe de mathématiques : le didactiquement correct, un enjeu de la formation des (futurs) enseignants (en collège et en lycée), *Didaskalia* 22, 99-116.
- ROBERT A. (2005a) 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. (2005) Sur la formation des pratiques des enseignants du second degré, *Recherches et Formation* 50, 75-90.
- 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) La double approche didactique et ergonomique pour l'analyse des pratiques d'enseignants de mathématiques, pp 59-68 et une réflexion sur la formation, pp 373-383 in Vandebrouck, *la classe de mathématiques*, Toulouse : Octarès.
- ROBERT A., RODITI E., GRUGEON B. (2008). Diversités des offres de formation et travail du formateur d'enseignants de mathématiques du secondaire. *Petit x*, 74, 60-90.
- ROBERT A. ET ROGALSKI J. (2002) 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, n°4, 505-528.
- ROBERT A. ET ROGALSKI J. (2005) A cross-analysis of the mathematics teacher's activity. An example in a French 10th-grade class, *Educational studies of mathematics* 59,1 269-298.
- RODITI E. (2005) Les pratiques enseignantes en mathématiques, entre contraintes et liberté pédagogique, L'harmattan : Paris
- ROGALSKI J. (2003). Y a-t-il un pilote dans la classe ? Une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert. *Recherches en didactique des mathématiques*, 23/3, 343-388.
- ROGALSKI J. (2008). Le cadre général de la théorie de l'activité, pp. 23-30 et 429-454 in Vandebrouck, *La classe de mathématiques*. Toulouse, Octarès. .
- VANDEBROUCK F. (2008). *La classe de mathématiques : activités d'élèves et pratiques d'enseignants*. Toulouse, Octarès.
- VERGNES D. (2001) Les effets d'un stage de formation en géométrie, *Recherches en didactique des mathématiques*, 21/1-2, 99-122.

Des recherches internationales sur la formation des professeurs de mathématiques

Monique Charles-Pezard

Bien que la position institutionnelle soit différente, nous parlons du professeur de mathématiques sans distinguer à chaque fois le cas du professeur des écoles ou celui du professeur des lycées et collèges. Il ne s'agit pas ici de faire une liste exhaustive de toutes les recherches, mais de donner des lignes directrices en les illustrant par quelques exemples.

Recherches sur différents types de connaissances pour enseigner les mathématiques

1. Connaissances « objectives »

Beaucoup de chercheurs s'accordent maintenant à considérer que trois types de connaissances sont nécessaires pour enseigner les mathématiques (15^{ième} étude ICMI 2009) : les connaissances mathématiques (« Content Knowledge »), les connaissances pédagogiques (« Pedagogical Knowledge ») et les connaissances didactiques (« Didactical Knowledge »). Ces trois catégories sont issues des travaux de Shulman (1987) qui distingue le « Subject Matter Knowledge » (SMK), le « Pedagogical Knowledge » (PK) et le « Pedagogical Content Knowledge » (PCK). Le « Content Knowledge » ou « Subject Matter Knowledge » (SMK) concerne les mathématiques en tant que discipline : les concepts, les techniques, les méthodes, les formes de raisonnement... Le « Pedagogical Knowledge » regroupe des connaissances générales sur l'éducation⁶, ses aspects psychologiques, sociologiques, éthiques mais qui concernent aussi la gestion de la classe.

Le « Pedagogical Content Knowledge » est défini par Shulman (1987) comme “that special amalgam of content and pedagogy that is uniquely the province of teachers, their own special form of professional understanding”. Il concerne les formes de représentation des concepts, les analogies, illustrations, exemples, explications et démonstrations “in other words, the most useful ways of representing and formulating the subject that make it comprehensible to others”. Il est donc proche du SMK, le passage de l'un à l'autre étant lié à la nécessité de représenter les connaissances mathématiques pour les rendre compréhensibles aux autres.

Le « Didactical Knowledge » concerne les conditions et les manières d'apprendre et d'enseigner les mathématiques. Il se rapporte à des connaissances didactiques, faisant le lien entre une connaissance pour soi-même et une connaissance que l'on est capable d'enseigner aux autres. Globalement, on pourrait dire que le métier de professeur de mathématiques met en jeu des connaissances mathématiques (SMK), des connaissances pour enseigner (PK) et des connaissances pour enseigner les mathématiques (PCK). Sans confondre le « Didactical Knowledge » (DK) qui paraît plus général et le « Pedagogical Content Knowledge » (PCK), on peut considérer que ces deux domaines coïncident largement.

D'autres subdivisions des connaissances des professeurs existent. Par exemple Ball (2005), s'appuyant sur Shulman propose de distinguer dans le SMK deux composantes principales : d'une part des connaissances mathématiques indépendantes de l'enseignement

⁶ Comme les théories de l'apprentissage

« Common Content Knowledge » (CCK), d'autre part des connaissances mathématiques spécifiques du travail du professeur « Specialized Content Knowledge » (SCK). Par exemple, la connaissance de différentes techniques opératoires de la soustraction ferait partie de cette seconde composante. Une troisième composante « Horizon Knowledge » concernerait l'organisation des différentes notions à enseigner pour un même niveau mais aussi selon les différents niveaux scolaires.

SMK (Subject Matter Knowledge) : les mathématiques en tant que discipline : les concepts, les techniques, les méthodes, les formes de raisonnement...		
CCK « Common Content Knowledge » : connaissances mathématiques indépendantes de l'enseignement	SCK : « Specialized Content Knowledge » : connaissances mathématiques spécifiques du travail du professeur	« Horizon Knowledge » l'organisation des différentes notions à enseigner pour un même niveau mais aussi selon les différents niveaux scolaires.

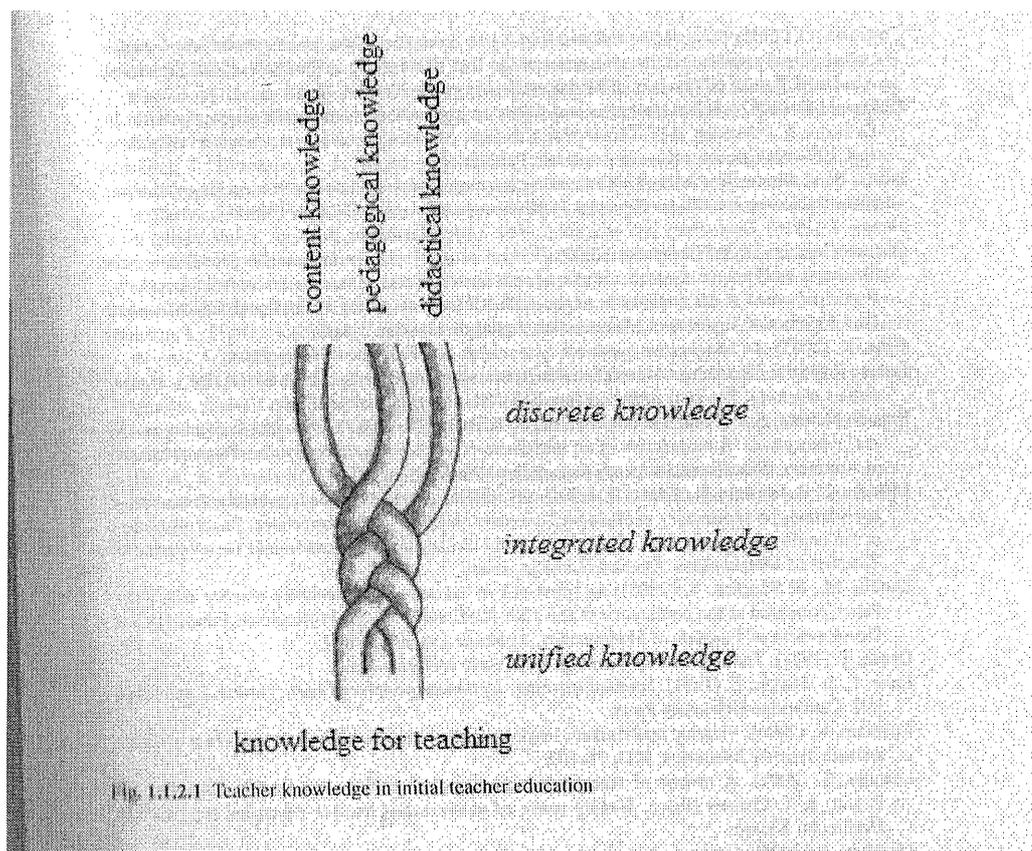
De même, le « Pedagogical Content Knowledge » (PCK) est repris par Ball (2005) qui le subdivise en trois composantes. Une première composante « the Knowledge of Content and Teaching » (KCT) concerne plutôt le contenu et la gestion des différents moments d'une séance en classe : choix et dévolution du problème, choix des procédures à expliciter, hiérarchisation de celles-ci, institutionnalisation, choix des exercices de réinvestissement... Une seconde composante « The Knowledge of Content and Students » (KCS) concerne des connaissances sur les conceptions des élèves en mathématiques, sur leurs difficultés, sur les erreurs qu'ils produisent... Notons que cette composante entre particulièrement en jeu dans les différents itinéraires cognitifs proposés aux élèves. Enfin, une dernière composante « the Knowledge of content and curriculum » concerne la connaissance des programmes, instructions officielles...

PCK : les formes de représentation des concepts, les analogies, illustrations, exemples, explications et démonstrations « en d'autres mots, les manières les plus utiles de représenter et de formuler le contenu pour le rendre compréhensible aux autres »		
KCT : « the Knowledge of Content and Teaching » : le contenu et la gestion des différents moments d'une séance en classe : choix et dévolution du problème, choix des procédures à expliciter, hiérarchisation de celles-ci, institutionnalisation, choix des exercices de réinvestissement...	KCS : « The Knowledge of Content and Students » : connaissances sur les conceptions des élèves en mathématiques, sur leurs difficultés, sur les erreurs qu'ils produisent	« the Knowledge of content and curriculum » : connaissance des programmes, instructions officielles...

Ces différentes composantes ne semblent pas complètement disjointes. Par exemple, la distinction entre CCK et SCK n'est pas toujours simple. De même celle entre SCK et KCS :

Donner une liste de nombres décimaux à ordonner relève à la fois du SCK si on considère les difficultés d'ordre mathématique et du KCS si on considère les conceptions erronées des élèves et leurs difficultés prévisibles.

Pour illustrer la nécessaire intégration des trois types de connaissances « Content Knowledge », « Pedagogical Knowledge » et « Didactical Knowledge », on peut reprendre l'image de la tresse⁷ qui commence avec trois mèches disjointes qui se trouvent de plus en plus entremêlées jusqu'à former une seule mèche représentant les connaissances du professeur (the teacher knowledge).



Les connaissances des professeurs de mathématiques ne se limitent pas à ces formes « objectives ». Ils ont aussi des connaissances « subjectives » ou « beliefs » qui pour les anglo-saxons jouent un rôle au moins aussi important, en particulier dans le cas des professeurs des écoles.

2. Connaissances « subjectives » ou « beliefs »

Beaucoup de recherches s'appuient sur le fait que les connaissances et l'expérience⁸ acquises antérieurement par les futurs enseignants de mathématiques influencent ce qu'ils apprennent et comment ils l'apprennent. Plutôt que de donner une définition des "beliefs", nous pouvons citer Ball (1988) à propos de futurs professeurs des écoles: "Long before they enroll in their first education course or math method course, they have developed a web of interconnected ideas about mathematics, about teaching and learning mathematics, and about schools". Les "beliefs" constituent des facteurs déterminants dans le processus d'apprentissage des futurs professeurs. Ce sont les fondements sur lesquels ces derniers vont

⁷ Extraite de la 15^{ème} étude ICMI

⁸ En particulier l'expérience en tant qu'élève

construire leur pratique. Certains chercheurs vont jusqu'à penser qu'ils constituent un élément primordial dans cette construction.

Les « beliefs » jouant un rôle dans la façon dont les futurs professeurs s'approprient la formation et élaborent leur enseignement, ils se révèlent importants pour les recherches sur la formation. Malheureusement, étant liés aux souvenirs de la personne en tant qu'élève, ils ne correspondent pas souvent avec ce que la recherche en éducation, fondée sur le constructivisme, considère comme « de bonnes pratiques ». Pour beaucoup de chercheurs⁹, la formation initiale des professeurs doit donc avoir comme objectif de provoquer une remise en cause de ces « beliefs », de les réorganiser, de les reconstruire dans le but d'améliorer l'enseignement.

Beaucoup de recherches¹⁰ sur la formation concernent la mise en évidence de ces « beliefs » et sont centrées sur la question : comment faire en sorte que les futurs professeurs abandonnent ou au moins dépassent ces « beliefs » pour accéder à des représentations sur les mathématiques, leur apprentissage et leur enseignement plus conformes aux recherches contemporaines et qui débouchent sur un changement des pratiques. De façon générale, d'après les auteurs de la 15^{ième} étude ICMI, il semble que les recherches sur la formation ont deux dimensions. Elles contribuent d'une part à mieux définir les connaissances nécessaires aux professeurs pour enseigner, d'autre part à répondre à la question de l'aide apportée aux futurs professeurs pour acquérir ces connaissances.

Ces mêmes auteurs remarquent que, dans la littérature, il y a une tension constante entre les connaissances que les professeurs « ont » et les connaissances qu'ils « devraient avoir ». Pourtant les deux ne sont pas indépendantes. En effet, ils notent que la compréhension de ce qui est nécessaire pour enseigner provient aussi de l'observation de professeurs qui enseignent effectivement. Par exemple, les recherches sur les pratiques des professeurs enseignant des concepts mathématiques alimentent les recherches sur ce que les professeurs doivent savoir pour enseigner ces mêmes concepts. De même beaucoup de recherches sur la compréhension par les futurs professeurs de la théorie élémentaire des nombres ont débouché sur la question de l'enseignement de cette théorie en formation.

Les réponses aux questionnaires et interviews donnent des informations sur les conceptions « explicites » des futurs professeurs relatives aux mathématiques. Pour avoir accès à leurs conceptions « implicites », des chercheurs Morselli (2005) proposent de les observer en train de résoudre des problèmes de mathématiques. De façon générale, pour rendre les futurs professeurs conscients de leurs propres « beliefs » et les dépasser, ces derniers sont invités à une « réflexion sur l'action » le plus souvent élaborée grâce à un écrit¹¹.

Pour toutes ces recherches, des questions de méthodologie se posent dans la mesure où l'accès à ces « beliefs » et à leur évolution se fait par l'intermédiaire de questionnaires, d'interviews ou d'écrits. Or il y a le plus souvent un décalage important entre les pratiques déclarées et les pratiques effectives. La reconnaissance de cette complexité a amené les chercheurs à passer de travaux sur les « beliefs » révélés par les interviews et les questionnaires (appelés « espoused beliefs ») à des travaux sur les « beliefs » mis en évidence à partir d'observations de professeurs en action (appelés « enacted beliefs »). Ces dernières sont souvent différentes d'où la nécessité de décrire les premières aussi près que possible de la

⁹ Ces chercheurs sont très souvent en même temps formateurs

¹⁰ Surtout dans les pays anglo-saxons

¹¹ Il s'agit par exemple d'un écrit sur sa propre expérience ou d'interprétations écrites de situations d'enseignement

réalité de la classe. Par exemple, les interviews peuvent être davantage contextualisés en les reliant à la pratique observée.

Les auteurs de la 15^{ème} étude ICMI notent aussi que la formation visant à changer les « beliefs » et les pratiques des futurs professeurs, il y a une tension entre d'une part la nécessité de développer leur autonomie et d'autre part la volonté du formateur de transmettre son expérience.

Les recherches sur les « beliefs » se heurtent toutes à la réalité des pratiques effectives et à la relation entre ce qui est dit et ce qui est fait. Elles supposent que des changements dans les conceptions des professeurs vont se traduire par des changements dans leurs pratiques. Mais cela est loin d'être automatique même si le contexte est pris en compte pour expliquer les incohérences entre conceptions et pratiques¹². D'autres éléments sont à considérer pour comprendre les pratiques et leur évolution, notamment les aspects sociaux et institutionnels du métier de professeur.

On pourrait rapprocher les « beliefs » de la composante personnelle définie dans le cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique. Cette composante, même liée aux composantes cognitive et médiative, n'est pas suffisante pour rendre compte de la complexité des pratiques. Il faut y ajouter deux autres composantes sociale et institutionnelle directement liées au métier plutôt qu'à l'apprentissage des élèves. De façon générale, une tendance semble se dégager sur la nécessité de faire intervenir d'autres théories comme la théorie de l'activité ou la sociologie pour mieux comprendre l'évolution des pratiques et avoir des perspectives plus riches pour la recherche.

Recherches sur la construction des pratiques par les professeurs débutants

1. Place de la pratique en classe dans la formation des professeurs de mathématiques

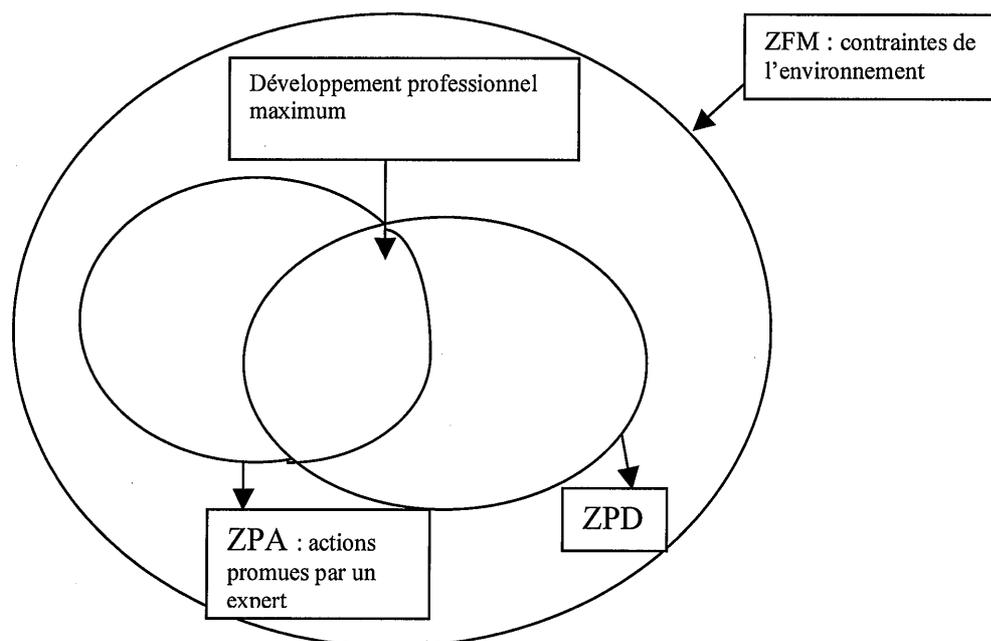
Traditionnellement la formation des professeurs comprend trois dimensions qui visent à développer une compétence intégrée : la dimension disciplinaire, la dimension pédagogique et la dimension pratique. Le métier ne pouvant s'apprendre uniquement dans des cours théoriques, cette dernière s'avère indispensable et existe dans tous les pays avec une place plus ou moins importante. Par ailleurs, le souci d'intégrer la pratique aux différents cours est souvent présent. Citons l'exemple canadien (Bednarz et Proulx (2005)) fondé sur le principe « apprendre dans l'action plutôt qu'apprendre sur l'action ». Il s'agit d'un ensemble intégré de situations de formation comprenant une analyse conceptuelle de la notion mathématique, une analyse préalable des programmes et des différentes approches possibles, une construction d'un répertoire de problèmes bien choisis, une expérimentation dans les classes, des moments d'analyse réflexive et de discussions collectives. Les auteurs estiment que, malgré des interprétations différentes, ce type de formation constitue pour les futurs professeurs un cadre de référence.

Des outils théoriques ont été définis pour analyser et interpréter les pratiques en classe de futurs professeurs. Nous allons en donner deux exemples le premier en Australie, le second en Angleterre.

Goos (2005a) suggère un cadre théorique basé sur les travaux de Valsiner (1997) proposant une extension au champ de la formation de la notion de zone proximale de développement (ZPD). La ZPD représente alors la distance entre ce que le professeur novice

¹² Le contexte de l'interview est souvent différent du contexte de la classe.

est capable de faire de façon autonome et ce qu'il pourrait faire guidé par un collègue plus expérimenté ou un formateur. Goos définit deux nouvelles zones : la « zone of free movement » (ZFM) et la « zone of promoted action » (ZPA). La ZFM représente les contraintes de l'environnement qui limitent la liberté de pensée et d'action : les caractéristiques des élèves, les programmes, les ressources pour enseigner. La ZPA représente les actions promues par un expert : ce que l'université, les formateurs, les tuteurs conseillent sur comment enseigner. Il est important que la ZPA soit à l'intérieur de la ZFM, sinon il n'y a pas de faisabilité envisageable. Le lieu de développement professionnel maximal se situe alors à l'intersection de la ZPA et de la ZPD, ces deux zones se trouvant à l'intérieur de la ZFM.



Des complications peuvent intervenir quand il y a conflit entre deux ZPA, par exemple la ZPA liée aux cours à l'université et la ZPA liée au professeur tuteur. Ce cadre théorique permet d'analyser la pratique de professeurs du premier ou du second degré pendant leur formation mais aussi lors de leur première année de titulaire.

Rowland (2005) propose un cadre théorique pour l'observation et l'analyse de leçons regroupant le professeur en formation, le tuteur et le formateur. Ce cadre devrait permettre de mieux comprendre comment interviennent les différentes formes de connaissances (SMK, PK, DK) dans une séquence d'enseignement. Il est appelé le « knowledge quartet » et comporte quatre unités : « Foundation, transformation, connection, contingency ». La première « Foundation » se réfère aux connaissances académiques sur les mathématiques, sur leur enseignement et leur apprentissage mais aussi aux « beliefs » développées pendant la formation sur la nature des mathématiques, sur les buts de leur enseignement et sur les conditions dans lesquelles les élèves apprennent le mieux cette discipline. La seconde « transformation » concerne les connaissances « en action », c'est à dire la manière dont elles sont convoquées et transformées lors de la préparation de la leçon et de sa mise en actes : choix des exemples, des illustrations, analogies, explications.... « Connection » se réfère à la cohérence de la programmation d'un épisode, d'une leçon ou d'une série de leçons, mais aussi celle de la suite de tâches proposées au cours d'une leçon. De plus, elle relie les choix faits ou les décisions prises avec des principes plus généraux d'éducation. La dernière « Contingency » se rapporte aux événements de la classe impossibles à prévoir comme par

exemple des questions d'élèves et permet d'analyser des déviations dans la mise en actes par rapport à la préparation. Ce cadre théorique, développé davantage pour la formation que pour l'évaluation, permet d'analyser de façon fructueuse les pratiques d'enseignants débutants.

Beaucoup de chercheurs s'accordent sur le fait que la pratique en classe pendant la formation contribue à développer les connaissances du professeur et qu'elle constitue une part intégrale de cette formation. Les auteurs de la 15^{ème} étude ICMI posent plusieurs questions pour comprendre son organisation dans différents pays : Dans quel type d'université est-elle organisée ? Sur quel temps¹³ ? Quels types d'activités sont demandés aux futurs professeurs (observation de classes, enseignement, tâches spécifiques) ? Quelle est la place des TICE, de l'interdisciplinarité, des spécificités culturelles ? Quelles sont les personnes qui encadrent et évaluent cette pratique ?

Plusieurs recherches explorent différentes manières d'intégrer la pratique et son analyse dans la formation des futurs professeurs : l'étude des décalages entre préparations de classes et mises en actes conduisant à définir plusieurs types d'adaptations (Deblois, Maheux 2005)¹⁴, l'écriture d'histoires de pratiques pour « donner du sens » et amener à une réflexion plus critique sur son propre enseignement (Chapman 2005), l'interprétation collaborative des interactions en classe (Gellert et Krummheuer 2005).

L'approche par les histoires de pratiques (Chapman 2005) se fait en quatre temps. Le futur professeur est d'abord invité à décrire par écrit un fait d'enseignement (« bon », « mauvais », « mémorable ») relatif à sa propre pratique antérieure, d'une façon la plus détaillée possible. Dans un second temps, il doit réfléchir par lui-même sur cette histoire, en discuter avec ses pairs et mettre par écrit le fruit de cette réflexion. L'histoire est ensuite mise en relation avec la pratique effective du moment et analysée de ce point de vue. Enfin, dans un quatrième temps, le futur professeur est invité à réécrire l'histoire « telle qu'il voudrait qu'elle se soit déroulée ». Il doit ensuite comparer les deux histoires, en discuter avec ses pairs et de nouveau en faire une rédaction écrite. Les futurs professeurs ont ainsi une approche plus problématique de l'enseignement et reconnaissent la nécessité pour eux d'une bonne compréhension des mathématiques pour que leurs élèves apprennent.

La recherche suivante (Gellert et Krummheuer 2005) s'appuie sur l'analyse collective hebdomadaire d'un morceau de 15 minutes d'une vidéo par une équipe composée de futurs professeurs des écoles, de professeurs confirmés (tuteurs) et des chercheurs concernés. Les vidéos sont celles des leçons réalisées par les futurs professeurs (aidés par les tuteurs) ou par les tuteurs eux-mêmes dans leurs classes. L'équipe doit analyser ce qui arrive dans l'épisode, expliquer pourquoi cela arrive et comment le cours de l'interaction aurait pu se dérouler autrement, éventuellement avec un meilleur apprentissage des élèves. L'analyse se fait selon un modèle comportant quatre dimensions : les concepts mathématiques, théorèmes, procédures en jeu..., les arguments utilisés, les interactions dans la classe et les formes de participation des élèves. Les différentes interprétations obtenues, liées à l'hétérogénéité de l'équipe amènent les futurs professeurs à appréhender diverses approches de l'enseignement ainsi qu'à envisager des changements de perspective. De façon générale, une plus grande conscience de la complexité des processus d'enseignement et d'apprentissage émerge.

Les recherches sur la place de la pratique dans la formation se situent actuellement dans une perspective non pas de connaissances figées mais de développement professionnel. Il pourrait être intéressant de faire un parallèle avec d'autres métiers analogues, à commencer par les professeurs d'une autre discipline que les mathématiques. La question est celle de la

¹³ Le temps de la pratique globale mais aussi des différentes périodes plus ou moins longues de pratique.

¹⁴ Cette recherche sera précisée dans le paragraphe suivant.

recherche d'un équilibre entre des études théoriques et la pratique dans des classes pour apprendre au mieux le métier.

