



HAL
open science

Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques

Catherine Houdement, Alain Kuzniak

► **To cite this version:**

Catherine Houdement, Alain Kuzniak. Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 1996, 16 (3), pp.289-322. hal-03198426

HAL Id: hal-03198426

<https://hal.science/hal-03198426>

Submitted on 24 Apr 2024

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.

AUTOUR DES STRATÉGIES UTILISÉES POUR FORMER LES MAÎTRES DU PREMIER DEGRÉ EN MATHÉMATIQUES

Catherine Houdement *, Alain Kuzniak **

ABSTRACT

This article is a contribution to the didactic study of the training offered to primary school teachers in Mathematics.

It introduces a classification of the different kinds of approaches used by teachers trainers in French University Training Colleges (« Instituts Universitaires de Formation des Maîtres ») to convey to their students three types of knowledge: mathematical knowledge, didactical knowledge and pedagogical knowledge.

It brings out different strategies and expounds more thoroughly three of them which are particularly related to the teaching profession itself. Those are: strategies based on monstration, strategies based on homology and strategies based on transposition.

Finally the article looks for links between these different strategies and the mathematical content of teacher training.

RESUMEN

Este artículo es una contribución al estudio didáctico de la formación que reciben en matemáticas los profesores de E.G.B.

Presenta una clasificación de las diferentes estrategias que los profesores del I.U.F.M. (equivalente francés de la Escuela Universitaria de Formación del Profesorado de E.G.B.) utilizan para transmitir a los estudiantes tres tipos de saberes: el saber matemático, el saber pedagógico y el saber didáctico.

Evidencia estrategias diferentes y profundiza más la presentación de las tres estrategias más centradas en la profesionalización de los estudiantes.

Son: las estrategias basadas en el mostrar, las estrategias basadas en la homología y las estrategias basadas en la transposición.

Por último, relaciona las distintas estrategias con los contenidos matemáticos de la formación.

* IUFM de Haute-Normandie, BP 18, 76131 Mont-Saint-Aignan Cedex.

** IUFM de Haute-Normandie, Site d'Evreux, 17 rue de la Côte Blanche, Saint Michel, 27000 Evreux.

RÉSUMÉ

Cet article est une contribution à l'étude didactique de la formation que reçoivent en mathématiques les professeurs des écoles.

Il propose une classification des différentes stratégies que les professeurs d'I.U.F.M. utilisent pour transmettre à leurs étudiants trois types de savoirs : un savoir mathématique, un savoir relié à la didactique des mathématiques et un troisième savoir plus lié à la pédagogie générale.

Parmi les stratégies mises en évidence, trois stratégies liées à la professionnalisation des étudiants sont développées. Il s'agit des stratégies basées sur la monstration, des stratégies basées sur l'homologie et des stratégies basées sur la transposition.

L'article précise enfin le lien entre ces diverses stratégies de formation et les thèmes mathématiques abordés en formation des maîtres.

INTRODUCTION

Cette recherche (Kuzniak 1994, Houdement 1995) porte sur la formation professionnelle des professeurs des écoles en mathématiques, dans le cadre institutionnel français. Les professeurs des écoles¹ sont des maîtres polyvalents formés dans des centres de formation, Ecoles Normales jusqu'en 1991, Instituts Universitaires de Formation des Maîtres (I.U.F.M.) depuis. Les formateurs des professeurs d'école (alors nommés instituteurs) des vingt dernières années des Ecoles Normales étaient des professeurs de mathématiques du second degré, qui avaient choisi la formation professionnelle d'enseignants. Les secteurs du premier degré des I.U.F.M. ont bénéficié de ce potentiel de formateurs.

Le formateur des maîtres du premier degré est chargé par l'institution de rendre l'étudiant le plus apte possible à dispenser l'enseignement des mathématiques dans les écoles primaires, de la maternelle au CM2², c'est-à-dire à enseigner les quatre opérations et les problèmes qui s'y rattachent (pour les nombres entiers et les décimaux), une certaine connaissance des fractions, de la proportionnalité, de la géométrie élémentaire, une pratique de la mesure des longueurs, aires, volumes. Le formateur se doit donc de repérer et de transmettre un ensemble de savoirs de formation, composés au moins de savoirs mathématiques et complétés de savoirs autres (notamment issus de la didactique des mathématiques, de la réflexion sur la professionnalisation et la formation d'adultes).

En quoi consistent ces savoirs? Quelle(s) stratégie(s) le formateur met-il en place pour les transmettre? Telles sont les questions que nous étudions.

Nous allons dans un premier temps définir le cadre de nos travaux et justifier notre choix de décrire des pratiques de formation. Dans un deuxième temps, nous présenterons nos résultats qui portent sur une classification des stratégies de formation utilisées par les formateurs et sur les corrélations existant entre ces stratégies et les thèmes mathématiques enseignés par les formateurs.

1. L'école primaire française comporte trois années d'école maternelle (facultative, mais habituelle) et cinq années d'école élémentaire (à partir de 6 ans); les professeurs des écoles peuvent être responsables de n'importe quel niveau.

2. Cf. *Programmes de l'école primaire 1985, 1991*, Ministère de l'Education Nationale.

I. LE CADRE DE NOS TRAVAUX

A. Présentation du système français de formation des maîtres de l'école primaire

1. *Les contraintes institutionnelles*

Les Ecoles Normales (une par département), créées par la loi Guizot en 1833 pour les garçons (et étendues en 1879 aux filles), ont été chargées de la formation des maîtres de l'école primaire jusqu'en 1991. La durée des études, le mode de recrutement ont évolué avant qu'elles ne disparaissent, intégrées dans les I.U.F.M (Instituts Universitaires de Formation des Maîtres, un par académie). Actuellement les I.U.F.M. sont chargés de la formation des maîtres de tout niveau (école, collège, lycée professionnel ou non,...). Nous n'étudions pas la formation mathématique des professeurs de second degré (collèges et lycées), actuellement aussi formés dans les I.U.F.M³. Notre travail reste centré sur la formation des professeurs des écoles.

Le système institutionnel français de formation des maîtres est particulièrement complexe et fluctuant. D'abord, il est soumis au système éducatif général dont on connaît la sensibilité à l'environnement social et politique, qui se manifeste par des changements de ministres et par de fréquentes réformes des programmes. Ces dernières vont directement influencer sur le contenu de la formation des enseignants. Ensuite, l'institution de formation a évolué en peu de temps. Nous avons pris comme point de départ de notre étude la réforme de 1979 qui préconisait une formation à l'enseignement primaire en trois ans. Mais celle-ci fut suivie de la réforme de 1986, et puis de celle de 1991, qui a substitué les I.U.F.M. aux Ecoles Normales. Ces transformations portent à la fois sur la durée des études, sur le niveau de recrutement et sur le statut des formateurs dont elles modifient les tâches. Par contre elles ne modifient pas le type de formateurs du premier degré (même pour les I.U.F.M.).

Le tableau ci-dessous résume les transformations, nous y ajoutons quelques remarques.

3. Désormais, les mots formateur, formation, I.U.F.M,... s'adresseront uniquement au premier degré.

Nom du centre	Année	Temps de formation	Diplôme requis	Concours	Evaluation dans le centre de formation	Sortie
Ecole normale	1979	3 ans	bac	Avant l'entrée, épreuves disciplinaires uniquement	Contrôle continu Validation des stages	Instituteur et titulaire du DEUG instituteur
Ecole normale	1986	2ans	DEUG	idem	idem	Instituteur
IUFM	1991	1 an facultatif et 1 an obligatoire	licence	En fin de première année facultative, épreuves disciplinaires et didactiques	La deuxième année, contrôle continu et validation des stages	Professeur d'école

A partir de 1991 se produit une rupture institutionnelle concernant la place et le contenu du concours. La réussite au concours ne donne plus droit qu'à une seule année de formation et les épreuves de ce concours comportent désormais une partie explicitement professionnelle où l'étudiant est amené à *analyser des approches didactiques et des démarches pédagogiques correspondantes, est mis en situation de réagir à des documents pédagogiques.*

La préparation au concours est faite à l'I.U.F.M. par les mêmes formateurs qui formaient au métier en deux ans. Nous avons choisi d'inclure (mais sous forme facultative) cette année dans la formation dispensée par l'I.U.F.M. Ce choix est justifié par le taux de réussite des étudiants préparant le concours à l'I.U.F.M.⁴. Cette première année est plus axée sur l'écrit et sur la transmission d'un savoir de référence qu'auparavant, mais reste une année de formation professionnelle, d'une part parce que le concours sanctionne des compétences professionnelles, d'autre part parce que les habitudes de formation ne se transforment pas, sans raison cohérente, aussi vite que les textes.

