

Recherches didactiques sur la formation professionnelle des enseignants de mathématiques du second degré et leurs pratiques en classe

Didactical research work on practices of mathematical teachers in the classroom and on their training

Aline ROBERT

IUFM de Versailles
45 avenue des États Unis
78000 Versailles, France.

Résumé

Dans cet article nous abordons la question des recherches didactiques sur la formation professionnelle des enseignants de mathématiques (plus particulièrement sur la formation initiale). Nous rappelons d'abord des questions générales qui se posent en formation. Nous précisons alors, en argumentant notre choix, le cadrage théorique que nous proposons d'adopter pour les recherches sur la formation professionnelle, cadre issu de la didactique professionnelle. Pour faire fonctionner de telles recherches il s'avère qu'il manque des connaissances sur les pratiques enseignantes effectives. C'est dans ce sens que nous présentons, en dernière partie, la problématique que nous proposons pour analyser les pratiques enseignantes en classe de mathématiques au lycée. Nous illustrons ces propositions par un exemple de telles recherches en classe de seconde.

Mots clés : *mathématiques, formation des enseignants, pratiques en classe, analyse de pratiques, didactique des mathématiques.*

Abstract

In this article, we investigate the issue of research works on training of mathematical teachers (at the secondary level). We choose a theoretical level to submit our reflection and this leads us to suggest that our knowledge on teachers' practices in the classroom is not yet sufficient. We propose then our problematics and some methodological directions to analyse those practices. We illustrate our proposals by relating an exemple of such effective work research.

Key words : *mathematics, teachers' training, teachers' practices, practices' analysis, didactics.*

Resumen

En este artículo abordamos el tema de las investigaciones didácticas sobre la formación profesional de los profesores de matemática (particularmente sobre la formación inicial). Nosotros recordamos en principio preguntas generales que siempre se proponen en formación. Precisamos, considerando nuestros argumentos, el cuadro teórico que proponemos adoptar para las investigaciones en formación profesional, cuadro este proveniente de la didáctica profesional. Para hacer funcionar tales investigaciones se verifica que existe una falta de conocimientos sobre la práctica efectiva de la enseñanza. Es en este sentido que presentamos en la última parte la problemática propuesta para analizar las prácticas de enseñanza en clase de matemáticas en el liceo. Ilustramos estas proposiciones por un ejemplo de tales investigaciones en clase de segundo del liceo francés.

Palabras claves : *matemática, formación de enseñantes, prácticas en clase, análisis de prácticas, didáctica de las matemáticas.*

Dans cet article nous livrons une réflexion sur des recherches didactiques relatives à la formation professionnelle¹ des enseignants² de mathématiques. Le qualificatif «didactique» marque que ces recherches tiennent compte de façon majeure des contenus à enseigner. À une exception près, nous ne donnons pas de résultats de recherches précis ; en revanche, nous tentons de présenter et de justifier un cadrage théorique pour mettre en place des recherches didactiques sur les formations professionnelles des enseignants de mathématiques.

Nous nous sommes interrogée sur les éléments théoriques dont nous disposons pour mener à bien ces recherches sur la formation puis nous avons esquissé un cadrage théorique qui fait l'objet de la première partie de l'article.

Cette démarche a mis en évidence un besoin de connaissances supplémentaires sur les pratiques des enseignants en classe : nous exposons, dans la deuxième partie, une problématique et une méthodologie pour des recherches (préliminaires) sur ces pratiques en classe de mathématiques. Nous illustrons notre propos par une étude spécifique en classe de seconde, portant sur l'introduction des vecteurs.

Nous terminons en évoquant certains manques de notre démarche théorique.

1. INTRODUCTION : PRÉSENTATION DE QUESTIONS GÉNÉRALES SUR LES FORMATIONS ET DESCRIPTION DE NOTRE APPROCHE EN TERMES DE RECHERCHES

1.1. Questions générales sur les formations et leurs évaluations par l'institution

Les formations professionnelles initiales³ actuelles sont l'objet d'une interrogation assez répandue concernant la difficulté à articuler les formations théoriques et les formations sur le terrain. Les enseignants-débutants (les formés) ont du mal à accepter des apports de connaissances théoriques, décontextualisées, car ils sont terriblement centrés sur leur classe du lendemain ; même si on réussit à définir des contenus de formation qui les intéressent, ce n'est pas pour autant qu'ils réussissent à en intégrer des conséquences dans leurs pratiques. La question est donc posée du « Comment et à quoi former », pour optimiser les efforts des uns et des autres.

Par ailleurs, la nécessité d'une formation professionnelle optimale est renforcée, nous semble-t-il, par le constat de plusieurs dysfonctionnements, qui perturbent le système éducatif :

- le fait que les élèves actuels ne sont pas toujours aussi bien formés qu'on l'attendrait, notamment en sciences,
- le fait que les différences, en termes de réussite, sont socialement marquées (c'est-à-dire que l'école qualifie plus et mieux les enfants plus favorisés socialement),
- enfin les très graves difficultés pour enseigner dans les zones défavorisées.

Jusqu'à présent les évaluations des formations étaient surtout liées à l'institution. Ces évaluations, si on se fonde sur les déclarations des formateurs, mettent en jeu trois niveaux d'appréciation des pratiques en classe : « la classe tourne », « la réussite des élèves », « l'apprentissage des élèves ». Les deux premiers niveaux sont majorés, et cela nous semble insuffisant.

Le premier niveau, « la classe tourne », le plus visible pour un observateur entrant en classe, est celui du respect des règles élémentaires de fonctionnement de la « collectivité classe » : prise de paroles contrôlée, silence lorsque l'enseignant parle, suivi minimum des différentes consignes, etc. On reconnaît tout ce qui aboutit à un confort relatif des différents partenaires (Robert, 1995, 1996a). C'est le niveau qui est visé d'abord en première année d'exercice, pour les stagiaires appelés PLC2, c'est celui que les formateurs évoquent toujours prioritairement. Il nous semble insuffisant pour estimer les effets d'une pratique enseignante.

Un deuxième niveau d'évaluation des pratiques est celui – nécessairement relatif – de la « réussite des élèves », en général mesuré sur des épreuves proposées (et le plus souvent corrigées) par l'enseignant lui-même⁴. Cette évaluation ne mesure souvent qu'une adéquation partielle des procédures des élèves aux attentes de l'enseignant et pas nécessairement la réussite ou l'échec des apprentissages. De plus, les attentes peuvent varier d'un enseignant à l'autre, et/ou d'une classe à l'autre. Si par exemple l'enseignant considère que sa classe est faible, il proposera des contrôles plus faciles que ceux qu'il aurait donnés dans une autre classe. Il peut obtenir ainsi les mêmes répartitions de notes, qui ne mesurent pas la même chose. Par ailleurs, les lacunes et les erreurs des élèves ainsi mesurées peuvent conduire à des appréciations trompeuses de leurs manques et par suite à des remédiations faussées. En effet on peut se limiter à corriger les procédures erronées, en enseignant des savoir-faire, alors que les problèmes révélés par les erreurs sont ailleurs.

Le troisième niveau, « l'apprentissage des élèves », est précisément celui que nous jugeons fondamental. Cet objectif ultime du processus d'enseignement est difficile à détecter, et pour l'enseignant, et pour l'institution. Il en est fait très rarement état dans des rapports ou autres évaluations individuelles. Certaines batteries de tests au début de la sixième et à la fin de la troisième nous donnent des indicateurs moyens. Mais ils relèvent plus du deuxième niveau d'évaluation que du troisième, d'autant plus qu'une faible modification des énoncés peut considérablement changer les performances (Bodin, 1997). Par ailleurs, si on peut obtenir certaines « photos » des apprentissages en cours, cela ne préjuge en rien ni des apprentissages potentiels, tout juste commencés, ou qui pourront s'installer, et qui ne se traduisent pas encore par des critères de réussite,

ni de ce qui va s'oublier rapidement. Il est de plus très difficile de déterminer ce qui dépend vraiment de l'enseignement, voire de l'enseignant, dans des apprentissages⁵. Enfin, à la fois conséquence immédiate et cause à long terme de ces difficultés, ces questions délicates sont peu abordées en formation initiale, avec des enseignants-étudiants travaillant dans l'urgence, préoccupés d'abord du premier niveau, qui cherchent à intéresser leurs élèves tout en s'en faisant respecter⁶.

Ces constats nous ont amenée à faire l'hypothèse, peut-être naïve, que si on veut former des enseignants qui ont des moyens pour estimer les apprentissages de leurs élèves, pour s'adapter à des classes très variées, alors il faut des connaissances supplémentaires sur les pratiques enseignantes et sur les formations professionnelles ; elles pourront contribuer à analyser des formations et à élaborer des formations optimales.

Nous avons donc fait le pari de subordonner à des résultats de recherches complémentaires les réponses aux questions sur les contenus et les formes des formations professionnelles à l'enseignement des mathématiques au lycée et au collège. Mais quelles recherches ?

1.2. Présentation de notre position : une définition des pratiques enseignantes

Nous nous appuyons sur l'hypothèse, reprise de nos hypothèses didactiques, que la prise en compte des contenus est fondamentale ; nous nous limitons, de ce fait, aux formations professionnelles disciplinaires.

Dans un premier temps nous avons essayé de définir des recherches calquées sur celles qui relèvent de la didactique professionnelle ; leur cadre est adapté à l'analyse de formations d'adultes, centrées sur les contenus du travail visé par la formation et il est utilisé dans des recherches en ergonomie cognitive : pour concevoir, expérimenter et évaluer des scénarios de formation, les chercheurs s'appuient sur des hypothèses concernant la manière dont se développent les pratiques et sur les contenus à transmettre en formation (nous y reviendrons plus précisément dans la première partie). Il s'est avéré qu'il nous manquait trop d'éléments pour suivre cette démarche, notamment sur ces hypothèses, qui restent toujours l'objet de recherches chez les ergonomes.