2. Comment les futurs professeurs « recomposent » différents éléments de leur formation pour construire leur pratique de classe

D'après les recherches existantes, plusieurs éléments interviennent dans cette « recomposition » : les cours suivis à l'université¹⁵, l'histoire personnelle¹⁶, l'expérience dans les écoles, avec ses contraintes spécifiques, pendant la formation et les premières années d'enseignement.

Concernant les relations avec le cours à l'université, des chercheurs (Ensor 2001) ayant étudié la transition entre formation et premières années d'enseignement parlent de la nécessité de recontextualisation des pratiques pédagogiques prônées à l'université dans le contexte de l'école actuellement fréquentée. Cette recontextualisation, bien que permettant aux nouveaux professeurs d'identifier de « meilleures pratiques », ne leur permet pas toujours de les réaliser effectivement, d'où la coupure souvent observée entre la formation initiale reçue et les pratiques des enseignants débutants. Pour illustrer cela, nous pouvons citer la recherche de Deblois et Maheux (2005) étudiant l'écart entre les préparations de séances de futurs professeurs des écoles et le déroulement effectif en classe. Une équipe formée du futur professeur, de son tuteur, d'un formateur et d'un chercheur se réunit avant et après la mise en actes en classe. Quatre types d'adaptation sont identifiés pour décrire les écarts entre planification et réalisation. Les « adaptations projectives » interviennent au début des activités, quand le professeur s'appuie sur l'intérêt des élèves pour susciter ou nourrir la discussion ou pour approfondir une question. Les « adaptations retirées » correspondent à une non intervention du professeur qui estime que les élèves peuvent résoudre seuls leurs difficultés. Les « adaptations normatives » sont celles où le professeur, constatant un écart par rapport à ses attentes dans la production des élèves, pointe l'erreur et les incite à ajuster leur réponse. Enfin, les « adaptations d'évitement » correspondent à une simplification des tâches et à un abaissement des exigences de la part du professeur, par exemple pour répondre au manque de motivation ou de compréhension des élèves. La recherche montre que le nombre et le type d'adaptations semble dépendre de trois facteurs. Le premier concerne les intentions plus ou moins bien définies du futur professeur. Dans le cas négatif, les professeurs ne s'éloignent pas de leur préparation, même si celle-ci se révèle inadéquate ; alors que dans le cas contraire, ils peuvent proposer des adaptations du premier type (« adaptations projectives »). Ces dernières sont aussi liées à une certaine aisance du professeur avec les réactions des élèves, les matériels d'enseignement et les concepts mathématiques. Au contraire, les « adaptations normatives » et les « adaptations retirées » sont liées à un certain « inconfort » du professeur dans sa classe : ce dernier a en particulier du mal à juger comment interpréter les réactions des élèves. Le troisième facteur concerne l'expérience passée en tant qu'élève. A l'issue de ce travail en équipe incluant formateur et chercheur, les futurs professeurs se sont révélés davantage capables de comprendre et de justifier leurs choix, de prendre en charge les activités de la classe et de se projeter dans leur futur métier de professeur des écoles.

Concernant l'histoire personnelle, nous avons déjà souligné l'importance donnée aux « beliefs » dans les recherches internationales, principalement anglo-saxonnes. D'autres recherches (Morselli 2005), s'appuyant sur la notion française de « rapport au savoir »

¹⁵ Dans la plupart des pays où les recherches citées ont eu lieu, la formation des professeurs se fait à l'université.

¹⁶ Les connaissances, les « beliefs », les attitudes...

(Charlot 1997), étudient à l'aide d'un questionnaire¹⁷ comment ce concept spécifié aux mathématiques et aux adultes permet de mieux comprendre les besoins et les difficultés des futurs professeurs des écoles en formation. Ces derniers peuvent en effet avoir un rapport plutôt négatif aux mathématiques et les réponses obtenues montrent que cela risque effectivement d'influencer la qualité et l'efficacité de leur enseignement.

De plusieurs recherches internationales (Goos 2005), il ressort que le contexte des premières écoles dans lesquelles les professeurs (encore en formation ou débutants) enseignent, avec ses contraintes spécifiques, joue aussi un rôle important. Par exemple, les professeurs débutants ont du mal à faire travailler en groupes les élèves d'une école où cette pratique n'existait pas auparavant. De même il leur est difficile d'utiliser les TICE dans leur enseignement si cela ne se fait pas par ailleurs dans l'école et surtout si le matériel est déficient... Ces contraintes de type institutionnel font que les jeunes professeurs sont amenés à reconsidérer ce qu'ils ont appris en formation.

3. Les premières années d'enseignement comme période de transition

Un thème important des recherches sur la formation concerne les relations entre la formation initiale des professeurs de mathématiques et la pratique au jour le jour dans les classes. A cet égard, les premières années d'enseignement peuvent être vues comme une période de transition à différents niveaux : un niveau épistémologique (passage des connaissances académiques à des connaissances pour enseigner), un niveau institutionnel (passage de l'institution « université ou institut de formation » à l'institution « école » dans un système scolaire d'un pays donné) et un niveau personnel (passage de la posture d'étudiant à la posture de professionnel dans une communauté de professeurs).

Concernant la transition épistémologique, les auteurs de la 15^{ième} étude ICMI considèrent plusieurs modèles pour éclairer la complexité du savoir professionnel des professeurs, à la fois mathématique et pédagogique mais aussi théorique et pratique, ces deux derniers aspects recoupant les précédents : la théorie anthropologique du didactique (Chevallard 1992) proposant une organisation selon deux blocs, un bloc pratique (tâches et techniques) et un bloc théorique (technologie, théorie) ; celui de Ball (Ball et al 2005) concernant les différentes composantes du savoir pour enseigner¹⁸, le modèle japonais de la « lesson study »¹⁹... De façon générale, le passage des mathématiques académiques aux mathématiques à enseigner est plus ou moins laissé à la charge du professeur débutant selon le contenu de la formation initiale et de l'accompagnement des débutants mis en place pendant les premières années d'exercice. La formation initiale ne pouvant tout prendre en charge, une question importante est la distribution à envisager entre la formation à l'université ou dans un institut de formation et les premières années d'enseignement. Notons que cette question concerne aussi la transition institutionnelle.

On observe de très grandes variations entre les différents pays sur la façon dont est organisée cette transition entre institutions. Dans certains pays, le professeur débutant est laissé quasiment seul (Australie) tandis que dans d'autres (la Chine), un système de tutorat est organisé pour l'accompagner pendant ses premières années d'enseignement. Des recherches plus approfondies seraient nécessaires pour pouvoir comparer ces différentes organisations de la transition institutionnelle.

¹⁷ Une des questions principales était « Que ressentez-vous si vous pensez à votre futur travail de professeur, en particulier de professeur de mathématiques ? » Notons que 14% sont soucieux, 15% doutent de leur capacité à faire apprendre les mathématiques à leurs élèves et 3% pensent qu'ils vont faire haïr les mathématiques à leurs élèves...

¹⁸ Développé dans la partie précédente

¹⁹ Ce modèle est précisé dans la suite

La transition personnelle apparaît dans les recherches à travers des études de cas concernant l'expérience individuelle de professeurs débutants. Trop souvent, ces derniers se retrouvent isolés, devant faire face à de nombreuses contraintes non prises en compte pendant la formation. Une de ces contraintes est la nécessité de performance des élèves (parfois à court terme) qui peut être difficilement compatible avec une démarche constructiviste prônée en formation. Plusieurs chercheurs soulignent l'importance de cadres collaboratifs²⁰ pour assurer le développement professionnel des professeurs débutants.

Apprendre dans et à partir de la pratique

1. Prendre en compte la complexité du développement professionnel des professeurs de mathématiques

Tous les chercheurs concernés s'accordent sur la nécessité de prendre en compte la complexité des questions relatives au développement professionnel des professeurs, non seulement pour interpréter les résultats de recherches mais aussi pour concevoir les études. Les recherches sont nombreuses, le plus souvent à petite échelle et utilisent des méthodes qualitatives. La complexité du développement professionnel est en partie liée au fait qu'il fait intervenir trois niveaux : celui de la formation des professeurs avec les formateurs et les scénarios de formation, celui des pratiques actuelles des professeurs en liaison avec la formation et celui des apprentissages des élèves en liaison avec les pratiques des professeurs.

Les difficultés pour faire changer les pratiques semblent renforcées par le changement de paradigme de ces vingt dernières années, en liaison avec l'approche constructiviste de l'apprentissage. Les élèves sont amenés à résoudre des problèmes, à faire des conjectures, à les tester, à les prouver. Le rôle de l'enseignant s'est alors complexifié : il doit observer les activités des élèves, les interpréter, gérer les interactions et pour cela bien choisir la situation et la conduire dans le sens des apprentissages. Cette évolution du rôle du professeur lui demande une grande maîtrise de connaissances mathématiques et didactiques articulées entre elles.

Quatre facteurs peuvent être identifiés²¹ intervenant dans le développement professionnel. Ils ne peuvent être considérés indépendamment les uns des autres. Leur grande imbrication participe de la complexité des questions posées. Le premier concerne les conceptions (beliefs) des professeurs sur l'apprentissage des mathématiques, le second se réfère aux « fondements » (« teacher's backgrounds ») constitués d'une imbrication de connaissances liées aux mathématiques, à ce qui a été appris en formation parfois de manière formelle, à leur expérience d'enseignement acquise au quotidien mais aussi lors d'occasions particulières. Ces deux premiers facteurs sont relatifs à la personne elle-même. Le troisième est lié à sa « motivation » personnelle dans un contexte culturel et social donné. Le quatrième est relatif aux structures d'intervention mises en place pour soutenir le développement professionnel des professeurs dans et par la pratique. Il s'agit le plus souvent de moments collaboratifs où les rôles sont mélangés, les intentions élaborées collectivement et les possibilités élargies. Dans ces structures collectives²², le professeur « leader » est plus animateur que professeur.

²⁰ Par exemple, participer à une communauté de pratiques (voir paragraphes suivants)

²¹ D'après les auteurs de la 15^{ième} étude ICMI

²² Développées dans le paragraphe suivant

2. Place du travail collectif dans le développement professionnel des professeurs

Parmi différentes manières possibles d'amener les professeurs à apprendre « dans et par la pratique », un accent particulier est mis sur les manières collectives de favoriser un tel développement, comme les communautés de pratiques. Concernant le développement professionnel, on est passé²³ de l'idée « d'acquisition » (le plus souvent de connaissances nouvelles liées à un progrès individuel) à l'idée de « participation » (à des groupes, des communautés pour travailler de façon collaborative et apprendre de sa propre pratique et de celles des autres).

Pour Wenger (1998) une pratique est toujours sociale, liée à un contexte. Il définit trois caractéristiques pour la cohérence d'une pratique : un engagement mutuel, une entreprise commune et un répertoire partagé. Notons que les praticiens ne sont pas forcément conscients de tout cela. Les communautés de pratiques peuvent prendre des formes très diverses, mais trois éléments clé permettent de les structurer (Wenger et al 2002) : le domaine, la communauté et la pratique. Le domaine est ce qui crée un « socle commun » pour les participants et donne un sens au développement d'une identité commune, légitimant ainsi la communauté. Le domaine n'est pas figé, il peut évoluer avec la communauté elle-même.

La pratique est constituée des cadres de travail, des idées, des outils, des informations, du langage, des documents...partagés par la communauté. Elle évolue comme une production collective, organisant les connaissances pour les participants. Elle inclut aussi les relations implicites entre les membres de la communauté, les conventions tacites.

La communauté est un ensemble de personnes qui interagissent, apprennent ensemble, construisent des relations et développent un sens de l'appartenance et de l'engagement mutuel. Apprendre devient une question d'appartenance et de participation à une communauté qui n'est pas forcément homogène. Cette dernière est vivante grâce à l'engagement actif de ses membres et ne dépend pas forcément de structures institutionnelles.

Le développement professionnel s'est transformé d'une acquisition individuelle de nouvelles connaissances et d'une réflexion souvent solitaire sur « comment les relier à sa propre pédagogie » pour devenir une entreprise collective centrée sur les pratiques de la classe. Plusieurs modèles de développement fondés sur la pratique existent et font intervenir diverses formes de communautés. Dans tous les cas, les participants examinent, débattent, échangent, modifient, étendent et créent des connaissances sur leur pratique.

S'il y a effectivement nécessité d'un travail collectif pour favoriser le développement professionnel des professeurs, on peut remarquer avec A. Robert²⁴ que le mot « collectif » peut recouvrir des choses différentes. C'est en particulier le cas pour les « case studies » (« narrative or video ») et les « lesson studies ».

Les « case studies » (Gal, Linchevski (2000) ; Bao, Huang (2007)) sont ciblées sur une leçon entière²⁵ considérée comme emblématique d'un ensemble de leçons et posant une question plus générale. L'étude a alors pour but d'identifier et d'analyser cette question. Il s'agit de prendre en compte les actions du professeur, ses interactions avec les élèves en relation avec les apprentissages de ces derniers et les connaissances mathématiques en jeu dans la leçon. Les leçons peuvent être délibérément construites pour l'étude ; elles peuvent aussi être « exemplaires » aux yeux de ceux qui les ont choisies. L'analyse selon différentes

²³ A prendre comme une métaphore

²⁴ Section 2 de la 15^{ème} étude ICMI : Learning in and from practice : comments and reflections

²⁵ Ou éventuellement une partie significative d'une leçon

perspectives, par différentes personnes²⁶, assure une pluralité des points de vue. Les « case studies » ne sont pas forcément immédiatement réinvestissables en classe, mais elles ont une portée importante en terme de formation des professeurs.

Les « lesson studies » (Shimizu 2002, Yoshida 2002) sont originaires du Japon mais ont une influence beaucoup plus grande, notamment aux USA. Elles concernent tous les niveaux de l'école et constituent un moyen de formation aussi bien pour les professeurs débutants que pour ceux ayant déjà une expérience. Contrairement aux « case studies », elles sont ciblées sur une leçon spécifique, un des objectifs de l'étude étant d'améliorer cette leçon jusqu'à une relative « perfection ». Elles comportent plusieurs phases (Lewis 2002) : étude d'une question mathématique, planification de la leçon, conduite de la leçon dans une classe, réflexion s'appuyant sur une observation et une analyse du déroulement. Toutes les phases sont collectives sauf la conduite de la leçon qui est individuelle. Une même leçon peut être reprise dans plusieurs classes dans le but de l'améliorer et de voir tout ce qu'on peut en extraire. Les « lesson studies » ont été largement utilisées aux USA pour « alimenter » les communautés de pratiques des professeurs. Elles sont l'occasion d'une analyse approfondie du travail des élèves et de leur façon de raisonner. Elles contribuent à l'acquisition de connaissances sur la pratique à travers la participation et la réflexion. Les « case studies » et les « lesson studies » constituent deux approches complémentaires de l'analyse de leçons. Notons que les secondes, contrairement aux premières, peuvent le plus souvent être réinvesties immédiatement en classe mais sont de portée plus limitée.

Une question importante concernant les communautés de pratiques²⁷ est de savoir si le simple fait de mettre ensemble des professeurs pour travailler permet de surmonter les difficultés. Si la réponse est négative, ce qui risque d'être le cas car les choses sont complexes, quelle sorte d'aide quelqu'un d'autre peut-il apporter et comment ? Cela pose la question des formateurs, de leur rôle et aussi des supports utilisés. La nécessaire collaboration entre professeurs et chercheurs est-elle nécessaire et /ou suffisante pour assurer la formation ?

3. Apprendre de sa propre pratique ou de celle des autres

Les recherches sont nombreuses qui montrent que les professeurs peuvent apprendre dans et par la pratique, qu'il s'agisse de la pratique des autres mais aussi de leur propre pratique. Des études de cas montrent comment les pratiques peuvent changer « naturellement », selon une certaine flexibilité²⁸. Elles sont souvent liées à une analyse réflexive du professeur lui-même ou à une analyse conjointe entre professeur et chercheur. Ces études montrent aussi que les professeurs apprennent plus de leur propre pratique quand ils offrent à leurs élèves un environnement riche permettant à ces derniers de réfléchir de façon autonome. On peut cependant penser que les changements de pratique obtenus sont plus des changements « de surface » que des changements profonds.

Nous allons donner deux exemples de recherches illustrant comment les professeurs apprennent dans et par la pratique. Reprenant le modèle de Piaget pour les élèves, certains chercheurs (Leikin 2007) considèrent que les professeurs apprennent quand ils sont face à une situation imprévue, inattendue. Il y a alors déséquilibre (au sens de Piaget) d'où construction de nouvelles connaissances donc apprentissage. Elle considère aussi que les professeurs apprennent lors de toutes les phases de leur travail. Pendant la phase de

²⁶ Souvent il s'agit d'une équipe composée de professeurs en formation, de professeurs tuteurs ou confirmés, de formateurs et /ou de chercheurs.

²⁷ Question aussi posée par A. Robert dans ses commentaires sur la section 2

²⁸ Notons qu'il y a beaucoup de différences entre professeurs de ce point de vue et qu'il peut avoir des différences d'appréciation entre professeurs et chercheurs : un changement de pratique pour le professeur n'en est pas forcément un pour le chercheur...

préparation, en anticipant sur les difficultés des élèves, ils sont amenés à revisiter leurs connaissances mathématiques, à réfléchir davantage sur leur cohérence, à se poser et à résoudre de nouvelles questions. Il y a alors un certain apprentissage de leur part. Pendant la conduite de la leçon, Leikin estime que c'est des interactions avec les élèves que le professeur apprend le plus : il est en effet amené à prendre conscience de nouvelles solutions, de nouvelles propriétés des objets mathématiques en jeu dans la leçon, mais aussi de nouvelles questions à propos de ces objets.

Les recherches de Deblois L. sur la formation, en particulier celle des professeurs des écoles sont nombreuses. Une des questions posées est la suivante : comment intervenir en formation sur les connaissances et les « beliefs » des futurs professeurs pour modifier et enrichir leur pratique en classe ? Par exemple, si ces derniers comprenaient mieux le raisonnement des élèves, l'erreur deviendrait pour eux une composante de l'apprentissage et ils pourraient alors proposer aux élèves en difficulté des stratégies d'aide adéquates.

Pour illustrer notre propos, nous allons simplement citer une recherche récente (Deblois 2006) faisant apparaître le concept de « sensibilité ». Il s'agit d'étudier l'influence des interprétations des erreurs des élèves par les professeurs sur le choix de leurs interventions. Cela amène aussi à la question : comment un changement d'interprétation (sous l'influence d'un chercheur) peut contribuer à transformer les interventions des professeurs auprès d'élèves en difficulté ? L. Deblois définit cinq milieux²⁹ auxquels les professeurs sont sensibles. Quand ils évaluent l'écart entre les résultats des élèves et les résultats attendus, ils sont sensibles à l'enseignement offert et concluent que les élèves ont un problème d'attention. Leur intervention consiste alors à réexpliquer ou à demander à l'élève de relire. Quand les professeurs établissent un lien entre la tâche et les procédures des élèves, ils sont sensibles à la familiarité de ces derniers avec la tâche. L'erreur est alors vue comme une mauvaise application des connaissances antérieures. Leur intervention tente de créer une rupture avec les habitudes. Lorsque la discussion porte sur la variété de procédures pour un même problème, les professeurs sont sensibles à la compréhension des élèves, ce qui n'est pas le cas lorsqu'une seule procédure est à l'étude. Ils reportent alors la source de l'erreur sur la lecture ou le manque d'attention de l'élève. Les professeurs peuvent aussi être sensibles aux caractéristiques de la tâche. L'erreur est alors vue comme un produit de l'interaction entre la tâche et les élèves. Le dernier milieu défini est celui des savoirs liés aux programmes. Trois catégories d'interventions émergent de la recherche : les méthodes de travail, l'adaptation des interventions et le développement de l'abstraction. Les méthodes de travail, déjà expérimentées auparavant, consistent à segmenter la tâche ou à créer une rupture avec les habitudes. L'adaptation des interventions concerne par exemple un jeu sur les variables didactiques ou l'utilisation d'un matériel pour représenter le problème. Le développement de l'abstraction s'appuie sur l'utilisation répétée d'exercices, la réflexion de la part du professeur sur son propre cheminement d'apprentissage et le modelage³⁰.

Finalement, il semble que développer la « sensibilité » des professeurs des écoles à l'égard d'une variété d'éléments pourrait contribuer à améliorer les interprétations qu'ils font des productions des élèves et leurs interventions correspondantes.

Pour terminer, nous reprenons des questions fondamentales posées par les auteurs de la 15^{ième} étude ICMI : Quelles sont les caractéristiques structurales des connaissances des professeurs ? De quelle manière ces connaissances influencent leur pratique ? Quel effet (faible ou fort) cela a-t-il sur les apprentissages des élèves ? Plus particulièrement, deux

²⁹ Le mot « milieu » n'est pas pris ici dans le sens de Brousseau

³⁰ Le modelage consiste à présenter explicitement aux élèves la réflexion et les procédures d'une personne en train de résoudre un problème

questions émergent sur le développement professionnel des professeurs : quelles sont les occasions essentielles où ils apprennent ? Est-ce plutôt pendant leur formation ou plutôt par la suite, à partir de leur propre pratique et de celle des autres ? Qu'est-ce qui doit se passer pour que l'enseignement actuel dans une classe soit affecté par les connaissances que le professeur a acquises ?

Références

- BALL D., BASS H., SLEEP L., THAMES M. (2005) A theory of mathematical knowledge for teaching, 15th ICMI Study Conference: the Professional Education and Development of Teachers of mathematics, Lindoia, Brésil
- BALL D. (1988) Unlearning to teach mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 8 (1), 40-48
- BAO J., HUANG R. (2007) Hypermedia video cases for in-service mathematics teacher professional development in China. In C.S. Lim, S. Fatimah, G. Munirah, S. Hajar, M.Y. Hashimah et al (Eds), *Proceedings of the 4th East Asia Regional Conference on mathematics education* (pp 47-53), Penang, Malaysia
- BEDNARZ N., PROULX J. (2005) Practices in mathematics teacher education programs and classroom practices of future teachers: from the teacher educator's perspectives and rationales to the interpretation of them by the future teachers. Paper presented at the conference of the 15th ICMI study on the Professional Education and Development of Teachers of Mathematics, Aguas de Lindoia, Brazil.
- CHAPMAN O. (2005) Stories of practice: a tool in pre-service secondary mathematics teacher education. Paper presented at the conference of the 15th ICMI study on the Professional Education and Development of Teachers of Mathematics, Aguas de Lindoia, Brazil.
- DEBLOIS L. (2006) Influence des interprétations des productions des élèves sur les stratégies d'intervention en classe de mathématiques, *Educational Studies in Mathematics*, 62(3) ,307-329
- DEBLOIS L. MAHEUX J.F. (2005) when things don't go exactly as planned: leveraging from student teachers' insights to adapted interventions and professional practice. Paper presented at the conference of the 15th ICMI study on the Professional Education and Development of Teachers of Mathematics, Aguas de Lindoia, Brazil.
- ENSOR P. (2001) From preservice mathematics teacher education to beginning teaching: a study in recontextualising. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(3), 296-320
- EVEN R., BALL D. (Eds) (2009) *the Professional Education and Development of Teachers of Mathematics*, The 15th ICMI Study, Springer
- GAL H., LINCHEVSKI L. (2000), when a learning situation becomes a problematic learning situation: the case of diagonals in the quadrangle. In T. Nakahara, M. Koyama (Eds), *Proceedings of the 24th PME conference*, Vol 2, 297-304, Hiroshima, Japan
- GELLERT U, KRUMMHEUER G. (2005) Collaborative interpretation of classroom interaction: stimulating practice by systematic analysis of videotapes classroom episodes. Paper presented at the conference of the 15th ICMI study on the Professional Education and Development of Teachers of Mathematics, Aguas de Lindoia, Brazil.
- GADANIS G., NAMUKASA I., (2005) Math Therapy, Paper presented at the conference of the 15th ICMI study on the Professional Education and Development of Teachers of Mathematics, Aguas de Lindoia, Brazil.
- GOOS M. (2005) Theorising the role of experience in learning to teach secondary school mathematics. Paper presented at the conference of the 15th ICMI study on the Professional Education and Development of Teachers of Mathematics, Aguas de Lindoia, Brazil.
- KRAINER K., WOOD T. (Eds) (2008) *Participants in Mathematics Teacher Education*, The Netherlands, Sense Publishers
- LEIKIN R. (2006) Learning by teaching: the case of Sieve of Eratosthenes and one elementary school teacher. In R. Zaskis S. Campbell (Eds), *Number theory in mathematics education: perspectives and prospects*, 115-140, Mahwah, NJ: Erlbaum
- LEIKIN R., ZASKIS R. (2007) A view on the teachers' opportunities to learn Mathematics through teaching: proceedings of the 31st International Group for the Psychology of mathematics Education (p122) Seoul, Korea, University of Seoul Press
- LEWIS C. (2002) *Lesson Study: a handbook of teacher-led instructional change*. Philadelphia, Research for Better Schools

- MORSELLI F., (2005) Reflexions on pre-service primary teachers' needs and difficulties: their « relation to mathematics » Paper presented at the conference of the 15th ICMI study on the Professional Education and Development of Teachers of Mathematics, Aguas de Lindoia, Brazil.
- PROULX J. (2005) "Objectives to work on" vs "objectives to attain": a challenge for mathematics teacher education curriculum? Paper presented at the conference of the 15th ICMI study on the Professional Education and Development of Teachers of Mathematics, Aguas de Lindoia, Brazil.
- ROWLAND T., THWAITES A., HUCKSTEP P., (2005) The knowledge quartet : a framework for reflection, discussion and professional development, a demonstration session presented at the conference of the 15th ICMI study on the Professional Education and Development of Teachers of Mathematics, Aguas de Lindoia, Brazil.
- SHIMIZU Y (2002) Lesson study: what why and how? In H.Bass, Z.P. Usiskin, G. Burrill (Eds), Studying classroom teaching as a medium for professional development. Proceedings of a US-Japan workshop (pp 53-57), Washington, D.C.: National academy
- SHULMAN L. (1987) Knowledge and teaching: Foundations of new reform, Harvard Educational Review, 57, 1-22
- VALSINER J. (1997) Culture and the development of children's action: a theory of human development (2nd ed), New York, John Wiley & Sons
- WENGER E. (1998) Communities of practice: learning, meaning and identity. Cambridge, Cambridge University Press
- YOSHIDA M. (2002) Framing lesson study for U.S. participants. In H.Bass, Z.P. Usiskin, G. Burrill (Eds), Studying classroom teaching as a medium for professional development. Proceedings of a US-Japan workshop (pp 53-57), Washington, D.C.: National academy

Les pratiques des formateurs de mathématiques en IUFM dans le premier degré

Nathalie Sayac et Julie Horoks

Introduction

Cette recherche, initiée il y a environ 2 ans par des formateurs à l'IUFM de Créteil, a pour objectif principal d'effectuer une analyse exploratrice des pratiques des formateurs en mathématiques, dans le 1^{er} degré, en IUFM. Elle s'est imposée suite à des échanges et des réflexions autour de la formation des enseignants du 1^{er} degré en mathématiques, qui ont abouti à l'hypothèse d'une grande diversité des pratiques existantes dans ce cadre, et a été rendue possible grâce aux collègues formateurs de l'IUFM de Créteil qui ont accepté de nous laisser observer leurs séances de formation.