4. Les données de la Direction de l'Evaluation et de la Prospective (M.E.N) pour 1994-95 confortent ce point de vue: 78% des étudiants I.U.F.M. de première année ont le concours de professeur des écoles, contre 16% des candidats libres. Ces pourcentages sont différents pour le CAPES (concours de professeur des lycées et collèges): 31% des candidats I.U.F.M. contre 23% des candidats libres.

2. La pluridisciplinarité

C'est une particularité essentielle de la formation des maîtres du premier degré que de devoir intégrer un nombre important de disciplines (toutes celles de l'école primaire), les mathématiques n'étant qu'une discipline parmi d'autres.

L'étendue des connaissances idéalement exigées de la part des étudiants fait sans cesse osciller les formateurs entre deux pôles :

– transmettre aux étudiants une démarche pédagogique transversale en faisant plus ou moins l'impasse sur les spécificités de chaque matière ;

– accentuer l'approche disciplinaire en laissant l'étudiant, éventuellement aidé par la philosophie ou la psychopédagogie, faire une savante synthèse de tous les éléments disparates qui lui auront été enseignés.

En forçant un peu le trait, nous pouvons dire que les auteurs de la réforme de 1979 préconisent le premier point de vue, et ceux de 1986 plutôt le second ; l'intention des I.U.F.M. serait de concilier les deux points de vue (approche disciplinaire dans les modules des disciplines de l'école, essai d'une synthèse dans le module formation générale).

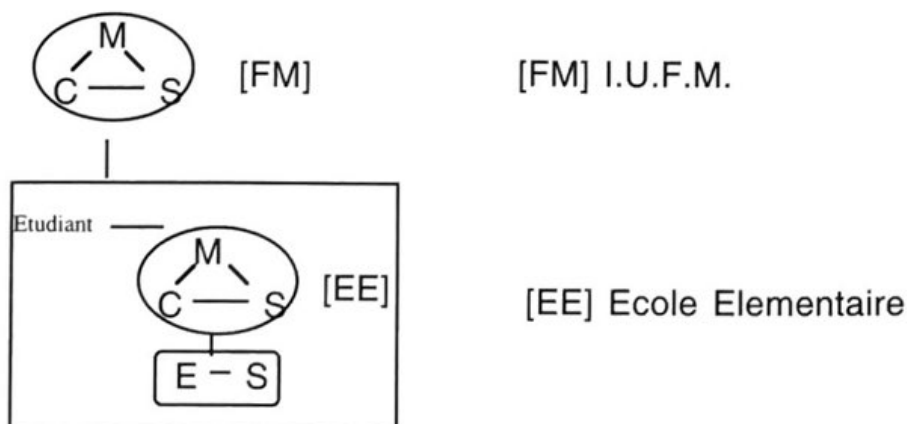
3. Les stages

La liaison « théorie-pratique » est réglée (en partie) institutionnellement dans les centres de formation par la présence de stages sur le terrain pendant la période de formation (stages de pratique accompagnée et stages en responsabilité). La validation positive de ces stages est une des conditions d'attribution du diplôme de professeur d'école.

4. Schématisation du système observé

Nous avons vu qu'une des fonctions de l'I.U.F.M., en tant que centre institutionnel de formation pour les professeurs d'école, est de préparer les étudiants à agir dans un autre système de formation, celui de l'enseignement primaire. Ainsi apparaissent deux systèmes emboîtés, (FM), le centre de formation des maîtres, et (EE), lieu d'enseignement des élèves (l'école élémentaire), dont l'organisation est homologue. Ceci n'entraîne pas leur identité, car les composants du système et le milieu dans lequel ils agissent sont très différents.

On peut schématiser cette articulation par la figure suivante :



Nous avons retenu comme éléments de base de ce type de système les triplets (M-C-S) constitués par l'enseignant (M), la classe⁵ (C) et un savoir (S) mis en jeu. Ces triplets sont plongés dans un milieu qui leur impose de nombreuses contraintes spatio-temporelles mais aussi sociales.

Les théories usuelles de l'apprentissage (modèle béhavioriste ou constructiviste) en situation scolaire ne prennent en considération que le système (EE), celui de l'école élémentaire, et dans ce cadre optent pour certaines formes de transmission qui, d'une certaine façon, vont privilégier une des trois articulations du triplet M-C-S. Ainsi le modèle constructiviste insiste-t-il sur le couple (C-S)

Le formateur d'enseignants peut certes rester neutre devant les différentes formes de transmission, mais nous verrons que très souvent il opte lui aussi pour un des modèles. Nous parlerons alors de la conception de l'enseignement propre au formateur. Dans ce cas, la question se pose de savoir de quelle manière le formateur communique dans (FM) à ses étudiants sa conception de l'enseignement dans (EE). Conserve-t-il pour (FM) sa conception de l'enseignement dans (EE)? Nous verrons une stratégie où le formateur utilise (ou tente d'utiliser) un mode de transmission identique à celui qu'il souhaite voir utiliser par ses étudiants lorsque ceux-ci enseignent dans des classes élémentaires (il s'agit des stratégies d'homologie).

B. La question des savoirs en formation des maîtres

Si l'on assigne comme nous le faisons à un système de formation des maîtres l'accroissement des connaissances nécessaires à un étudiant pour devenir enseignant, se pose immédiatement la définition exacte de ce savoir « utile » à l'enseignant. Notre réponse à cette question doit être la plus vaste possible, ceci afin de pouvoir intégrer les différentes conceptions de la formation que nous avons pu rencontrer. Mais il s'agit là d'une tâche difficile tant les problèmes de la définition des savoirs de formation renvoient à des choix idéologiques marqués.

Nous emploierons les mots « savoirs » et « connaissances » dans une acception naïve. Mais nous souhaitons cependant apporter une précision terminologique susceptible de lever certaines incompréhensions entre auteurs.

5. Nous retenons la classe comme élément fondamental du triplet plutôt que l'élève seul afin de mieux prendre en compte les contraintes institutionnelles de l'enseignement. A l'intérieur de la classe interagissent les différents triplets M-E_i-S.

1. Le mot « savoir »

Certains mots utilisés dans le langage philosophique ou scientifique ont une acception positive et indiquent en eux-mêmes le succès de ce qui est annoncé. Par exemple, le mot « théorème » lorsqu'il est utilisé indique que ce qui suit est supposé vrai et généralement démontré. Il en est de même pour le mot « déduction ». Il s'agira de « success word » (Watkins, 1984). A l'inverse certains termes comme « conjecture » ou « induction » ne présupposent, pour aucun auteur, la vérité certaine de ce qui suit. Ce ne sont pas des « success word ». A coté de ces exemples consensuels, un certain nombre de termes peuvent suivant les auteurs être des « success word » ou non : il en est ainsi des mots « loi » ou « explication ». Le mot savoir, nous suivons ici Watkins, fait partie de cette catégorie. Pour certains c'est nécessairement un « success word » et le champ qu'il définira sera supposé avéré et prouvé (le savoir mathématique) pour d'autres dont nous sommes, le mot savoir n'est pas nécessairement un « success word »⁶. Il peut s'appliquer à un ensemble de connaissances ou de théories en évolution et dont la validité n'est pas certaine.

2. Les savoirs mis en jeu en formation des maîtres

Nous avons distingué trois niveaux de savoir, liés aux mathématiques, qui renvoient à différents aspects du métier de professeur d'école et qui s'éloignent progressivement des connaissances purement disciplinaires (savoir mathématique) pour aller vers des connaissances plus générales liées au métier d'enseignant lui-même. Nous avons distingué : le savoir mathématique, le savoir didactique et ce que nous nommerons provisoirement le « troisième savoir »⁷. Les deux premiers sont généralement reconnus de manière institutionnelle même si leur définition fluctue parfois.

3. Le savoir mathématique

A priori les savoirs mathématiques peuvent sembler bien définis, mais ce n'est pas si simple. Certes ils s'appuient sur des savoirs savants liés aux contenus mathématiques des programmes de l'école⁸. Mais le lien entre les savoirs savants mathématiques actuels et les contenus de l'école ne va pas de soi : ainsi en géométrie élémentaire, où l'épistémologie et l'histoire des mathématiques sont des composantes essentielles de la transposition. D'autre part, la conception et l'analyse de situations didactiques nécessitent souvent des connaissances mathématiques au delà des savoirs classiques (par exemple l'existence de nombreux algorithmes pour les « quatre opérations »). Les savoirs didactiques sur l'enseignement à

6. Watkins (1984) utilise l'italique ou le romain pour distinguer ces deux emplois.

7. Allusion au « troisième monde » de Karl Popper (1972).

8. Selon les processus de transposition identifiés par Chevallard (1985).

l'école élémentaire influent ainsi sur les savoirs mathématiques de formation⁹. La réflexion heuristique et in fine la réflexion sur la didactique des notions à transmettre aux élèves pourraient donc aussi être considérées comme faisant partie du savoir mathématique de base.