Pour compléter nos connaissances préalables à la mise en oeuvre de recherches sur la formation, nous avons mené des recherches sur les pratiques des enseignants. Nous avons commencé par analyser diverses pratiques effectives en classe de mathématiques, pour en comprendre certaines différences et certains effets (différentiels) sur les élèves. Ces

recherches ne sont pas faites de manière isolée, pour elles-mêmes : elles doivent servir à celles sur les formations professionnelles des enseignants de mathématiques, dans la mesure où ce sont leurs résultats qui permettront, entre autres, d'avancer sur la question des contenus de formation. Nous nous inspirons, mais en les complétant et en les transposant, d'éléments théoriques utilisés en didactique des mathématiques et en didactique professionnelle.

Il est temps de définir ce que nous appelons « pratiques enseignantes ». Nous réservons ce terme à l'ensemble des activités de l'enseignant qui aboutissent à ce qu'il met en oeuvre en classe et à ses activités en classe. Dans cette définition nous tenons compte des projets plus ou moins implicites activés au moment de la préparation des séances. Ces projets correspondent à une mise en actes adaptée à des contenus précis des conceptions sur les mathématiques et leur enseignement et aux propres connaissances en mathématiques de l'enseignant. Pour ces dernières les ergonomes évoqueraient plutôt le mot « compétences »⁷ en mathématiques, pour indiquer la prise en compte d'une composante du type « mise en fonctionnement » des connaissances. Nous appelons « lignes d'action » ces projets, auxquels nous ne pourrions accéder qu'indirectement, à travers leurs réalisations en classe ou à travers des déclarations des enseignants.

Le terme « pratiques en classe » désigne tout ce que dit et fait⁸ l'enseignant en classe, en tenant compte de sa préparation, de ses conceptions et connaissances en mathématiques et de ses décisions instantanées. Toutefois nous nous restreignons aux décisions conscientes ou préconscientes de l'enseignant, celles qu'il peut décrire, éventuellement après-coup. Nous spécifions par le terme « singularisation » la transformation, nécessairement singulière pour chaque enseignant, des projets ou « lignes d'action » en « pratiques en classe », qui sont, elles, en partie observables.

Ces observables, que nous appelons « les actes techniques », sont les constituants élémentaires des pratiques en classe : déplacements, écrits au tableau⁹, discours et silences, mimiques. Les discours sont à l'heure actuelle les seuls facteurs que nous avons personnellement analysés. Chevillard (1991) parle de gestes professionnels, dans un sens assez voisin, mais lié à un autre cadre théorique (anthropologique).

Reste que ce qui nous intéresse, ce sont bien ces singularisations, qui traduisent pour chaque enseignant la combinatoire originale de ses actes techniques et de ses lignes d'action lorsqu'il est confronté à un contenu donné et à la réalité d'une classe particulière (Robert, 1996b). Ce sont elles qui, en dernière analyse, traduisent les adaptations à chaque situation, et ce sont d'elles que dépendent, dans la mesure du possible, les

apprentissages des élèves. Former au métier d'enseignant serait apprendre à chacun à élaborer des singularisations adéquates à partir de la situation particulière et de connaissances générales...

Dans la partie suivante, nous présentons tout ce qui a contribué à notre proposition de cadrage théorique pour étudier les formations professionnelles des enseignants de mathématiques, dans la mesure où c'est ce qui justifie et donne sens aux premières recherches entreprises sur les pratiques des enseignants en classe. Nous présentons ensuite les recherches sur les pratiques les plus avancées dans nos travaux.

2. RECHERCHES SUR LA FORMATION PROFESSIONNELLE DES ENSEIGNANTS DE MATHÉMATIQUES ET SUR LES PRATIQUES ENSEIGNANTES : ÉLÉMENTS POUR UN CADRAGE THÉORIQUE

2.1. Premières données à la disposition des chercheurs en didactique des mathématiques

Nous allons développer successivement un certain nombre d'éléments aujourd'hui à la disposition des chercheurs, en indiquant l'utilisation qu'on peut en faire.

2.1.1. Des éléments pragmatiques issus de la pratique : à dépasser

C'est au niveau de l'action que les enseignants et les formateurs sont confrontés aux problèmes de formation. Ils disposent de ce fait d'éléments pragmatiques sur les pratiques, sans doute à préciser et à dépasser, grâce au « pas de côté »¹⁰ nécessaire pour passer de la position d'acteur à celle de chercheur. Ces « connaissances en actes »¹¹, pas toujours formalisées, ne sont cependant pas à ignorer totalement.

2.1.2. Des connaissances en didactique des mathématiques : à compléter

Pour une classe donnée, plutôt standard, la didactique des mathématiques offre des connaissances sur les rapports globaux, entre l'enseignement de certains contenus et les apprentissages qui en résultent.

Il peut être tentant de considérer qu'il y a là des éléments à transmettre qui permettront à terme d'améliorer les rapports enseignement/apprentissage. On évite ainsi l'obstacle des « convictions », souligné ci-dessus, dans la mesure où ce sont des connaissances que l'on veut transmettre, validées par des recherches et par une communauté scientifique.

C'est bien d'ailleurs ce à quoi ont pensé d'abord, presque naïvement, les didacticiens des mathématiques dans les années 80, quand les problèmes sociaux se sont posés plus âprement.

Mais encore faut-il pouvoir transmettre ce type de connaissances particulières. Même si elles sont explicitées, elles ne servent pas, comme en mathématiques par exemple, à résoudre des problèmes théoriques, « sur le papier ». Ces connaissances concernent les pratiques de l'enseignement en classe, avec de vrais élèves, en temps réel, elles mélangent savoirs théoriques et savoir-faire pratiques : on ne peut échapper à la question des modalités de leur transmission. Comment concevoir des scénarios de formation ? Comment les évaluer ?

Un simple transfert des théories de l'apprentissage disponibles pour les élèves (voir plus loin) suffit-il à aborder le problème des formations aux pratiques ? Dans quelle mesure peut-on utiliser des théories ergonomiques, qui concernent les formations à diverses professions ? Et finalement comment analyser, voire évaluer, ce que l'on veut transmettre, l'objet de la transmission, les pratiques elles-mêmes ?

Il y a là, à notre sens, un problème incontournable pour le chercheur qui veut se lancer dans des recherches sur la formation (formation à la didactique par exemple) : c'est le problème du choix de cadres théoriques, à la fois pour analyser les pratiques enseignantes et pour concevoir des formations (à évaluer ensuite). Ces problèmes ne peuvent être abordés du strict point de vue de la didactique des mathématiques. Nous allons donc maintenant exposer un autre cadre théorique dont nous nous inspirons pour compléter le précédent.

2.2. Un cadre théorique général pour les recherches sur les formations professionnelles : la didactique professionnelle

Un certain nombre de chercheurs en ergonomie cognitive ont opté pour le cadre de la didactique professionnelle (en référence aux travaux de l'équipe d'ergonomie cognitive¹² de l'université Paris 8) : c'est la réalité « formation professionnelle/pratique professionnelle » qu'on analyse, en se plaçant le plus possible en situation professionnelle réelle, en tenant compte des deux types de formation, théorique et pratique.

En effet, selon ce point de vue, une des hypothèses théoriques fondatrices est que les compétences (entendons les « bonnes » pratiques) se forment dans les rapports entre sujets et situations d'action. Mais il est possible de mettre en rapport de manière efficace les systèmes de pensée issus de l'action et ceux issus d'un savoir formalisé (Pastré, 1996). Une autre hypothèse théorique est la possibilité de définir des concepts pragmatiques¹³, conceptualisations intermédiaires opératoires pour l'action en situation et s'adaptant donc bien aux pratiques.

Plus précisément, que ce soit pour concevoir des scénarios de formation, ou pour les évaluer, il s'agit d'organiser la réalité à étudier autour de quatre pôles, savoirs de formation (disciplinaires et autres), formés (enseignants débutants), formateurs et situations de formation. Les situations de formation comportent les deux types de situations, théoriques, et d'enseignement effectif en classe. On travaille sur chacun de ces pôles et sur les relations entre eux (par exemple les savoirs des formateurs), l'ensemble étant conçu comme situé dans un cadre institutionnel donné, source de contraintes. Selon les objectifs cela mène à des ingénieries¹⁴ ou à des analyses.

Ce cadrage diffère du cadre didactique disciplinaire, dont il s'inspire structurellement, dans la mesure notamment où les situations analysées sont en vraie grandeur. De plus les « formés » ne sont pas étudiés de manière générique mais clinique, avec leurs singularités.

Il y a ainsi une centration sur le sujet de la formation (le formé), et un déplacement de ce qui est considéré comme contingent, voire négligeable dans des analyses habituelles : ici tous les aspects du déroulement en temps réel comptent.

2.3. Quelques précisions sur les pratiques enseignantes (participant au pôle « savoir de formation »)

Nous avons analysé de manière empirique les pratiques des enseignants de mathématiques par opposition aux pratiques des étudiants de mathématiques (Robert, 1996b), et nous avons dégagé des différences ou des caractéristiques des pratiques enseignantes qui sont à l'origine de certains choix théoriques ultérieurs.

2.3.1. Rapport au savoir et activité mathématique

En premier lieu les rapports au savoir mathématique des deux populations diffèrent : les objectifs des activités mathématiques des uns et des autres n'étant évidemment pas les mêmes (activités pour apprendre

pour les étudiants, activités pour faire construire quelque chose aux élèves pour les enseignants).