C'est une recherche en cours, pour laquelle nous exposons ici nos hypothèses et l'étude mise en place mais aussi nos questionnements théoriques et méthodologiques.

Objectifs de la recherche

Les enjeux de la recherche sur la formation actuelle des enseignants, et plus spécifiquement de notre étude des pratiques de formations, sont multiples :

- Trouver un cadre pour analyser les pratiques des formateurs en mathématiques à l'IUFM est un enjeu prioritaire pour nous permettre de développer des outils d'analyse adaptés et efficaces. En effet, être formateur d'enseignants, c'est exercer un métier spécifique, dans un cadre spécifique, et même si bon nombre de formateurs ont été enseignants auparavant, les pratiques des formateurs d'enseignants ne sont pas les mêmes que celles des enseignants. Les outils usuels utilisés en didactique des mathématiques pour analyser les pratiques des enseignants, quel que soit le cadre adopté, doivent donc être retravaillés ou même repensés pour pouvoir être utilisés dans l'analyse des pratiques des formateurs d'enseignants.
- Un autre objectif de cette recherche, qui pourrait nous être utile en ces temps de refonte de la formation des enseignants, est de faire un « état des lieux », certes à petite échelle, des pratiques de formation dans le cadre des IUFM. Nos échanges, en tant que formatrices en IUFM, nous ont permis de faire l'hypothèse d'**une grande diversité des pratiques des formateurs de mathématiques** en formation initiale des professeurs des écoles. C'est cette diversité certainement liée à de multiples facteurs, tant individuels que conjoncturels, que nous voulons explorer dans cette recherche. En effet, les formateurs de mathématiques ont, pour la plupart, des parcours professionnels très variés qui peuvent induire des différences importantes au niveau de leurs pratiques. Certains sont d'anciens instituteurs ayant passé le CAPES de mathématiques et qui ont intégré la formation des maîtres dans la continuité de leur parcours. D'autres sont d'anciens enseignants du second degré devenus formateurs en IUFM dans le premier degré. D'autres encore ont un cursus exclusivement universitaire et exercent la fonction de formateur en tant qu'enseignant-chercheur.

- Le troisième objectif de notre recherche, est d'essayer de mettre à jour d'éventuels malentendus entre formateurs et enseignants stagiaires en formation initiale en mathématiques à l'IUFM, en repérant ce que nous avons appelé des « incidents », en écho aux incidents d'Éric Roditi. La formation dispensée actuellement dans le cadre des IUFM est très réduite et s'inscrit dans une logique de professionnalisation qui ne permet pas toujours de préparer les futurs enseignants à faire face aux difficultés des élèves, à l'hétérogénéité des classes et aux nombreux défis auxquels ils vont être confrontés. Le stage filé et les contraintes qui pèsent sur les stagiaires durant l'année de formation initiale peuvent, de manière contingente, générer des conflits d'intérêt entre les stagiaires, en attente de "recettes" immédiatement utilisables dans leurs classes et les formateurs qui ont une vision à plus long terme de la formation. Nous souhaitons donc repérer quand et pourquoi ces « incidents » peuvent se produire durant les séances de formation.

Démarche et cadres théoriques

1. Emprunts aux didactique des mathématiques & didactique professionnelle pour analyser les pratiques des formateurs

Compte-tenu des objectifs que nous nous sommes fixés et de l'appartenance des 2 enseignants-chercheurs de l'équipe au laboratoire de didactique des mathématiques André Revuz, nous avons exploré deux cadres théoriques susceptibles de supporter notre recherche. Le premier est issu de la didactique des mathématiques et convoque la double approche de A. Robert et J. Rogalski ainsi que d'autres travaux autour des stratégies de formation (Kuzniak, Houdement, Peltier), le deuxième se rattache à la didactique professionnelle (Pastré).

Ces deux cadres nous ont paru légitimes à plusieurs niveaux :

- La double approche prend en compte à la fois l'aspect contenu et l'aspect professionnel de la formation pour l'analyse des pratiques, et permet ainsi une étude de cas dans le cadre d'une séance de formation ordinaire, et une interprétation des choix du formateur, en fonction de ce qui se passe lors de la formation, mais aussi en tenant compte de données relatives au formateur, telles que son expérience, et du contexte dans lequel il exerce son métier. De plus, la double approche, en tant que champ de la didactique des mathématiques, porte 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 de nombreux formateurs.
- La didactique professionnelle se propose d'étudier, de conceptualiser et d'agir sur les phénomènes liés au développement et à la transmission des compétences professionnelles dans les situations de formation et de travail et cherche à comprendre l'activité par son organisation.

Ainsi, la didactique professionnelle apparaît complémentaire à la didactique des mathématiques *dans la mesure où elle ne s'intéresse pas seulement à la transmission d'un savoir, mais aussi plus particulièrement à la transmission de compétences professionnelles pour exercer un métier, ici celui d'enseignant.*

La double approche met en évidence la complexité des pratiques enseignantes et cherche à les reconstituer à travers une analyse de composantes imbriquées (institutionnelle, sociale, personnelle, médiative et cognitive). Cette complexité nous semble également inhérente aux pratiques de formation et l'analyse par composantes justifiée par le contexte actuel de la formation dispensée dans les IUFM : en particulier les priorités dictées par le faible nombre d'heures de formation et l'alternance entre terrain et IUFM et la diversité des profils des formateurs.

Dans ce cadre théorique, sont développés des outils pour analyser les activités des élèves qui nous semblent transposables pour analyser les activités des stagiaires en formation initiale. Ainsi, la notion de tâche, déclencheur de l'activité des élèves, au cœur de l'analyse des pratiques sous l'angle de la double approche, nous paraît pertinente pour analyser ce qui peut se passer durant des séances ordinaires de formation.

Les travaux de Kuzniak, Houdement et Peltier 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. 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 de mathématiques en IUFM. Elles dépendraient des notions mathématiques traitées durant les séances (*homologie* pour les notions méconnues des étudiants, *transposition* et *monstration* pour des notions plus familières). Dans la mesure où ces travaux se sont appuyés sur les pratiques supposées et non effectives, nous nous en inspirons pour l'analyse globale des séances de formation.

En ce qui concerne la didactique professionnelle, une des notions qui nous paraissent la plus pertinente pour notre objet d'étude est la notion d'organiseurs de pratique car elle permet de comprendre l'activité et de donner un sens à la conduite de l'acteur, c'est-à-dire le formateur en ce qui nous concerne ici. Certains organisateurs sont internes au sujet alors que d'autres sont constitutifs de la dynamique interactionnelle entre les locuteurs. Dans le contexte de la formation initiale des enseignants, la prise en compte de la dynamique interactionnelle dans les échanges nous paraît avoir toute sa place. Les notions d'activités productive et constructive (Samurçay et Rabardel) sont également des notions qui nous intéressent dans la mesure où elles ont pour vocation de transformer le réel ou le sujet lui-même.

Une étude d'A. Marchive³¹ portant sur la façon dont les travaux de recherche en didactique des mathématiques étaient reçus et diffusés par les formateurs IUFM nous a également permis de préciser quelques éléments relatifs à la diversité des pratiques des formateurs.

Nous nous sommes également inspirés des travaux de DeBlois et Squalli (2002, 2007) sur les postures épistémologiques des futurs maîtres (la posture de l'ancien élève, la posture de l'étudiant et la posture de l'enseignant), ainsi que des travaux menés en sciences de l'éducation autour de la profession de formateur d'enseignants (Perrenoud, Altet, Blanchard-Laville) pour enrichir notre point de vue sur la question des pratiques des formateurs d'enseignants.

2. Définition des savoirs pour la formation des enseignants

La question des savoirs dispensés lors des séances de formation s'est rapidement (im)posée à nous et reste au cœur de notre questionnement tant elle est importante pour rendre compte et analyser les pratiques des formateurs d'enseignants. Nous avons donc prospecté de manière assez large les différents travaux susceptibles de nous aider à approfondir cette question.

³¹ EMF 2006

Dans un premier temps, 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 professeurs du 1^{er} degré car elle correspondait davantage, à notre avis, aux savoirs professionnels transmis en formation. En effet, les connaissances travaillées durant les séances disciplinaires ne le sont qu'à des fins d'apprentissage pour les futurs élèves qui seront confiés aux professeurs stagiaires. Les stagiaires doivent opérer une transformation de la connaissance pour passer de sa compréhension pour eux-mêmes à la compréhension pour les autres (le modèle de Shulman décrit six processus nécessaires à cette transformation). En travaillant sous plusieurs angles un contenu d'enseignement en formation, les formateurs visent à ce que le stagiaire se l'approprie professionnellement, afin qu'il puisse l'enseigner le plus efficacement possible³².

Dans la continuité du travail sur le PCK, les travaux de Ball (2005) sur le *Mathematical Knowledge for Teaching* (MKT³³) ont permis d'adapter le PCK au métier de formateur puisque ce concept émane d'un questionnement de formateur d'enseignants portant sur la nature des connaissances mathématiques que le professeur doit avoir pour enseigner cette discipline efficacement.

Dans notre approche, nous ne parlons pas de rapport/connaissance particulière à la discipline d'enseignement, mais nous estimons que pour former à enseigner des mathématiques, il faut travailler simultanément différents savoirs/savoir-faire qui, combinés de différentes façons (ce qui justifie donc notre recherche sur les pratiques des formateurs) amènent à développer des compétences professionnelles utiles pour enseigner les mathématiques à l'école.

État de la recherche en juin 2009 lors de l'exposé à l'équipe

1. Savoirs & postures

Le découpage que nous avons adopté pour différencier les différents savoirs en jeu dans la formation professionnelle 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), tout en les englobant dans un schéma plus global qui constitue, dans notre approche, des savoirs pour la formation des enseignants.

³² " ... the capacity of a teacher to transform the content knowledge he or she possesses into forms that are pedagogically powerful" Shulman, 1986

³³ « MKT mean the mathematical knowledge used to carry out the work of teaching mathematics » Ball, M Hoover, G Phelps dans « Content Knowledge for Teaching : what make it spécial ? » JMTE (2007)

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

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.

Ce dernier type de savoir ne se situe pas au même niveau que les autres dans la mesure où il est central du point de vue de la formation des enseignants.

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 convient de spécifier que ce découpage des savoirs continue de nous poser question et que nous pensons que l'enjeu même de notre recherche pourrait être de stabiliser cette approche des savoirs pour la formation. Il ne nous est pas toujours aisé en effet de catégoriser de manière objective les tâches proposées par les formateurs, ni même leurs discours en formation, en fonction du type de savoir convoqué. Cela semblerait indiquer que ce découpage n'est pas encore suffisamment précis pour l'analyse des séances observées, et en particulier des activités possibles des stagiaires lors de ces séances, activités découlant des tâches proposées par le formateur, et des échanges verbaux portant sur ces tâches.

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 aux autres et difficilement identifiables. Ils nous paraissent bien recouvrir les différents contenus proposés, en formation initiale, par les formateurs en mathématiques. La question est de savoir dans quelle mesure ils sont travaillés, suivant les formateurs et à quels moments dans la formation.

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 que nous avons dégagée au cours de notre recherche concerne la façon dont le formateur 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 et Squalli, 2002, 2007). En effet, nous sommes partis du constat que le professeur stagiaire est placé, 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 doit adopter de manière plus ou moins délibérée :

- **La posture élève** : quand il est soumis à des tâches qu'il doit résoudre en tant qu'élève du système éducatif. Par exemple, quand on le confronte à des activités qu'il doit 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** : quand il est soumis à des activités lui permettant de se former en tant que futur enseignant, de réfléchir à une démarche d'enseignement en terme 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 d'anticiper des procédures d'élèves...
- **La posture enseignant** : quand on s'adresse au stagiaire en tant qu'enseignant, quand il élabore, produit des actions ou du discours en lien direct avec une pratique de classe.

Pour chaque tâche proposée, nous nous demandons si le formateur s'adresse à des élèves, à des étudiants ou à des enseignants, de manière explicite ou non, à travers la consigne proposée, les aides et bilans apportés lors de ses différentes interventions. Nous supposons que le formateur attend du stagiaire qu'il s'installe dans la posture choisie (consciemment ou non). Le stagiaire est a priori libre de s'adapter ou de s'opposer à la posture induite par la tâche proposée, de même qu'il peut ne pas avoir conscience de la posture attendue pour lui par le formateur. Des incidents³⁴ pourraient témoigner de ces décalages entre posture voulue par le formateur et posture adoptée par le stagiaire (Deblois et Squalli ont évoqué des tensions à ce propos, 1997). Par exemple, quand le formateur confronte ses stagiaires à des tâches pour lesquelles ils doivent passer d'une posture d'élève (résolution de l'exercice) à une posture d'étudiant (réflexion sur l'exercice ou sur sa résolution) alors que ces derniers s'installent et restent dans la posture première³⁵. Nous avons relevé plusieurs incidents de ce genre durant les séances filmées et à travers nos expériences de formateurs. Cela semble se produire le plus souvent quand le stagiaire rencontre des difficultés à résoudre des activités « élèves » qu'on lui propose d'étudier (pour diverses raisons de formation : transmission d'un savoir de type D1 généralement). Certains stagiaires restent enfermés dans la posture élève qu'ils ne peuvent dépasser faute de connaissances suffisantes sur la notion étudiée.

La gestion de ces incidents par le formateur peut être révélatrice de ses conceptions sur la formation et sur les organisateurs de sa pratique.

2 Nos hypothèses sur les pratiques des formateurs

Pour essayer d'appréhender la réalité des pratiques de formation des formateurs de mathématiques en IUFM, tout en prenant en compte les diversités existantes, nous avons donc posé deux hypothèses :

³⁴ 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.

³⁵ Deblois et Squalli estiment même que la posture de l'ancien élève est « persistante » en formation (2002)

Hypothèse 1 : Les formateurs privilégient généralement l'axe disciplinaire des savoirs à transmettre en formation initiale par rapport à l'axe transversal, mais ils se différencient par la façon dont ils gèrent cette priorité. Plus précisément, nous faisons l'hypothèse que parmi les savoirs identifiés dans l'axe disciplinaire, certains sont travaillés plus que d'autres.

Les choix du formateur dépendent de sa conception de la formation et de l'adaptation qu'il fait pour lui-même du plan de formation prescrit institutionnellement. Ils dépendent également des représentations qu'il a du métier, de ses stagiaires et de son histoire professionnelle (depuis combien de temps exerce-t-il la fonction de formateur ? a-t-il été enseignant avant de devenir formateur ? si oui, combien d'années a-t-il exercé dans le secondaire ou le primaire ?). C'est en cela que la double approche peut nous apporter des moyens d'interpréter ces choix.

Hypothèse 2 : L'enchaînement des postures dans lesquelles le formateur engage les stagiaires au cours d'une séance de formation est l'un des organisateurs de sa pratique. Un autre organisateur pourrait être la façon dont il prend en compte le rapport aux mathématiques des stagiaires.

Le lien entre savoirs professionnels et postures devra faire l'objet d'un traitement particulier afin de nous éclairer sur la façon dont les stagiaires vivent la formation qu'ils reçoivent. Notre travail pourra conforter ou préciser les constats établis S. Baillaquès, Altet, Lessard, Tardif et bien d'autres sur la formation initiale des enseignants. L'idée de « crise d'adolescence » évoquée par Claudine Blanchard-Laville pour désigner la période correspondant à la formation initiale des enseignants pourrait également nous aider à comprendre ce qui se joue lors des multiples changements de postures imposés aux stagiaires, en formation.

3. Méthodologie et recueil de données

Au-delà des tâches que le formateur propose à ses stagiaires, nous essayons de prendre aussi en compte la façon dont il les met en œuvre lors des séances de formation. Il convient donc de regarder non seulement le mode de travail demandé (en groupe, individuellement), mais aussi les interventions du formateur 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 le formateur a installé les stagiaires lors du travail de recherche peut être modifiée et le formateur peut engager (consciemment ou non) ces derniers 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 », le formateur 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 placés dans une posture « enseignant ».

Pour mener à bien notre recherche, nous avons donc adopté une méthodologie susceptible de nous permettre d'atteindre nos objectifs et de répondre à nos hypothèses, en observant plusieurs séances de formation à l'IUFM, dans des contextes similaires. Ainsi nous avons choisi de concevoir une étude qualitative portant sur un nombre restreint de formateurs de mathématiques en IUFM, exerçant dans un même centre de formation (exception faite d'un formateur d'un autre centre de l'académie). 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 des pratiques de ces formateurs.

Les formateurs en mathématiques du centre de Livry-gargan qui participent à cette recherche ont dû :

Répondre à un questionnaire : Ce questionnaire avait pour but de nous renseigner sur leur parcours personnel et professionnel, de nous indiquer leurs conceptions de la formation

initiale pour les professeurs des écoles, leurs priorités de formation, les grands axes de leur offre de formation ainsi que d'autres précisions qui pourront nous éclairer dans l'analyse de leurs pratiques.

Etre filmé au cours d'une séance de formation à l'IUFM : Les séances filmées l'ont été dans le courant du premier trimestre de l'année de formation initiale. Un membre de l'équipe était présent pour noter les éléments complémentaires à l'enregistrement de la séance et gérer les éventuels problèmes (logistique, technique, humain).

La séance filmée s'est rattachée à l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire plutôt qu'à l'école maternelle, au vu d'un enregistrement initial réalisé la première année, qui nous paraissait plus difficile à analyser en termes de contenus mathématiques.

Pour certains formateurs, des entretiens d'auto-confrontation ont eu lieu après enregistrements, mais il s'est avéré qu'ils n'étaient pas forcément utiles pour l'analyse des séances et assez lourd aussi bien pour les formateurs filmés que pour l'équipe de recherche.

Nous nous réservons le droit de revenir vers le formateur concerné pour lui demander de préciser ses intentions ou pour clarifier une de ses actions si cela s'avérait nécessaire.

Pour analyser les séances de formation filmées, nous utilisons des outils issus de la didactique des mathématiques et habituellement utilisés pour analyser des séances d'enseignement à l'école ou dans le second degré. Un découpage des séances en épisodes suivant les tâches assignées aux stagiaires nous permet à la fois de distinguer, mais aussi d'analyser, l'offre de formation proposée par les formateurs. A l'intérieur de ces épisodes, nous distinguons l'entrée dans la tâche, le moment de recherche ou d'action des stagiaires puis la phase finale qui permet généralement au formateur de faire la synthèse de ce qui s'est passé. Nous prenons également en compte la durée des échanges, l'activité du formateur, l'activité des stagiaires, les contenus de formation et les savoirs en jeu puis nous essayons de caractériser la posture des stagiaires - attendue et adoptée - au vu de ce que nous observons.

Il convient de préciser, à ce moment de notre recherche, que nous nous confrontons à de nombreuses difficultés :

- La question des savoirs en jeu durant les différents moments génère encore de nombreuses discussions et interrogations entre les différents membres de notre équipe. Elle n'est pas stabilisée.
- La question des postures est également délicate dans la mesure où elles ne sont pas toujours faciles à déterminer. Il y a une dynamique certaine entre ces postures, et un jeu de transfert de postures qui brouille parfois leur interprétation,
- Il n'est pas évident de retrouver le projet du formateur à travers son offre de formation, de repérer des organisateurs de sa pratique.
- Transposer les outils de la didactique des mathématiques, des pratiques d'enseignant aux pratiques de formateur d'enseignants requiert un double niveau d'analyse qui complexifie parfois notre tâche.
- Notre double casquette de formateur et de chercheur qui travaille sur les pratiques des formateurs nous aide parfois à comprendre ce qui se joue mais perturbe également l'objectivité de nos analyses.
- Défricher un champ de recherche encore peu exploité actuellement n'est pas aisé surtout pour une équipe comme la nôtre, constituée à la fois de chercheurs professionnels et débutants.

Néanmoins, ces difficultés nous permettent de prendre conscience de l'enjeu de notre recherche et nous stimule pour la faire aboutir.

Conclusion

La question des savoirs de formation ainsi que des pratiques des formateurs en lien avec ces

savoirs est au cœur des enjeux de la formation en mathématiques des futurs enseignants. Il s'agit à la fois de spécifier la nature et les enjeux de ces savoirs mais aussi de comprendre comment les formateurs d'enseignants les font vivre durant leurs séances de formation.

L'enjeu d'une telle recherche est important si l'on fait l'hypothèse que les pratiques des formateurs ont une incidence directe ou indirecte sur les pratiques des professeurs 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 d'abord s'efforcer de mieux connaître les pratiques des formateurs d'enseignants et la singularité de leur activité. Par ailleurs, une telle recherche peut également permettre de développer des dispositifs de formation de formateurs adaptés à la réalité des pratiques effectives des formateurs de mathématiques en IUFM ou au sein des universités et élaborer des outils de formation appropriables par les nouveaux formateurs.

La recherche que nous menons depuis 2 ans au sein de l'IUFM de Créteil-Paris 12 a pour vocation de faire avancer ces questions car, in fine, c'est la question essentielle des apprentissages mathématiques des élèves qui est en jeu.

Références

- 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*
- BAILLAUQUES S (1998) : « Former des enseignants professionnels » de Paquay L., Altet M., Charlier E., Perrenoud P. *Ed De Boeck*
- BALL D (2008, April) : « *Building professional education for teaching mathematics: Meeting the challenges* » National Council of Supervisors of Mathematics Salt Lake City, UT
- BALL, D.L., Thames, M.H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59 (5), 389-407.
- 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*.
- BLANCHARD-LAVILLE, C. (2000). « Malaise dans la formation des enseignants », L'Harmattan
- CYR, S. & DEBLOIS, L (2007) « étude de la compréhension des composantes de la notion de corrélation chez les futurs maîtres du secondaire » *Revue Petit x* n°75, p50-73
- 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 maîtres" *Educational Studies in Mathematics* 50, p 212- 237
- DELANEY, S., Ball, D.L, Hill, H.C., Schilling, S.G., & Zopf, D. (2008). "Mathematical knowledge for teaching": *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11(3), 171-197.
- HILL, H., Ball, D. L., & Schilling, S. (2008). Unpacking "pedagogical content knowledge": Conceptualizing and measuring teachers' topic-specific knowledge of students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 39 (4), 372-400.
- LESSARD C., TARDIF M. (1999) : « Le travail enseignant au quotidien ». *Ed De Boeck*
- PASTRÉ P., Bru M., Vinatier I. « Les organisateurs de l'activité enseignante. Perspectives croisées *Revue RECHERCHE ET FORMATION. Pour les professions de l'éducation* N° 56, INRP (2007)
- RODITI E. (2005), « Les pratiques enseignantes en mathématiques. Entre contraintes et liberté pédagogique », 196 p., Paris : L'Harmattan.
- SHULMAN, L. (1986b). « Those who understand : knowledge growth in teaching ». *Educational Researcher*, 57 (2), 4-14
- SHULMAN, L. (1987). "Knowledge and teaching : Foundation of a new reform". *Harvard Review*, 57 (1), 1-22.

Accompagnement en mathématiques de professeurs des écoles débutants nommés en ZEP. Analyse des pratiques et inférences sur la formation initiale

Denis Butlen, Monique Charles-Pezard, Pascale Masselot

Introduction

Les travaux de recherche que nous présentons amènent notamment à mieux comprendre comment se construisent la cohérence et la cohésion des pratiques des enseignants débutants, à identifier des déterminants qui conduisent les professeurs des écoles à s'inscrire dans un genre de pratique, cela en mesurant les effets d'une formation ciblée sur la prise de fonction en milieu difficile. Il s'agit d'étudier comment des facteurs sociologiques interviennent sur les pratiques des professeurs des écoles enseignant les mathématiques en ZEP et dans quelle mesure ces pratiques peuvent être source de différenciation. Cela nous a conduits à préciser comment les différentes contraintes et contradictions, auxquelles sont soumis ces enseignants, pèsent sur leur pratique au quotidien. Ces différents éléments nous permettent de cerner des parcours de formation prenant en compte la formation initiale, un accompagnement durant les deux premières années d'exercice et les spécificités d'un enseignement en milieu très défavorisé.

Après avoir précisé notre cadre théorique, nous présentons rapidement les hypothèses sur lesquelles nous nous sommes appuyés pour construire l'ingénierie de formation ainsi que les situations qui la composent. Le but de cette formation est double : améliorer les apprentissages des élèves et accroître le confort de l'enseignant. Notre méthodologie d'analyse en cinq niveaux est ensuite détaillée ainsi que nos principaux résultats qui se caractérisent notamment par un enrichissement des pratiques qui rencontre des limites. Nous terminons par des inférences sur la formation initiale en dégagant plusieurs grandes questions professionnelles incontournables pour l'apprentissage du métier de professeur des écoles : installer la paix scolaire, exercer une vigilance didactique et dépasser les tensions entre le processus de dévolution et celui d'institutionnalisation.

Cadre théorique

Pour ces recherches, nous avons adapté à notre sujet le cadre théorique de la double approche didactique et ergonomique élaboré par Robert et Rogalski. Il intègre des éléments de didactique des mathématiques et des éléments d'ergonomie cognitive et de didactique professionnelle (Leplat, 1983 et 1997 ; Clot 1999 ; Pastré, 1995 et 1996). Nous nous appuyons également sur des résultats de recherche de didactique des mathématiques concernant les pratiques enseignantes et leur formation. Nous admettons que les pratiques sont complexes, cohérentes et stables (Robert 2001, De Montmollin 1984, Crahay 1989). Pour rendre compte de cette complexité, nous reprenons en l'adaptant à notre problématique, la méthodologie d'analyse en cinq composantes (cognitive, médiative, personnelle, institutionnelle et sociale) définie par Robert et Rogalski (2002).