4. Le savoir didactique

Sa définition en formation des maîtres est loin d'être simple et consensuelle. En effet, si la didactique des mathématiques étudie le processus de transmission et d'acquisition des connaissances mathématiques (Brousseau, 1987) et se caractérise par son effort de théorisation de type scientifique, elle n'a pas pour fonction première de donner des modèles à l'enseignant. Le phénomène de transposition de la didactique en savoir d'enseignement pour de futurs enseignants devra donc prendre en compte ce passage d'une activité de recherche à un savoir « utile ». Cependant on ne peut pas réduire l'étude des stratégies de formation existantes à l'observation du phénomène de transposition de la didactique (même si c'est commode d'un point de vue théorique) et ceci pour divers raisons :

- l'absence d'accord des didacticiens sur le savoir de référence¹⁰,
- l'ignorance de la didactique de la part d'un grand nombre des formateurs d'enseignants,
- l'aspect réducteur d'une réflexion uniquement centrée sur ce savoir et qui fait négliger ce que nous avons nommé le « troisième savoir » ou « savoir pédagogique ».

5. Le « troisième savoir »¹¹

Aux savoirs mathématique et didactique, plutôt de type théorique, s'ajoutent des compétences qui paraissent plus marquées par les savoir-faire et le sens commun sans négliger un ensemble de connaissances que seule l'expérience semble susceptible de donner à l'enseignant. Cet ensemble de connaissances liées à la pratique professionnelle de l'enseignant et nécessaires à son métier peut-il être structuré en un savoir global organisé ? La question est loin d'être évidente et fait encore l'objet de discussions. Ce savoir n'est pas du même type que les précédents, il est moins dépendant du contenu mathématique et n'a pas fait l'objet d'une

9. Par exemple la thèse de Joël Briand (1993) peut amener à enseigner des « mathématiques de l'énumération » aux futurs enseignants pour leur permettre de comprendre et d'analyser ses effets didactiques.

10. Pour notre part, nous nous fondons principalement sur le courant déterminé par *Recherches en Didactiques des Mathématiques* (Editions La Pensée Sauvage, Grenoble), *Petit x* (I.R.E.M. de Grenoble), les écoles d'été de Didactique des Mathématiques.

11. Nous utiliserons aussi le terme de savoir pédagogique pour désigner ce « troisième savoir ».

explicitation théorique. Il ne s'agit pas d'un savoir au sens d'un « success word ». Nous l'avons nommé précédemment « savoir pédagogique », d'autres auteurs parlent de « savoir professionnel » ou « savoir d'expérience » (Portugais, 1995), mais ces appellations polysémiques posent problème. De même l'expression « savoir de l'enseignant » trop personnalisé semble exclure la possibilité d'un savoir commun distancié. Aussi avons nous adopté l'expression inspirée de Popper de « troisième savoir ».

Le « troisième savoir » se caractérise par son oscillation entre deux pôles, l'un théorique mais parfois très éloigné de la pratique future des étudiants, l'autre proche du sens commun et de la pratique (dans notre étude, la pratique de classe), mais privé de l'adaptabilité d'un modèle plus théorique. Le corpus de référence est constitué par un ensemble particulièrement hétérogène de traités empruntant à diverses disciplines, de livres du maître et de fichiers d'élèves.

6. Des savoirs inachevés

L'étudiant en fin de formation devient un enseignant débutant. Il n'atteindra « l'expertise »¹² qu'avec le temps et la pratique de la classe. Il ne faut donc pas concevoir les savoirs transmis en formation comme des savoirs complets et définitifs mais plutôt comme ouverts sur l'avenir. De plus, surtout pour le savoir didactique et pour le « troisième savoir », il s'agit de savoirs en évolution rapide du fait de la relative nouveauté des recherches en didactique. Dans cette optique, la description et l'étude des stratégies mises en oeuvre dans la formation des maîtres contribuent à la clarification de la nature exacte des savoirs transmis aux futurs enseignants. En effet, d'une certaine façon, l'objet principal des centres de formation est la transmission aux étudiants d'un savoir pragmatique « utile » (Conne 1992) qui constituera le savoir privé de l'étudiant. Ce savoir personnel intègre une recombinaison d'éléments des trois savoirs que nous avons définis.

C. Originalité de notre approche

Par rapport au cadre que nous venons de définir, il nous semble que peu de recherches didactiques prennent en compte l'intégralité du système que nous venons de présenter. Certaines recherches privilégient l'étude d'un des savoirs, d'autres ne considèrent qu'un des triplets didactiques négligeant ainsi l'articulation des deux systèmes Ecole Elémentaire-I.U.F.M. qui nous semble essentielle.

1. Polarisation sur un savoir

Avant 1992, quelques thèses de didactique ont été consacrées à la formation des enseignants du premier degré en mathématiques, elles enri-

12. Dans le sens que lui donne Tochon (1993).

chissent plutôt le point de vue des savoirs: les travaux de F. Carayol (Paris, 1983) portent plutôt sur les performances mathématiques des étudiants, par contre M. Pézard (Paris, 1985) pointe la nécessité d'une «double-institutionnalisation» (mathématique et didactique) pour les étudiants en s'appuyant sur le thème de la proportionnalité en Ecole Normale.

Les recherches sur certaines composantes du «troisième savoir» sont nombreuses mais éclatées entre diverses disciplines (psychologie, sociologie, anthropologie etc.) et semblent très dépendantes des effets de mode. Parmi les travaux les plus marquants, notons les travaux déjà anciens basés sur l'observation de l'enseignant (Postic et De Ketele 1988 entre autres) et l'approche plus récente mais très globale de Tochon (1993) basée sur l'idée d'expertise. Ces approches ne font aucune référence particulière aux savoirs mathématique et didactique. Les travaux de Robert (1994-95) ou de Chevallard (1994) portent eux sur la formation mathématique des professeurs de lycée et collège.

2. Polarisation sur un triplet didactique, celui de la formation

Certains auteurs transfèrent le modèle M-E-S à la formation des enseignants et restent dans le cadre théorique de la didactique des mathématiques, notamment la théorie des situations, pour construire une ingénierie de formation (Portugais 1995).

Cette perspective s'appuie sur un certain nombre d'assimilations:

- assimilation du système de formation (Formateur-Etudiant-Savoir didactique) au système triadique Maître - Elève - Savoir mathématique,
- réduction des savoirs de formation aux savoirs issus des recherches en didactique des mathématiques.

Cette approche, qui utilise, sans les contester, des résultats de la didactique des mathématiques, ne nous semble prendre en compte ni la complexité des savoirs didactiques (relèvent-ils de la même épistémologie que les savoirs mathématiques?), ni la globalité des savoirs dont la transmission est à la charge des formateurs (cf. les diverses composantes des savoirs de formation). Jean Portugais précise d'ailleurs lui-même les limites de ses travaux¹³. Certes, ils ouvrent une autre voie de recherche vers la «didactification de la didactique»¹⁴, mais ils ne se préoccupent pas, a priori, de la composition des trois savoirs: mathématique, didactique et «troisième savoir».

13. Idem page 278 «...nous croyons qu'il faut rappeler que le dispositif est valable sur le savoir 2 "les erreurs de calcul" (...). Ainsi on ignore encore *sur quels autres savoirs didactiques* [souligné par l'auteur] un tel dispositif peut être déployé avec cette même efficacité».

14. Ibidem page 278.

3. Approche plus globale

C'est la perspective que nous avons choisie : nous attacher à la transmission simultanée des trois savoirs, envisager une formation de masse, dans un cadre institutionnel fixé a priori. Dans la mesure où il est difficile encore de cerner théoriquement ces trois savoirs, nous avons décidé de décrire les formations effectivement mises en oeuvre dans les centres de formation. Pour mener à bien cette description, nous avons été amenés à construire une typologie des différentes stratégies utilisées par les formateurs. Nous avons ensuite fait fonctionner cette typologie en confrontant les types dominants aux « thèmes » mathématiques enseignés pendant la formation. Pour mener à bien nos travaux, nous nous sommes essentiellement appuyés sur les productions de la communauté des formateurs. Les sources que nous avons explorées recouvrent nos pratiques effectives de formateurs, pour dégager des hypothèses de stratégies (qui ont été ensuite testées sur un plus grand nombre) ou illustrer un type de stratégies, des situations de formation décrites dans les Actes des colloques des formateurs de maîtres du premier degré en mathématiques (depuis 1976, édités par les I.R.E.M.) et de la COPI-RELEM¹⁵, des entretiens avec des formateurs sur leurs pratiques, des enquêtes sous forme de questionnaire auprès des formateurs, un questionnaire auprès d'une promotion d'étudiants, une étude qualitative de l'environnement de l'I.U.F.M.

II. RÉSULTATS DES TRAVAUX

Nous présentons maintenant la classification des stratégies que nous avons pu élaborer, puis nous étudierons les corrélations entre ces stratégies et les thèmes mathématiques.