En particulier, la fréquentation des mathématiques n'est pas la même : il s'agit pour les étudiants de résoudre des exercices et d'apprendre certaines connaissances, bien délimitées, en mettant en jeu une dialectique classique contextualisation/décontextualisation¹⁵.

Pour les enseignants en revanche, il s'agit, dans un premier temps, d'élaborer le texte (cohérent) du savoir¹⁶ à transmettre. Il faut donc, au moins pour enseigner pour la première fois un contenu donné, trouver diverses sources (manuels, vieux cours, etc.), à comparer le cas échéant, (re)comprendre à la fois les démonstrations et ce qui est en jeu plus globalement. Puis il faut faire des choix d'organisation, d'exercices¹⁷ et d'éléments de cours. Mais dans le même temps il faut élaborer un scénario complet accroché à ce texte du savoir. Et il faut respecter le programme annuel, qui impose un certain rythme.

Ensuite, que ce soit la première fois qu'on enseigne ce contenu ou non, il faut retenir ou au moins réviser en partie ce qui a été élaboré, puis, dans un deuxième temps, en classe, le restituer, le jouer devant les élèves, tout en les animant, en les associant, en ajoutant aux strictes mathématiques divers éclaircissements. Il faut comprendre les interventions mathématiques des élèves, leurs erreurs éventuelles, improviser des explications ou même de nouvelles interventions globales, pour tenter de redonner du sens à ce qui manifestement n'en a plus.

De ce fait le rapport au savoir mathématique de chaque enseignant¹⁸ devient important à travailler dans toute sa complexité, et sa singularité, à la fois pour pouvoir reconstituer la démarche professionnelle dans son ensemble, dans ses dimensions disciplinaire et pédagogique, et pour être en mesure de donner du sens aux seules traces visibles qui s'observent pendant une séance (les pratiques restreintes à la classe). Ces traces peuvent être en effet en partie obscurcies par des décisions immédiates, dues au déroulement même du cours, et rester opaques si le travail précédent sur la situation elle-même n'est pas fait.

2.3.2. La dimension sociale et les élèves

Il s'introduit de plus une dimension sociale essentielle dans les pratiques enseignantes, que ce soit au niveau de la pratique mathématique effective en classe, qu'il s'agit de « partager » avec les élèves, ou de l'insertion dans la vie sociale du lycée.

La prise en compte des élèves, que ce soit par anticipation au moment des préparations, ou réellement pendant la classe, est une

variable incontournable pour analyser les pratiques enseignantes. C'est ce qui leur donne sens, et cela représente un changement considérable avec les pratiques étudiantes.

Ainsi, dans notre contexte particulier de formation professionnelle des enseignants de mathématiques, ce sont bien, en dernière analyse, les effets sur les élèves qui doivent servir dans l'évaluation de ces pratiques, car ce sont les apprentissages des élèves qui sont «visés». Pour les prendre en compte nous avons des indices généraux («la classe tourne») ou plus directement liés aux contenus visés («les élèves réussissent», «les élèves apprennent des mathématiques»), les mises en fonctionnement correspondant à des connaissances techniques, mobilisables ou disponibles¹⁹ (Robert, 1998).

À partir de ces recherches préliminaires, nous avons conclu que les pratiques enseignantes sont des pratiques complexes, non réductibles à des unités séparées (comme la préparation, ou le déroulement), non décomposables en mises en fonctionnement de connaissances isolées disciplinaires, didactiques, pédagogiques, etc., car des recompositions de tous ordres s'opèrent constamment. Par exemple, si la préparation d'une séance influence grandement son déroulement, il s'ajoute toujours en classe des éléments non prévisibles, qui d'ailleurs pourront à leur tour influencer les séances suivantes. Cela nous oblige à respecter cette complexité dans les analyses et leur interprétation.

De plus, les pratiques en classe sont, en grande partie, partagées avec les élèves, et le déroulement en temps réel, dans la classe, qui peut être une dimension contingente en didactique des mathématiques, devient ici une variable essentielle.

Enfin, au sein d'une même discipline, les pratiques enseignantes peuvent varier selon les contenus enseignés, pivots de nos analyses, et selon les classes en présence (pour un même enseignant, et/ou entre enseignants) : voilà également des variables que nous aurons à respecter dans nos analyses.

2.4. Une proposition de cadrage théorique

De tout ce qui précède nous retenons l'idée d'adopter, pour les recherches sur les formations professionnelles d'enseignants, un cadre de type « didactique professionnelle », mais adapté aux enseignants de mathématiques. C'est-à-dire que pour les analyses de contenus d'enseignement ou d'activités d'élèves, nous empruntons les outils de la didactique des mathématiques ; pour les analyses de pratiques nous nous référons au découpage en lignes d'action et singularisations et nous

analysons chaque composante grâce à des outils empruntés à la didactique des mathématiques mais adaptés à la spécificité de ce qui est étudié.

Qu'est-ce qui justifie ce double emprunt à l'ergonomie cognitive et à la didactique des mathématiques, dans l'état actuel de nos connaissances ?

L'analogie structurelle (étude des quatre pôles déjà cités) se comprend dans la mesure où nous retenons, pour concevoir des analyses de formation, à la fois les contenus en cause (ici contenus de formation), et les différents acteurs de la formation, étudiés en situation de formation. Nous choisissons ainsi un découpage de la réalité analogue à celui qui est proposé entre les recherches en didactique.

Les différences que nous introduisons, en suivant ici les ergonomes, concernent la centration sur le sujet « enseignant » lorsque nous analysons le pôle « formé », ou l'irruption du temps réel par exemple. Elles sont effectivement inspirées de certaines de nos analyses empiriques, préalables, des pratiques enseignantes et des analyses en ergonomie²⁰, elles se justifient par la spécificité de l'objet d'étude. Cependant, pour les analyses de situations de formation, nous manquons d'hypothèses précises sur la manière dont les pratiques, et notamment celles des enseignants, se forment.

De même, nous manquons de connaissances en ce qui concerne le pôle « savoirs de formation ». En effet, ce qui est en cause en formation, ce qui doit en résulter, ce qui est à transmettre – ou à construire – ce sont bien les pratiques en classe, qui, certes, encore une fois, résultent de savoirs disciplinaires, didactiques, pédagogiques, psychologiques mais qui sont le résultat d'une transformation originale, individuelle, de tous ces savoirs, plus ou moins bien organisée par la formation. Quels seraient les « concepts pragmatiques » dans les activités et les compétences de l'enseignant de mathématiques, pour reprendre la notion évoquée plus haut ? Que transmettre concernant l'apprentissage en mathématiques des élèves qui puisse être intégré effectivement à des pratiques individuelles ? Dans quelle mesure les explicitations sur les mathématiques données en classe, qui sont des formes de médiations particulières, aident-elles tous les élèves ou seulement certains d'entre eux ? De quoi cela dépend-il ? Tout enseignant peut-il, doit-il se taire à certains moments en classe ? Et quand ? Quels rôles peut-on faire jouer à l'écrit dans l'apprentissage des mathématiques ?

Ces quelques exemples de questions encore sans réponses illustrent notre propos précédent : des connaissances sur les pratiques enseignantes et leurs effets sur les élèves nous manquent. C'est dans ce domaine que nous avons donc développé nos recherches, et nous allons présenter ci-dessous notre problématique et notre méthodologie, en les éclairant par un exemple particulier.

3. RECHERCHES SUR LES PRATIQUES ENSEIGNANTES EN CLASSE : PROBLÉMATIQUE, MÉTHODOLOGIE ET PREMIERS RÉSULTATS

Il existe de nombreux travaux de recherche en didactique des mathématiques sur les pratiques enseignantes²¹, en France et à l'étranger, et notre point de vue n'est pas original. Pour être complet, il faudrait aussi citer les recherches menées en didactique de la physique ou du français, ce que nous ne ferons pas ici.

Sans entrer dans la discussion détaillée des différences éventuelles (Hache & Robert, 1997b), disons que nos travaux sont plus directement liés que d'autres à des préoccupations explicites de formation (en termes d'analyses du pôle « savoirs de formation »), ce qui nous amène à nous centrer sur le sujet enseignant. Nous considérons ainsi que les pratiques enseignantes sont une variable, parmi d'autres, pour interpréter ce qui se passe en classe, et nous rendons nos analyses dissymétriques, au moins dans leur chronologie, en commençant par l'enseignant.

Cependant, nous sommes amenée à croiser plusieurs points de vue, considérés comme complémentaires, celui des contenus et des situations, celui des échanges dans la classe, celui des élèves, alors que d'autres travaux se centrent de manière privilégiée, voire exclusive, sur l'un ou l'autre point de vue. Cela se justifie par des inscriptions différentes dans divers cadres théoriques. Pour G. Brousseau (1995) par exemple, l'enseignant est considéré comme faisant partie du milieu, et régulant un certain nombre d'interactions, c'est le point de vue repris par Comiti et al. (1995) ; pour Y. Chevallard (1995), il n'est qu'une pièce d'un système plus vaste, étudié de manière beaucoup plus globale dans une perspective de modélisation généralisante ; pour Voigt (1985) et Krummheuer (1988) ce sont les interactions dans la classe qui sont centrales. Pour sa part, M.-J. Perrin (1997) s'est centrée sur l'institutionnalisation. Signalons enfin des travaux en didactique de la physique autour de « tutelle et médiation » (Dumas-Carré & Weil-Barais, 1997), centrés également sur les échanges en classe de physique.

Nous allons d'abord préciser notre projet global d'analyse de pratiques, puis dégager la démarche que nous suivons pour choisir ce que nous cherchons dans les pratiques avant de donner les dimensions analysées et de définir plus précisément les variables que nous proposons de retenir. Le dernier paragraphe est consacré à l'exposition d'un exemple.