Nos recherches antérieures (Butlen, Peltier, Pézard 2002), s'appuyant sur l'analyse des pratiques de dix professeurs des écoles enseignant les mathématiques en milieux difficiles (ZEP), ont mis en évidence cinq contradictions auxquels ils sont soumis : contradiction entre

une logique d'apprentissage d'une part et une logique de socialisation, une logique de la réussite immédiate, une logique de projet d'autre part; entre individuel, public et collectif, et enfin entre les différents temps d'apprentissage.

Ces travaux ont également permis d'établir une première catégorisation des pratiques effectives, catégorisation prenant en compte la double mission d'enseignement et d'éducation du professeur des écoles en distinguant les i(instruction)-genres des e(éducation)-genres ; trois i-genres ont ainsi été définis.

L'un de ces i-genres, majoritaire, se caractérise par des scénarios d'enseignement faisant une part importante à la présentation collective des activités, par des phases de recherche individuelle très courtes, voire inexistantes, par une individualisation très forte des parcours cognitifs et des aides apportées par le professeur. Cette individualisation systématique des activités proposées comme du traitement des comportements s'accompagne au quotidien d'un abaissement des exigences de la part du maître. Les phases de synthèse, de bilan et d'institutionnalisation sont quasi inexistantes. Un deuxième i-genre, proche du majoritaire, s'en distingue notamment par la part accordée aux présentations collectives des activités qui sont quasi absentes.

Un troisième i-genre, très minoritaire (un professeur sur les dix) se distingue des deux autres par des scénarios basés sur des problèmes engageant les élèves dans une recherche et comportant quasi systématiquement des phases de synthèse, de bilan et des institutionnalisations locales ou plus générales. Les apprentissages comme les comportements sont traités collectivement.

Nous retenons aussi les résultats relatifs à l'organisation des pratiques notamment ceux concernant les gestes et routines professionnelles (Butlen, 2004) et ceux concernant les stratégies de formation des professeurs des écoles (Houdement et Kuzniak 1996).

L'ingénierie de formation

1. Nos hypothèses sur les pratiques enseignantes

Nous pensons qu'il est indispensable d'avoir accès et de prendre en compte la logique des pratiques effectives de chaque enseignant pour pouvoir intervenir sur leurs pratiques (Masselot 2000, Portugais 1998, Vergnes 2000). En particulier, nous retenons l'idée que, pour avoir un effet, une formation doit rencontrer la logique de fonctionnement du professeur formé. Pour être efficace, la formation doit prendre en compte un "principe d'étanchéité". Sans remettre directement et globalement en cause la logique des pratiques des enseignants – les risques de fragilisation étant trop grands- elle doit ouvrir des alternatives y compris locales et limitées.

Ainsi, nous avons construit des situations de formation qui permettent d'entrer en résonance, même de manière limitée, avec les représentations des formés sur les mathématiques, leur enseignement et le public auquel ils s'adressent. Nous nous plaçons toutefois dans une démarche « holistique » (Chesnay, Paries, Robert, soumis) prenant suffisamment en compte la complexité des pratiques, les différentes recompositions nécessaires à une interrogation de celles-ci, notamment celles qui sollicitent les dimensions personnelle, professionnelle, institutionnelle et sociale des professeurs concernés. Cela nous amène par exemple à penser qu'accroître le confort des enseignants de ZEP contribue à favoriser l'efficacité de l'enseignement.

Nous nous proposons d'intervenir sur les pratiques en cours de stabilisation des nouveaux professeurs dans le but de les enrichir. Il s'agit pour nous d'élargir le champ des possibles

pour l'enseignant, notamment en présentant la diversité des stratégies d'enseignement possibles, en précisant les différents types d'activités à proposer aux élèves enrichissant ainsi les contenus mathématiques abordés. Cela devrait amener le professeur des écoles à adapter des situations d'apprentissage (trop souvent construites pour un public élève standard) en vue d'un enseignement en ZEP prenant en compte les difficultés spécifiques de ce public tout en assurant les apprentissages visés par la scolarité obligatoire. L'état des recherches sur l'enseignement des mathématiques en ZEP ne permet pas actuellement de définir ce que pourraient être de « bonnes pratiques ». Il permet en revanche de signaler des dérives (Butlen, Peltier, Pézard, 2002) qui pourraient s'avérer des sources potentielles de différenciation ou contribuer à aggraver les différences existantes entre élèves issus de divers milieux socioculturels. De ce fait, nous ne visons pas un changement brutal et complet des pratiques existantes mais nous faisons l'hypothèse qu'un enrichissement des pratiques individuelles permettrait de limiter ces dérives (algorithmisation trop grande des tâches, individualisation non contrôlée, défaut de savoirs institutionnalisés lors de moments collectifs, quasi disparition des phases de synthèse collective, etc.).

Il nous paraît indispensable, dans ce but, de montrer la diversité des réponses apportées par les enseignants (y compris débutants) aux contraintes auxquelles les professeurs des écoles sont soumis ; notamment en comparant les stratégies d'enseignement liées aux différents i-genres et leurs effets. Il nous paraît en particulier important de préciser les gestes et routines professionnels associés à ces types de pratiques.

En agissant sur les pratiques des professeurs, nous avons non seulement le souci d'améliorer les apprentissages des élèves de milieux socialement défavorisés mais aussi celui d'accroître l'efficacité des enseignants concernés et d'améliorer leurs conditions quotidiennes d'exercice du métier.

2. Les situations de formation

L'ingénierie de formation s'organise autour de quatre dialectiques. La première concerne les deux stratégies de formation principalement mises en œuvre : une démarche de compagnonnage et une démarche réflexive. La deuxième concerne les modalités de formation (individuelle ou collective). La troisième dialectique vise à mettre en relation l'expérience personnelle de chaque professeur débutant, considérée dans son contexte particulier, et une expérience relevant d'un collectif enseignant, reformulé, reconstitué, par un formateur engagé dans des recherches sur les pratiques enseignantes et sur les pratiques de formation. La quatrième joue sur le niveau (local ou global) d'intervention sur les pratiques. Nous faisons l'hypothèse qu'il est possible d'interroger la logique d'un enseignant de ZEP et d'initialiser des changements dans sa pratique, pourvu que ces derniers soient suffisamment locaux et ne remettent pas trop en cause cette logique. Il s'agit d'éviter des rejets qui pourraient s'avérer violents. Nous nous appuyons ici sur les travaux de Butlen (2004) portant sur l'organisation des pratiques enseignantes, notamment sur les gestes professionnels et les routines.

Notre ingénierie comporte trois types de situations de formation organisées autour de ces quatre dialectiques.

Dans le premier type de situation (Situation d'information et de questionnement (S.I.Q.)), il s'agit d'initialiser un questionnement chez l'enseignant tout en lui apportant des informations et des ressources. Ce premier type de situation est proposé dans un cadre collectif et comporte trois entrées. Une première entrée concerne l'adaptation de situations d'apprentissage et de programmations en vue d'un enseignement en ZEP, en prenant en compte un double point de vue cognitif et médiatif. La seconde entrée est centrée sur les

gestes professionnels. La troisième comporte une information sur les contraintes spécifiques aux ZEP, sur les contradictions vécues quotidiennement par les professeurs de ces classes.

Contrairement aux précédentes, lors des Situations de Compagnonnage (S.C.), les interventions sont strictement individuelles et s'adressent à la personne de l'enseignant. Les réponses apportées aux questions effectives qu'il se pose sont alors complètement contextualisées et prennent en compte l'interlocuteur.

Les Situations d'Echanges et de Mutualisation des pratiques (S.E.M.) sont organisées au sein de groupes restreints. Elles facilitent le passage de l'individuel au collectif. Les échanges sur les pratiques effectives, sur leur efficacité et leurs limites, permettent d'une part, aux enseignants de mettre en commun leurs expériences et d'autre part, aux chercheurs de replacer les observations dans la continuité de la classe. Le retour réflexif sur sa propre pratique, imposé dans un premier temps dans le cadre de la formation, se construit par la suite dans la durée, à partir de nombreuses situations d'échanges sur des sujets variés.

De façon générale, l'ingénierie d'accompagnement doit prendre en compte l'institution. Les situations du premier type (S.I.Q.) sont proposées lors du stage de prise de fonction des nouveaux professeurs des écoles. Les situations de compagnonnage, d'échanges et de mutualisation des pratiques (S.C. et S.E.M.) supposent des observations de classes et des regroupements réguliers entre enseignants accompagnés et chercheurs.

Nous avons travaillé avec dix professeurs des écoles débutants, volontaires, enseignant dans des ZEP scolarisant un public socialement très défavorisé. Une durée de l'accompagnement de deux années nous a semblé nécessaire pour espérer agir sur leurs pratiques en formation.

Méthodologie d'analyse des données et résultats

D'une part, le corpus de données concernant les professeurs des écoles est analysé à l'aide d'une grille construite à partir d'indicateurs prenant en compte la double approche théorique. Plus précisément, ces indicateurs permettent à la fois de caractériser les mathématiques proposées à la fréquentation des élèves et aussi de préciser certains déterminants de ces pratiques.

D'autre part, pour identifier et mesurer les évolutions dans les pratiques, nous avons été amenés à définir, en référence au i-genre 3 minoritaire, cinq niveaux de dépassement de la contradiction fondamentale qui, s'ils sont atteints, devraient garantir les apprentissages mathématiques des élèves. Il s'agit d'une référence et non d'un modèle, toutes les séances de mathématiques ne relevant pas forcément d'un même schéma. Ce choix se justifie par plusieurs éléments. D'une part, un enseignant dont la pratique relève de cet i-genre propose à la fréquentation de ses élèves des mathématiques potentiellement plus riches et donc susceptibles d'être davantage vecteurs d'apprentissage. D'autre part, ces pratiques existent ; elles sont donc viables, même dans des ZEP très difficiles où des compromis avec les élèves et les institutions restent possibles. De plus, en tant que formateurs, les enjeux liés à ce i-genre nous semblent accessibles. Notons que la théorie des situations continue à nous servir, en tant que chercheurs, de grille de lecture de l'existant.

Nous avons désigné ces cinq niveaux par des expressions caractéristiques de chacun : installation d'une paix scolaire, proposition de problèmes consistants et aménagement de temps de recherche, explicitation des procédures, hiérarchisation des procédures et synthèse, institutionnalisation.

Les résultats

Ils permettent de mettre en évidence deux dimensions fondamentales de l'activité du professeur des écoles enseignant les mathématiques, notamment en ZEP : installer la paix scolaire et exercer ce que nous appelons une vigilance didactique. Ils montrent aussi un enrichissement des pratiques observées qui rencontrent des limites, ces dernières étant analysées selon les cinq niveaux. Nous illustrons notre propos par les observations faites dans les différentes classes, notamment celle de Valentin (CE1 les deux années), Aurélie (CM1), Christine (CE1 la première année, CP la seconde), Vanessa (CE1/CE2 la première année, CE2/CM1 la seconde).

1. Installation d'une paix scolaire (niveau 1)

Nous définissons la « paix scolaire » comme le couple paix sociale et adhésion au projet d'enseignement du professeur. Le premier élément du couple peut notamment se caractériser par l'établissement de règles de fonctionnement de la classe acceptées par les élèves et indispensables à la relation didactique : calme dans la classe, absence de violence entre les élèves, respect et écoute des personnes, prises de paroles contrôlées, climat de sécurité etc. L'adhésion des élèves au projet d'enseignement du professeur se manifeste par un climat de confiance, voire de complicité, entre les élèves et le professeur, par un enrôlement rapide et sans trop de résistance des élèves dans les tâches.

L'installation de la paix scolaire participe au processus de dévolution mais relève aussi de l'ensemble de l'acte d'enseignement. Le second élément du couple définit pour une part le topos de chacun et il est difficilement explicitable dans la mesure où il résulte d'une négociation « cachée » entre élèves et professeur.

Un minimum de paix scolaire doit être obtenu pour atteindre et dépasser les autres niveaux. Les modalités d'installation de la paix scolaire ont donc une influence sur les autres niveaux mais inversement les modalités de dépassement d'un niveau donné contribuent à l'obtention de la paix scolaire. La question du lien entre apprentissages des élèves et confort de l'enseignant est ainsi posée de manière plus fine. Il en est de même des relations entre pédagogique et didactique.

Notre recherche permet de mettre en évidence des routines permettant d'installer des conditions pour l'obtention de la paix scolaire. Notons que certaines de ces routines ne sont pas sans risques pour l'avancée des apprentissages et nourrissent les deux premières contradictions mises en évidence en ZEP.

Parmi les professeurs accompagnés, un seul (Valentin) ne réussit pas complètement à installer la paix scolaire. Une certaine tension perdure dans sa classe due, en particulier, à des exigences de discipline peut-être trop grandes qui le contraignent à de nombreux rappels à l'ordre qui ne nous apparaissent pas toujours « justifiés » ou arrivant à bon escient. Notons que ces exigences sont peut-être pour lui une façon de garantir sa légitimité. Aurélie installe la paix scolaire grâce à des rappels à l'ordre (très nombreux en début d'année mais qui diminuent avec le temps), beaucoup de rigueur mais surtout un environnement mathématique de grande qualité. Il en est de même pour Christine qui s'appuie par ailleurs sur un climat de confiance et de communication dans la classe (communication entre elle et les élèves mais aussi entre élèves). Quant à Vanessa, il faudrait plutôt parler de complicité, de qualité de communication davantage liées à une valorisation importante des élèves, à des rituels, à une volonté de rester proches d'eux (notamment du point de vue des formulations) qu'à la richesse de l'environnement mathématique proposé.

2. La vigilance didactique, à la fois du côté des connaissances et de leur mise en actes

Nos analyses des pratiques observées nous ont amenés à définir ce que nous appelons « la vigilance didactique » comme une sorte d'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.

Exercer une certaine vigilance didactique met en jeu des connaissances mathématiques et didactiques nécessaires pour enseigner. Les connaissances mathématiques ne sont pas seulement académiques, elles doivent être finalisées pour l'enseignement. Les connaissances didactiques contribuent à une bonne perception des enjeux d'apprentissage des situations et de leur organisation en vue de l'enseignement de savoirs mathématiques. Elles concernent aussi des outils permettant de lire le réel, issus de la didactique des mathématiques mais transformés en vue de l'action d'enseigner. Ces outils consistent par exemple en la mise en œuvre d'un minimum d'analyse *a priori* pour identifier le savoir mathématique en jeu dans la situation, les variables didactiques et l'incidence des choix s'y rapportant sur les procédures et les résultats des élèves. Ils concernent aussi la hiérarchisation des procédures, le fait de savoir identifier parmi la diversité des productions des élèves celles sur lesquelles on va pouvoir s'appuyer pour les conduire à la réussite. Ces connaissances, finalisées par l'action d'enseigner, sont liées aux grandes étapes du cheminement cognitif des élèves envisagé. Elles fonctionnent en actes, pendant la séance ; des manques à ce niveau pouvant se révéler source de différenciation. Elles peuvent être de statut différent selon qu'elles sont liées à l'action, à la formulation, à la validation ou à la preuve.

Ces différentes connaissances mathématiques et didactiques s'opérationnalisent dans l'action du professeur pour réaliser des tâches. La vigilance didactique est liée aux différentes tâches d'enseignement de contenus mathématiques, situées en amont de l'action en classe, pendant l'action en classe ou après la classe ainsi qu'aux différentes manières de les réaliser.

Ces différentes manières relèvent de la composante médiative et des niveaux local et micro des pratiques. Elles concernent en particulier les routines. Ce sont des routines de type 3 selon la classification établie par Butlen et Masselot (2001) car elles sont en relation avec les contenus mathématiques enseignés. Quand la tâche n'est pas nouvelle car identique ou semblable à d'autres déjà rencontrées, le professeur met en œuvre une routine constituée d'activités plus élémentaires, les gestes. Lorsque la tâche est vraiment nouvelle ou problématique, le professeur peut ne pas disposer de routine et la réaliser de manière improvisée.

Pour estimer le degré de vigilance didactique d'un professeur des écoles, nous définissons des indicateurs correspondant à son activité avant, pendant et après la classe. Ces indicateurs sont liés à nos cinq niveaux d'analyse des pratiques.

Comme l'installation de la paix scolaire, l'exercice de la vigilance didactique n'est pas spécifique aux pratiques des professeurs en ZEP. La notion s'étend aux pratiques des enseignants affectés dans des classes ordinaires. Toutefois, il semble qu'en ZEP, des insuffisances à ce niveau peuvent être plus « graves » car sources potentielles de différenciation. Dans ces classes plus qu'ailleurs, les moments de synthèse et d'institutionnalisation où la vigilance didactique est déterminante sont cruciaux pour les élèves. En effet, la synthèse se construit à partir de procédures souvent très partielles que le professeur doit savoir compléter, optimiser pour amener les élèves à une (des) procédures de réussite la (les) plus experte(s) possible. C'est en mettant cette (ces) procédure(s) à la disposition des élèves les plus faibles que ces derniers pourront s'en emparer et ainsi progresser dans les apprentissages. De même, l'institutionnalisation, en pointant le savoir en jeu dans la situation, devrait permettre aux élèves fragiles d'avoir des repères mathématiques et de ne pas en rester aux éléments de surface du problème.

Un enrichissement des pratiques qui rencontre des limites

1. Une extension des marges de manœuvre en partie liée aux ressources privilégiées au cours de l'accompagnement

Nos analyses montrent qu'un accompagnement durant les deux premières années d'exercice permet d'élargir les marges de manœuvre des enseignants, de les aider à prendre confiance, et donc d'enrichir leurs pratiques. Par exemple, tous les professeurs observés font du calcul mental. Cela s'explique sans doute par le temps consacré à ce thème dans l'ingénierie de formation au cours duquel un document ressource a été distribué. De plus, grâce à notre accompagnement, les professeurs débutants ont acquis une certaine liberté par rapport à l'utilisation des ressources existantes et aux contraintes liées au fonctionnement de l'équipe pédagogique.

2. Un niveau 2 globalement atteint pourvu que les ressources utilisées soient « riches »

Le deuxième niveau se caractérise par l'installation d'un climat de travail mathématique et éventuellement de communication dans la classe. Le professeur propose aux élèves fréquemment, voire systématiquement, des problèmes mathématiques consistants, les engageant dans une recherche effective. Il peut adapter des situations issues de manuels mais sans négociation des enjeux en termes de savoir et d'apprentissage (contenu mathématique visé et procédures attendues). Un autre indicateur lié au précédent concerne la gestion du temps de recherche des élèves : d'une part, ce dernier est relativement significatif, d'autre part, les aides éventuelles apportées ne s'accompagnent pas d'une réduction des exigences.

Les professeurs concernés par notre ingénierie atteignent globalement le niveau 2 pourvu que les ressources utilisées soient « riches » et qu'ils ne modifient pas les données des situations qui justement assurent cette richesse. Le résultat est plus nuancé pour deux professeurs des écoles dont la pratique semble parfois relever d'une certaine improvisation.

3. Un niveau 3 plus difficile à atteindre surtout en ZEP

Le troisième niveau concerne la place laissée aux élèves dans les moments de mise en commun des réponses, de validation de celles-ci et d'explicitation des procédures (menant ou non à la réussite) mises en œuvre pour les obtenir. Les élèves sont amenés à exposer leurs procédures. Cette phase de formulation et d'explicitation se fait d'autant plus facilement que le professeur a instauré un climat de communication dans la classe. Les élèves ont l'habitude d'expliquer leur démarche, de questionner l'enseignant ou leurs pairs sur le travail à produire ou produit, de s'exprimer par rapport aux erreurs rencontrées, etc.

Ce troisième niveau n'est pleinement atteint que par deux professeurs : Aurélie et Christine. Notons que l'existence de tels moments est liée à la nature des tâches proposées aux élèves. Valentin évolue nettement dans ce sens entre la première et la seconde année. Au cours des premières séances observées, il propose des « exercices » assez « fermés » et qui donnent lieu à des moments de correction sans beaucoup de retour sur les réponses effectives et sur les erreurs qui ont pu être produites par les élèves. Progressivement, comme les situations qu'il propose sont plus « riches » mais aussi comme il fait davantage confiance aux situations et aux élèves, ces phases de mise en commun évoluent. Cependant, il fait le choix de revenir sur toutes les productions et ne s'autorise pas à « guider » les élèves dans leur

exploration, laissant le tri et le classement des réponses proposées à la charge des élèves, ce qui rend très difficile la gestion de cette phase et le travail de synthèse qu'il doit effectuer.

Citons aussi le cas d'une enseignante qui « referme » en quelque sorte sa pratique entre la première et la seconde année au vu de la trop grande résistance des élèves. Elle se réfugie dans une correction publique classique.

4. Des niveaux 4 et 5 nettement plus problématiques

Le niveau 4 concerne la hiérarchisation par le professeur des productions des élèves et l'existence de phases de synthèse contextualisées. Cette hiérarchisation peut prendre en compte plusieurs facteurs : l'efficacité et la validité de la procédure, son économie en terme de temps de résolution, la nature et le degré d'expertise des savoirs mobilisés.

Les dépassements des niveaux quatre et cinq sont nettement plus problématiques. Seule Aurélie atteint pleinement ce quatrième niveau. Christine ne hiérarchise pas les productions des élèves : celles qui sont validées sont toutes mises au même niveau. Par exemple, les procédures qui recourent au matériel ou à la représentation sont mises sur le même plan que celles faisant intervenir les nombres et les opérations. Parmi ces dernières, les procédures expertes ne sont pas privilégiées par rapport à des procédures plus primitives. La synthèse semble donc le plus souvent improvisée, portée par l'action immédiate.

Au cours de la deuxième année, à partir des productions, le plus souvent affichées au tableau, Valentin incite les élèves à formuler, expliciter, comparer. Il essaie ainsi de s'appuyer sur les productions effectives mais rencontre des difficultés à analyser celles-ci d'un point de vue mathématique, à prendre du recul, à reconnaître leur pertinence. Il se contente d'énoncer la réponse, sans revenir sur la ou les manières d'y arriver, en la replaçant dans le contexte de la situation.

Le cinquième niveau se caractérise par une institutionnalisation des savoirs ou méthodes en jeu dans la situation, par une décontextualisation et dépersonnalisation mais aussi par une réorganisation des savoirs visités, notamment en terme d'ancrage du nouveau dans l'ancien.

Seule Aurélie atteint pleinement ce cinquième niveau. Christine fait quelques institutionnalisations que l'on peut qualifier de « molles » : elle ne reformule pas vraiment ce qui est important à retenir et qui vient d'être élaboré, parfois difficilement avec les élèves. Elle ne pointe pas clairement le savoir mathématique en jeu dans l'activité. Vanessa propose plutôt des corrigés types. Nous avons vu que Valentin se contentait d'énoncer la réponse sans aucune décontextualisation. Notons cependant que tous ont le souci de rappeler des savoirs anciens pour mieux ancrer les nouveaux.

5. Une formation plus ou moins en phase avec les préoccupations professionnelles des professeurs des écoles accompagnés

Notre ingénierie de formation est venue plus ou moins conforter les préoccupations professionnelles des professeurs des écoles débutants.

Dans le cas d'Aurélie, tout se passe comme si notre intervention était entrée en résonance avec sa logique professionnelle déjà en germe au début de sa première année d'exercice. Notre accompagnement a conforté la formation initiale reçue à l'IUFM. Il a rencontré avec profit ses préoccupations professionnelles immédiates et à moyen terme et lui a permis d'investir des possibles en terme de pratiques. Aurélie considère les situations et les ressources proposées par l'accompagnement comme riches et porteuses d'apprentissages. Elle

réinvestit les propositions d'activités faites par les formateurs-chercheurs tout en procédant aux adaptations qu'elle juge nécessaires. Notons que c'est elle qui fait le plus de demandes dans le cadre des situations de compagnonnage. De plus, elle s'approprie les routines décrites en formation, notamment celle relative à la conduite de la synthèse s'appuyant sur une hiérarchisation des procédures ainsi que celle relative à l'institutionnalisation. Notons enfin qu'Aurélié est très active dans les situations d'échange et de mutualisation des pratiques (SEM) et qu'elle s'avère très tôt davantage capable que ses collègues de prendre du recul par rapport à sa propre pratique.

Pour Christine, tout se passe comme si les éléments caractéristiques de sa pratique étaient en germe dès le départ, nos analyses ne révélant pas de transformations profondes si ce n'est plus de sérénité la seconde année. Les manuels utilisés³⁶ ont sans doute eu une influence importante sur la pratique de Christine. En effet, son intégration à l'équipe de l'école (qui utilisait ces manuels) a été difficile et dans un autre environnement institutionnel, elle aurait peut-être développé un autre type de pratique. Deux éléments relevant de la composante institutionnelle semblent donc avoir été déterminants dans la genèse de la pratique de ce professeur : d'une part, l'obligation de s'intégrer à l'équipe de l'école et d'en adopter le projet, d'autre part, l'utilisation de manuels faisant une grande place à la résolution de problèmes consistants. Christine a pu ainsi enrichir sa pratique mais, comme nous l'avons vu, la faiblesse des synthèses et de l'institutionnalisation ne lui permettent pas d'atteindre les cinq niveaux. Notons que Christine a particulièrement apprécié les situations d'échange et de mutualisation des pratiques (SEM) et qu'elle a activement participé aux discussions.

Valentin est sans doute celui pour lequel l'ingénierie de formation a eu le plus d'effet. Assez réticent au départ, il finit par adhérer à notre projet. Comme pour Christine, les facteurs institutionnels (intégration à l'équipe de l'école, utilisation de manuels faisant une grande place à la résolution de problèmes) ont influencé sa pratique. Il ne faut pas non plus négliger « l'effet d'entraînement » lié au fait qu'il travaille la première année avec Christine qui a comme lui un CE1, notamment dans la mise au point des évaluations. Au fur et à mesure des deux années, Valentin propose des problèmes plus consistants. Il fait davantage confiance aux situations et aux capacités de ses élèves pour les résoudre. Mais nous avons repéré des manques au niveau de l'analyse a priori : s'il identifie les variables didactiques, les choix concernant en particulier ceux des variables numériques ou autres rendent les phases de synthèse et d'institutionnalisation assez problématiques. De plus, nous avons vu qu'une certaine tension perdure dans sa classe au cours des deux années, Valentin restant toujours préoccupé par les problèmes de gestion de classe se focalisant sur la discipline.

Il semble que Vanessa réinterprète de façon fragmentaire et plutôt superficielle ce qu'elle a entendu en formation. Notre accompagnement lui a permis de rejeter le fichier utilisé dans l'école qu'elle considérait comme un carcan. N'ayant plus de ressource officielle, elle propose dans les moments de recherche autonome des problèmes de niveaux de complexité très divers allant d'un simple exercice d'application à des questions beaucoup plus difficiles, le tout semblant assez improvisé. Parallèlement, sa pratique relève plutôt du i-genre majoritaire, s'appuyant sur une individualisation. Le fait qu'elle enseigne à un double niveau³⁷ ne peut expliquer qu'en partie une aussi grande diversité de sa pratique.