A. Une classification des stratégies de formation

1. Une approche classificatoire

Nous avons choisi de faire une étude descriptive des pratiques de formation. Notre approche ne vise pas à définir a priori un système « idéal » ou « souhaitable », voire même simplement possible. Elle privilégie l'étude d'un système existant, celui qui perdure dans les centres de formation du premier degré de 1980 à 1993. Pour aller au-delà de la simple description narrative et a-théorique, nous avons tenté une classification des pratiques rencontrées. En effet, si l'on suit Carnap (1966), l'approche classificatoire est la première étape dans la construction des concepts scientifiques. Cette étape permet ensuite (dans certains cas) la mise en place de la comparaison des classes qui ont pu être mises en évidence par la classification puis leur mesure.

15. Commission Permanente des I.R.E.M. pour l'Ecole Élémentaire, IREM de Paris 7.

Dans notre cas, la classification et la typologie qui s'y rattache doivent entraîner une objectivation et une distanciation. Elles doivent aussi, c'est notre souhait, permettre à chaque formateur de se situer et de décrire sa propre pratique à l'aide du cadre théorique proposé.

Enfin, cette classification doit poser de manière plus précise le problème de l'évaluation des formations d'enseignants en terme de comparaison des stratégies¹⁶.

Avant de poursuivre notre présentation, il faut insister sur le fait que les stratégies décrites ici sont des points de repères, des exemples d'options possibles pour les formateurs. Mais dans une certaine mesure, il s'agit de parcours extrêmes, car peu de formateurs suivent de façon constante un modèle unique de stratégie, même si souvent leur pratique est globalement dominée par l'une d'elles. Ainsi, dans les faits, ces différentes stratégies apparaissent comme des composantes de la stratégie propre à chaque formateur. Ce dernier structure son enseignement en différentes phases dans lesquelles nous pourrions identifier les stratégies de bases. Et il ne faut pas exclure de rencontrer des stratégies mixtes.

2. Présentation générale des différentes stratégies

Nous avons pu dégager six stratégies différentes. Nous ne présenterons pas ci les stratégies plus marginales¹⁷, nous nous limiterons aux stratégies qui prennent en compte les contraintes liées à l'enseignement dans le cadre des centres de formation actuels.

–*Les stratégies culturelles.* Nous désignons ainsi les stratégies qui privilégient l'accroissement des connaissances des étudiants dans un domaine précis, sans préjuger de la mise en oeuvre opérée dans les classes par les étudiants.

–*Les stratégies basées sur la monstration.* Ces stratégies privilégient la transmission d'un modèle par l'observation de sa mise en oeuvre dans les classes élémentaires. Il s'agit de transmettre une pratique en la montrant aux étudiants et en la faisant imiter. C'est le mode le plus ancien (« leçon modèle ») d'initiation aux pratiques professionnelles.

–*Les stratégies basées sur l'homologie.* C'est aussi un modèle fondé sur l'imitation, mais une imitation complexe et transposée par l'étudiant. Ce dernier devrait mettre en place un modèle de formation inspiré de celui qu'il a pu vivre en tant qu'étudiant dans le centre de formation. Les formateurs enseignent conformément à leur conception de ce que doit être l'enseignement à l'école élémentaire.

–*Les stratégies basées sur la transposition.* Elles s'opposent aux précédentes par l'insistance mise sur la distanciation théorique. Elles se proposent de transmettre des savoirs de référence mais portant sur la pratique de la classe, ce qui les distingue des stratégies culturelles. Pour étu-

16. Pour une tentative en ce sens voir Kuzniak (1995) pages 193 à 250.

17. Les stratégies de recherche applicatives et celles basées sur l'autonomie (Kuzniak, 1995, page 78).

dier ces stratégies, il sera important de préciser les savoirs retenus et les modes de transposition mis au point. De plus, les stratégies de transposition, très dépendantes de savoirs non figés, sont des stratégies en évolution et, d'une certaine façon, des stratégies transitoires susceptibles de se transformer si le processus de transposition s'achève.

Les caractéristiques essentielles de ces stratégies figurent dans le tableau ci-contre.

3. Les stratégies culturelles

Ces stratégies se sont d'abord essentiellement développées autour du savoir de référence des formateurs, les mathématiques. Elles se sont quelquefois étendues aux savoirs didactique et pédagogique pris comme savoirs de référence par certains formateurs d'enseignants. Dans ce cas, elles n'intègrent pas une quelconque composition des trois savoirs que nous avons retenus et se contentent de les juxtaposer. Bien sûr, a priori ces stratégies peuvent revêtir des formes très différentes suivant les conceptions pédagogiques des formateurs, mais la forme standard que nous retiendrons en formation des maîtres sera la forme « cours ».

Les stratégies culturelles réduisent le savoir à son noyau central, indépendamment de toute réflexion sur ses conditions de production, d'assimilation, de diffusion ou d'évolution. Elles s'appuient donc sur l'existence, non contestée a priori par le formateur qui les met en oeuvre, d'une culture commune parfaitement arrêtée. Cette conception unanimiste a été depuis longtemps réfutée par diverses études didactiques et épistémologiques, mais elle n'en demeure pas moins très présente chez certains formateurs. Les stratégies culturelles, dans la mesure où elles ne prennent pas en compte une réflexion spécifique sur le mode de transmission des savoirs professionnels, ne nous semblent pas être des stratégies « axées sur la professionnalisation ».

Les trois types de stratégies suivantes nous semblent mériter davantage, et nous préciserons en quoi, le qualificatif de professionnel. Nous allons les décrire plus en détail en les illustrant avec des exemples.

4. Les stratégies basées sur la monstration

Dans le cadre de ces stratégies, un ensemble de savoir-faire liés à l'enseignement est montré aux étudiants par un expert. Dans la forme la plus simple de monstration, les étudiants sont intégrés dans une classe où ils peuvent regarder un maître en train d'enseigner une notion à des élèves de l'école élémentaire. Les étudiants sont ainsi plongés dans le système dans lequel ils devront plus tard exercer leur travail. Ils découvrent petit à petit et par eux-mêmes la fonction qui sera la leur. Le processus de formation repose alors sur l'absorption supposée d'un modèle par imitation.

Tableau comparatif des principales stratégies						
Stratégies	Dominante de la stratégie	Savoir(s)	Formateur ¹⁸	Etudiants ¹⁹	Thèmes mathématiques privilégiés	Regard porté par le système FM ²⁰ sur le système EE ²¹
Culturelles	Le savoir mathématique (ou éventuellement le savoir didactique).	Savoir mathématique (ou savoir didactique). Savoirs dépersonnalisés.	Dispense le savoir choisi. Connaissance du métier de P.E. non indispensable. Connaissances théoriques sur le savoir dispensé.	N'ont besoin d'aucune connaissance a priori. Reçoivent un apport théorique d'un savoir-objet qu'il devront opérationnaliser plus tard dans les classes.	De préférence les thèmes mathématiques les moins connus de étudiants : non entiers, division ; fonctions numériques.	On l'ignore
Monstration	Le terrain.	3ème savoir de l'expert. Savoirs personnalisés sur un expert.	Rôle d'intermédiaire entre le terrain et les étudiants. Possède un savoir-outil d'observation et d'analyse issu des sciences de l'éducation : outil critique.	Doivent avoir des savoirs mathématiques pour se concentrer sur le didactique. Sont observateurs ou acteurs dans le système EE.	Thèmes supposés bien traités dans les classes ou thèmes prétextes pour développer le 3ème savoir (sans importance mathématique).	On agit dedans ou on l'observe
Homologie	Le formateur IUFM comme modèle.	Savoirs personnalisés sur le formateur. 3ème savoir du formateur lié à du savoir mathématique.	Formateur central : il est un pôle de connaissance par ses actes. A connaissance de «situations de référence» pour la formation.	Sont supposés avoir peu de connaissances mathématiques. Doivent transférer, dans le système EE, les séances vécues en tant qu'élèves dans le système FM.	Thèmes sur lesquels les étudiants sont conscients de devoir progresser : géométrie de l'activité, mesure, fonctions numériques.	On fait semblant d'y être
Transposition	Une professionnalisation basée sur la didactique.	Savoirs en voie de constitution attachés à des écoles de didactique.	A de bonnes connaissances didactiques, tente de contrôler les deux niveaux d'acquisition des savoirs (double transposition).	Doivent avoir de bonnes connaissances mathématiques et une certaine connaissance des contraintes de classe.	Thèmes bien traités dans les études de didactique.	On le théorise

18. Rôle et compétences minimales du formateur en I.U.F.M. suivant cette stratégie.

19. Rôle et profil des étudiants plus spécifiquement visés par la stratégie.

20. FM: système de formation des maîtres.

21. EE: système de l'école primaire.

L'observation peut avoir lieu dans deux configurations matérielles et humaines différentes.