3.1. Le projet dans son ensemble : mise en relation de l'univers construit en classe par l'enseignant et des effets sur les élèves en termes d'apprentissage

Rappelons que, dans le contexte que nous avons explicité, les analyses de pratiques sont faites pour nourrir le pôle « savoir de formation », un des quatre pôles que nous avons dégagés pour analyser les formations des enseignants.

Notre projet est de chercher des variables des pratiques en classe des enseignants, dont on puisse d'une part donner une description explicite, et qui, d'autre part, soient liées de manière significative aux apprentissages des élèves²². Autrement dit, nous cherchons à dégager les facteurs qui nous semblent le mieux caractériser ce qui, en classe, est porteur ou non d'apprentissage pour les élèves, et nous analysons comment des pratiques enseignantes particulières engendrent ces facteurs.

Il s'agit ensuite de prendre en compte, pour une séance donnée, c'est-à-dire un enseignant, une classe et un contenu mathématique, l'ensemble de ces variables (c'est ce que nous appellerons « l'univers de la séance »), et de le croiser avec des effets sur les élèves, du point de vue des apprentissages. Ces variables précisent les situations proposées aux élèves, les diverses médiations engendrées dans la classe et les diverses conceptions et expertises²³ de l'enseignant, qui complètent le sens qu'on peut donner à ce qui est observé en classe.

Cette prise en compte d'un ensemble de variables vient du fait que nous pensons que ce que les élèves reçoivent n'est pas décomposé (par exemple ils ne distinguent pas le scénario des échanges avec l'enseignant ou des échanges entre eux) ; nous nous rapprochons plus de la réalité qui nous intéresse en regroupant les variables, même si nous sommes obligée de faire séparément certaines analyses. Nous faisons aussi l'hypothèse de l'existence de phénomènes de recomposition à l'oeuvre dans le développement individuel des pratiques de chaque enseignant, à partir de toutes les formations initiales qu'il a reçues. Une autre raison pour penser que ces pratiques sont mieux approchées par des approches multidimensionnelles croisées que par des approches unidimensionnelles juxtaposées.

Les savoirs de formation correspondants seraient constitués des régularités mises en évidence, sur un contenu mathématique donné, entre des choix effectifs de ces variables ou, dit autrement, des modes particuliers de fréquentation des mathématiques et certains effets sur les élèves. Ces savoirs seraient faits de mises en relation d'effets sur les élèves et de

pratiques singulières d'enseignants, ces dernières étant caractérisées par des choix de scénarios, des modalités d'échanges, et des conceptions, sur des contenus mathématiques donnés, dans des classes données.

Nous n'avons pas mené à bien ce projet en entier car nous ne nous sommes pas encore donné les moyens d'étudier les effets sur les élèves. Mais nous avons commencé à analyser les pratiques dans l'optique ci-dessus, c'est ce que nous expliquons maintenant.

3.2. Notre problématique d'analyse des pratiques

Il s'agit d'abord d'explicitier notre démarche d'analyses de pratiques : qu'allons-nous choisir pour réaliser notre projet global de reconstitution de ce qui, en classe, est le plus en rapport avec l'apprentissage des élèves ? Nous revenons pour cela aux « sources », en retenant (et complétant) pour caractériser ce que nous cherchons, ce qui a déjà été dégagé en didactique des mathématiques. Reste alors à préciser les dimensions correspondantes, qui feront l'objet d'observations et d'analyses – ce sont les scénarios, les échanges en classe, et les conceptions des enseignants. Nous terminons par l'énumération des variables attachées à chacune de ces dimensions.

3.2.1. Démarche globale

Du côté des enseignants, nous avons adopté, pour cette recherche de variables, la démarche suivante : nous avons des hypothèses didactiques sur les apprentissages, nous les « déclinons » du côté des pratiques enseignantes, et cela nous donne les dimensions à analyser, traduites en variables.

Autrement dit, nous analysons systématiquement, d'après nos hypothèses didactiques, dans les pratiques des enseignants, ce qui peut être à l'origine ou provoquer tout ce qui, dans les activités des élèves, est à prendre en compte pour comprendre leurs apprentissages : activités de résolution de problèmes (plus ou moins autonomes), écoute de l'enseignant (plus ou moins préparée par des activités préliminaires), échanges avec les autres élèves (plus ou moins importants), etc.

Ce ne sont pas des recherches de type « ingénierie » dans la mesure où elles sont centrées sur l'enseignant étudié pour lui-même, qu'elles concernent des séances ordinaires, non préparées par le didacticien, et que la variable « temps réel » est introduite en tant que telle (car c'est le déroulement effectif qui est étudié).

Précisons sur un exemple : si nous avons comme hypothèse que les apprentissages des élèves sont fonction du fait qu'ils travaillent de manière

autonome à certains moments bien particuliers, alors, ce que nous étudierons sur les pratiques, c'est le fait que les enseignants se taisent ou non, et à quel moment. La variable correspondante sera le « silence de l'enseignant », ou le « caractère a-didactique de la situation » si la séance étudiée se prête à une description en termes de théorie des situations.

Rappelons que pour nous, les apprentissages en mathématiques traduisent, et se traduisent par la conceptualisation des élèves (Vergnaud, 1995) : ainsi ce que nous avons à décliner tient à la spécification aux mathématiques des théories plus générales sur l'apprentissage²⁴.

Or, ce qui est en jeu pour nous en mathématiques, ce qui est à la source de la conceptualisation et ce qui en sera le témoin, c'est la dynamique entre mathématiques contextualisées et mathématiques décontextualisées, telle que les élèves la jouent, d'abord en classe, puis éventuellement hors de la classe de mathématiques. Nous nous plaçons du double point de vue des contenus et des activités (action ou écoute, travail mettant en jeu des outils ou des objets, à divers niveaux de représentations symboliques). Avec l'idée que la réorganisation des nouvelles notions parmi les connaissances acquises fait partie intégrante de la conceptualisation, au même titre que les généralisations plus classiquement associées aux décontextualisations. Cette réorganisation est traduite par une certaine disponibilité des connaissances dans les mises en fonctionnement des élèves : ainsi le fait de mobiliser des connaissances « sur commande » traduit déjà une certaine acquisition, une certaine décontextualisation, mais peut-être pas la conceptualisation attendue ; en revanche, celle-ci serait associée au fait d'avoir des connaissances disponibles, qu'on peut utiliser sans en avoir eu l'indication, ce qui est un signe de la réorganisation attendue des acquis.

Cette dynamique et cette réorganisation, qui sont au coeur de la conceptualisation en mathématiques, sont engendrées par l'ensemble des activités mathématiques proposées aux élèves par l'enseignant ; elles sont aussi testées par des mises en fonctionnement, qui deviennent témoins des apprentissages. Quand nous parlons d'activités, soulignons que nous entendons non seulement le contenu de l'activité, par exemple l'énoncé qui est proposé aux élèves, mais tout autant sa forme, la manière dont les élèves travaillent pendant cette activité, tous les échanges auxquels elle donne lieu. « Tout cela » c'est l'enseignant qui l'organise, en classe et même, en partie, en dehors de la classe (même s'il reste bien entendu à chaque élève à s'approprier ensuite ce qui a été ainsi fourni, et si cela ne se passe pas toujours comme c'était prévu !)

C'est précisément ce « tout cela » que nous voulons reconstituer à travers nos analyses de pratiques en classe : nous voulons approcher la manière dont les élèves fréquentent les

mathématiques, établir à quelles dialectiques entre le contextualisé et le décontextualisé ils sont confrontés, prévoir quelles organisations ils peuvent être amenés à construire, tout en appréciant, autant que faire se peut, les formes de cette fréquentation.

Du côté des élèves, il s'agit, autant que faire se peut, d'anticiper puis de repérer les effets des séances analysées, cet aspect n'étant pas encore développé dans nos recherches effectives. Différentes traces, directes ou indirectes, sont envisageables, pour cerner ce que les différents élèves ont retenu, ou ce qui les a plus ou moins impressionnés. Les différents niveaux de fonctionnement des outils mathématiques à l'oeuvre dans les productions des élèves seront une des variables pour mesurer les effets des pratiques.

De certains travaux de sociologie (Bautier & Rochex, 1996), nous retenons en particulier l'importance, pour comprendre ce qui peut se passer chez les élèves, de leur rapport au savoir, et l'existence de décalages entre le point de vue de l'enseignant et celui des élèves. Citons le décalage éventuel entre les tâches prescrites par l'enseignant et les activités effectives de certains élèves²⁵, qui ont cependant effectué la tâche : l'enseignant peut ne pas percevoir, car ce n'est pas transparent, que les élèves ne se sont pas livrés à l'activité intellectuelle qu'il associe à l'effectuation de la tâche²⁶. Nos analyses doivent en tenir compte.

3.2.2. Les dimensions définissant l'univers d'une séance

La conceptualisation des élèves, qui est, de notre point de vue, l'objectif final des apprentissages, dépend donc en partie des pratiques des enseignants, de la manière dont ils font fréquenter les mathématiques aux élèves, de ce que nous avons appelé les univers des séances, et qui sont l'objet de nos recherches. Nous devons maintenant préciser les moyens que nous nous donnons pour avoir accès à ces « univers ».