6. Des facteurs « déterminants » dans la formation des pratiques des professeurs des écoles débutants

³⁶ Capmaths (Hatier) la première année et Ermel (Hatier) la seconde année

³⁷ Niveaux CE1 CE2

De façon générale, nos observations nous amènent à prendre en compte plusieurs facteurs externes susceptibles d'intervenir dans la formation des pratiques des professeurs des écoles débutants : les ressources pédagogiques utilisées, le niveau scolaire de la première classe dans laquelle on enseigne et enfin le contexte social et institutionnel de la première école.

L'impact des ressources utilisées

Il semble que les manuels utilisés en mathématiques lors des deux premières années d'exercice aient un rôle important dans la construction des pratiques des débutants. En effet, ces documents peuvent induire un certain type de pratique, en partie à l'insu de l'enseignant.

Dans le cas de beaucoup de professeurs observés, nous observons qu'un fichier associé à un livre du maître dont les auteurs donnent une grande place à la résolution de problèmes, proposent un certain nombre d'éléments aidant à l'analyse a priori (choix des variables numériques et autres, anticipation des procédures des élèves) et décrivent relativement dans le détail la démarche utilisée ainsi que les différentes phases du déroulement des séances peuvent contribuer à aider un professeur débutant à atteindre et dépasser les différents niveaux. En effet, ce type de ressource, en garantissant la consistance des problèmes proposés et en prévoyant un temps de recherche significatif pour les élèves permet généralement au débutant d'atteindre le niveau 2. Le niveau 3 peut être aussi assez facilement atteint dans la mesure où le livre du maître prévoit a priori les procédures susceptibles d'apparaître chez les élèves ainsi qu'un temps d'explicitation de ces dernières. Toutefois l'activité du maître n'y est souvent évoquée que sommairement et reste assez implicite ce qui explique, en partie, que les niveaux 4 et 5 se révèlent très problématiques pour le professeur débutant. En effet, hormis le fait que toutes les productions des élèves ne sont pas totalement prévisibles, il n'est pas toujours clairement dit quelles procédures sont à privilégier, comment, pourquoi... De plus, l'institutionnalisation reste souvent implicite. Or nous savons que dans des classes de ZEP, avec des élèves faibles, il y a nécessité d'explicitier davantage les procédures menant à la réussite et que les moments de synthèse et d'institutionnalisation conduits par le professeur sont encore plus cruciaux que dans les classes ordinaires.

A l'inverse, un fichier qui laisse peu d'initiative à l'élève, où celui-ci n'a qu'à reproduire, avec quelques variantes, l'exemple de départ, rapproche le professeur débutant du i-genre majoritaire caractérisé par une parcellisation des tâches, une individualisation du travail et une absence de phases collectives de synthèse et d'institutionnalisation. Certains types de ressources pourraient ainsi induire certains types de pratiques. Mais bien sûr, cela n'est pas du tout systématique. Une séance de mathématiques, dont tous les moments sont précisément décrits (dévolution, recherche des élèves, mise en commun, synthèse et institutionnalisation) peut être détournée de ses objectifs initiaux et devenir un cours dialogué, voire une leçon où l'élève n'a plus qu'à appliquer ce que dit le professeur. Mais si le type d'activités proposées par le fichier et le livre du maître correspond aux préoccupations et aux choix du professeur et si ce dernier suit assez fidèlement les indications, sa pratique est en quelque sorte « induite » par le fichier, tout au moins pour les niveaux 2 et 3.

Notons que dans le cas d'au moins un professeur (Vanessa), nous observons que la mise à distance du fichier utilisé officiellement dans la classe s'est accompagnée d'une imprécision et d'une improvisation mal contrôlée.

L'importance du niveau de la première classe dans laquelle on enseigne

Le niveau scolaire des classes (cycle 2 ou cycle 3) dans lesquelles le professeur est affecté en première nomination peut être un déterminant important pour la construction de sa pratique. Les moments de synthèse et d'institutionnalisation semblent particulièrement

concernés. En effet, leur qualité et même parfois leur existence dépendent à la fois des savoirs mathématiques en jeu dans les situations et des activités effectives des élèves. Au cycle 2 et plus particulièrement au cours préparatoire, les savoirs sont assez vite naturalisés, ce qui peut conduire les enseignants à sous-estimer les enjeux des moments collectifs d'institutionnalisation. Cette dernière peut alors être menée sur un mode individuel ou public, c'est-à-dire sous forme d'une correction classique. Cet effet, imputable à la nature des savoirs, est renforcé par d'autres facteurs liés aux difficultés des très jeunes élèves à entrer dans des activités collectives (centration plus importante sur soi-même, difficultés d'écoute et de formulation).

En revanche, au cycle 3, et plus particulièrement au cours moyen, les savoirs mathématiques enseignés étant plus denses, la naturalisation de ces derniers peut nécessiter plusieurs années voire, pour certains individus, n'être jamais réalisée. Celle-ci se faisant progressivement lors de différentes institutionnalisations, le caractère collectif de ces moments est non seulement justifié mais peut s'avérer indispensable.

Le poids du contexte institutionnel

L'équipe locale des enseignants et en particulier la direction de l'école joue sans doute un rôle non négligeable dans l'impulsion de tel ou tel type de pratique et donc dans la formation et la stabilisation des pratiques des débutants.

Dans le cas de deux des professeurs accompagnés (Christine et Valentin), leur participation dès le début de l'année au travail de l'équipe de l'école, impulsé d'une manière volontariste par la directrice, a été difficile. Ce travail était ciblé la première année sur la mise en œuvre d'une « démarche d'investigation » en sciences et sur l'utilisation en mathématiques d'un manuel imposé aux classes de cycle 2 (Capmaths³⁸). La seconde année, l'utilisation systématique pour toutes les classes d'Ermel³⁹ a été décidée par l'équipe sur proposition argumentée de la directrice pour qui ce manuel constitue une « référence » en mathématiques. Christine et Valentin, surtout la première année, ont dû fournir un travail important pour comprendre et mettre en œuvre la démarche proposée par le manuel Capmaths et réussir ainsi à s'intégrer à l'équipe de l'école. La seconde année, ils ont aussi fourni un effort important dans l'utilisation d'Ermel. A l'issue de l'accompagnement, ils reconnaissent que l'équipe les a aidés et se déclarent finalement satisfaits de cet investissement et de la réflexion qui l'a accompagné. Mais on peut penser que seuls, comme ils l'ont évoqué au cours des échanges, ils auraient sans doute choisi d'autres ressources laissant en particulier moins de place à la résolution de problèmes consistants, à la recherche des élèves et à l'explicitation de leurs procédures, construisant ainsi un autre type de pratique.

7. Des éléments d'explication aux limites rencontrées

En mettant nos résultats en perspective avec la formation initiale, nous voyons que s'il est possible de « gagner » sur le processus de dévolution, cela est beaucoup plus difficile pour les processus de régulation et surtout d'institutionnalisation pour lesquels beaucoup de résistances subsistent. Nous pouvons expliquer ces difficultés de différents points de vue.

Une vigilance didactique insuffisante

Les enseignants débutants proposent à leurs élèves des problèmes plutôt consistants, assurent un certain enrôlement. En revanche, ils ne sont pas forcément aptes à reconnaître et à hiérarchiser les variables didactiques en jeu dans les problèmes. Ceci apparaît par exemple

³⁸ Collection Cap Maths, Roland Charnay et al, Hatier

³⁹ Collection ERMEL Apprentissages numériques et résolution de problèmes, INRP, Hatier

dans le fait qu'ils peuvent en fixer la valeur de façon maladroite. Ils n'ont pas toujours une bonne perception des enjeux d'apprentissage des situations qu'ils proposent. Ce manque de vigilance didactique allié à la nécessité en ZEP de dépasser la seconde contradiction entre réussite immédiate et apprentissage fait que, même s'ils prennent en compte (parfois de façon caricaturale) les productions effectives des élèves, les professeurs débutants sont particulièrement démunis dans les phases de synthèse et d'institutionnalisation. Il semble que les seules ressources, même celles destinées aux professeurs (livres du maître) ne suffisent pas à accompagner les professeurs débutants dans ces moments particulièrement délicats de leur activité. De ce point de vue, notons la difficulté intrinsèque, même pour un expert, à conduire « en actes » de telles phases à partir des productions non complètement prévisibles des élèves.

Le poids des contraintes en particulier sociales et institutionnelles

Les difficultés d' enrôlement des élèves de ZEP, leur résistance peuvent amener les professeurs à renoncer à conduire une phase collective de synthèse. Ils se rabattent sur des corrections traditionnelles individuelles ou au mieux publiques. Une trop grande individualisation se traduit alors par un manque de connaissances de référence dans la classe pouvant nuire à l'apprentissage des élèves les plus fragiles et constituer une source de différenciation.

Signalons aussi les difficultés de gestion du temps, particulièrement en ZEP. Les élèves peuvent résister longtemps avant d'entrer dans l'activité, ils travaillent lentement. Souvent la longueur des phases de dévolution et de recherche limite le temps pour la synthèse et l'institutionnalisation. De plus, les productions des élèves peuvent être très partielles. Il est alors difficile pour le professeur de prendre appui sur celles-ci pour construire la synthèse.

Les limites des connaissances didactiques actuelles

Nos analyses font apparaître une tension entre les processus de dévolution et d'institutionnalisation. Nous revenons dans le paragraphe suivant sur ce phénomène en expliquant que ces deux processus pourtant complémentaires s'opposent et nécessitent un changement de posture de la part du professeur. Notons aussi que si on se réfère à l'émergence des concepts en didactique des mathématiques, celui de dévolution est antérieur à celui d'institutionnalisation.

Inférences sur la formation initiale

Nos recherches nous permettent de dégager plusieurs grandes questions professionnelles qui nous semblent incontournables pour l'apprentissage du métier de professeur des écoles, notamment en ZEP, et dont la formation doit donc s'emparer : installer la paix scolaire, exercer une vigilance didactique, dépasser les tensions entre le processus de dévolution et celui d'institutionnalisation.

1. Installer la paix scolaire

Elle relève essentiellement de la pédagogie mais aussi des choix didactiques. Nous pouvons illustrer cela grâce à Aurélie. Le travail de socialisation qu'elle réalise en classe en amenant les élèves à expliciter leurs procédures, à écouter celles des autres dans le respect de chacun contribue à la socialisation et donc à l'installation de la paix scolaire en faisant progresser parallèlement les apprentissages. Nous proposons d'intervenir en formation au niveau des routines permettant d'installer la paix scolaire afin de permettre au professeur des écoles une « prise de risque » plus importante au niveau des mathématiques proposées aux élèves (problèmes plus consistants, gestion de phases collectives...).

2. Exercer une vigilance didactique

Elle relève essentiellement des choix didactiques, mais aussi un peu de la pédagogie. Nous proposons en formation de développer une attitude de questionnement systématique lors de la préparation des séances pour s'assurer que le professeur maîtrise bien les enjeux mathématiques des situations proposées aux élèves. Il s'agit aussi d'explicitier les gestes professionnels permettant de « mener à bien » le déroulement d'une séance de mathématiques en essayant d'atteindre les différents niveaux.

3. Dépasser les tensions entre dévolution et institutionnalisation

Ces deux processus sont complémentaires mais aussi antagonistes car ils nécessitent un changement de posture de l'enseignant. Le professeur dévolue une situation à l'élève dans l'intention d'enseigner. Inversement, l'élève accepte la responsabilité de se mettre au travail s'il sait que la situation est porteuse d'enjeux de savoirs. La dévolution suppose l'institutionnalisation possible. Pour la dévolution, le professeur doit faire en sorte que le problème qu'il propose devienne celui de l'élève en créant les conditions nécessaires, notamment le milieu. L'initiative est alors laissée à l'élève qui agit, produit, construit. Le professeur en quelque sorte « disparaît ». Pour dévoluer, il doit cacher le savoir en jeu dans la situation pour permettre à l'élève de le construire. Lors de la synthèse et de l'institutionnalisation, c'est tout le contraire, le professeur reprend l'initiative. Il doit sortir du contexte de la situation en éliminant tous les artifices, en faisant la part de « l'accessoire », pour finalement pointer l'essentiel que constitue le savoir en jeu. L'élève ne produit plus, il s'approprie ce que dit le professeur afin de construire de nouvelles connaissances. En formation, il semble important que chaque processus soit l'objet d'une intervention spécifique relevant de diverses modalités.

Pour conclure, on peut dire que la mise en perspective de nos analyses avec la formation initiale des professeurs des écoles montre que la transposition de certains concepts et résultats de la recherche en didactique des mathématiques est insuffisamment réfléchi en termes de formation. Cette transposition nécessiterait deux étapes : d'une part la transposition des concepts élaborés par les chercheurs en direction des formateurs, d'autre part la transposition de ces concepts des formateurs vers les enseignants. Il faudrait réfléchir au contexte institutionnel dans lequel ce travail de transposition pourrait se faire.

Références

- BUTLEN D., PELTIER M.L., PEZARD M. (2002) Nommé(s) en REP, comment font-ils ? Pratiques de professeurs des écoles enseignant les mathématiques en ZEP : cohérence et contradictions *Revue Française de Pédagogie*, n° 140, Paris, INRP, 41-52
- BUTLEN D., PEZARD M., MASSELOT P. (2004) In PELTIER M.L. (Ed) *Dur, dur, dur d'enseigner en ZEP*, Ed. La Pensée Sauvage, Grenoble
- BUTLEN D., MASSELOT P., PÉZARD M., SAYAC N. (2007). De l'analyse de pratiques à des scénarios de formation : accompagnement en mathématiques des professeurs des écoles nouvellement nommés dans des écoles de milieux défavorisés (ZEP/REP), Rapport de recherche (volume 1), Cahier de DIDIREM n° 56, IREM de Paris 7, Université de Paris 7, Paris
- BUTLEN D., MASSELOT P. (2001) Exemple de routines au CP : pratiques en mathématiques d'un professeur des écoles en première nomination, in *ARDM, Actes de la 11^{ème} école d'été de didactique des mathématiques*, Grenoble, La Pensée Sauvage
- BUTLEN D. (2004). *Apprentissages mathématiques à l'école élémentaire. Des difficultés des élèves de milieux populaires aux stratégies de formation des Professeurs des Ecoles*, HDR Paris, Université Paris 8, Paris
- CHESNE J.F., PARIÉS M., ROBERT A. (soumis) « Partir des pratiques » en formation professionnelle des enseignants de mathématiques des lycées et collèges, *Petit x*, Grenoble,

IREM de Grenoble

CLOT Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*, PUF, Paris

CRAHAY (1989) Contraintes de situations et interactions maître-élève : changer sa façon d'enseigner, est-ce possible ? *Revue Française de Pédagogie*, n°88, pp.67-94.

DE MONTMOLLIN M (1984) *L'intelligence de la tâche* Berne, Peter lang

HOUEMENT C., KUZNIAK A. (1996). Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol 16/3, 289-322, Ed. La Pensée Sauvage, Grenoble

LEPLAT J., & Hoc J.M., (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations, *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3 (1), 49-63

LEPLAT J., (1997). Regards sur l'activité en situation de travail. PUF, Paris

MASSELOT P. (2000). De la formation initiale en didactique des mathématiques (en centre IUFM) aux pratiques quotidiennes en mathématiques, en classe, des professeurs des écoles (une étude de cas), doctorat de didactique des mathématiques, Paris, IREM Paris7, Université Paris 7, Paris

PASTRE P., SAMURCAY R. et BOUTHIER D. (1995). Le développement des compétences, analyse du travail et didactique professionnelle, *Education permanente*, n° 123

PASTRE P. (1996). Variations sur le développement des adultes et leurs représentations, *Education permanente* n°119, pp. 33-63

PERRENOUD P. (2001). *Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant*, ESF, Paris

PERRIN-GLORIAN M.J. (1993). Questions didactiques soulevées à partir de l'enseignement des mathématiques dans les classes faibles, *Recherches en didactique des mathématiques*, vol 13/1.2, 5-118, Ed. La Pensée Sauvage, Grenoble

ROBERT A, (2001). Recherches sur les pratiques des enseignants et les contraintes de l'exercice du métier d'enseignant, *Recherches en didactique des mathématiques*, vol 21/1.2, 57-80, Ed. La Pensée Sauvage, Grenoble

ROBERT A, ROGALSKI J. (2002) Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche, *la revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 2(4), Toronto, 505-528

SCHON D.A. (1994). *Le praticien réflexif. A la recherche de savoir caché dans l'agir professionnel*. Les éditions logiques, Montréal

VERGNES D. (2000) *Analyse des effets d'un stage de formation continue en géométrie sur les pratiques des enseignants de l'école primaire*, Paris, IREM Paris 7, Université Paris 7

Rapport au milieu matériel et construction des concepts mathématiques : de la préparation du matériel à l'usage des signes (langage ou symboles)

Christine Mangiante-Orsola et Marie-Jeanne Perrin-Glorian

Introduction

Notre intervention porte sur une recherche en cours avec l'intention de discuter des hypothèses et des pistes de recherche. Elle se situe un peu dans la poursuite de ce que M.J.Perrin a présenté dans une réunion du laboratoire en janvier 2009, à propos de sa lecture de la théorie des situations, et repris à l'école d'été pour définir une ingénierie didactique de développement (Perrin-Glorian, à paraître). Aujourd'hui, nous n'allons pas aborder les aspects méthodologiques et théoriques concernant l'ingénierie mais plutôt les aspects liés au contenu, ici la symétrie orthogonale et plus généralement le rapport au milieu matériel dans l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire et au début du collège.

Le point de départ de cette réflexion c'est

- d'une part notre expérience d'observation de classes de primaire comme formatrices, soit lors de visites, donc d'observation de débutants, soit lors d'ADPP⁴⁰ dans des classes de maîtres formateurs, observation de débutants ou des maîtres formateurs eux-mêmes,
- d'autre part notre expérience de recherche, et en particulier l'expérimentation d'une ingénierie didactique sur la symétrie orthogonale qui se situe dans la continuité d'un travail mené depuis une dizaine d'années dans le groupe de recherche sur la géométrie de l'IUFM Nord-Pas-de-Calais.

Nous faisons une lecture de ces observations en termes de milieu en théorie des situations (TSD) en y ajoutant une réflexion d'ordre sémiotique sans doute influencée par les théories de Peirce via les discussions que nous avons régulièrement avec Duval et les écrits de Conne (Conne, 2008, notamment). Cette réflexion est nourrie aussi par les discussions au sein du groupe mathématiques et réalités du laboratoire André Revuz. Dans le titre, nous lions milieu matériel et construction des concepts mais il ne faut pas entendre cela du seul point de vue cognitif ; il s'agit d'une réflexion didactique où nous englobons et articulons les aspects cognitifs, épistémologiques et les caractéristiques de l'action du maître. En particulier nous ne regardons pas le milieu matériel du seul point de vue de l'action de l'élève sur le milieu mais aussi du point de vue de l'enseignant : élaboration du milieu, préparation matérielle et gestion en classe, pendant la séance et après (cf. situations de rappel, Perrin-Glorian, 1993).

Une hypothèse de fond : Un élément crucial du rôle de l'enseignant pour piloter l'activité des élèves c'est l'action sur le milieu matériel, en un sens étendu : nous entendons par là aussi bien le matériel au sens physique, souvent présent à l'école élémentaire, au moins pour certains apprentissages, par exemple en géométrie, que les représentations de divers types, des plus iconiques aux plus symboliques. Le propre des mathématiques est justement de remplacer progressivement les opérations (manipulations) effectives sur des objets matériels par des opérations sur des objets symboliques de plus en plus sophistiqués qui permettront d'en rendre complètement compte (cf. ce que dit Lebesgue (1975) pour les entiers p. 3 : « ...le dernier nombre prononcé est le nombre de la collection. Ce nombre est considéré comme le

⁴⁰ Ateliers de Développement de Pratiques Pédagogiques

résultat de l'opération expérimentale de dénombrement parce qu'il en est le compte-rendu complet » et pour les réels en écriture décimale infinie p. 10 « Il s'agit maintenant d'imaginer un symbole qu'on appellera nombre et qui, étant le compte-rendu complet de cette suite infinie d'opérations, en pourra être dit le résultat. »). A l'école primaire on passe, pour un certain nombre de concepts, comme la numération ou les premiers concepts géométriques, de la manipulation directe d'un matériel à un premier niveau de représentation ou de symbolisme et cela continue ensuite, d'où l'importance de la traduction (conversion ?) d'opérations matérielles en opérations symboliques et mathématiques et réciproquement. Nous pensons que c'est plus qu'un jeu de cadres, c'est la constitution d'une chaîne de significations avec réversibilité. Dans le secondaire, la part du symbolique devient de plus en plus grande dans le milieu matériel.

L'action de l'enseignant sur le milieu matériel est importante, d'abord au moment de la préparation de la leçon, de la définition de la situation, ensuite au moment de la gestion de la classe, particulièrement au moment de la dévolution et de l'institutionnalisation, mais aussi pour la régulation de l'activité des élèves et même plus tard par l'évocation qu'il en fera dans des situations ultérieures (rappel). Elle se fait soit par action directe sur le milieu (production ou modification du milieu) soit par le langage ou des représentations pour évoquer des éléments du milieu, attirer l'attention des élèves sur eux, soit pour apporter des aides dans la résolution d'un problème, soit pour institutionnaliser les mathématiques à retenir en gardant un lien avec les problèmes qu'elles permettent de traiter (dans un groupe de l'IREM Paris 7, vers 1986, M.J. Perrin et R. Douady mettaient déjà l'accent sur l'articulation des activités et du cours).

Le lien avec la formation des enseignants

Nous partons d'un double constat :

- certains enseignants, en particulier des maîtres formateurs mais pas seulement, savent très bien gérer le milieu matériel mais semblent le faire naturellement, sans nécessairement être conscients de l'importance de cette gestion ou bien, tout en affirmant l'importance du matériel et de sa préparation, sans pouvoir dire en quoi c'est important, comment il joue dans l'apprentissage des élèves et dans l'avancée du savoir dans la classe.
- d'autres enseignants au contraire ne semblent pas voir comment le (milieu) matériel à la disposition des élèves a un effet sur l'activité de ceux-ci et sur les régulations et l'institutionnalisation que l'enseignant peut faire.

Jusque là les observations dont nous disposions opposaient surtout des maîtres formateurs et des PE2 (voir les exemples pris par M.J. Perrin au colloque d'Arras en 2007 ou au colloque DIDIREM). La thèse de C. Mangiante (Mangiante-Orsola, 2007) fournit d'autres exemples de situations proposées par des formateurs et mises en œuvre par des PE2. Leur analyse montre que les modifications apportées au projet initial par l'enseignant stagiaire sont parfois initiées dès la préparation de la séance à travers l'organisation du milieu matériel puis s'enchaînent et s'amplifient jusqu'à la réalisation de la séance en classe. Parmi ces modifications certaines sont dues à une maîtrise insuffisante du contenu mathématique mais pas toutes. Notre recherche en cours sur la symétrie nous fournit d'autres exemples tout à fait convaincants puisqu'il s'agit de jeunes enseignants (T3 et T4 respectivement), tous deux titulaires d'une licence de mathématiques. On ne peut donc pas les soupçonner d'avoir un niveau mathématique (au sens strictement disciplinaire) insuffisant pour enseigner à l'école primaire. En revanche, il semble qu'ils n'investissent pas leur formation mathématique de la même manière dans leur enseignement et on peut les trouver très opposés sur la question de la gestion du matériel. Ainsi, à travers eux, nous espérons pouvoir identifier des connaissances pour enseigner les mathématiques, liées au savoir mathématique, et qui manquent peut-être dans la formation.

Leur réaction a été très différente dès l'entretien où, pour l'une, les questions ont tout de suite porté sur des aspects très précis et concrets liés au matériel et à la manipulation des figures alors qu'il n'y avait pas ce genre de question chez l'autre enseignant mais une préoccupation presque obsessionnelle : comment introduire le mot « symétrique » s'ils ne le connaissent pas.

La recherche en cours

Notre projet vise à développer des ressources pour les classes ordinaires et la formation des maîtres. Nous avons choisi le thème de la symétrie axiale qui figure dans les programmes de cycle 3 et de sixième. Au cours de l'année écoulée, nous avons conçu une séquence d'enseignement que nous avons proposée à des enseignants du CE2 à la sixième. Notre but étant d'étudier notamment les conditions de viabilité de ces situations dans des classes ordinaires, nous avons fait le choix de laisser aux enseignants une certaine marge de manœuvre. Nous faisons en effet l'hypothèse que l'appropriation d'une situation se réalise à travers les modifications (aussi minimales soient-elles) que l'enseignant apporte à la situation proposée (Mangiante-Orsola, 2007) et que, par conséquent, laisser aux enseignants une certaine marge de manœuvre est susceptible de les aider à s'approprier notre projet.

Dans une première partie, nous présenterons notre réflexion un peu théorique sur la symétrie orthogonale et sur les rapports entre milieu matériel et concepts mathématiques dans ce cas. Ensuite nous donnerons des précisions sur le cadre expérimental et présenterons quelques analyses issues de nos observations en CE2. Enfin, nous envisagerons des perspectives pour la suite du travail.

Deux conceptions de la symétrie orthogonale : pliage ou retournement

Dans cette première partie, notre intention est de dégager les grandes lignes de la réflexion que nous avons menée sur la symétrie orthogonale et la manière dont elle se traduit dans des actions sur un matériel physique à propos de deux types de tâches : dire si une figure dessinée sur une feuille de papier est ou non symétrique et produire une figure symétrique. Les seuls instruments dont on dispose sont *du papier calque et une règle non graduée*. Il ne s'agit pas encore de situations pour des élèves mais nous allons examiner les procédures concrètes que quelqu'un qui possède ou non des connaissances sur la symétrie orthogonale peut utiliser pour réaliser ces tâches d'abord par pliage, avec ou sans le papier calque, puis sans pliage. Nous allons essayer de préciser les contraintes matérielles de ces techniques, les difficultés matérielles qu'on risque de rencontrer et les propriétés mathématiques (ou qu'on pourra par la suite identifier comme telles) sur lesquelles on s'appuie pour mettre en œuvre ces techniques ainsi que les visions de la figure qui sont mobilisées.