– La première se situe dans le cadre des stages. L'étudiant suit seul un stage de deux à trois semaines dans une classe où exerce un conseiller pédagogique. L'étudiant observe et commence à enseigner avec l'aide du conseiller. Cette formation se rapproche du compagnonnage (relation duelle avec un expert), mais avec une différence essentielle : la brièveté des stages.

– La deuxième se situe à l'intérieur du groupe classe dans le centre de formation. La classe primaire, futur lieu d'exercice, passe au second plan : elle a été choisie comme lieu d'observation par le formateur du centre qui assure la maîtrise du processus.

Illustrons cette démarche. A.Kuzniak (1995, page 104) propose le traitement suivant de la division euclidienne dans \mathbb{N} sur sept séances de trois heures :

1. Présentation générale de la division, par le formateur.
 2. A l'Ecole Normale, présentation et préparation de la séance à effectuer dans la classe.
 3. Dans la classe de CM1 [d'un conseiller pédagogique], les normaliens assistent à une séance menée par le maître (et ensuite par deux fois par l'un de leurs pairs).
- Un rapide bilan à chaud est effectué et quelques pistes sont données pour la séance suivante.
4. Retour au point 2 (et ceci quatre fois).
 5. A la fin de ce cycle, présentation d'une programmation générale de la division et évaluation des étudiants.

5. Les stratégies basées sur l'homologie

Les stratégies basées sur l'homologie ont connu un grand développement au sein des Ecoles Normales et ont certainement constitué un modèle dominant stable particulièrement adapté à ces institutions²².

A partir de la représentation simplifiée du système de formation des maîtres que nous avons donnée au début de cet article, nous avons vu le sens qu'il faut donner au terme d'homologie. Le formateur d'enseignants, suivant en cela sa conception de l'enseignement, tente d'utiliser un mode de transmission identique à celui qu'il souhaite voir utili-

22. Cf. colloque d'Auberive 1978, de Bombannes 1979.

ser par ses étudiants lorsque ceux-ci enseignent dans des classes élémentaires. Dans le cadre de la formation des maîtres en mathématiques, le seul modèle que nous avons retenu (et rencontré) est le modèle constructiviste, qui privilégie les articulations (C-S) dans le système de formation et dans le cadre des écoles élémentaires. Les formateurs ont alors la conviction que le savoir s'acquiert à partir d'une construction par l'apprenant et que sa transmission passe par la confrontation de celui-ci à des situations dites de découverte. Leur problème est de faire passer cette conception de l'enseignement auprès des étudiants.

Pour le choix des situations à mettre en place, plusieurs possibilités apparaissent :

a) la situation de départ est la même pour les enfants et les futurs enseignants ;

b) la situation présentée aux adultes est légèrement plus complexe mais aisément transférable ;

c) la situation présentée aux étudiants n'est pas susceptible d'un transfert simple à l'école primaire.

Voici un exemple d'une telle stratégie de type a) b), menée sur la division euclidienne dans \mathbb{N} , en une dizaine de séances d'une heure trente (Péault 1988).

1. Mise en situation des normaliens sur un jeu «Concertum» visant à *redécouvrir* la division dans une situation inhabituelle et à faire une analyse didactique riche (notions d'action, de formulation, de validation).

2. Mise en situation sur un logiciel (DIVLOGO) pour que les étudiants inventent des stratégies diverses de résolution d'un problème de division et envisagent l'introduction d'un logiciel dans une progression.

3. Mise en situation sur une situation de division (problème du Petit Poucet²³) dont il existe des protocoles de classes; analyse des procédures des étudiants et des procédures des élèves.

4. Exposé mathématique sur la division.

5. Exercices mathématiques sur la division.

23. Le petit Poucet doit se rendre d'une ville A à une ville B éloignée de [entier > 280] km. Il fait des bonds de 28 km. Combien de bonds doit-il faire ?

En fait, le choix de ces situations dépendra de l'appréciation par le formateur des difficultés liées à la notion abordée. On peut formuler ici deux hypothèses :

–H1 : une situation simple permet une prise de conscience nette de la démarche pédagogique suivie, mais en contrepartie elle risque d'infantiliser l'étudiant ;

–H2 : une situation plus complexe transmet un savoir mathématique non trivial aux étudiants, mais la nouveauté de ce savoir peut occulter la démarche suivie.

6. Les stratégies basées sur la transposition

Les stratégies basées sur la transposition se différencient des précédentes par l'insistance qu'elles accordent à la transmission d'un savoir de référence. Elles se rapprochent ainsi des stratégies culturelles, mais prennent en compte la professionnalisation des étudiants à la différence de ces dernières uniquement fixées sur les connaissances mathématiques.

Nous avons distingué deux niveaux de transposition.

–Le premier concerne le passage du savoir savant de référence au savoir enseigné par les formateurs. Il s'agit ici du processus standard de transposition didactique.

–Le second niveau concerne le passage de ce savoir enseigné au savoir finalement enseigné par les étudiants à leurs élèves. Il prend en compte le phénomène de transfert et d'adaptation opéré par les étudiants.

Les stratégies transpositionnelles les plus complexes envisagent les deux niveaux de transposition.

Nous avons distingué deux catégories de stratégies établies sur deux corpus de savoirs, non spécifiquement mathématiques et différents : un corpus « pédagogique » et un corpus « didactique ». Ces corpus représentent deux approches de la théorisation des faits d'enseignement en mathématiques à l'École Élémentaire.

–L'approche pédagogique se structure autour de productions de l'I.N.R.P.. L'ouvrage de référence est ici le ERMEL, qui constitue le seul exemple d'ingénierie globale pour tout un cycle de formation. Dans ce cas, le savoir mis en oeuvre est très lié à l'école élémentaire et n'est pas décontextualisé.

–Le corpus didactique théorise davantage les phénomènes d'enseignement et n'a pas pour préoccupation première une application dans les classes. L'effort de transposition effectué par les formateurs est donc plus important. Ce corpus didactique donne lieu à deux grands types de transmission qui reposent sur une opposition outil / objet.

*La didactique comme *objet* d'enseignement se rencontre sous deux formes. La première est le cours de didactique, l'équivalent du cours de mathématiques : dans ce cadre, le formateur privilégie le savoir didac-

tique, jugé comme primordial dans le processus de formation des maîtres. La deuxième est constituée par les stratégies basées sur l'homologie et enrichies par la didactique ; elle tente de lier l'action sur les conceptions des mathématiques, propre aux stratégies d'homologie, et la distanciation par rapport à la pratique que permet la théorisation didactique.

Un exemple caractéristique de cette approche est illustré par la « boîte du pâtissier »²⁴ : trois phases (dans une séance de trois heures) sont prévues.

Première phase: résolution d'un problème mathématique

Les étudiants doivent construire à partir d'une consigne de pliage fixée, une boîte en papier, soumise à certaines contraintes (fond carré, taille maximale tenant dans une feuille A4, etc.).

Deuxième phase: visionnement d'un film vidéo réalisé dans une classe de CM2 faisant la même activité (première contrainte)

Troisième phase: recul didactique destiné à faire basculer les étudiants du côté enseignant.

Les formateurs tiennent un discours sur l'activité qu'ils viennent de conduire où ils explicitent leurs choix, analysent les procédures utilisées en termes didactiques. Ils procèdent à une institutionnalisation didactique.

*Qu'en est-il de la place de la didactique en tant qu'*outil* pour le futur maître ? Les formateurs utilisent la didactique des mathématiques plutôt comme outil de contrôle du transfert effectué par les étudiants dans les classes, avec deux grandes tendances :

- outil d'analyse de séances pour le maître (la didactique des mathématiques joue alors un rôle d'appoint),
- aide à la construction de séquences didactiques par les étudiants (projet plus ambitieux qui vise à fonder une pratique du métier d'enseignant de type didactique).

Un exemple de l'utilisation de la didactique comme outil d'analyse apparaît dans la séance suivante (Butlen 1991), séance longue sur la division encore, s'appuyant sur un protocole (ERMEL CM tome 1, pages 66 à 70).

24. Houdement, Peltier 1991.

Le protocole est celui de la première séance (une heure trente) sur la division euclidienne dans N dans un CM1, au début du second trimestre. Les élèves sont mis par groupe de trois ou quatre en situation de résoudre le problème suivant

Un éditeur doit expédier 8 295 livres.
Le conditionnement se fait par cartons de 25.
Combien l'éditeur peut-il expédier de paquets?

Les étudiants cherchent en groupe à répondre à une liste de questions, la synthèse en sera faite avec le formateur.