Il se trouve qu'on insiste beaucoup en didactique sur certaines organisations de l'enseignement jugées efficaces pour l'introduction de nouvelles notions, notamment pour les concepts qu'on peut faire aborder par des problèmes posés avant le cours²⁷ et cherchés par les élèves de manière relativement autonome. Dans ce cas, la dynamique précédente est initialisée par des activités d'élèves contextualisées. Les premières ingénieries didactiques ont consisté à élaborer des situations expérimentales mettant en jeu ces propositions. **Il s'avère que les dimensions introduites pour élaborer et tester ces situations particulières (en matière d'analyses de scénarios, de tâches et d'activités) peuvent être reprises et complétées**, en s'appuyant sur les mêmes hypothèses et sur des caractéristiques analogues, pour analyser des séances ordinaires, ou des séances portant sur des notions peu propices à des introductions du type

précédent. C'est exactement ce que nous faisons, en recherchant précisément ces dimensions dans les pratiques des enseignants qui les induisent. En particulier, nous inspirant de ces ingénieries, nous tenons pour fondamental de déterminer les manières dont l'enseignant :

- introduit les nouvelles notions, en liaison avec les acquis antérieurs,
- expose, organise et réorganise les connaissances en jeu, d'un point de vue magistral,
- essaie de faire fonctionner les connaissances à travers les activités qu'il propose aux élèves,
- planifie les formes de travail des élèves en classe.

Déterminer une fréquentation des mathématiques, c'est, en premier lieu, décrire les mises en fonctionnement des mathématiques explicitement proposées aux élèves.

Ainsi, nous nous intéressons d'abord à ce qui est proposé aux élèves pendant une séance en termes de contenus mathématiques, en y incluant la gestion correspondante adoptée par l'enseignant en classe. Les situations de classe sont traduites par les scénarios constitutifs des séances, et elles sont caractérisées par la suite des activités mathématiques proposées aux élèves : cela comprend les contenus abordés, leur chronologie, et la gestion qui en est faite. Voilà un élément décisif pour reconstituer nos univers. Car ces scénarios décrivent ce que nous évoquions ci-dessus en termes d'introduction des notions, d'exposition des connaissances, de gestion des activités des élèves et nous donnent ainsi un certain accès à ce que nous pensons être déterminant dans les mises en fonctionnement mathématiques proposées aux élèves, telles qu'elles semblent prévues par l'enseignant.

De plus, et cela peut apparaître comme un complément par rapport à certaines recherches en didactique, nous considérons aujourd'hui que, pour analyser les apprentissages (et par suite les pratiques), la prise en compte de dimensions plus locales que les précédentes, liées aux déroulements précis en classe et à toutes les médiations (symboliques et/ou langagières) qui peuvent se jouer, est indispensable. Trop d'éléments échappent aux seuls scénarios, qui tiennent à la qualité précise des échanges accompagnant les diverses activités mathématiques. Ces facteurs peuvent en effet contribuer aux apprentissages dans la mesure où ils participent aux dynamiques²⁸ déjà évoquées, rendues par exemple plus ou moins explicites dans un discours.

La fréquentation des mathématiques est aussi liée à tous les accompagnements qui sont donnés en classe. Autrement dit, nous intégrons à notre définition des univers *des dimensions liées aux échanges*

qui se jouent en classe, à la forme des enseignements, etc. Cela se traduit par des analyses des échanges ayant lieu entre l'enseignant et les élèves («cours» du professeur, questionnements de tous ordres), et entre les élèves.

Enfin, **les conceptions des enseignants interviennent elles aussi dans la fréquentation des mathématiques construite en classe.** Ces facteurs, qui préexistent en amont de la situation de classe, donnent une certaine coloration particulière, assez constante, aux pratiques quotidiennes explicites ; ils permettent peut-être d'interpréter ce qui se joue en classe en donnant une certaine consistance, une certaine unité à ce qui n'apparaît à l'observateur que de manière morcelée, isolée, et indirectement, à travers les préparations et les improvisations en classe.

Ainsi, compte tenu de nos hypothèses didactiques et de la réalité d'une séance de classe, nous avons choisi de travailler sur des observables, traduits par des variables, liés aux dimensions suivantes :

– **les activités des élèves** organisées par l'enseignant **sur des contenus mathématiques précis** (ce que nous résumerons en parlant de scénarios, du côté de l'enseignant). Ces activités des élèves correspondent à des mises en fonctionnement des mathématiques, qu'on peut analyser *a priori* et *a posteriori* ; elles comportent des phases d'action mais aussi des phases d'écoute ; ce sont à travers elles que, par exemple, les élèves peuvent être confrontés ou non à des généralisations, ou à des réorganisations de connaissances ;

– **tous les échanges dans la classe** et toutes les aides explicites que peut apporter l'enseignant, par ses discours notamment (médiations) ;

– **les conceptions des enseignants sur les savoirs et l'enseignement, ainsi que leur expertise disciplinaire.**

Telles sont les trois grandes dimensions qui vont intervenir pour définir les variables que nous retenons, c'est ce que nous allons détailler maintenant.

3.2.3. Variables liées aux activités mathématiques des élèves pendant une séance et aux contenus abordés

Quelles variables précises dégager et analyser ? Elles doivent nous permettre d'avoir accès, à partir de ce dont nous pouvons disposer (transcriptions des séances par exemple), aux facteurs globaux cités plus haut, comme la reconstitution du scénario de la séance proposé par l'enseignant. Elles doivent nous permettre de caractériser aussi bien une séance « ordinaire » qu'une ingénierie didactique.

Les activités des élèves, provoquées par les enseignants, peuvent être très diverses. Elles peuvent être associées à des exercices (et/ou des problèmes) : ce qui nous intéresse tient alors à la fois aux modalités du travail et à la description précise des contextualisations proposées, simples applications ou adaptations, ou même transformations²⁹ d'objets ou d'outils. Elles peuvent être liées à des expositions de connaissances (on parle d'institutionnalisation s'il s'agit de situations au sens de Brousseau (1986) ou Douady (1986, 1994) : ce qui nous intéresse tient alors aux choix des connaissances exposées et aux liens entre cours et activités. Elles peuvent être aussi des contrôles, à analyser du point de vue des contenus et des modalités d'insertion dans le travail de la classe, etc.

Nous devons aussi pouvoir repérer, dans les activités, tous les moments (s'il y en a) où les élèves sont invités à travailler seuls sur des problèmes (phases a-didactiques), la gestion de l'enseignant pendant ces phases de recherche étant précisée. L'exposition des connaissances, qui suit éventuellement un tel moment, est aussi objet d'intérêt particulier : il s'agit d'y rechercher les liens établis par l'enseignant entre des activités préliminaires et un cours. Mais il y a aussi des situations sans moments a-didactiques, où les exercices sont des exercices d'application, classiques, que nous voulons analyser sur le plan des contenus.

Le degré de liberté des élèves dans la mise en fonctionnement des notions, qui correspond aux initiatives mathématiques qui leur sont laissées, l'existence de changements de cadres ou de registres, sont aussi, pour nous, des renseignements très importants.

Évidemment, la valeur de ces indicateurs n'est pas intrinsèque : elle est à mettre en rapport avec le statut précis des notions visées par l'enseignement.

Pour satisfaire à toutes les exigences qui précèdent, nous proposons **des analyses, chronologiques, des tâches et activités³⁰ proposées aux élèves, en complétant les analyses *a priori* (faites indépendamment du déroulement) par des analyses *a posteriori*, faites à partir du déroulement de la séance, tenant donc compte de la gestion effective de la classe.** Une grille d'analyse est jointe en annexe, un peu plus précise que ce que nous indiquons ici. Chaque élément de ces analyses correspond à une variable des pratiques, dont la « valeur », pour une séance analysée, est donnée par le choix fait par l'enseignant sur cette variable pendant cette séance.

Nous précisons d'abord **le contexte mathématique d'une séance** : cela nous amène à dégager, pour chaque situation, **le statut de la notion étudiée³¹**, c'est-à-dire **sa fonction potentielle** dans le paysage mathématique des élèves et **son degré de nouveauté** pour les élèves, compte tenu des programmes notamment.

Nous analysons ensuite **le scénario** dans sa logique globale, quitte à regrouper plusieurs séances pour la dégager. Cela permet de décrire l'enchaînement choisi par l'enseignant, les durées respectives et les contenus des activités des élèves et de l'enseignant.

Nous définissons ensuite, plus finement, les types de variables qui suivent.

Des variables liées aux formes de travail proposées aux élèves et à leur durée respective : par exemple les élèves cherchent un exercice un petit moment à leur place, individuellement ou à plusieurs, ou l'enseignant corrige ou envoie un élève au tableau pour corriger un exercice déjà travaillé, ou encore l'enseignant mène un « cours dialogué », entremêlant questions aux élèves et interventions magistrales, etc.

Des variables liées aux énoncés (tâches) proposés aux élèves :

- la place par rapport aux connaissances des élèves,
- le degré d'ouverture et les liaisons des questions entre elles, les étapes éventuelles,
- les cadre(s) et registre(s) impliqués,
- les raisonnements à mettre en oeuvre, les outils ou les méthodes à utiliser,
- la production demandée.

Des variables liées aux activités attendues des élèves sur une tâche donnée :

- ce qu'il faut mettre en oeuvre pour entrer dans la tâche (ce peut être une reconnaissance, un dessin, une interprétation, une conjecture, une modélisation etc.),
- ce qu'il faut mettre en oeuvre pour la résolution (ce peut être une application de théorème sans adaptation, sinon il s'agit d'apprécier le degré d'adaptation ou de transformation des outils ou des méthodes qui sont nécessaires),
- les initiatives que les élèves ont à prendre,
- les moyens de contrôle, internes à l'énoncé, que les élèves ont à leur disposition.

Des variables liées aux activités effectives des élèves, a posteriori : il s'agit de répondre aux questions du genre : qui a fait quoi (entre l'enseignant, les élèves, un élève) ? Comment intervient l'enseignant par rapport aux consignes ?

Des variables liées au contrat de la classe, qui éclairent certaines consignes, majorant ou minorant certaines demandes de l'enseignant. Les habitudes explicites qui se sont créées dans la classe permettent un certain accès à ces variables.