Nous traitons ensemble les deux types de tâches « produire » et « rechercher si » parce qu'on ne peut guère les séparer dans l'analyse : nous serons amenés à faire constamment des allers et retours de l'une à l'autre.

1. Recherche, vérification ou production d'une symétrie par pliage

Première remarque : il est très facile de *produire une figure symétrique par pliage* d'une feuille de papier, découpage d'une forme à travers les deux épaisseurs, puis dépliage de la feuille. Cela peut être un moyen d'introduire du vocabulaire en lien avec un milieu matériel et certains types d'actions sur ce milieu. Cette pratique est facile à réaliser et en accord avec des pratiques culturelles courantes, c'est pourquoi elle peut facilement être prise comme point de départ. Si la découpe rencontre le pli, on obtient une figure symétrique par rapport à l'axe défini par le pli ; si la découpe ne rencontre pas le pli, on obtient deux figures symétriques

l'une de l'autre par rapport au pli (ou une figure symétrique non connexe). Nous ne considérerons ici que le premier cas.

La vision de la figure qui est sollicitée ici est une vision surface (voir Duval et Godin, 2005). Du point de vue des concepts, on a un partage de la figure surface en deux sous-figures superposables, en fait après retournement, mais le retournement n'apparaît pas comme tel parce qu'il est inclus dans le pliage. La ligne de partage est une droite (le pli) ou plutôt un segment : puisque la figure est découpée, le pli s'arrête au bord.

Pour reconnaître si une figure est symétrique par pliage, il faut faire des hypothèses pour choisir comment plier ; on peut faire cette hypothèse de deux manières : soit en faisant une hypothèse sur la position de l'axe qu'on trace au jugé avant de vérifier, soit en faisant coïncider des éléments (points ou segments) dont on suppose qu'ils vont se recouvrir dans le pliage, puis en lissant la feuille pour obtenir le pli. On verra que les enfants recourent souvent à la première technique (qui ne demande qu'une vision surface de la figure) mais échouent : il est très difficile de plier précisément suivant une droite qu'on a tracée avant. Pour la deuxième technique, il faut identifier des sous parties de la figure (vision lignes et points) et une variable importante apparaît : peut-on découper la figure ou la figure est-elle dessinée sur une feuille sans possibilité de découper ?

- Si l'on peut découper, on peut faire coïncider des bords de la figure et voir si, en continuant à plier, les deux moitiés se recouvrent ou non. Si ce n'est pas le cas, on voit apparaître des morceaux qui dépassent et ces morceaux apparaissent sur le verso de la feuille (très visible avec une feuille biface, nouvelle variable pour le matériel). On s'appuie encore sur une vision surface de la figure : les lignes ne sont que des bords de surfaces.

- Si l'on ne peut pas découper et en particulier si la figure contient plus de lignes qu'un simple contour, on ne peut faire coïncider des éléments que si l'on dispose d'un papier suffisamment transparent (d'où une introduction possible du papier calque pour faciliter le pliage). Pour vérifier qu'une figure est symétrique, on cherche à faire coïncider des lignes ou des points ; on lisse la feuille et on regarde si les autres éléments de la figure coïncident ; si la réponse est positive, la droite du pli est un axe de symétrie ; si la réponse est négative, on peut seulement conclure que la droite du pli n'est pas un axe de symétrie mais il pourrait y en avoir une autre qui convienne.

Si l'on veut produire une figure symétrique, on complète les lignes qui manquent, ce qui nécessite une certaine transparence du papier ; suivant la figure, une vision surface (avec son bord) peut suffire ou une vision ligne peut être nécessaire. Mais on rencontre alors une autre variable matérielle : a-t-on plié vers l'intérieur (ce qu'on fait souvent pour vérifier une symétrie) ou vers l'extérieur, ce qui est plus commode pour tracer (sinon il faut repasser deux fois : du côté visible, dans le même sens, comme avec un calque puis de l'autre côté de la feuille). Apparaît ici, plus clairement, la différence entre les deux côtés de la feuille : le recto où se trouve le dessin, et le verso.

Dans les deux cas, quand on déplie la feuille, on a partagé la figure en deux demi-figures disposées de chaque côté de l'axe et qui coïncident dans le pliage.

2) Premiers savoirs

- l'axe de symétrie partage la figure en deux sous figures qui se superposent dans le pliage.
- conservation des grandeurs des éléments homologues : les segments qui se correspondent sont de même longueur, les surfaces qui se correspondent ont la même aire (mais en général au moment où on a ce type d'approche, l'aire n'est pas encore disponible).

Cette première approche par pliage peut déboucher sur un nouveau questionnement concernant les deux sous-figures obtenues : est-ce qu'elles sont identiques ou non ?

Avant d'examiner ce que l'on peut faire avec du papier calque pour résoudre les types de tâches précédents, arrêtons-nous un instant sur cette question qui nous demande de passer d'une figure à deux figures.

a. Figure symétrique / Figures symétriques

Si l'on veut préciser comment les sous figures se superposent dans le pliage, on rencontre un nouveau concept : celui de symétrique d'une figure. On n'a plus affaire à une propriété d'une figure mais à la mise en relation de deux figures, donc à l'aspect transformation de la symétrie. Les deux demi-figures sont symétriques l'une de l'autre par rapport à l'axe.

Quand on a plié, on a fait coïncider deux figures qu'on peut maintenant séparer et comparer. La comparaison de figures amène une des utilités du papier calque. La superposition d'une figure avec sa symétrique ne peut se faire qu'après retournement : le déplacement se fait dans l'espace et non dans le plan mais l'espace n'est plus visible si l'on ne regarde que le point de départ et d'arrivée ; on lui redonne une certaine visibilité en distinguant le recto et le verso grâce à du papier biface : on n'est plus dans la manipulation de figures D2 mais dans celle d'objets D3 qui ont un dessus et un dessous. Apparaît ainsi une première propriété de la symétrie en tant que transformation : *la symétrique d'une figure par rapport à un axe est une retournée de cette figure : elles ne coïncident qu'après retournement, sauf dans un cas particulier remarquable : la figure est symétrique.*

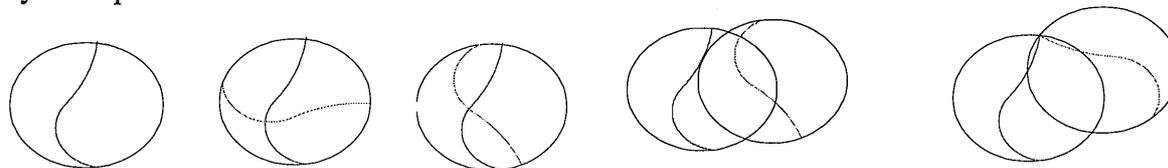
Remarquons qu'on a ici une difficulté langagière importante en passant au pluriel avec une ambiguïté totale pour la phrase « les figures sont symétriques » qui peut vouloir dire que chacune des figures est symétrique, c'est-à-dire possède un axe de symétrie ou que chaque figure est symétrique de l'autre par rapport à un axe (donné ou à trouver).

La considération de deux figures pourrait aussi amener à élargir la question : comment savoir sans plier si deux figures peuvent ou non se superposer ? Le calque peut être un outil plus facilement disponible culturellement pour une tâche de comparaison. La question de la ressemblance entre figures peut alors amener à distinguer trois cas : le calque de la figure 1 peut coïncider avec la figure 2 en faisant glisser le calque sur la feuille ; le calque de la figure 1 peut coïncider avec la figure 2 si on retourne le calque ; le calque de la figure 1 ne coïncide avec la figure 2 ni à l'endroit ni à l'envers. Cela suppose bien sûr de pouvoir distinguer les deux côtés du calque, par exemple en ayant au préalable écrit son nom dessus.

b. Recherche, vérification, production de symétrie sans pliage par retournement du papier calque

Pour vérifier si une figure est symétrique avec du papier calque, il n'est pas nécessaire de faire une hypothèse sur la position d'un axe de symétrie éventuel : on peut décalquer la figure en entier, retourner le calque et chercher des ressemblances et coïncidences possibles : la figure est symétrique si elle coïncide avec son retourné. On trouve ici une caractérisation matérielle de la symétrie qui est plus accessible conceptuellement et prolonge ce qui peut être rencontré dès la petite section de maternelle dans les puzzles par encastrement : des pièces rentrent de deux manières dans leur empreinte (recto et verso), d'autres pièces ne rentrent que sur une seule face. Si l'on constate qu'une figure est symétrique de cette manière, on n'est pas forcément capable d'identifier l'axe de symétrie. Sur une figure assez simple (type polygone), on peut examiner toutes les superpositions possibles (en s'appuyant sur la condition nécessaire de conservation des longueurs) et conclure plus facilement en cas de non symétrie. Pour *produire une figure symétrique* en complétant une figure non symétrique, la superposition partielle avec le retourné qui permet de conclure à la non symétrie permet en même temps de produire du symétrique par réunion de la figure initiale et de son retourné, tous deux visibles en même temps par transparence. Par exemple, si on a une courbe joignant deux points d'un cercle, si on retourne la figure en faisant coïncider les cercles de la figure

initiale et de sa retournée, on obtient toujours une figure symétrique, quelle que soit la manière de faire coïncider les cercles (en tournant on obtient une infinité de figures symétriques) mais si on ne fait pas coïncider les cercles, le résultat n'est pas nécessairement symétrique.



On rencontre ici un savoir mathématique important sur la symétrie en tant que transformation et qui manque souvent, même aux enseignants : *deux figures dessinées sur une feuille peuvent être chacune la retournée de l'autre sans être symétriques l'une de l'autre*, on ne peut pas trouver de pliage qui amène l'une sur l'autre (en fait elles se correspondent dans une symétrie glissée). Cependant, quand on déplace le retourné en le faisant glisser, il suffit de faire coïncider un point de la figure initiale avec le point correspondant du retourné pour que les figures se correspondent dans une symétrie dont il reste à déterminer l'axe.

Cette utilisation du papier transparent fait appel à une conception de la symétrie très différente de celle du pliage : on reste dans une vision globale de la figure dont on recherche une propriété et il n'apparaît à aucun moment de demi-figures entre lesquelles chercher une relation. Nous verrons que les élèves (et les maîtres) ne passent pas facilement d'une conception à l'autre. Quand on décalque la figure en entier, on cherche seulement à faire coïncider la figure avec son retourné : on n'a pas besoin de mobiliser la symétrie comme transformation ; les figures se déplacent librement dans l'espace et on n'a pas à considérer la position relative de deux figures, la position relative des éléments homologues par rapport à l'axe. Quand la reconnaissance d'une symétrie est obtenue de cette façon, on n'a pas d'hypothèse sur l'axe de symétrie et si l'on veut faire le lien avec la conception pliage, il faut rechercher l'axe de symétrie qui apparaît alors comme l'ensemble des points invariants.

Savoirs mobilisés dans cette conception

Les savoirs mobilisés dans cette conception sont surtout la notion de retourné, le fait qu'une figure ne coïncide pas toujours avec son retourné ; l'existence de cette coïncidence est une propriété de la figure : la figure est symétrique. La réunion de la figure avec son retourné en faisant coïncider au moins un couple de points homologues produit une figure symétrique.

c. Identifier un axe de symétrie

Quand on a réussi à montrer qu'une figure est symétrique par pliage, la droite du pli donne l'axe de symétrie. Si on a montré que la figure est symétrique par retournement du calque, l'axe de symétrie n'est pas donné. Il en est de même quand on a complété une figure pour qu'elle devienne symétrique. On peut être amené à rechercher l'axe si l'on veut trouver comment plier la figure en deux parties superposables. Dans le retournement du calque, on a été amené à faire se correspondre des éléments de la figure. Si des lignes de la figure se rencontrent sur l'axe, ces points sont facilement identifiés visuellement comme faisant partie de l'axe (voir figures ci-dessus) ; quand on en a deux, l'axe est entièrement déterminé ; si on n'en a qu'un, sa direction peut être fixée par considération d'un couple de points homologues dont on prend le milieu ; si on n'a aucun point d'intersection de lignes de la figure sur l'axe de symétrie, il faut prendre le milieu de deux couples de points homologues ou prendre le milieu d'un couple de points homologues et faire des considérations de direction et donc d'orthogonalité. On arrive ici à l'identification de propriétés qu'on ne formulera et n'exigera des élèves qu'en fin de cycle 3 ou en sixième.

d. Compléter une figure par symétrie axiale sans plier

Quand la tâche consiste non plus à décider si une figure est symétrique ou non mais à compléter une figure par symétrie, il faut soit donner l'axe de symétrie soit donner deux segments (ou couples de points) qui se correspondent. Pour compléter la figure sur le papier, il faut repasser sur le calque de l'autre côté. Les questions soulevées sont un peu les mêmes mais avec deux nouvelles variables : la figure à compléter peut se trouver d'un seul côté de l'axe ou être répartie des deux côtés ; elle peut rencontrer l'axe ou non.

Dans le cas où elle est d'un seul côté et rencontre l'axe, les contraintes sur le repositionnement du calque sont prises en charge par le milieu. Le cas où elle est répartie des deux côtés sans tracé de l'axe mais avec mention de segments correspondants favorise le décalque de la figure complète (sur le verso du calque). Dans ce cas, l'axe peut rester implicite et la détermination de l'axe de symétrie peut se faire ensuite par pliage en faisant coïncider les segments qui se correspondent ou en identifiant des points remarquables qui en font partie. Dans le cas où la figure est d'un seul côté et ne rencontre pas l'axe, si on ne fournit aucun élément de l'image, on est en fait dans le cas classique de symétrie d'une figure par rapport à un axe et on rencontre le problème du positionnement du calque et la nécessité d'un point fixe pour écarter la symétrie glissée et même de deux si on veut que l'axe de symétrie soit l'axe fourni. Donc on rencontre un nouveau savoir : la figure symétrique d'une figure par rapport à un axe est une retournée de cette figure mais on ne peut pas la placer n'importe où ; il faut connaître les positions de deux points pour la placer correctement.

Premières réflexions issues de nos observations en CE2.

1. Précisions sur le cadre expérimental et la séquence proposée

Nous avons, tout d'abord, envoyé aux enseignants acceptant de travailler avec nous, un document précisant les grandes lignes de notre projet et leur proposant une séquence d'enseignement constituée de quatre situations. Dans le but de leur laisser une certaine marge de manœuvre, cette séquence est décrite de manière succincte et n'est accompagnée d'aucune fiche de préparation détaillée. Suite à cet envoi, un premier entretien a été programmé avec chacun des enseignants volontaires. Cet entretien avait pour but d'éclaircir certains points à propos de la séquence et d'amorcer le travail de préparation des séances. Le document rédigé par le groupe de recherche explicitant seulement les grands principes du projet, il appartenait donc à chaque enseignant d'y apporter des précisions et d'éventuelles modifications en fonction de ses attentes, de ses propres finalités, de ses pratiques mais aussi du niveau de ses élèves (un seul et même document étant rédigé pour tout le cycle 3 et la sixième).

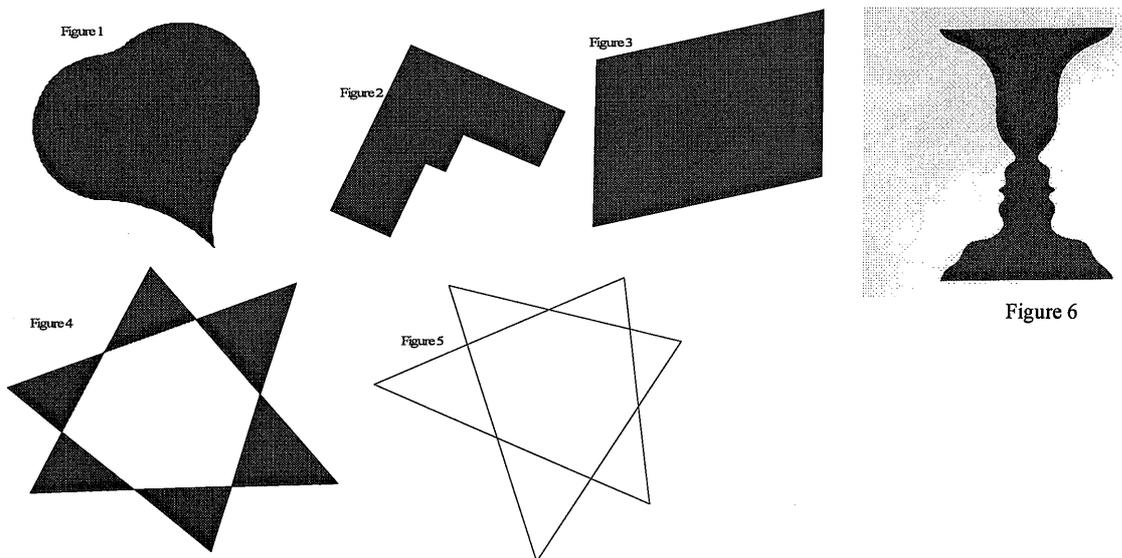
L'objectif de la première des situations proposées est d'amener les élèves à utiliser deux types de procédures différentes pour vérifier qu'une figure est symétrique : d'une part par pliage et d'autre part par retournement de la figure reproduite entièrement sur papier transparent. La deuxième situation consiste à compléter une figure pour la rendre symétrique (voir l'exemple du cercle en première partie) ; compte-tenu de la première situation, on attend une superposition du retourné de la figure sur papier calque à la figure initiale qui apparaît par transparence. Les propriétés de la symétrie liées à la conservation des distances et aux alignements sont utilisées et mises en évidence au cours d'une troisième phase à partir d'activités de restauration de figures qui consistent à compléter des figures symétriques partiellement effacées comme par exemple un sapin (axe vertical) ou une plume (axe oblique). Enfin, surtout pour le cycle 3, on suggère dans une quatrième phase, des activités sur papier quadrillé visant la production d'une figure symétrique à partir d'une figure qui ne l'est pas ou la production de la figure symétrique d'une figure donnée par rapport à un axe donné.

2. La première situation

Nous n'exposerons pas ici les activités proposées aux enseignants mais centrerons notre analyse sur la première des quatre situations afin de poursuivre la réflexion initiée plus haut. Le pliage constitue un référent culturel fort et le retournement est rarement utilisé dans les classes du primaire. Par conséquent, cette première situation joue un rôle fondamental par rapport à l'ensemble de la séquence. Elle doit, en effet, permettre à l'enseignant d'introduire une procédure que les enfants n'ont probablement jamais utilisée, la vérification d'une symétrie par retournement complet de la figure grâce à l'utilisation du papier calque. Si, à l'issue de cette première séance, la procédure par retournement n'est pas maîtrisée par les élèves, il sera, alors, difficile pour le maître, d'aborder avec eux, les autres situations proposées.

Le document, fourni aux enseignants, précise les objectifs⁴¹ de la situation ainsi que les procédures et les arguments attendus⁴² des élèves mais ne donne pas de détails supplémentaires quant à la mise en œuvre de la séance.

Pour la situation 1, le document propose des exemples de figures et une consigne : « Certaines de ces figures sont symétriques, d'autres non. Quelles figures sont symétriques ? Lesquelles ne le sont pas ? Comment peut-on en être sûr ? On peut varier la consigne en parlant d'intrus à identifier. Quels sont les intrus ? »



⁴¹ L'objectif pour le maître est d'amener les élèves à identifier les figures symétriques parmi des figures données, à reconnaître et prouver qu'une figure n'est pas symétrique (en utilisant deux types de procédures différentes : pliage et retournement) à trouver l'axe de symétrie d'une figure symétrique par des procédés empiriques (pliage par exemple). L'enjeu de la tâche est de trouver l'intrus (non symétrique) parmi plusieurs figures proposées.

⁴² Une figure est reconnue comme symétrique si elle est superposable à son retourné (on vérifie alors par recours au papier calque)

OU

si on peut plier la feuille de façon à séparer la figure en deux sous-figures qui se superposent exactement lorsque l'on plie : l'axe de pliage est un axe de symétrie de la figure.

Une figure n'est pas symétrique si on ne peut pas plier la feuille de façon à avoir deux demi-figures qui se superposent exactement dans le pliage ; on ne peut pas superposer la figure et son retourné.

Analyse a priori de la tâche de l'enseignant

La description des situations étant succincte, l'enseignant doit, au moment de la préparation de chacune des séances, adapter le projet, effectuer des choix, régler un certain nombre de questions. Afin d'étudier la viabilité de ces situations dans l'enseignement ordinaire, nous prenons en compte le travail de l'enseignant et analysons la tâche de celui-ci, dès la lecture du document envoyé par le groupe de recherche. Plus précisément, notre intention est de cerner ce qui reste à la charge du maître. Celui-ci doit, en effet, prévoir le déroulement de la séance mais aussi – et c'est ce qui nous intéresse plus précisément ici – le matériel. Son action sur le milieu matériel débute donc, dès la lecture du document, à travers la façon dont il anticipe une mise en œuvre possible du projet.

Choix du support et disposition des figures

Le document propose aux enseignants un lot de figures mais les questions qu'ils peuvent se poser à propos de la préparation du matériel sont nombreuses.

Sur quel support reproduire ces figures ? Si elles sont reproduites sur des feuilles blanches, il faudra que les élèves plient la feuille pour regarder par transparence. Le papier utilisé sera-t-il suffisamment fin ? Une fois le support choisi, comment disposer les figures sur ce support ? Si elles sont reproduites sur une même feuille, il faudra demander aux enfants de les découper pour les séparer. Oui, mais comment ? Découper chaque figure en suivant son contour ? Le découpage sera-t-il suffisamment précis ? Faut-il découper au large de chaque figure en laissant une bordure blanche ? Oui, mais quelle consigne donner ? Ne faudrait-il pas, plutôt, placer les figures dans un quadrillage et demander aux enfants de découper chaque case ? Oui, mais certains élèves ne vont-ils pas plier en faisant coïncider les bords de la case ainsi découpée ?

L'enseignant peut aussi faire le choix d'utiliser du papier calque pour le pliage. Cela facilite la vérification par pliage mais s'il ne prévoit qu'un morceau de papier calque par figure alors l'axe obtenu par pliage sera visible sur le papier au moment d'utiliser le retournement. Or, ce type de procédure ne nécessite pas de prévoir la position de l'axe. Cela peut donc rendre plus difficile la comparaison des deux types de procédures.

Choix des figures

Les figures proposées dans le document ont été données à titre indicatif ; elles présentent des caractéristiques différentes mais les difficultés que les élèves peuvent rencontrer, pour identifier les figures symétriques et les figures non symétriques, en fonction de la procédure utilisée ne sont pas précisées. Il appartient au maître de les anticiper.

Parmi ces figures, trois ne sont pas symétriques : celle qui ressemble à un F (axe possible en diagonale, deux positions possibles pour le retournement), le parallélogramme (envisager quatre pliages : diagonales et médianes), l'étoile colorée (retourner le calque puis le faire pivoter jusqu'à trouver les surfaces triangulaires qui coïncident). Pour celles qui ont un axe de symétrie, la position de l'axe est plus ou moins facile à déterminer selon la figure choisie : pour le cœur, un seul point invariant, la pointe, permet de déterminer l'axe de symétrie mais le second point est plus difficile à placer avec précision, pour le vase, la position de l'axe est plus facile à déterminer, pour l'étoile plusieurs hypothèses à tester.

Nombre de figures

Le maître doit, aussi, choisir le nombre de figures à proposer aux élèves. Là encore, il est amené à s'interroger. Combien de figures choisir pour atteindre l'objectif fixé ? Combien de figures pour découvrir la possibilité d'utiliser deux types de procédures ? Combien de figures pour s'exercer ?

Afin de donner l'occasion aux élèves de formuler tous les arguments attendus (ceux notés dans le document), le maître doit, de plus, prévoir des figures symétriques et d'autres non symétriques.

Enfin, le choix du nombre de figures doit être fait en prenant en compte la contrainte du temps. Faut-il demander aux élèves de vérifier chaque figure avec les deux procédures ou non ? Si le maître prévoit de valider chaque réponse au cours d'une mise en commun, alors, il faut tenir compte du temps nécessaire à cette phase de validation.

Modifications apportées par les enseignants à la situation du document

L'un des objectifs de notre projet étant d'étudier la viabilité de ces situations autour de la symétrie axiale dans l'enseignement ordinaire, nous nous intéressons aux modifications apportées à la séquence présentée, par chacun des deux enseignants de CE2 suivis (J et C). Nous avons nous-mêmes participé à ces modifications dans la mesure où les grandes lignes en ont été arrêtées au cours des entretiens.

Les enseignants de CE2 ne sont pas sûrs que tous leurs élèves aient rencontré la symétrie au CE1. C pense qu'ils ont dû la rencontrer un peu et elle a elle-même fait en début d'année une activité d'arts plastiques sur calque où il s'agissait, de manière très dirigée de reproduire le reflet de Cendrillon dans son miroir (l'activité visait la motricité fine et non les mathématiques). J pense que la plupart de ses élèves n'ont pas rencontré la symétrie au CE1.

Dès l'entretien, J se montre préoccupé par la façon dont il va introduire le mot "symétrique" qui figure dans la première consigne. Nous lui suggérons alors d'introduire le mot symétrique à partir d'un pliage et de modifier le projet en ajoutant une séance 0 (envoyée comme suggestion supplémentaire aux enseignants pour le CE2) qui donnera l'occasion à ses élèves de produire une figure symétrique à l'aide d'un gabarit qu'ils feront pivoter autour d'un axe.

C ne reprend pas l'idée d'ajouter une séance à la progression prévue mais choisit de débiter sa première séance par une phase de rappel : « Qu'est ce que vous savez de la symétrie ? ».

Pour aider les enfants à expliciter leurs connaissances, l'enseignante prend une feuille la plie en deux pour fabriquer rapidement un papillon. Il est probable que cette première modification de la situation ait été motivée par le besoin qu'éprouve l'enseignante d'évaluer préalablement les connaissances de ses élèves. La fabrication du papillon favorise la procédure par pliage. Aucun élève ne pense à utiliser le papier calque (qu'elle avait demandé d'apporter) et certains, voulant imiter le geste de leur maîtresse, plient la feuille elle-même en deux, sans se préoccuper des figures.