Le questionnaire demande explicitement de s'interroger sur:

- 1) le choix de la situation: quelle démarche d'apprentissage des mathématiques, quels objectifs de la séquence, quelles variables de la situation?
- 2) l'organisation de la séquence:
 - dévolution du problème, étude de la consigne: que penser de la manière dont la maîtresse donne la consigne, pourquoi intervient-elle ainsi, cela a-t-il une influence sur la suite de l'activité?
 - organisation choisie par la maîtresse: est-elle pertinente?
 - les différentes phases de la séquence: pour chaque phase, quelles sont les interventions de la maîtresse? Quelle est sa stratégie?
- 3) le comportement des élèves:
 - analyse des différentes productions des élèves.
 - quelles autres productions aurait-on pu encore obtenir (par exemple dans d'autres classes)?
- 4) la négociation et l'évolution du contrat didactique: au cours des différentes phases de la séquence, quel problème pour les élèves, quel problème pour la maîtresse?
- 5) l'institutionnalisation: analyse de la dernière phase de la séquence; que penser du choix de la maîtresse?

7. Critères de choix stratégiques a priori

Pour terminer cette présentation des diverses stratégies, nous allons les comparer sur quelques paramètres qui vont faire apparaître leurs diffé-

rences. Cela aidera à comprendre les raisons qui poussent les formateurs à choisir telle ou telle stratégie de formation.

a) Place du formateur en mathématiques

Dans les stratégies de monstration, le formateur ne décide pas seul du mode de formation. L'importance du milieu constitué par la classe et les conseillers pédagogiques place même le formateur au second plan d'un processus qu'il maîtrise finalement assez peu et qu'il ne fait qu'accompagner. Cet effacement relatif du formateur contraste avec l'implication importante de l'étudiant dans cette formation puisque ce dernier doit réaliser une séance dans une classe en présence d'observateurs critiques.

Dans les stratégies d'homologie, le formateur joue le rôle d'un modèle indirect. En effet, ces stratégies sont basées sur un processus d'imitation différée et transférée. L'étudiant est censé observer un formateur qui enseigne à des adultes suivant le modèle constructiviste, il doit ensuite adopter cette manière de faire dans son enseignement pour des enfants. Le formateur s'engage en assumant dans sa pratique d'enseignant ses choix pédagogiques. On peut aussi noter que c'est certainement dans ces stratégies que le formateur a un rôle qui se rapproche le plus de celui d'un instituteur mais d'un « instituteur pour adultes ».

Dans les stratégies de transposition, le formateur retrouve une plus grande liberté pédagogique puisque l'enjeu essentiel de ces stratégies est la transmission d'un savoir professionnel de référence. Dans le cadre de l'approche pédagogique où intervient une grande part d'idéologie due à la prégnance du modèle constructiviste, il nous est apparu que le formateur devait avoir une expérience professionnelle de la formation des maîtres qui lui donne le savoir empirique nécessaire pour gérer les situations de discussion avec les étudiants, fréquentes dans ce modèle. L'approche didactique, si elle peut éventuellement dispenser le formateur de ce savoir empirique, nécessite en revanche un investissement en tant que chercheur dans le domaine de la didactique des mathématiques.

b) Leviers utilisés par le formateur pour son action

Les différentes stratégies ne prennent pas appui sur les mêmes points pour fonder leur action. Les stratégies de monstration privilégient le rapport au contexte et au milieu professionnel futur. Elles utilisent ce dernier pour mettre au point des ajustements pédagogiques. Elles jouent aussi sur les comportements et les prises de décision perceptibles par l'observation. En ce sens, elles privilégient les apparences externes parfois au détriment de la cohérence interne. Aline Robert (1991) fait justement remarquer que les tenants de ces stratégies avancent sans justification l'idée de reproductibilité, a contrario souvent refusée aux situations construites par les didacticiens. De même, on peut se demander s'il ne s'agit pas plutôt d'une reproductibilité externe, au sens que lui donne Michèle Artigue (1984), c'est-à-dire qui mime l'histoire extérieure en perdant de vue le contenu mathématique réel des situations.

Les stratégies d'homologie semblent privilégier l'action sur les conceptions des étudiants qui sont souvent supposées contraires à celles souhaitées par le formateur. Ces stratégies agissent donc de manière interne sur les étudiants en tentant tout d'abord une déstabilisation de ces derniers. Elles fournissent ensuite un modèle de l'enseignement constructiviste en acte. Par contre elles minimisent le phénomène de transposition du savoir qui s'opérera ensuite de la part des étudiants. Cette absence d'attention à la transposition opérée par les étudiants cache aux formateurs ce que nous avons appelé la «dénaturation simplificatrice»²⁵.

Les stratégies de transposition se différencient des précédentes par leur volonté réflexive et l'effort de distanciation à partir des analyses a priori et de la critique des modèles. Elles défendent l'idée qu'un véritable savoir sur l'acte d'enseigner les mathématiques existe et que cet acte est trop complexe pour être réduit à un apprentissage de type technique.

c) *Les savoirs de base nécessaires*

Les stratégies de monstration privilégient les savoirs qui permettent la prise en main et la gestion d'une classe. Elles donnent la priorité au «faire» pour acquérir des savoir-faire. Les formateurs sont amenés à jouer sur des savoirs pédagogiques généraux. Lorsque ces savoirs sont liés aux mathématiques, ils relèvent plus de l'organisation, du déroulement de la séance et ils portent sur l'agencement formel de l'ingénierie de manière souvent indépendante du contenu traité. Il y a aussi la nécessité de s'appuyer sur le savoir-observer qui entraîne trop souvent l'usage de lourdes grilles d'observation. Une autre spécificité des savoirs mis en jeu est qu'ils portent sur la pluridisciplinarité et l'articulation des mathématiques avec les autres disciplines.

Nous avons montré que les stratégies d'homologie fonctionnaient plutôt sur une conception a minima des différents savoirs possédés par les acteurs du système. Elles ne supposent pas un savoir mathématique important de la part des étudiants et ne se réfèrent pas à un savoir sur l'acte d'enseigner très développé. Il faut noter que ces stratégies ont souvent été mises au point à une époque où ce savoir de référence était pratiquement inexistant. En ce sens, elles peuvent être qualifiées «d'arte povera» car elles essaient de tirer le maximum d'une situation jugée pauvre.

A contrario, les stratégies de transposition nécessitent de nombreuses conditions pour fonctionner correctement. L'étudiant doit posséder un certain nombre de connaissances sur le fonctionnement pratique d'une

25. Les étudiants opèrent une simplification qui leur permet de préparer des séances que leur savoir mathématique suffira à dominer. Il y a dénaturation à partir du moment où la simplification transforme la nature du savoir mis en jeu ou modifie radicalement les démarches pédagogiques initiales.

classe primaire. Il doit aussi maîtriser suffisamment les contenus mathématiques pour prendre la distance réflexive nécessaire. Quant au formateur, il doit s'être approprié un savoir qui ne fait pas partie du cursus usuel d'un professeur de mathématiques.

B. Corrélations entre thèmes mathématiques et stratégies de formation

Nous avons dégagé une typologie des stratégies de formation des maîtres en mathématiques. Nous cherchons dans cette partie à répondre à la question de la corrélation entre les thèmes mathématiques traités et les stratégies mises en oeuvre par le formateur, soumis aux contraintes que nous avons précisées. Pour cette étude, nous essayons d'affiner l'analyse descriptive des pratiques des formateurs. Notre tâche revêt donc deux aspects :

- d'une part, contribuer à la mise au point d'un système de description des pratiques de formateurs d'enseignants,
- d'autre part, donner des éléments effectifs de description de ces pratiques.

1. Les entrées choisies pour la description des pratiques

L'étude des pratiques existantes nécessite l'utilisation d'un référentiel commun pour définir les entrées de la formation mathématique des professeurs d'école. En l'absence de programmes explicites nationaux et devant les différences de rédaction qui caractérisent les plans académiques de formation en mathématiques (par exemple Aix, Nantes, Rennes et Caen 1991), nous avons décidé de choisir la désignation la plus commune des thèmes mathématiques de l'école pour permettre aux différents acteurs du système (formateur, formés, étudiants) de s'exprimer sur le sujet. La formation en mathématiques des professeurs d'école est donc envisagée comme la transmission des savoirs mathématique, didactique et autres (cf. le paragraphe B précisant les savoirs dans la première partie) autour des thèmes suivants.

A Nombre entier	H Fonctions numériques
B Addition	I Mathématiques et maternelle
C Soustraction	J Géométrie plane des figures
D Multiplication	K Géométrie plane des transformations
E Division	L Géométrie des solides
F Rationnels et décimaux	M Mesure
G Opérations sur décimaux	

2. Des stratégies variées pour le formateur

L'examen de différents écrits sur la formation mathématique des professeurs d'école nous a permis de relever diverses propositions pour traiter la division euclidienne dans \mathbb{N} , que nous avons déjà présentées dans cet article pour illustrer notre typologie : la première (cf. II, A, 4) est un exemple de stratégie de monstration, qui demande une collaboration fine entre un maître d'application et le formateur ; la seconde (cf. II, A, 5) un exemple de stratégie d'homologie, où le formateur met en scène du savoir à transmettre à ses étudiants, comme il souhaiterait que ceux-ci mettent en scène le savoir mathématique devant les élèves de l'école élémentaire ; enfin la troisième (cf. II, A, 6) est un exemple de stratégie de transposition : des éléments de didactique sont explicités a priori, ce qui permettra au formateur de contrôler leur compréhension par les étudiants.