Toutes ces variables, plus ou moins faciles à déterminer, permettent bien, nous semble-t-il :

- de préciser, tâche après tâche, ce que les élèves ont à faire et, plus ou moins, ce qu'ils ont fait, donc d'avoir accès à ce qui peut entrer en compte dans le processus de conceptualisation enclenché par l'enseignant,
- de recomposer ces renseignements, notamment pour analyser la présence ou l'absence de certaines phases, jugées, en didactique des mathématiques, particulièrement importantes pour l'apprentissage.

3.2.4. Variables liées aux échanges et aux médiations construites en classe

Plusieurs dimensions doivent être prises en compte :

- les échanges entre élèves, dans la mesure où ils dépendent des pratiques enseignantes, et en particulier où ils peuvent avoir lieu, ce qui est déjà pris en compte dans le scénario (dans les formes de travail). Nous n'abordons pas ici cette dimension, faute de travaux suffisants ;
- les analyses des échanges entre professeur et élèves se font grâce à la détermination de variables liées à la gestion de tout ce qui donne lieu à questionnement, quelle qu'en soit la forme ;
- enfin, les discours des enseignants sont un des lieux privilégiés d'échange en classe, et c'est en leur sein que vont être dégagées d'autres variables pouvant traduire des choix significatifs en matière de médiation.

Pour traduire ces deux dimensions, nous avons dégagé quatre types de variables, qui sont attachées au discours de l'enseignant.

Une première variable permet de repérer la «**fonction du discours**» qui caractérise le rapport entre les mathématiques visées et le mode de présentation de l'enseignant. Ainsi repérons-nous si le discours de l'enseignant est seulement informatif (il livre des informations mathématiques, quelle qu'en soit la nature) ou si l'enseignant y ajoute des éléments, y compris non strictement mathématiques. Ce peuvent être des phrases (ou morceaux de phrases) qui lui servent à structurer ses informations (dans le temps), ou encore des argumentations, des commentaires, des explications, des ouvertures à la réflexion.

Une deuxième variable nous permet de caractériser la dynamique entre les mathématiques contextualisées et décontextualisées qui se joue

dans le discours de l'enseignant. C'est ce que nous appelons « **l'objet du discours** ». Nous repérons, au niveau des phrases, celles qui portent sur du contextualisé (ou bien du décontextualisé) et celles qui permettent de faire le lien entre des mathématiques contextualisées (outil utilisé dans un exercice par exemple) et des mathématiques décontextualisées (texte d'un théorème par exemple). En particulier, deux phénomènes intéressants peuvent apparaître (ou non) : l'intervention de mathématiques décontextualisées pendant un exercice, et l'utilisation de phrases faisant le lien avec les mathématiques contextualisées dans des moments d'exposition des connaissances (décontextualisées).

La troisième variable, appelée « **teneur du discours** », sert à repérer le type de langage utilisé par l'enseignant : langage mathématique très proche du langage symbolique, ou langage plus familier, ou proche de la langue usuelle. Cette recherche se justifie par la difficulté qu'ont certains élèves à utiliser le langage autrement que comme moyen de communication au niveau de l'action. On peut se demander si pour eux l'utilisation orale d'un langage très proche du langage mathématique (à quelques mots près) n'est pas très difficile, ou si au contraire, ce n'est pas très bénéfique, car cela les force à se placer d'emblée dans un plan symbolique.

Enfin **les questions**, qu'elles viennent des élèves ou de l'enseignant, sont analysées en termes de fréquence, forme de la sollicitation (individuelle, collective, personnalisée), nature de la sollicitation (demande d'information, évaluation, demande d'explication, de commentaires), portée (la question appelle une réponse immédiate ou non, en un, deux ou trois mots ou une phrase), exigences sur les réponses, et exploitation (étude du devenir de l'ensemble « question/réponses »).

Il n'est pas exclu que nous soyons amenée à compléter ces variables en tenant compte du vocabulaire ou de certaines formes de discours utilisées (dimensions pragmatique et énonciative), qui peuvent contribuer à des écoutes différentes de la part des élèves.

3.2.5. Variables liées aux conceptions du savoir et de l'enseignement et à l'expertise mathématique de l'enseignant qui sont actualisées dans la séance

Les dimensions du côté de l'enseignant sont révélées par ses lignes d'action (expertise « pédagogique ») et son expertise mathématique³².

On utilise des entretiens et les observations en classe, une grille précise correspondant aux questions à poser sur chaque séance (précisant les attentes de l'enseignant) est jointe en annexe (elle complète la grille précédemment citée).

Nous essayons de cerner ce que l'enseignant fait comme mathématiques à propos de la séance, avant le cours et pendant. Comment prépare-t-il ? Quelles sources utilise-t-il ? Quelles modifications effectue-t-il ? Est-ce que réciter des mathématiques nécessite pour lui une activité mathématique ? De quel ordre ? Quelle activité est mise en jeu par le fait de comprendre des mathématiques, écrites ou dites ? Qu'en est-il des réorganisations du savoir, du choix des exemples, ou des exercices, de l'écriture d'un texte complet ?

3.3. Un exemple : analyses de pratiques d'enseignants de mathématiques en seconde (sur les vecteurs)

Pour l'instant nous n'avons pas encore mené de recherches complètes comme elles sont prévues ci-dessus : les expériences où nous nous donnons les moyens de regarder les caractéristiques des enseignants et les effets sur les élèves sont en cours. Nous allons donc illustrer seulement la première partie de notre programme.

Notre exemple concerne des analyses de pratiques en classe de seconde, où nous essayons de dégager, à partir de séances d'introduction aux vecteurs menées par quatre enseignants différents, les univers mathématiques qui sont construits dans les classes.

En seconde, l'enseignement concerne encore une grande partie des élèves, sans spécialisation, mais leur âge (15-16 ans) réduit les interventions non mathématiques des enseignants. Il y a beaucoup moins d'interventions sur la discipline (« *taisez-vous* ») ou sur l'animation (« *sortez vos cahiers* ») qu'en collège.

Ces recherches ont été menées en collaboration avec C. Hache (Hache & Robert, 1997a, 1997b) et avec l'aide de quinze enseignants et formateurs des IUFM (Instituts Universitaires de Formation des Maîtres) des académies de Versailles et de Paris.

Des professionnels ont filmé plusieurs séances (sur l'introduction des vecteurs et sur l'introduction des fonctions) dans quatre classes de seconde de quatre établissements différents de l'académie de Versailles - établissements plutôt standards. Nous disposons des transcriptions des séances. Deux vidéo sont tournées pour une séance – une centrée sur l'enseignant, l'autre sur les élèves. Chaque paire de vidéo est accompagnée d'un document où l'enseignant explique plus ou moins son projet pour la séance et le situe dans l'année. Chaque vidéo « enseignant » est transcrite ; il faut remarquer que c'est d'ailleurs surtout sur les transcriptions que nous avons travaillé jusqu'à présent, les vidéo permettant de préciser des détails de déroulement et la chronologie.

3.3.1. Méthodologie utilisée pour analyser les situations et les discours de l'enseignant en classe de mathématiques

Ce sont les mathématiques en jeu dans la séance qui sont analysées d'abord, ce qui permet de dégager des épisodes successifs associés aux tâches proposées aux élèves (y compris la tâche « écouter l'enseignant exposer des connaissances »), pour reconstituer les scénarios.

Les analyses précises des tâches et activités constitutives des scénarios se font *a priori* et *a posteriori*, essentiellement à partir des transcriptions.

Il s'agit ensuite de compléter ces renseignements en étudiant certaines caractéristiques du discours de l'enseignant qui spécifient la qualité des échanges en classe. Pour cette étude, nous travaillons sur chaque épisode ; nous établissons un étiquetage de chaque phrase (ou morceau de phrase) selon sa fonction, sa teneur et son objet, en affectant comme « unité » pour nos comptages une demi-ligne de transcription. Nous construisons les tableaux de fréquence pour chaque dimension et dressons les tableaux croisés des dimensions prises deux à deux. C'est à partir de ces matériaux que nous regroupons et croisons certains des renseignements obtenus, et que nous dégageons les univers recherchés – il manque ici la prise en compte de caractéristiques individuelles des enseignants et les effets sur les élèves.

3.3.2. Quelques résultats

Nous résumons ici le début des résultats de nos recherches sur le thème « vecteurs » : nous n'allons pas reprendre toutes les variables, mais indiquer certaines analyses et donner quelques conclusions, notamment comparatives. Rappelons qu'il manque l'analyse des effets sur les élèves et celle des diverses conceptions et expertises enseignantes.

Le concept de vecteur est difficile à introduire en seconde : il a un statut généralisateur et formalisateur. Il n'y a pas de problèmes pouvant donner sens pour les élèves à la nécessité ou à l'intérêt de compléter la définition des vecteurs donnée au collège en termes de direction, sens et longueur (et classes d'équivalence implicites) : la généralisation proposée se raccroche mal aux connaissances antérieures. De plus, les vecteurs sont considérés aussi d'un point de vue algébrique, ce sont des éléments, notés par une seule lettre au lieu de deux comme avant, qu'on peut additionner entre eux et multiplier par un scalaire réel, avec les propriétés liées à la structure (implicite ici) d'espace vectoriel. Ce sont essentiellement des arguments de structure (formelle) qui justifient ce rajout formalisateur, et c'est précisément ce que les élèves ne peuvent concevoir tout seuls.

Du coup les manuels font précéder les nouvelles connaissances sur les vecteurs de toutes petites activités, qui sont des révisions, ou qui font intervenir à l'avance un petit élément nouveau qui sera repris « officiellement » plus loin (notamment en ce qui concerne la multiplication par un scalaire).