De plus, dès la préparation de la séance, C choisit de s'éloigner de la situation présentée dans le document pour disposer de suffisamment de figures au niveau de la classe sans que chaque élève en ait trop à traiter. En s'inspirant des figures proposées, C prépare deux lots de figures qui seront distribués aux enfants : la moitié de la classe aura le lot α et l'autre, le lot β . L'enseignante ne révèle pas aux enfants qu'ils n'ont pas tous la même fiche. Les figures des deux lots sont très proches mais dans un lot, certaines sont symétriques et pas dans l'autre. Elle écarte le cœur pour n'avoir que des segments qui peuvent se tracer à la règle, elle retient le parallélogramme, le F et une étoile ; le F est symétrique dans un lot et pas dans l'autre et c'est le contraire pour l'étoile. Effectivement les élèves ne trouvent pas tous le même résultat. C espère ainsi susciter le débat au sein de la classe. Or, il est difficile pour les enfants de distinguer à l'œil nu, si les figures sont superposables deux à deux ou pas. L'enseignante trouve alors un autre moyen d'introduire l'utilisation du calque : elle leur avoue qu'ils n'ont peut-être pas tous exactement les mêmes figures et demande comment le vérifier puis comment faire des figures exactement pareilles. Les élèves proposent alors d'utiliser le calque et comparent les figures deux à deux. Cependant, ensuite, ils ne se servent pas du calque pour vérifier si les figures sont ou non symétriques.

Analyse a posteriori du déroulement effectif

1. L'action des élèves sur le milieu matériel

L'observation de l'activité des élèves montre l'existence de *préalables importants* à l'apprentissage de la symétrie axiale. Citons, tout d'abord, leur *habileté manuelle* qui intervient au niveau du découpage et au niveau de la reproduction d'une figure sur le papier calque. Les difficultés rencontrées par certains enfants au niveau de ces compétences de motricité fine ont des conséquences importantes sur l'apprentissage visé car, au moment de vérifier qu'une figure est symétrique ou ne l'est pas, ceux-ci semblent peu convaincus : ils se demandent si un découpage (ou une reproduction) plus précis(e) aurait permis de constater que les bords (des figures) coïncidaient (et effectivement, les erreurs de découpage sont du même ordre que des écarts voulus significatifs). Par ailleurs, les enfants doivent être familiarisés avec *l'utilisation du papier calque* : celui-ci est transparent et lorsqu'on le retourne, une autre figure apparaît, superposable à la figure initiale si celle-ci est symétrique. Enfin, certains *gestes* doivent être maîtrisés par les élèves : ceux-ci doivent, notamment, être capables de faire coïncider des surfaces, des segments ou points avant de lisser la feuille et marquer le pli mais ils doivent aussi être capables de retourner une figure (un gabarit) sans la faire glisser le long de l'axe. La maîtrise de ces gestes constituant un préalable important, certaines activités ont été ajoutées par les enseignants dans ce but.

De plus, nous avons constaté combien le retournement complet de la figure était peu naturel pour les élèves. Deux façons différentes de faciliter le passage d'une procédure par pliage à une procédure avec retournement complet de la figure ont été utilisées par les deux enseignants suivis.

Dans l'une des deux classes, celle de J, les élèves ont commencé par produire une figure symétrique par retournement d'un gabarit autour d'un axe ; au moment où le calque a été introduit, beaucoup d'entre eux ont décalqué une demi-figure et ont ainsi été amenés à utiliser le retournement d'une demi-figure. La tâche attendue des élèves consistait à vérifier qu'une figure était symétrique. Tout d'abord, beaucoup d'élèves ont reproduit sur papier calque une demi figure afin de vérifier qu'en la retournant, elle se superposait à l'autre demi figure puis certains élèves ont complété leur demi-figure en utilisant d'autres couleurs. Certains d'entre eux ont marqué en couleur des points (le plus souvent les sommets du polygone) d'autres ont mis en couleur des segments (les côtés du polygone). Les couleurs ainsi reproduites à la fois sur la figure et le papier calque ont permis de mettre en évidence les éléments symétriques : le segment rouge de la demi-figure est le segment rouge du calque et après avoir fait pivoter le calque, ce segment rouge vient se superposer à l'un des segments de l'autre demi-figure. Ce segment-là est le symétrique du segment rouge (le segment noir est l'image du segment rouge). De plus, le geste effectué est réversible et en faisant pivoter le papier calque dans l'autre sens, l'enfant peut constater que le segment noir, c'est-à-dire le segment rouge du calque se superpose au segment de la première demi-figure (le segment rouge est l'image du segment noir).

Dans l'autre classe, celle de C, le calque a été introduit dès la première séance, pour comparer des figures qui semblaient superposables à l'œil nu puis une séance d'arts plastiques a été ajoutée à la progression prévue. Il s'agissait pour les élèves de produire des papillons symétriques et des papillons non symétriques. L'objectif de l'enseignante était double : amener les élèves à constater que deux figures sont visibles sur le papier calque : la figure initiale et son retourné et que ces deux figures sont superposables seulement lorsque la figure initiale est symétrique.

2. L'action du maître sur le milieu matériel

Pour évoquer les difficultés rencontrées par les enseignants à propos de la préparation matérielle, nous nous appuyerons sur l'exemple de la séquence menée par J. Après plusieurs séances, le fait de pouvoir procéder par pliage n'est toujours pas retenu de tous les élèves. Ce bilan s'explique en partie par les difficultés rencontrées par le maître pour gérer le temps, relancer l'activité des élèves, étayer leurs formulations... Cependant, la façon dont l'enseignant produit et modifie le milieu est aussi à l'origine des difficultés rencontrées.

Action de l'enseignant sur le milieu à travers la préparation du matériel

Au cours de la première séance, le maître propose de produire une figure symétrique en faisant pivoter autour d'une droite tracée au préalable une forme en bois. Le gabarit a une forme trop "simple" : il s'agit d'un parallélogramme⁴³. Les enfants se fient à leur perception : ils se représentent mentalement ce qu'ils doivent obtenir et placent le gabarit sans avoir à faire pivoter la figure autour de l'axe. De plus, les deux faces sont de la même couleur. Le matériel choisi par le maître ne pouvait renvoyer suffisamment d'informations aux élèves pour leur permettre de déduire une procédure générale pour construire une figure symétrique. L'action des élèves sur le matériel était insuffisante pour les amener à dégager le savoir visé par le maître. Seules des formes "complexes" auraient pu les contraindre à effectuer le geste attendu. Au cours d'une autre séance, le maître cherche à mettre en évidence les procédures permettant de vérifier qu'une figure est symétrique ou n'est pas symétrique. Or, le matériel prévu ne permet pas de s'exercer à montrer qu'une figure n'est pas symétrique. En effet, rien ne correspondait à cela dans l'action des élèves puisque les deux figures proposées cette fois là étaient symétriques. L'enseignant est obligé de dire aux enfants « supposons que rien ne marche... » car le matériel ne peut lui permettre, à lui seul, d'initier le processus d'institutionnalisation et c'est le discours (et non la manipulation) qui lui permet de faire référence à la réalité.

Le choix du matériel utilisé par le maître joue un rôle très important au moment de l'institutionnalisation. La préparation de ce matériel peut être coûteuse (prix du matériel, temps de préparation pour le maître) mais il est indispensable que chaque élève puisse voir comment le maître plie la feuille, retourne le calque, le superpose à la figure initiale...etc.

La préparation matérielle est également rendue difficile lorsque le maître utilise des moyens techniques pour reproduire en agrandissant ou en réduisant les figures : par exemple si la figure distribuée aux élèves sur un quart de feuille A4 est symétrique, elle ne le sera peut-être plus lorsque, reproduite sur un transparent, elle sera projetée sur le mur de la classe.

Action de l'enseignant sur le milieu à travers le langage utilisé

Au fil des séances, la préparation matérielle du maître s'est enrichie : le matériel individuel et collectif est prévu avec soin. Pourtant, l'institutionnalisation pose toujours problème : l'élaboration collective de la trace écrite reste un moment souvent long et laborieux. Si certains enseignants préparent avec soin le matériel, ils peuvent aussi se focaliser justement sur le matériel et omettre dans leur fiche de préparation de rédiger la phrase qui pourra constituer la trace écrite voire de lister les mots attendus des élèves. Or, anticiper sur la phase de mise en commun permet au maître de prévoir comment, à travers le langage, il va agir sur le milieu et cela, dès la phase de manipulation, dans le but d'initier le processus

⁴³ Le maître utilise le matériel disponible dans la classe : toutes les formes disponibles sont symétriques sauf le parallélogramme des tangrams ; il choisit comme gabarits des losanges et des parallélogrammes.

d'institutionnalisation. Pour de nombreux enseignants, la manipulation reste, avant tout, un moyen de motiver les élèves mais ils ne perçoivent pas la nécessité de faire émerger à partir des actions des élèves un certain savoir ou, s'ils en sont conscients, trouvent difficilement les moyens d'y parvenir dans "le feu de l'action".

Conclusion et perspectives : vers une situation fondamentale ?

1. Premier bilan de l'expérimentation

L'analyse de ces premières observations met en évidence *l'importance des contraintes qui pèsent sur le travail de l'enseignant quant à la préparation du milieu matériel*. Nous avons, en effet, très souvent constaté combien cette préparation peut être coûteuse en temps pour le maître, surtout quand les moyens de l'école sont limités. Le document fourni aux enseignants ne prend pas en charge l'analyse préalable détaillée de la tâche de l'élève. Cette analyse pourrait, toutefois, fournir une aide précieuse quant à la préparation du matériel. Nous avons observé, de plus, que certains enseignants ne prévoient pas les mots qui accompagneront les actions physiques des élèves sur le matériel alors que puiser dans ces actions des occasions de verbalisation pourrait faciliter le processus d'institutionnalisation. Ces analyses à propos des contraintes concernant le travail de l'enseignant devraient nous permettre de mieux cerner, à travers une deuxième phase d'expérimentation, les conditions de viabilité des situations.

Par ailleurs, nos premières analyses ont mis en évidence *la nécessité de prendre en compte les actions spontanées des élèves sur le matériel et les difficultés qu'ils rencontrent pour mettre en œuvre la procédure par retournement complet de la figure*. Notre étude de *l'action des élèves sur le milieu matériel*, nous a conduits à compléter la séquence proposée par des séances ne pas débouchant pas nécessairement sur une institutionnalisation de savoirs mathématiques mais visant essentiellement l'acquisition d'une certaine expérience du matériel. Et dans la perspective de la rédaction d'un nouveau document pour les enseignants, nous retenons l'importance de prévoir des séances donnant l'occasion à chaque enfant d'agir sur le matériel afin d'observer l'effet de ses actions physiques sur ce matériel.

De plus, nous avons constaté que le passage de procédures utilisant le pliage à d'autres utilisant le retournement complet de la figure ne va pas de soi et nécessite de la part des élèves d'établir des liens entre leurs actions sur le matériel et les savoirs en jeu. Au cours de l'expérimentation menée cette année, divers moyens ont été mis en œuvre par les enseignants suivis et ont permis de faciliter, auprès de leurs élèves, ce passage d'un type de procédure à l'autre. Toutefois, avant d'apporter d'éventuelles modifications à nos propositions de situations, il nous faut affiner l'analyse de ces moyens d'un point de vue plus théorique.

2. Le demi-retourné : un lien possible entre les deux conceptions ?

Le pliage est présent culturellement mais nous avons vu que le recours au retournement de la figure complète sur calque n'est pas spontané par simple contrainte sur le matériel : interdiction de plier et fourniture de papier calque. Il semble qu'on ait affaire à deux conceptions bien distinctes. La conception de la symétrie d'une figure comme coïncidence avec son retourné est compatible avec la vision surface d'une figure. Mais la recherche de l'axe de symétrie demande d'identifier des parties de la figure, surfaces, lignes ou points. La conception pliage demande de voir la figure comme composée de deux parties superposables après retournement, même si ce retournement n'est pas identifié comme tel car pris en charge par l'action matérielle. Pour être efficaces les deux conceptions demandent d'identifier et de superposer des segments, au minimum des bords de surfaces.

L'utilisation du calque que nous avons observée spontanément chez les élèves, à savoir décalquer une demi-figure pour la reporter de l'autre côté, permet peut-être de faire le lien entre les deux conceptions. Cette procédure par demi-retourné nous semble un intermédiaire possible entre le pliage et le retournement de la figure complète bien qu'elle nécessite, comme le pliage, de disposer au préalable de l'axe de symétrie. En effet, en procédant par pliage, le demi-plan contenant la demi-figure vient se superposer sur le demi-plan contenant l'autre demi-figure. De même, en procédant par demi-retourné, le demi-plan contenant la demi-figure vient se superposer sur le demi-plan contenant l'autre demi-figure. Toutefois, lorsqu'on retourne le papier calque la demi-figure décalquée est toujours visible et ainsi il est possible de voir à la fois la demi-figure et son image par symétrie, de voir les éléments (surface, segments ou points) symétriques par rapport à la droite tracée. Par ailleurs, retourner la figure complète revient à faire permuter les deux demi-plans définis par l'axe. Or, le pliage ne nécessite de faire pivoter qu'une demi-figure, et même il suffit de faire correspondre des éléments de la figure (surface, segments ou points) et de lisser le papier ensuite. Le geste consistant à faire pivoter autour de l'axe est favorisé en procédant par retournement d'une demi-figure.

Cependant, cette procédure par demi-retourné est délicate parce qu'elle demande de se référer à l'axe, même s'il n'a pas été matérialisé. Elle a toutefois l'intérêt de soulever beaucoup de questions qui impliquent des savoirs mathématiques sous-jacents, dont ceux liés aux positions respectives par rapport à l'axe d'un point de la figure et de son image. De plus, elle risque d'apparaître spontanément et mérite à ce titre une attention particulière dans la mesure où elle peut être un moyen d'identifier et de formuler ces savoirs avec les élèves.

D'abord, dans le cas où il s'agit de reconnaître si une figure est symétrique ou non, utiliser cette procédure nécessite d'avoir fait une hypothèse sur la position de l'axe de symétrie, comme dans le cas du pliage, et même plus explicitement, puisqu'il faut pratiquement avoir tracé l'axe de symétrie ou au moins en avoir repéré deux points sur la figure. Les questions soulevées sont les suivantes (au moins) et se déclinent un peu différemment suivant qu'on veut reconnaître une symétrie ou compléter une figure par symétrie : Que considère-t-on comme figure ? Décalque-t-on ou non l'axe ? Comment repositionne-t-on la figure de l'autre côté ? On voit donc apparaître une ambiguïté sur la figure considérée et la notion de « figure symétrique d'une autre par rapport à un axe », mêlée à celle de « figure symétrique par rapport à un axe ». L'apparition spontanée du demi-retourné nous amène donc à considérer qu'on ne peut aborder un aspect sans l'autre.

Quand les enfants décalquent seulement une moitié de la figure, entièrement située d'un même côté de l'axe, ils n'identifient pas cette partie comme une figure mais comme une moitié et en général, ils ne décalquent pas l'axe. D'abord ils ne pensent pas nécessairement à retourner s'ils n'ont pas l'expérience préalable du retournement. Ensuite, la question du repositionnement du calque après retournement demande d'avoir repéré au moins implicitement, soit deux points de la figure qui seraient sur l'axe et de faire coïncider ces points avec leurs correspondants sur le calque, soit d'avoir tracé l'axe, de l'avoir décalqué et de faire coïncider l'axe sur le calque et sur le papier : comme il s'agit en fait nécessairement d'un segment, il n'est alors pas nécessaire d'avoir repéré un point particulier : les extrémités de l'axe jouent ce rôle. Le fait d'avoir réalisé une comparaison de figures avec du calque peut les aider à identifier les demi-figures comme deux figures. On peut aussi utiliser des couleurs, comme on l'a vu.

3. Essai de formulation d'une situation fondamentale

Après cette étude, il nous semble qu'une situation fondamentale de la symétrie orthogonale dans le plan devrait inclure la recherche de la symétrie d'une figure et la production de la

figure symétrique d'une figure donnée par rapport à un axe donné. Elle pourrait peut-être se formuler ainsi :

Etant données une ou deux figures sur une feuille de papier, dire s'il est possible de trouver un endroit où il faudrait plier la feuille pour que ces deux figures se superposent (ou une moitié de cette figure se superpose exactement sur l'autre moitié). Si c'est possible tracer la droite du pli ; si ce n'est pas possible dire pourquoi et compléter les figures pour que cela devienne possible.

En engageant un peu plus une expérience matérielle préalable, elle pourrait aussi se formuler aussi :

On dispose de deux feuilles de papier pliées avec des bords déchirés qu'on ne considèrera pas, disons une feuille bleue et une feuille rouge. On découpe une forme quelconque dans chaque feuille mais dans l'une des feuilles, disons la feuille rouge, le pli est coupé : le bord de la forme découpée s'appuie sur le pli ; dans l'autre feuille, la feuille bleue, la forme découpée ne rencontre pas le pli ni le bord. Si on ouvre la feuille rouge, on a un seul morceau qui tombe et un seul trou dans la feuille, le morceau qui tombe est traversé par le pli, comme la feuille. Si on ouvre la feuille bleue, on a deux morceaux (disons deux triangles) et deux trous dans la feuille, un de chaque côté du pli. Nous appellerons pochoir (bleu ou rouge) la feuille qui reste quand les morceaux sont tombés.

Problème 1 : comment, sans se servir du pochoir, coller les morceaux découpés sur une feuille blanche, de façon qu'en plaçant le pochoir sur cette feuille, les morceaux collés viennent exactement se loger dans les trous du pochoir ? Pour la feuille bleue c'est facile, tout convient, mais comment faire pour les petits triangles rouges ?

Problème 2 :* comment coller les triangles rouges pour qu'on puisse fabriquer par la méthode précédente un pochoir dans lequel ils puissent s'encaster exactement ?

Les variables de la situation sont :

- une ou deux figures
- le pliage est possible ou non, le découpage est possible ou non
- le matériel dont on dispose : papier calque, ciseaux, couleurs...
- propriétés de la (des) figure(s). Nous n'avons jusque là pas parlé du support : papier blanc ou papier quadrillé ; nous pouvons ajouter cette variable aux propriétés de la figure en considérant que les lignes du quadrillage font partie de la figure : construire un symétrique sur quadrillage peut alors être assimilé à de la restauration de figure, une partie de la figure cherchée étant fournie.

Références

- CONNÉ F. (2008) L'expérience comme signe didactique indiciel. *Recherches en didactique des mathématiques*, 28/2, 219-264.
- DUVAL R. ET GODIN M. (2006) Les changements de regard nécessaires sur les figures, *Grand N*, 76, 7-27.
- LEBESGUE H. (1975) Sur la mesure des grandeurs, Blanchard, Paris. Première édition (1931-1935) dans la revue *L'Enseignement mathématique*.
- MANGIANTE-ORSOLA, C (2007), *Une étude de la genèse des pratiques de professeurs des écoles enseignant les mathématiques : prédétermination et développement*, Thèse de Didactique des Mathématiques, Université de Paris 7.
- PERRIN-GLORIAN M.J. (1993) Questions didactiques soulevées à partir de l'enseignement des mathématiques dans des classes faibles, *Recherches en didactique des mathématiques*, 13/1.2, 5-118.
- PERRIN-GLORIAN, M.J. (2008) Des savoirs disciplinaires à construire pour une formation professionnelle universitaire des maîtres. L'exemple de la formation des enseignants en mathématiques. *Actes du colloque Qu'est-ce qu'une formation professionnelle universitaire des enseignants ?* Arras, mai 2007. publication en ligne : http://www.lille.iufm.fr/IMG/pdf/17-30_PERRIN_Tome1.pdf
- ROBERT A., PERRIN-GLORIAN, M.J. ET CASTELA C. (2009) Un aperçu des recherches en didactique des mathématiques menées dans l'équipe DIDIREM : exemples et nouvelles questions. In Ouvrier-Bufferet C.

et Perrin-Glorian M.J. (éd.) *Approches plurielles en didactique des mathématiques. Apprendre à faire des mathématiques du primaire au supérieur : quoi de neuf ?* CD-rom édité par le Laboratoire de didactique André Revuz, Université Paris Diderot. pp. 11-36.

PERRIN-GLORIAN (à paraître, 2010) L'ingénierie didactique à l'interface de la recherche avec l'enseignement. Développement de ressources et formation des enseignants. In Margolinas et al. (ed.) *Actes de la 15ème Ecole d'été de didactique des mathématiques*, août 2009, Clermont-Ferrand.

Développement des pratiques des professeurs débutants pendant les premières années d'exercice

Brigitte Grugeon-Allys

Introduction et questions initiales

Au sein de l'équipe de recherche du laboratoire LDAR sur les pratiques enseignantes du second degré (Robert 2008) et d'une équipe de formateurs de l'IUFM d'Amiens, j'ai développé un projet de recherche sur la professionnalité enseignante pour étudier des effets d'une formation professionnelle sur le développement des pratiques d'enseignants débutants. Ayant la responsabilité de la formation des PLC2 de mathématiques, je me suis interrogée sur les potentialités des situations de formation à favoriser le développement des différents aspects des pratiques enseignantes. Il s'agissait ainsi d'étudier, pour des PLC2 ayant suivi la formation, l'évolution des connaissances complexes développées sur l'enseignement des mathématiques et sur le métier d'enseignant et l'évolution de leur pratique hors la classe, en particulier sur la préparation des séances, et dans la classe. Cette étude devait aussi prendre en compte que le développement professionnel des enseignants débutants peut être la résultante de la confrontation entre plusieurs variables : la formation suivie en PLC2 voire en T1, leur profil personnel (représentations sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques), mais aussi des déterminants des pratiques de plusieurs types : les contraintes internes ou externes du métier comme les programmes, les contraintes d'exercice des établissements dans lesquels ils sont nommés et le public d'élèves concerné.

Les questions abordées

- Quels éléments du développement professionnel des professeurs débutants ont pu évoluer au cours de la formation, puis des premières années d'exercice? Quelles diversités ? Quelles éventuelles régularités voire stabilités en germe ? Quelles variabilités ?
- Quelles relations entre ces évolutions et régularités et les activités organisées en formation à l'IUFM d'Amiens dans la filière mathématiques ? Comment les caractériser ?
- Quelles hypothèses faire sur les déterminants des pratiques en lien avec le profil du professeur, les apports de la formation initiale et continue, des contraintes externes ou internes qui pèsent sur les pratiques ?

Je présente ici les éléments théoriques et méthodologiques retenus pour une approche multidimensionnelle du développement des pratiques des professeurs débutants de mathématiques pendant les premières années d'exercice en perspective de la formation suivie.

1. Des travaux précurseurs

Des recherches dans le champ de la didactique des mathématiques ont étudié des conditions pour l'apprentissage et l'enseignement mises en place par les professeurs débutants. Elles mettent en évidence localement plusieurs types de difficultés récurrents :

- La sélection de contenus mathématiques à enseigner et la prise de conscience que les mathématiques à enseigner se révèlent problématiques (Cirade 2008) ;

- La priorité donnée à un projet local qui ne s'inscrit pas toujours en cohérence dans un projet global (Margolinas et Rivière 2005, Bloch 2005) ;
- Le manque de repères pour organiser l'enseignement des notions et la construction de leur sens (Bloch 2005) ;
- La naturalisation de notions mathématiques et l'oubli des difficultés d'apprentissage qui les conduisent trop rapidement à donner et exiger des expressions très abouties (Bloch 2005) ;
- L'aménagement d'un milieu pertinent pour favoriser l'activité et l'apprentissage des élèves (Assude T., Mercier A., Sensevy G 2007, Coulange 2007).

Robert et Rogalski renvoient à d'autres types de difficultés. Les professeurs débutants éprouvent des difficultés à gérer des tensions et des dilemmes auxquels ils sont confrontés mais aussi à mobiliser des connaissances professionnelles dans le contexte dans lequel ils enseignent (Robert 2001). Cet autre point de vue s'appuie sur les travaux issus à la fois de l'approche ergonomique et de la didactique, la double approche de Robert et Rogalski (2002). Ce changement de point de vue, nous amène à questionner à la fois le développement des pratiques, complexes, rapidement stables, liées à la fois aux apprentissages des élèves et à l'exercice du métier, et les dispositifs de formation existants, en particulier les modalités de formation pour « prendre en compte les pratiques réelles des professeurs et respecter leur complexité » (Robert, Roditi et Grugeon 2008). Des modalités de formation liées à l'alternance formation/terrain/formation permettraient d'aborder les contraintes et les marges de manœuvre de l'enseignant en classe, de favoriser des dynamiques entre situations de classe, prise de conscience et apport de connaissances sur le temps long, à partir de modalités de travail adaptées.

2. Des éléments théoriques

Comment repérer et interpréter les connaissances construites en interaction avec la formation ? En fin de formation, après un ou deux ans d'exercice ? Comment décrire et interpréter les pratiques hors et dans la classe et leur développement ? Comment les recomposer ?

Dans le champ de la didactique des mathématiques, la description des connaissances qui outillent la professionnalité, celle des pratiques, sont liées au choix des approches théoriques et des outils privilégiés pour analyser les apprentissages visés par les choix de l'enseignant. Les nouvelles questions sur les pratiques enseignantes ont amené les chercheurs à étendre les cadres théoriques déjà développés. En France, plusieurs enrichissements ont vu le jour : l'extension de la notion de milieu dans le cadre de la théorie des situations pour mieux comprendre le rôle du professeur dans les classes ordinaires (Margolinas 1995, 2002), l'extension de la transposition didactique pour décrire l'organisation de l'étude (Chevallard 1999), la combinaison de ces deux théories pour définir un modèle de l'action didactique du professeur (Sensevy, Mercier et Schubauer-Leoni 2000), l'approche didactique et ergonomique pour mieux prendre en compte la complexité des pratiques enseignantes (Robert et Rogalski 2002). Ces approches théoriques éclairent chacune de façon différente les pratiques enseignantes, mettent certaines dimensions en lumière et en laissent d'autres dans l'ombre.

3. Des dimensions pour analyser le développement des pratiques en perspective de la formation

Les pratiques enseignantes se conjuguent à différentes échelles d'activités de l'enseignant et à diverses temporalités, liées à différents niveaux du projet d'enseignement. Plusieurs échelles sont distinguées : l'échelle des projets (préparation de progression, de séquences, de séances inscrites dans une séquence), celle de la gestion didactique des différentes phases prévues pour la séance où se rencontrent travail de préparation et prise de décision « voire d'improvisation », celle de la régulation didactique de l'activité au cours des préparations, du déroulement des séances, ou des bilans. Les pratiques se conjuguent aussi à des automatismes ou des éléments de discours non contrôlés (Robert 2008).

a) Des dimensions d'analyse des pratiques

Je me suis appuyée sur les cadres théoriques cités plus haut pour définir quatre dimensions d'analyse. Ces dimensions donnent accès à différents aspects de la complexité des pratiques, non indépendants voire étroitement imbriqués. Ces approches théoriques sur les pratiques enseignantes sont susceptibles aussi de fournir des cadres d'analyse pour les dispositifs de formation, voire des guides pour leur conception. En effet, chaque formation est organisée en fonction du modèle de pratique qui la sous-tend. Chaque formation est donc conçue pour développer différents aspects des pratiques correspondant au modèle de pratique visé. Ces dimensions d'analyse ont donc pour fonction d'identifier et de décrire des cohérences dans les logiques d'action des enseignants ainsi que des caractéristiques dominantes des scénarios de formation correspondant au modèle de pratique visé.