Ainsi le thème de la division euclidienne relève de plusieurs stratégies, au moins trois, auxquelles on peut ajouter une stratégie culturelle : bon nombre de nouveaux formateurs ont construit leurs premières leçons sur la division en juxtaposant des apports mathématiques sur ce thème et un exposé sur des éléments plus professionnels, liés aux pratiques de classe qu'ils avaient rencontrées chez les maîtres conseillers du centre de formation : ils ont en somme mis en oeuvre une stratégie culturelle sur des mathématiques et sur de la « culture professionnelle ».

Cette variété de stratégies pour un même thème mathématique nous interroge : chaque thème donne-t-il lieu à une telle richesse stratégique ? Quels éléments, plus objectivables que l'expérience dans le métier de formateur, décident le formateur pour telle ou telle stratégie ?

Nous avons par cette mise en évidence pointé des *variables* à la disposition du formateur, en l'occurrence un choix possible sur des stratégies, mais aussi sur les thèmes mathématiques qu'il décide de traiter. Existe-t-il d'autres variables à la disposition du formateur ? Comment le formateur gère-t-il ces variables pour programmer sa formation ?

3. Etude de deux variables : programmation et stratégies

Une variable relativement naturelle est l'ordre de présentation des thèmes mathématiques. L'étude d'un questionnaire auprès de divers formateurs montre qu'il n'existe pas d'ordre communément partagé, mais par contre qu'apparaissent en tête des thèmes traités face à un public d'étudiants novices les thèmes suivants, dans l'ordre : *géométrie plane, fonctions numériques, division et entiers, rationnels et décimaux*.

L'étude des divers écrits destinés à la formation professionnelle des professeurs d'école en mathématiques, à travers le filtre des entrées précédemment nommées (les thèmes mathématiques) fait apparaître des régularités dans les stratégies utilisées de façon dominante. Ces régularités sont regroupées dans le tableau suivant.

Thèmes	nombre entier, addition, soustraction, multiplication	géométrie, mesure, fonctions numériques	non entiers	division
Stratégies	transposition et monstration	homologie (avec éléments de transposi- tion)	culturel mathématique, transposition, homologie	toutes les stratégies
	T1	T2	T3	T4

Tableau 1

L'étude des stratégies attachées aux différents thèmes de formation fait donc apparaître quatre regroupements thématiques (intitulés T1, T2, T3 et T4 dans le tableau 1) selon le type de stratégies avec lesquelles il est usuel de les traiter. Nous avons fait l'hypothèse que la nature des différents savoirs mathématiques liés aux thèmes ne pouvait expliquer ces regroupements par blocs. D'où la nécessité de chercher ailleurs des déterminants possibles des choix du formateur.

4. Des hypothèses pour les déterminants des choix des formateurs

Ces déterminants, nous faisons l'hypothèse qu'ils sont liés à l'environnement de formation. Le formateur s'appuie sur la connaissance qu'il a, a priori, du public à former, mais il prend aussi des indices liés au terrain d'exercice futur de ses étudiants, c'est-à-dire liés aux classes dans lesquelles ils sont susceptibles d'exercer. En quelque sorte, des indices sont à chercher *en amont* de la formation (les étudiants avant formation) mais aussi *en aval* de la formation (le milieu des enseignants qui les accueillera et régulera leurs jeunes habitudes).

Ces hypothèses nous permettent ainsi d'enrichir le « système » de description des pratiques des formateurs par l'attribution de « valeurs » aux différents thèmes choisis comme entrées, valeurs qui différencient les thèmes entre eux sur « l'amont » et sur « l'aval », selon ce qu'en ressent ou objective le formateur. Ces différentes valeurs contribuent à enrichir les variables précédentes.

Notons que cette partie de l'article utilise de nouveau la notion de conception²⁶ du formateur. Que le formateur cherche ou non à enseigner des modèles, il fait implicitement (ou explicitement) référence à de « bonnes formes » d'enseignement des mathématiques à l'école (per-

26. Nous en resterons au sens commun de conception dans ce texte.

ceptives ou théoriques, par exemple via la théorie des situations). Sa perception de l'environnement et de l'impact de la formation ne peut se faire qu'à travers ce filtre (de même que l'enseignement effectif des mathématiques dans une classe de collège ou lycée est filtré par l'image des mathématiques que le professeur véhicule).

C. L'influence du public à former et du terrain sur les choix du formateur

1. Des cartes par thème

Nous avons cherché à définir des indices qui caractérisent le public à former et le terrain, indices auxquels soient sensibles les formateurs. Ce qui nous a amenés à retenir les éléments caractéristiques suivants.

Pour les étudiants

a- La connaissance a priori qu'ont les étudiants sur le thème.

b- L'idée que les étudiants ont de leur compétence sur le thème.

c- Leur désir de travailler l'aspect mathématique de ce thème.

Pour le terrain

A- L'impact du thème dans les mathématiques de l'école élémentaire

B- L'existence d'écrits de référence auxquels il est possible de renvoyer les étudiants

C- Notre évaluation du traitement du thème par les maîtres de l'académie.

Le **a** peut être évalué soit par des tests sur les étudiants, avant de traiter d'une quelconque manière le thème en question, soit par l'expérience du formateur (qui extrapole de son expérience passée, quand le public garde sensiblement le même profil)

Le **b** et le **c** se sont révélés pertinents dans la mesure où ils ont permis de différencier des thèmes, ce que nous avons constaté par un questionnaire²⁷. 135 réponses dépouillées sur plusieurs groupes d'étudiants

27. Les étudiants ont été amenés à ranger les thèmes placés en abscisse du graphique selon plusieurs questions. Ont été exploitées les questions suivantes (cf. les résultats en annexe):

(1)- Quels thèmes souhaitez-vous voir traités en priorité? Les ranger en les numérotant des plus nécessaires vers les moins nécessaires.

(2)- Sur quels thèmes vous sentez-vous à peu près « au point »? Les ranger du plus connu au moins connu.

(3)- Y a-t-il des thèmes qui vous effraient plus que d'autres? Lesquels? Pourquoi?

(4)- Donnez les thèmes, par ordre d'importance, sur lesquels vous sentez le plus nécessaire une formation professionnelle.

de première année d'une même promotion sur deux sites Rouen, Evreux sont regroupées dans le tableau en annexe. Cet ensemble de résultats prouve les différences d'appréciation des thèmes mathématiques par les étudiants : des mises au point géométriques leur semblent prioritaires, alors que la partie numérique ne semble pas nécessiter de compléments mathématiques ; ils se sentent particulièrement au point, mathématiquement, sur l'addition et la soustraction des nombres entiers, beaucoup moins sur la multiplication et la division, bien peu sur les nombres non entiers.

Contrairement aux lettres « liées » aux étudiants, celles « liées » au terrain vont prendre des valeurs relativement subjectives car elles dépendent fortement des conceptions du formateur sur l'enseignement à l'école, surtout pour **B** et **C**. **A** peut être examiné à travers les programmes, les manuels et les habitudes. **B** dépend bien sûr des options du formateur, qui considère tel ou tel écrit en conformité avec ce qu'il souhaite voir mis en place à l'école élémentaire. **C** a été tiré de notre expérience des pratiques du terrain, observées lors de visites ou tirées de discussions avec des maîtres venant en formation continue. Rappelons que l'appréciation de ces aspects, dans la formulation choisie, reste profondément liée au formateur.

Les rubriques précédentes permettent au formateur de déceler, pour une promotion donnée, certaines différences et certaines analogies entre les thèmes. L'ensemble de ces six rubriques, que nous pouvons remplir pour chaque thème de la formation, constitue ce que nous appelons une « carte » du thème.

Pour mieux éclairer le lecteur, voyons, pour ce qui nous concerne, les cartes suivantes que nous obtenons.

entiers	addition	soustract.	multipl.	division
a+b+c0 A+B+C-	a+b+c0 A+B+C+	a+b+c0 A+B+C-	a+b+c0 A+B+C+	a-b+c+ A+B+C0

fonction	non ent.	géomét.	grandeur
a-b-c+ A-B+C-	a-b-c+ A+B-C-	a-b-c+ A-B-C-	a-b-c+ A-B-C-

Tableau 2

Explicitons la signification des exposants +, -, 0.