Les enseignants reprennent plus ou moins ce type de tâches, qui, sans être directement liées aux nouvelles connaissances à introduire, remettent au moins les idées des élèves au clair sur les connaissances des vecteurs héritées du collège.

Les quatre séances que nous avons analysées révèlent des différences sur :

– **les scénarios** ; ce ne sont pas tellement les activités proposées au début du chapitre sur les vecteurs qui diffèrent, il n'y a en effet pas trop de choix. Les différences portent sur l'imbrication de ces activités dans l'introduction de ce qui est nouveau. Selon les séances, cette imbrication peut être progressive, et explicite, ou au contraire peu différenciée et vague. Pour caricaturer, cela correspondrait aux pôles suivants : dans un cas, à chaque type d'exercices on associe un petit morceau de cours nouveau, dans l'autre cas on fait faire un paquet d'exercices au début et on institutionnalise le tout ensuite ;

– **les fonction, objet et teneur du discours** ; dans les discours des enseignants pendant ces séances, les fonctions (définies ci-dessus) ont des répartitions assez voisines. Cela nous semble tenir en partie au statut de la notion, rappelé ci-dessus. L'enseignant est toujours amené à faire beaucoup d'information, car les élèves n'ont pas grand-chose à leur disposition pour anticiper seuls des connaissances nouvelles. Seule la part de structuration dans les discours varie beaucoup selon les enseignants. En revanche, toujours selon les enseignants, l'utilisation d'un vocabulaire proche du vocabulaire mathématique est très diverse : cela va des deux tiers des phrases pour un enseignant, à seulement le quart pour un autre ! De même les enseignants gèrent très différemment la dynamique entre mathématiques contextualisées et décontextualisées, ainsi que les liens entre les deux. Les uns réservent aux exercices les premières et aux expositions de cours les secondes, sans beaucoup de liens, les autres ont des utilisations beaucoup plus variées, accompagnant souvent des scénarios progressifs et explicites déjà cités ;

– **les questions** : elles différencient beaucoup les séances, occupant de 10 % à 25 % des discours. Cependant, elles portent très peu sur la fonction de structuration des connaissances, quels que soient les enseignants.

Un autre résultat concerne **l'importance des prévisions dans le déroulement d'un épisode** : tout se passe comme si l'enseignant était surtout influencé pendant le déroulement par l'idée qu'il s'était faite de cet épisode avant la séance.

Enfin, un regroupement des résultats sur les scénarios et les discours permet d'esquisser quelques types « **d'univers mathématiques** » que les enseignants font fréquenter à leurs élèves. Donnons deux exemples.

Nous avons rencontré « **l'univers des mathématiques commentées** ». Il correspond aux scénarios où le nouveau est introduit de manière précise, en lien explicite avec des exercices qui viennent d'être faits, où l'enseignant accompagne les élèves par beaucoup de discours non strictement mathématiques, structure beaucoup, sollicite beaucoup, y compris sur des argumentations.

À l'opposé, nous avons repéré un « **univers manuel animé** ». Dans ces séances le nouveau n'est pas introduit précisément, les discours sont peu différenciés, il y a peu de structuration, le vocabulaire est assez direct et relève des mathématiques contextualisées pendant un exercice et décontextualisées dans un épisode d'exposition des connaissances. Il y a peu de liens entre les deux. Tout se passe comme si le texte du savoir était simplement parlé, il est très découpé, présenté de manière très linéaire, et il reste, semble-t-il, à l'élève beaucoup à faire pour combler la distance entre les exercices et les cours.

Ces constats ne prendront cependant tout leur intérêt que lorsque nous les compléterons par des analyses du côté des élèves. En effet on peut se demander, par exemple, quels élèves sont aidés par des explications méta-mathématiques riches, et quels élèves, en revanche, cela prive de faire seuls les réflexions induites par ces explications.

4. EN CONCLUSION : UNE GRANDE QUESTION ABSENTE DE NOTRE REVUE DE PROBLÈMES

Nous avons exposé ici les premiers éléments de cadrage théorique permettant d'analyser les pratiques des enseignants en classe de mathématiques, ces analyses étant à notre avis préalables à des recherches sur la formation professionnelle des enseignants de mathématiques.

Nous proposons d'utiliser, pour analyser les pratiques en classe, les dimensions déjà dégagées en didactique des mathématiques pour analyser les apprentissages. Nous avons constaté que les premières

recherches étaient porteuses de résultats : en particulier, sur un même contenu, les enseignants ne font pas fréquenter les mathématiques aux élèves d'une seule façon. Il reste encore bien des inconnues, depuis l'influence des contenus ou des classes sur ces différences, jusqu'aux effets sur les élèves.

Cependant, il manque, à notre tour d'horizon général, une autre interrogation très importante, qui s'insère tout naturellement à ce stade de notre questionnement : c'est celle de l'utilisation des recherches sur les pratiques, de leur retombée, en formation notamment. Cette question se pose, qu'elle soit à aborder ou non par des recherches.

Il y a sans doute bien des obstacles à la transmission directe des connaissances supplémentaires obtenus à partir des recherches sur les pratiques enseignantes en classe. Parmi ceux-ci, nous voulons citer la non transparence éventuelle des démarches de la recherche, les limites et les modalités d'application éventuelle, qui n'en sont pas précisées, et surtout la rupture déjà signalée entre connaissance théorique et pratique.

En particulier, ce n'est pas parce que l'on sait, théoriquement, que quelque chose se passe de telle ou telle façon, qu'on peut en tenir compte dans ses propres pratiques – ou du moins ce n'est pas certain, il faut concevoir la manière d'en tenir compte, il faut aussi l'appliquer effectivement !

Beaucoup d'écrits ont été produits sur cette question. Certains chercheurs proposent d'impliquer les enseignants dans les recherches dont on voudrait qu'ils tirent parti – ou au moins de travailler explicitement à leur diffusion, de manière active (Hubermann, 1992). D'autres pensent qu'une initiation à la recherche suffirait pour enclencher les phénomènes de transmission de recherches ultérieures. Pour nous la question reste ouverte.

NOTES

1. Nous nous sommes intéressée, en premier lieu, à la formation professionnelle initiale, dans la mesure où elle est obligatoire pour tous les futurs enseignants recrutés par concours (ce qui est la voie standard) mais la formation continue est aussi à envisager.

2. Nous citerons des recherches sur les futurs professeurs d'école, mais nos propres recherches concernent les enseignants de mathématiques de lycée et de collège.

3. Elles ont lieu en deuxième année d'IUFM, après la réussite à la partie théorique du concours de recrutement qui se passe après la licence (ce dernier diplôme est passé trois années après le baccalauréat).

4. Sauf en troisième et en terminale, à la fin de l'année au moins, et sauf en cas de contrôles communs.

5. Citons par exemple une étude récente d'un sociologue G. Felouzis (1997), qui « mesure » l'effet enseignant sur l'apprentissage des élèves en mathématiques en classe de seconde et lui accorde une importance de 15 à 20% sur les apprentissages.

6. L'excellent ouvrage « *Pourvu qu'ils m'écoutent* », recueil de mémoires professionnels de PLC2 publié par Davisse & Rochex en 1995 contribue bien à notre connaissance de cet état d'esprit.

7. Voir le numéro 123 de la revue *Éducation permanente* sur les compétences.

8. Ceci sera précisé lorsque nous aurons choisi un cadre théorique adapté à nos questions nous permettant de découper la réalité et donc de spécifier ce que nous retenons dans « le dit et le faire ».

9. Citons le mémoire de DEA de E. Roditi (1996) sur la question de l'utilisation du tableau.

10. Cf. Y. Chevallard, (1985).

11. Pour reprendre l'expression que G. Vergnaud (1992) utilise pour les élèves dans l'expression « *théorème en actes* ».

12. Citons pour information le numéro 123 de la revue *Éducation permanente*.

13. Voir Pastré & Samurçay, (1995).

14. Propositions de séances effectives, basées sur des hypothèses explicitées, à tester expérimentalement.

15. On parle de mathématiques contextualisées pour indiquer que les notions correspondantes sont mises en fonctionnement comme outils spécifiés au problème dans des problèmes ou des exercices (Douady, 1986). On parle de mathématiques décontextualisées lorsque les notions interviennent comme objet général, que ce soit dans des définitions, des théorèmes ou des propriétés. On peut utiliser correctement un outil sans connaître bien l'objet correspondant ; cela contribue à construire cette connaissance. On peut avoir des difficultés à mettre en fonctionnement, dans des contextes particuliers, un objet déjà en partie connu. L'acquisition de la notion implique et est impliquée par cette dialectique, elle correspond à une généralisation des connaissances particulières, à leur réorganisation au sein des autres connaissances et à la possibilité de mises en fonctionnement diverses.

16. L'expression « *texte du savoir* » ne fait pas référence au seul texte écrit à la fin par les élèves ou l'enseignant mais à l'ensemble du savoir à enseigner.

17. C'est-à-dire d'activités de recherches ou d'activités de familiarisation ou d'évaluations, sous formes d'exercices, problèmes, en classe ou en modules ou à la maison.

18. Compris au sens large, avec y compris la compétence mathématique, et les activités mathématiques propres de l'enseignant.

19. Nous parlons de connaissances mobilisables pour indiquer que les élèves peuvent les utiliser correctement mais à la demande, alors que nous parlons de connaissances disponibles pour indiquer que cette utilisation peut être improvisée par les élèves, à bon escient, sans aucune indication externe.

20. Les ergonomes parlent d'activités là où nous parlons de pratiques.

21. Ainsi plusieurs écoles d'été de didactique des mathématiques ont développé ce thème.

22. Que ce soit de manière différentielle ou non.

23. Nous utilisons ce mot pour désigner à la fois les compétences et les savoirs mis en jeu en classe par les enseignants.