Je précise comment j'ai construit une cohérence entre des approches distinctes mais *a priori* compatibles pour interroger la dynamique d'évolution des pratiques en lien avec une formation déjà reçue. Pour ceci, j'ai défini quatre dimensions d'analyse : *organisation praxéologique*, *gestion didactique*, *régulation didactique* et *négociation de la coutume didactique*.

- **La dimension *organisation praxéologique***

La première dimension, qualifiée d'*organisation praxéologique*, concerne l'activité du professeur visant à problématiser les mathématiques à enseigner et à organiser leur enseignement. Cette dimension renseigne en partie l'activité de construction d'un projet didactique global – « concevoir les grandes lignes d'enseignement sur un thème d'enseignement donné » d'une séquence – ou l'activité de construction d'un projet local – « déterminer un scénario de leçon ou de situation ».

Du côté enseignant :

Cette dimension permet d'étudier les connaissances professionnelles mobilisées par le professeur, en ce qui concerne l'organisation des savoirs à enseigner et celle de leur enseignement : sa vision des enjeux de l'enseignement d'un thème mathématique donné, les stratégies d'enseignement qu'il peut mobiliser en fonction des processus d'apprentissage des notions en jeu, sa capacité à expliciter les raisons d'être des notions ou des propriétés mathématiques étudiées, les potentialités des situations d'apprentissage choisies par rapport aux objectifs d'apprentissage visés. Il est possible ainsi de repérer si les connaissances mobilisées sur les savoirs à enseigner et leur enseignement relèvent de plusieurs ordres : épistémologique, cognitif et didactique (Lenfant 2002).

Pour cette analyse, comme la désignation de la dimension l'indique, j'ai privilégié les outils de l'approche anthropologique qui permettent de mettre en relation des organisations praxéologiques personnelles et institutionnelles en lien avec le déterminant qu'est le programme officiel. Ce choix théorique facilite la mise en relation des outils mobilisés par le professeur avec ceux proposés en formation.

En ce qui concerne l'élaboration du scénario des situations d'apprentissage ou des séances, j'ai utilisé les outils développés pour l'analyse *a priori* en lien avec la théorie des situations.

Du côté dispositif de formation :

Cette dimension permet d'étudier les caractéristiques dominantes d'organisation d'un dispositif de formation (contenus et stratégies de formation) dans sa visée d'outiller les professeurs pour construire des projets didactiques, global et local, sur des thèmes mathématiques donnés. Elle renseigne sur les moyens mis en œuvre dans le dispositif de formation pour amener les professeurs à fonder, analyser et contrôler les contenus mathématiques à enseigner et l'organisation de leur enseignement, par rapport aux attendus institutionnels.

- **La dimension gestion didactique**

La deuxième dimension, qualifiée de *gestion didactique*, concerne l'activité du professeur en classe. Cette dimension renseigne sur les cohérences de l'action didactique du professeur pendant le déroulement de la séance (processus de dévolution, processus de régulation de l'activité des élèves, processus d'institutionnalisation), la gestion des interactions avec les élèves, la gestion du contrat didactique. Elle donne aussi des informations sur l'activité du professeur à observer celle des élèves dans différentes phases du déroulement et à prendre des décisions didactiques.

Du côté enseignant :

Cette dimension permet d'étudier quelles sont les connaissances didactiques mobilisées par un enseignant pour gérer la relation didactique et réguler l'activité des élèves en situation d'apprentissage en classe. J'ai cherché aussi à coordonner l'étude des choix didactiques de l'enseignant pour organiser les situations d'apprentissage en rapport à ceux visés (dimension praxéologique) avec celle de « la manière dont ces apprentissages sont enclenchés en classe par des activités choisies par les enseignants (compte-tenu) des contraintes incontournables (...) qu'impose le métier d'enseignant de mathématiques » (Robert 2008)⁴⁴.

J'ai mené cette analyse en croisant les outils développés dans la théorie des situations, l'analyse *a priori* et *a posteriori* et les outils développés pour une analyse en terme de tâche prescrite et effective *via* l'étude du niveau de mise en fonctionnement des connaissances pour résoudre un problème (Robert 2008).

Du côté dispositif de formation :

Cette dimension permet d'étudier les caractéristiques dominantes de l'organisation d'un dispositif de formation pour mener avec les professeurs un travail sur la gestion didactique des situations en classe. Elle renseigne sur les occasions développées en formation pour permettre aux enseignants débutants de travailler la gestion des interactions, la prise de décisions en classe. Elle indique comment l'organisation d'un dispositif de formation amène les enseignants débutants à observer l'activité des élèves et à gérer leur action en classe en fonction des apprentissages visés.

- **La dimension régulation didactique**

La troisième dimension qualifiée de *régulation didactique* concerne la flexibilité de l'activité du professeur à mobiliser des connaissances professionnelles variées intervenant à différents niveaux du projet d'enseignement, dans une situation de travail donnée. Cette

⁴⁴ L'approche en termes de TSD est plus tournée vers la construction du savoir -

La double approche en lien avec théorie de l'activité est davantage tournée vers l'activité de l'élève et celle du professeur et leurs relations.

dimension renseigne sur les pratiques du professeur contribuant à réguler son enseignement à des échelles d'activités et des temporalités diverses.

Du côté enseignant

Cette dimension permet d'étudier quelles sont les connaissances didactiques mobilisées par un enseignant pour réguler son enseignement. Ce peut être, pendant la préparation d'une séance, quand le professeur de mathématique va choisir une situation d'apprentissage en relation avec l'organisation mathématique et didactique incluses dans son projet global didactique correspondant. Ce peut être pendant le déroulement quand il va prendre une décision pour réguler l'activité des élèves en s'appuyant sur des connaissances concernant à la fois le scénario didactique, les erreurs et les processus d'apprentissage des élèves. Ce peut être pendant un bilan réalisé sur le déroulement effectif d'une séance quand le professeur va engager une analyse *a posteriori* sur un incident survenu et le mettre en relation avec des origines possibles diverses liées à différents niveaux possibles de son activité : par exemple, les difficultés à gérer une phase de rappel en début de séance peuvent être liées à plusieurs origines, au décalage du moment d'institutionnalisation par rapport à la séance précédente, à la non reconnaissance d'une connaissance pointée par un élève ou à une gestion incorrecte de l'échange entre le professeur et les élèves.

Cette dimension renseigne aussi sur la capacité du professeur à mieux prendre en compte les contraintes liées au métier d'enseignant (les conditions d'exercice au sein de l'établissement, le niveau des élèves et leur origine sociale, ..).

Du côté dispositif de formation :

Cette dimension permet d'étudier les caractéristiques dominantes de l'organisation d'un dispositif de formation à fournir aux enseignants les moyens et les occasions de réguler leur enseignement à des échelles d'activités et des temporalités diverses. Elle renseigne en particulier sur les situations menées en formation pour amener les enseignants à observer, à analyser, puis évaluer leur activité dans des contextes différents et leurs effets sur les activités des élèves puis à prendre des décisions en interaction avec différents niveaux du projet.

• **La dimension négociation de la coutume didactique**

La quatrième dimension concerne l'activité du professeur pour mettre en place les règles organisatrices du travail dans sa classe en lien avec la coutume didactique, pour que sa classe tourne et qu'il puisse y assurer l'enseignement des mathématiques. L'analyse suivant cette dimension nous a semblé un préalable incontournable pour avoir accès et comprendre d'autres aspects des pratiques des enseignants débutants.

Je fais ici référence à la coutume didactique, introduite par Nicolas Balacheff (Balacheff 1988) pour caractériser certains aspects relativement permanents du fonctionnement social des situations d'enseignement, soumis comme ceux du contrat didactique à de forts implicites. Cette dimension permet d'étudier comment se rencontrent dans la « coutume didactique » interne à la classe, à la fois les règles établies par l'usage, à travers la culture scolaire et les règles d'organisation du travail dans un établissement⁴⁵, et les règles que va faire vivre l'enseignant. Ces règles, au-delà d'habitudes culturelles au poids très important et auxquelles il est difficile d'échapper comme membre du système

⁴⁵ Ces règles peuvent prendre en compte plusieurs autres paramètres, et en premier lieu, des contraintes liées au métier, le type d'établissement (collège, lycée professionnel ou général, centre ville ou non), le fonctionnement de l'établissement en lien avec le règlement intérieur (règles de gestion du retard, des conflits, ...), les habitudes de l'équipe des professeurs (progression commune, devoirs communs, ...), les relations établies avec les parents en lien avec l'évaluation...

d'enseignement, dépendent aussi de la composante personnelle de ses pratiques (Robert et Rogalski 2002a)⁴⁶.

Du côté enseignant :

Cette dimension permet d'étudier comment le professeur concilie les normes, les contraintes sociales en place dans l'établissement où il enseigne et ses conceptions propres de l'enseignement/apprentissage. Elle renseigne sur le fonctionnement social des situations d'apprentissage que le professeur met en place et son influence sur les conditions d'apprentissage et l'installation du rapport au savoir.

Du côté dispositif de formation :

Cette dimension permet d'étudier et de situer comment la formation prend en compte les composantes personnelle et sociale des pratiques enseignantes dans la négociation de la coutume didactique en classe.

b) Une structure d'analyse multidimensionnelle des pratiques enseignantes

A partir de ces quatre dimensions, j'ai défini une structure d'analyse multidimensionnelle des pratiques enseignantes. J'ai organisé une échelle de développement des pratiques prenant en compte la multidimensionnalité des aspects de la pratique pendant une période donnée, avec quatre degrés de développement pour les trois premières dimensions. Pour opérationnaliser la structure d'analyse multidimensionnelle, j'ai associé à chaque dimension d'analyse des indicateurs qui servent de référence pour caractériser les degrés de développement des pratiques d'un enseignant.

Par exemple, l'étude de l'organisation praxéologique du professeur s'appuie sur celle des organisations mathématiques (types de tâches, existence de raisons d'être de types de tâches et leur pertinence, équilibre entre *praxis* et *logos*, complétude des organisations mathématiques), sur celle des organisations didactiques (présence et équilibre entre les différents moments de l'étude, adéquation des situations proposées d'un point de vue épistémologique selon le moment de l'étude), sur celles des tâches proposées (quantité, forme des énoncés et type d'adaptations de connaissances en jeu). La caractérisation des indicateurs relève d'analyses *a priori* à différents grains de finesse, liées aux contenus mathématiques en jeu⁴⁷, en fonction des programmes au niveau de classe considéré.

Voici, ci-dessous, les indicateurs retenus en ce qui concerne les dimensions *organisation praxéologique* et *gestion didactique* :

⁴⁶ Ce peut être sa conception de l'apprentissage et de l'enseignement, ses croyances (respect et prestige du professeur dans l'établissement, raisons de la réussite d'un élève (réussite en maths innée, rôle de la valorisation des élèves, ..), sa conception du métier d'élève et du métier de professeur, son rapport aux mathématiques, son rapport au savoir et à l'école (Charlot, Bautier et Rochex 1992), son histoire personnelle en lien avec sa scolarité.

⁴⁷ Cette démarche permet d'inclure l'étude des questions d'intégration de logiciels.

Organisation praxeologique

	Organisation Didactique	Organisation Mathématique	Choix des tâches (énoncés)
Degré 1	Organisation binaire	OM ponctuelles juxtaposées : praxis (savoir-faire) ou logos (savoir)	Tâches visant l'application immédiate de connaissances
Degré 2	OD ternaire, des moments de l'étude absents, des situations d'introduction peu adaptées	OM locales non complètes ; praxis/logos non équilibrés et anciennes peu articulées	Tâches visant l'usage de connaissances nouvelles mobilisables
Degré 3	OD ternaire, présence de différents moments, situations d'introduction plus adaptées mais à enrichir d'un point de vue épistémologique	OM locales assez complètes articulant connaissances anciennes et nouvelles / praxis / logos plus équilibrés..	Tâches visant la mobilisation de connaissances avec niveaux d'adaptation variés
Degré 4	OD ternaire, équilibre et articulation entre les différents moments, situations d'introduction adaptées d'un point de vue épistémologique	Dynamique entre OM ponctuelles, locales et globales, analyse épistémologique du savoir praxis/logos équilibrés	Tâches visant aussi l'usage de connaissances disponibles sur différents thèmes

Gestion didactique

Gestion du déroulement	
Mode 1	Le professeur fait corps de prise en compte des élèves : pas de dévolution, milieu sans potentiel didactique, responsabilité du côté du professeur
Mode 2	Gestion essentiellement collective avec prise en compte des élèves ; guidage important ; Processus d'évaluation ou d'institutionnalisation peu développé, recherche peu présente, avec un faible potentiel didactique et guidage important ; contrat didactique : responsabilité essentiellement du côté du professeur
Mode 3	Organisation de différentes phases (recherche, ..., synthèse) mais toujours équilibrées en temps et productives ; Processus de développement d'institutionnalisation ; milieu avec davantage de potentiel didactique ; contrat didactique : davantage de validation à la charge des élèves en compte d'erreurs par le professeur ; développement d'aides méthodologiques ;
Mode 4	Gestion équilibrée des différentes phases (temps pour les tâches aux élèves, les laisser chercher, organiser formulation et validation des réponses dans des exercices à des moments différents, organiser l'institutionnalisation en lien avec mémoire didactique) ; milieu adapté avec aides méthodologiques ; contrat didactique équilibré.

4. Une méthodologie d'analyse

Comment sont organisés les moyens d'observation et d'analyse ?

- a) *Les niveaux microscopique et macroscopique*
- Analyse au niveau microscopique

J'ai d'abord analysé les activités des professeurs débutants et celles des élèves, à trois niveaux d'organisation (Robert 2008) pour appréhender diverses temporalités et échelles d'activités, à différentes étapes de l'exercice du métier (trois fois par an sur trois ans). Pour chaque contenu étudié, je me suis appuyée sur des données variées :

- au niveau macro, des manuels et publications spécialisées, des préparations, des tâches, qui concernent les projets d'ordre global et local (séquences et séances) ;
- au niveau de la classe au quotidien, des déroulements en classe, à partir des transcriptions de séances filmées (vidéos) ;
- au niveau micro, des échanges entre professeurs et élèves, des usages du tableau.

À partir de l'analyse des données et de leur interprétation, il est possible alors de renseigner les indicateurs sur les quatre dimensions concernant l'*organisation praxéologique*, la *gestion didactique*, la *régulation didactique*, la *négociation de la coutume didactique*. Sur une durée d'une année, ou de deux ou trois ans, j'ai fait une analyse transversale des valeurs par indicateur pour faire apparaître des cohérences des pratiques par dimension. J'ai pu alors attribuer par dimension les degrés qui permettent la comparaison des développements de pratiques à partir de l'échelle multidimensionnelle de développement.

Dans les analyses, j'ai mobilisé, selon les dimensions et le niveau d'échelle d'analyse, les outils développés en TAD et en TSD ou ceux développés dans la double approche, en construisant les observables nécessaires pour établir les valeurs des indicateurs (Grugeon-Allys 2008).

- Analyse au niveau macroscopique

Pour étudier les degrés de développement des pratiques, sur chaque dimension, j'ai organisé un jeu dialectique entre l'analyse de l'activité de l'enseignant à un niveau donné du projet d'enseignement, sur un thème donné, *via* les observables à disposition et leur analyse transversale à un niveau macroscopique, sur le moyen terme, par croisement d'indicateurs pour déterminer des cohérences de pratiques, dimension par dimension.

- b) *Deux visées d'analyse*

Cette approche permet de coordonner deux visées d'analyse.

- *L'étude du développement professionnel en regard de la formation*

En fin d'année de formation des PLC2, l'étude du développement professionnel d'un professeur stagiaire en regard de la formation s'appuie sur l'analyse des degrés du développement de ses pratiques sur les quatre dimensions d'analyse en perspective des éléments de pratiques travaillées en formation (Grugeon-Allys 2008).

- *L'étude du développement professionnel en regard des contraintes personnelles et professionnelles*

Au cours des trois années, le développement des pratiques est interrogé en regard de l'influence de la composante personnelle et des contraintes professionnelles qui pèsent sur les pratiques des jeunes professeurs. Pour ceci, l'étude prend en compte la perspective de la double approche. L'étude s'appuie sur l'interprétation de la réorganisation des pratiques selon les deux composantes cognitive et médiative en rapport avec les autres composantes, personnelle, institutionnelle et sociale.

Références

- ASSUDE, T., MERCIER, A., SENSEVY, G. (2007), L'action didactique du professeur dans la dynamique des milieux, *Recherches en didactique des mathématiques*, 27.2, 187-220.
- BLOCH I. (2005), Peut-on analyser la pertinence des réactions mathématiques des professeurs dans leur classe ? Comment travailler cette pertinence, en formation, dans des situations à dimension adidactique ? In C. Castela et C. Houdement (eds) *Actes du Séminaire National de Didactique des Mathématiques*, 2005, ARDM et IREM de Paris 7.
- CHEVALLARD Y. (1999), L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Grenoble, Vol. 19, n° 2, pp. 221-266.
- CIRADE G. (2008), Devenir professeur de mathématiques : entre problèmes de la profession et formation en IUFM. Les mathématiques comme problème professionnel... In G. Gueudet, Matheron (eds) *Actes du séminaire de didactique national*. ARDM et IREM de Paris 7
- COULANGE L. (2007), Etude de pratiques de professeurs de mathématiques "néo titulaires" dans des collèges de zone d'éducation prioritaire. Dans G. Gueudet et Y. Mattern (eds), *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques, année 2006*. ARDM et IREM de Paris 7
- GRUGEON-ALLYS B. (2008), *Quelques apports de l'analyse multidimensionnelle : activités des élèves et pratiques des professeurs de mathématiques ; Vers une modélisation*, Habilitation à diriger des recherches, 4 décembre 08, Université Paris Denis Diderot – Paris 7
- GRUGEON B. (2008), Quelle évolution des pratiques d'un professeur stagiaire de mathématiques pendant son année de formation à l'IUFM, in F. Vandebrouck (eds), *La classe de mathématiques : activité des élèves et pratiques des professeurs*, Chapitre 6 partie 2, pp 328-366. Octarès Edition.
- GRUGEON B. (2006), Conception et évaluation d'une formation PLC2. In Chiocca et Laurençot (eds), *DVD des actes de la CORFEM*. ENFA, Toulouse, 20-21 juin 2006.
- MARGOLINAS C. (2002), Situations, milieux, connaissances – Analyse de l'activité du professeur, *Actes de la 11ème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*. 141-156, Grenoble : La Pensée Sauvage.
- MARGOLINAS C., RIVIÈRE O. (2005), La préparation de séance : un élément du travail du professeur. *Petit x*. Vol 69 pp 32-57.
- ROBERT A. (2008), La double approche didactique et ergonomique pour l'analyse des pratiques de professeurs de mathématiques. Partie 1 - Chapitre 3. In *La classe de mathématiques : activité des élèves et pratiques des professeurs*, F. Vandebrouck (eds) (pp45-52). Collection Formation, Octarès Editions.
- ROBERT A. (2001), Les recherches sur les pratiques des professeurs et les contraintes de l'exercice du métier d'enseignant, *Recherches en didactique des mathématiques*, Vol 21.1.2, pp 57-80.
- ROBERT A. ET ROGALSKI J. (2002), Le système complexe et cohérent des pratiques des professeurs de mathématiques : une double approche, *Revue canadienne de l'enseignement des sciences*, des mathématiques et des technologies, vol 2, n°4, pp. 505-528.
- ROBERT A., RODITI E., GRUGEON B. (2008), Diversité des offres de formation et travail du formateur de professeurs de mathématiques du secondaire. *Petit x* n°74. pp. 60-90.
- SENSEVY G., MERCIER A., SCHUBAUER -LEONI M.L. (2000), Vers un modèle de l'action didactique du professeur. *Recherches en didactique des mathématiques*, Vol 20/3, pp. 263-304, Editions La Pensée Sauvage.
- VANDEBROUCK F. (2008), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des professeurs*, Collection Formation, Octarès Editions. 466 p.

En guise de conclusion

En juillet 2009, dans son ouverture au Séminaire « *Les évolutions du travail enseignant, de la formation professionnelle à l'université, de la formation des enseignants* » de l'IUFM de Versailles, E.Fraisse⁴⁸ demande :

« Que se passe-t-il quand le « savoir » ne s'impose plus de lui-même aux yeux de beaucoup de ceux auquel il est destiné ? Que se passe-t-il en outre quand un nombre important de « producteurs » du savoir se désintéressent de sa transmission ? »

Il ajoute qu'une discipline n'est reconnue comme telle dans une société que lorsqu'il en existe un enseignement. Aussi, s'interroger sur la formation des enseignants, c'est s'interroger sur l'avenir des disciplines enseignées elles-mêmes. L'enjeu dépasse le simple plaisir intellectuel de la recherche, il concerne crucialement l'avenir de ce qu'une société décide de transmettre à ses enfants. Mais, tel qu'on peut le constater à la lecture de ce cahier, cette question cruciale de la formation des enseignants s'avère un domaine de recherche vaste et complexe touchant immanquablement les questions de pratiques des formateurs d'un côté et de pratiques des enseignants de l'autre, en plus des questions centrales liées à l'apprentissage des élèves. Les textes présentés ici montre combien ces problématiques sont complexes, imbriquées et difficiles à traiter en recherche. Les chantiers sont grand ouverts. Il vaut toutefois la peine de s'y atteler, et ce d'autant plus que l'actualité semble paradoxalement refléter une vision de la professionnalité réduite à la maîtrise des savoirs, agrémentée au mieux de quelques trucs pédagogiques. Il nous semble urgent, et nous espérons y avoir contribué par ce cahier, de montrer au contraire la profondeur des questions qu'elle suscite, l'épaisseur des situations qu'elle traite et la multiplicité des dimensions qu'elle met en jeu ; profondeur, épaisseur et multiplicité qui vont bien au-delà de la maîtrise de savoirs disciplinaires.

Mariam Haspekian et Julie Horoks

⁴⁸ Dans le texte d'ouverture au Séminaire de l'IUFM de Versailles sur « *Les évolutions du travail enseignant, de la formation professionnelle à l'université, de la formation des enseignants* », Actes du séminaire du 2 juillet 2009

Sommaire

Introduction	3
Enseigner les math (en lycée et collège) : un métier qui s'apprend ou... qui se forme ? ..	5
Aline Robert	
Des recherches internationales sur la formation des professeurs de mathématiques	17
Monique Charles-Pezard	
Les pratiques des formateurs de mathématiques en IUFM dans le premier degré	33
Nathalie Sayac, Julie Horoks	
Accompagnement en mathématiques de professeurs des écoles débutants nommés en ZEP. Analyse des pratiques et inférences sur la formation initiale	43
Denis Butlen, Monique Charles-Pezard, Pascale Masselot	
Rapport au milieu matériel et construction des concepts mathématiques : de la préparation du matériel à l'usage des signes (langage ou symboles).....	57
Christine Mangiante-Orsola et Marie-Jeanne Perrin-Glorian	
Développement des pratiques des professeurs débutants pendant les premières années d'exercice.....	73
Brigitte Grugeon-Allys	

TITRE :

Exemples de recherches en didactique des mathématiques sur la formation des enseignants (premier et second degrés)

AUTEUR/S :

Editeurs : Mariam Haspekian et Julie Horoks

Avec la participation de Denis Butlen, Monique Charles -Pézard, Brigitte Grugeon-Allys, Julie Horoks, Christine Mangiante, Pascale Masselot, Marie Jeanne Perrin, Nathalie Sayac, Aline Robert.

RESUME :

La première contribution (**A. Robert**) introduit le thème en balayant les premières questions, les premières recherches, et leurs cadres théoriques et problématiques, en posant, entre autres, la question cruciale, pour le chercheur, des « modalités » des formations.

- **M. Charles-Pézard** complète cette introduction avec un point sur les recherches sur le plan international. Sa présentation montre d'autres modèles avec d'autres concepts tels que les « beliefs » ou encore les « connaissances subjectives ».

- A la suite de ces deux présentations générales, on trouvera les contributions exposant des travaux en cours par des chercheurs impliqués dans la formation des enseignants en mathématiques dans l'ordre des interventions des journées de l'équipe où ont été exposés ces textes :

- **N. Sayac** et **J. Horoks** exposent leurs travaux sur « les pratiques de formateurs en mathématiques à l'IUFM dans le 1^{er} degré ». Dans leur recherche, elles ont utilisé deux cadres théoriques : celui de la didactique professionnelle (permettant de repérer des « organisateurs des pratiques professionnelles ») et celui de la Double Approche qui complète leur cadre avec les cinq composantes. Elles ont formulé des résultats en termes de « postures » et ont dégagé des hypothèses sur l'axe privilégié des formateurs en mathématiques et l'enchaînement des postures (qui serait un organisateur des pratiques).

- **D. Butlen**, **M. Pézard** et **P. Masselot** livrent une description de leur scénario d'accompagnement en mathématiques de professeurs des écoles débutants nommés en ZEP. Ils expliquent leurs choix par l'analyse des évolutions des pratiques des débutants, dont ils font l'hypothèse qu'elles illustrent des paliers à franchir. Deux dimensions des pratiques sont étudiées plus particulièrement, de l'installation desquelles dépendent les autres dimensions : ce qui tient à l'installation de la paix scolaire et au fait d'exercer une vigilance didactique.

- **M. J. Perrin** et **C. Mangiante** nous font réfléchir au pilotage, crucial, variable, que le professeur des écoles doit mener, en géométrie, sur le milieu matériel (au sens large, y compris les représentations) auquel il confronte les élèves. La recherche a pour but de donner un exemple de situation sur l'enseignement de la symétrie axiale faisant une part explicite à ce pilotage.

- Enfin, **B. Grugeon** présente un travail sur le développement des pratiques des débutants du second degré grâce à un outil d'analyse multi-dimensionnel appliqué à la formation initiale, suivant la conception et la mise en oeuvre de dispositifs de formation qui sont esquissés.

MOTS CLES :

Formation des enseignants en mathématiques, recherches, pratiques, enseignants débutants (en ZEP), dispositifs de formations, pratiques de formateurs.