24. Nous nous référons aux théories constructivistes, interactionnistes, mais aussi aux théories de Vygotski (1985).

25. Les ergonomes introduisent une distinction analogue entre tâche et activité, au niveau des professionnels.

26. Cela n'est pas sans rappeler le décalage entre un discours d'enseignant assez décontextualisé et une écoute d'élèves beaucoup plus contextualisée, à l'insu de l'enseignant, mis en évidence dans des travaux de didactique des mathématiques (Comiti et al., 1995).

27. Ces problèmes sont construits soigneusement, ils doivent comporter des éléments d'autovalidation si on se place dans la perspective de G. Brousseau (1986), ou faire mettre en fonctionnement, sous forme d'outils implicites, les objets visés dans la perspective de R. Douady (1986).

28. Contextualisation/décontextualisation, organisation.

29. Les cadres et registres engagés sont alors systématiquement analysés.

30. Les tâches sont associées à des énoncés mathématiques, elles sont décrites sur le mode mathématique, les activités sont associées à ce que font les élèves pour résoudre une tâche. La distinction stricte n'est pas toujours facile à faire.

31. Soulignons l'importance de tenir compte des différents statuts des contenus abordés en mathématiques : extension de concepts, concepts réponses à un problème, concepts formalisateurs, généralisateurs et unificateurs. Le statut d'une notion conditionne en effet, en partie, les mises en fonctionnement préalables à l'exposition des connaissances : ainsi, si le

nouveau concept est très éloigné des connaissances qu'il généralise, les élèves n'auront pas d'outil, même implicite, à mettre en oeuvre dans des exercices qui auraient lieu avant les cours sur la notion visée (Robert, 1998).

32. Ce dernier volet n'est pas encore beaucoup développé dans nos travaux, ce sont des recherches très récentes qui s'y attaquent.

ANNEXE

GRILLE D'ANALYSE DES SITUATIONS DANS LES TRANSCRIPTIONS DE SÉANCES EN CLASSE

Contexte mathématique (notion en cours d'étude)

Notion étudiée

Statut : formalisatrice, unificatrice, généralisatrice, extension, réponse à un problème

Niveau de conceptualisation

Cadres qui peuvent intervenir

Registres qui peuvent intervenir

Types de problèmes

Scénario

Place dans l'année, dans le cours

Description de la séance (cours, exercices, durées)

Nouveautés (notion, questions)

Exercices répétés, repris

Formes de travail

Exercice de recherche, «gamme», contrôle, justifications demandées

Modalités de travail de l'exercice : cherché avant, pendant, en petits groupes

Modalités de correction : par l'enseignant, par un élève, au tableau, noté

Tâches (énoncé précis) : analyses *a priori*

Place par rapport aux connaissances des élèves

Degré d'ouverture de l'énoncé, liaisons des questions, étapes

Degré de décontextualisation de l'énoncé (habillage, cas particulier, cas générique)

Mises en fonctionnement outil ou objet (indications)

Cadres, registres qui interviennent (indiqués, libres)

Raisonnements attendus (application directe, logique, absurde, récurrence, contre-exemple, analyse-synthèse), outils, méthodes (indiqués, libres)

Production attendue (graphique, formule, résultat numérique, oui/non, démonstration)

Activités attendues (*a priori*)

Niveau visé : technique, mobilisable, disponible
Pour entrer dans la tâche : conjecture, reconnaissance, interprétation, modélisation, dessin, calcul
Pour résoudre : application, adaptation, introduction d'intermédiaire (notation, point, formule, nom), transformation, choix, perte ou sélection d'informations, interprétation, mise en relation, analogie,
Initiatives à prendre
Moyens de contrôle internes
Implicites
Calculatrices utilisables

Activités (*a posteriori*)

Qui a fait quoi ? Qui justifie ?
Comment l'enseignant intervient ? Fermetures
Aides (individuelles, collectives)
Triches

Contrat

Corrections habituelles
Modes de questionnement habituels
Contrôles habituels (fréquences, difficultés, rapport avec le travail en classe, à la maison)

Attentes de l'enseignant

Objectifs de la séance
Difficultés supposées
Mises en garde prévues
Objet de l'apprentissage : outil, démarche, objet
Réviser, actualiser, réactualiser, introduire, familiariser, faire chercher

Analyses des questions

Qui est sollicité ?
Comment ?
Sur quoi (portée) ?
Exigences
Utilisation des réponses
Questions posées par les élèves

BIBLIOGRAPHIE

- BAUTIER E. & ROCHEX J.-Y. (1996). Rapport au savoir et à l'école des « nouveaux » lycéens. *L'année de la recherche en sciences de l'éducation*, pp. 185-212.
- BODIN A. (1997). L'évaluation du savoir mathématique, questions et méthodes. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 17, n° 1, pp. 49-96.
- BROUSSEAU G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 7, n° 2, pp. 33-115.
- BROUSSEAU G. (1995). L'enseignant dans les théories didactiques. In M.-J. Perrin-Glorian & R. Noïfalise (Éds), *Actes de la VIII^e école d'été de didactique des mathématiques*. Clermont-Ferrand, IREM de Clermont-Ferrand, pp. 3-46.
- CHEVALLARD Y. (1991). *Notes de travail pour la création de l'IUFM d'Aix-Marseille*. Marseille, IUFM de Marseille.
- CHEVALLARD Y. (1995). La fonction professorale : esquisse d'un modèle didactique. In M.-J. Perrin-Glorian & R. Noïfalise (Éds), *Actes de la VIII^e école d'été de didactique des mathématiques*. Clermont-Ferrand, IREM de Clermont-Ferrand, pp. 83-122.
- COMITI C., GRENIER D. & MARGOLINAS C. (1995). Niveaux de connaissances en jeu lors d'interactions en situations de classe et modélisation de phénomènes didactiques. In G. Arzac, J. Gréa, D. Grenier & A. Tiberghien (Éds), *Différents types de savoirs et leur articulation*. Grenoble, La Pensée sauvage, pp. 93-128.
- DAVISSE A. & ROCHEX J.-Y. (1995). *Pourvu qu'ils m'écoutent, discipline et autorité dans la classe*. Créteil, IUFM et CRDP de Créteil.
- DOUADY R. (1986). Jeux de cadre et dialectique outil/objet. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 11, n° 3, pp. 5-31.
- DOUADY R. (1994). Ingénierie didactique et évolution du rapport au savoir. *Repères-Irem*, n° 15, pp. 37-64.
- DUMAS-CARRÉ A. & WEIL-BARAISA. (1997). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Bern, Peter Lang.
- FELOUZIS G. (1997). *L'efficacité des enseignants*. Paris, PUF.
- HACHE C. & ROBERT A. (1997a). Comment en didactique des mathématiques prendre en compte les pratiques effectives des enseignants de mathématiques au lycée ? *Cahier de Didirem*, n° 28.
- HACHE C. & ROBERT A. (1997b). Un essai d'analyse de pratiques effectives en classe de seconde, ou comment un enseignant fait fréquenter les mathématiques à ses élèves pendant la classe. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 17, n° 3, pp. 103-150.
- HUBERMANN M. (1992). De la recherche à la pratique : comment atteindre des retombées fortes. *Revue française de pédagogie*, n° 98, pp. 69-81.
- KRUMMHEUER G. (1988). Structures microsociologiques des situations d'enseignement en mathématiques. In C. Laborde (Éd.), *Actes du premier colloque franco-allemand en didactique des mathématiques*, pp. 41-51.
- PASTRÉ P., SAMURCAY R. & BOUTHIER D. (1995). Le développement des compétences, analyse du travail et didactique professionnelle. *Éducation permanente*, n° 123, pp. 7-12.
- PASTRÉ P. (1996). Variations sur le développement des adultes et leurs représentations. *Éducation permanente*, n° 119, pp. 33-63.
- PERRIN M.-J. (1997). Pratiques des élèves et des enseignants en classe de mathématiques — Institutionnalisation en classe de seconde. *Cahier de Didirem*, n° 29, pp. 19-63.

- ROBERT A. (1995). *Formation professionnelle initiale des futurs professeurs de mathématiques : les opinions des intéressés et de leurs tuteurs*. Versailles, Maïpen de Versailles.
- ROBERT A. (1996a). IUFM : réflexion sur la formation professionnelle initiale des professeurs de mathématiques de lycées et collèges. *Repères-Irem*, n° 23, pp. 83-108.
- ROBERT A. (1996b). Une approche de la formation professionnelle initiale des professeurs de mathématiques des lycées et des collèges. *Cahier de Didirem*, n° 26.
- ROBERT A. (1998). Outils d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'Université. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 18, n° 2, pp. 139-190.
- RODITI E. (1996). Le tableau noir : un outil pour l'enseignant de mathématiques. *Cahier de Didirem*, n° 31.
- VERGNAUD G. (1992). Qu'est-ce que la didactique ? En quoi peut-elle intéresser la formation d'adultes peu qualifiés ? *Éducation permanente*, n° 111, pp. 19-31.
- VERGNAUD G. (1994). Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Tavnnot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*. Grenoble, La Pensée sauvage, pp. 77-191.
- VERGNAUD G. (1995). Au fond de l'apprentissage la conceptualisation. In M.-J. Perrin-Glorian & R. Noirfalise (Éds), *Actes de la VIII^e école d'été de didactique des mathématiques*. Clermont-Ferrand, IREM de Clermont-Ferrand, pp. 174-185.
- VOIGT J. (1985). Patterns and routines in classroom interaction, Annexe : grille d'analyse des situations dans les transcriptions de séances en classe. *Recherches en didactique des mathématiques*, n° 6, pp. 69-118.
- VYGOTSKI L. (1985). *Pensée et Langage*. Paris, Messidor.