Pour les petites lettres **a**²⁸, **b** et **c**,

–**a**+ signifie que les étudiants ont une bonne connaissance outil a priori du thème (du point de vue du formateur); **a**- qu'ils ont de sévères lacunes mathématiques sur ce thème;

–**b**+ veut dire que les étudiants pensent qu'ils connaissent suffisamment le thème; **b**- qu'ils sont conscients de leurs lacunes sur le thème en question;

–**c**+ suppose que les étudiants ont un désir particulier d'entendre des mathématiques sur ce thème; **c0** qu'ils n'en ont pas spécifiquement envie (nous avons préféré le codage **c0** à **c**- car ils n'expriment pas un manque d'envie)

Pour les grandes lettres,

–**A**+ signifie que le thème est considéré comme important à l'école, **A**- qu'il peut, à la limite, être peu traité ou écarté des pratiques des maîtres;

–**B**+ signifie qu'il existe, selon le point de vue des formateurs, des écrits de référence (manuels scolaires, livres du maître, écrits pédagogiques) lisibles par les étudiants (c'est-à-dire dont le formateur aura préparé la lecture) en conformité avec l'idée que le formateur se fait de l'enseignement à l'école élémentaire; **B**- qu'il n'existe pas (encore) de tels ouvrages;

–**C**+: le formateur estime que le thème est correctement traité dans son académie (d'après des visites, formation continue,...); **C**-: qu'un gros effort de formation est à faire pour changer les pratiques du terrain; on remarquera aussi un **C0** pour la division: en effet pour ce thème, un des premiers qui a donné lieu à des études didactiques, les pratiques commencent à évoluer positivement (selon les conceptions des formateurs que nous sommes), peut-être parce que se conjuguent des propositions adéquates dans presque tous les manuels scolaires récents et les effets d'une formation continue qui a mis pendant quelques années l'accent sur ce thème.

2. Liaisons entre ces cartes et les premières variables pointées

Le croisement des relations thème-stratégie et de ces cartes montre que ces cartes peuvent permettre d'expliquer des différences stratégiques, puisque des regroupements se retrouvent dans les tableaux 1 et 2; en effet les regroupements du tableau 1 correspondent presque intégralement aux regroupements que donnerait un classement par carte **a b c** identique (les trois « parties » du tableau 2).

En l'occurrence, *les thèmes plutôt méconnus des étudiants (ceux qui disposent d'une carte a-b-) sont traités avec des stratégies d' homo-*

28. Rappelons que **a** peut être évalué par un test a priori ou extrapolé par le formateur de ses expériences de formation passées, compte-tenu du profil de ses étudiants. **b** et **c** ont été déduits du questionnaire.

logie ; les thèmes mieux connus (ceux qui disposent d'une carte $a+b+$) sont plutôt traités avec des stratégies de transposition et monstration.

Remarquons que le thème de la *division* garde un statut particulier, il est en effet prétexte à tous les traitements stratégiques. Le thème des *non-entiers* comporte deux parties : d'une part, la partie *nombres décimaux*, relativement connue des étudiants, d'autre part la partie *nombres rationnels* (puis réels) plus méconnue. A ce titre sans doute, le thème *non entiers* relève à la fois des stratégies liées aux thèmes plus connus et de celles liées aux thèmes moins bien connus.

De plus si on lie cela aux remarques sur l'ordre, il semblerait que *les thèmes plus connus sont réservés à la première année de formation.*

3. Hypothèses d'analyse de la composante personnelle du formateur

Ainsi le système de description utilisé nous permet de pointer certaines régularités des pratiques des formateurs. Il ne permet cependant pas de justifier totalement les ordres de présentation choisis pour les différents thèmes mathématiques, ni le choix des stratégies.

Sans aucun doute la composante personnelle du formateur (sa conception de la formation) intervient aussi. Nous avons explicité cette composante personnelle sous forme d'hypothèses sur les « croyances » (Bourdieu 1984) des formateurs, croyances qui ne sont pas strictement personnelles, mais résultent aussi d'habitudes de formations, transmises de formateurs en formateurs. Nous nous proposons de présenter des hypothèses sur les principes de ces croyances, dont la combinaison forgerait les croyances du formateur.

Ces principes pourraient s'appuyer sur certaines positions :

– **position 1** : s'appuyer sur l'ordre chronologique des programmes de mathématiques de l'école ;

– **position 2** : s'appuyer sur la connaissance, par les étudiants, des thèmes mathématiques ;

– **position 3** : décider d'une hiérarchie de stratégies et organiser son plan selon cette hiérarchie de stratégies ;

– **position 4** : s'appuyer sur les outils pédagogiques disponibles ;

– **position 5** : s'appuyer sur l'appréciation des pratiques du terrain sur le thème ;

– **position 6** : choisir des connaissances didactiques ou pédagogiques comme objectifs de formation et illustrer ces connaissances à travers l'étude de thèmes mathématiques (c'est une croyance encore peu partagée).

Chaque position peut donner naissance à un ordre ou à l'ordre inverse : par exemple la position 1 peut amener le formateur à traiter d'abord des notions mathématiques plutôt sous-jacentes aux classes de maternelle et de CP, et à garder pour plus tard celles du cycle III. Inversement il peut choisir de traiter d'abord des notions du cycle III et de garder les mathématiques liées à la maternelle pour la fin de sa programmation.

CONCLUSION

Dans leur état actuel, nos travaux contribuent à une objectivation de la réflexion sur la formation professionnelle des enseignants, dans la mesure où ils constituent les premiers éléments d'un système global de description des pratiques des formateurs. Rappelons que les stratégies présentées ici sont rarement suivies de manière exclusive par les formateurs d'enseignants. Ces derniers structurent leur enseignement en différentes phases dans lesquelles nous pouvons identifier les stratégies de base. Notre typologie permet alors une description plus fine et plus précise de la stratégie globale du formateur.

Notre approche prend aussi en compte les thèmes mathématiques, sans négliger la spécificité des étudiants et les contraintes de la pratique imposées par des moyens budgétaires limités. Ainsi des étudiants novices, non spécialistes de mathématiques, doivent être formés au métier d'enseignant partiel de mathématiques, par groupes de vingt à trente, sans lien ferme avec le terrain.

Les stratégies que nous avons pu mettre en évidence ont toutes certaines limites mais, et c'est sans doute une des raisons de leur existence, présentent aussi des avantages spécifiques liés aux points d'appui qu'elles privilégient. Ce sont également des stratégies contingentes qui s'intègrent dans le cadre dans lequel elles opèrent. Chacune résout un type particulier de difficulté comme les connaissances mathématiques souvent lacunaires des étudiants. Ainsi les stratégies d'homologie seraient plutôt envisagées sur des thèmes que les étudiants connaissent mal et plus répandues pendant la première année de formation.

Notre étude n'a pas de visée prospective et il lui manque, c'est sans doute son défaut principal, le souffle créateur de l'utopie. Notre description n'envisage pas les possibles et ne fait qu'observer les faits de formation effective dans les centres français publics de formation des maîtres du premier degré depuis 1979.

Cependant nous avons vu que les stratégies que nous avons étudiées fournissent des réponses partielles, mais non nécessairement contradictoires entre elles, aux problèmes posés par la formation. A partir de ce constat, il semble donc naturel de rechercher une stratégie d'ensemble. Sur un temps suffisamment long, celle-ci pourrait mettre en réseau les différents leviers de connaissances qui se rapportent à la formation des maîtres et que nous avons pu dégager :

- la connaissance du contexte et du milieu dans lesquels va opérer l'étudiant : cette connaissance lui permet de mieux comprendre les références à la pratique données dans le cadre de la formation ;
- l'action sur les conceptions des enseignants, indispensable pour entraîner une plus grande ouverture pédagogique ;
- les références à un cadre théorique de type didactique.

Cette synthèse doit intégrer le fait qu'une des tâches prioritaires du centre de formation est de préparer en une année des étudiants sans

expérience professionnelle à un concours dont une partie des épreuves présente un caractère professionnel (sans qu'il y ait encore un accord explicite sur ce que seraient les caractéristiques d'une évaluation écrite professionnelle et sectorisée par discipline).

A côté de cette approche globale, il nous semble également important d'approfondir sur un thème donné l'articulation entre les différents savoirs, les différentes pratiques de formation et les pratiques effectives dans les classes élémentaires. Nous avons choisi la géométrie pour étudier les effets sur la formation d'une rupture (Gonseth 1945-55), dans la géométrie élémentaire, entre « expérience » et « déduction »²⁹.

BIBLIOGRAPHIE

- ALTET M. (1994), *La formation professionnelle des enseignants*. Paris : Collection Pédagogie d'aujourd'hui, Editions PUF.
- ARTIGUE M. (1984), *Contribution à l'étude de la reproductibilité des situations didactiques*. Thèse d'état, Université de Paris 7.
- ARTIGUE M., DOUADY R., ROBERT A. (1991), *Formation à l'enseignement des mathématiques. Exemples de pratiques effectives et éléments de réflexion d'un point de vue didactique*. Brochure IREM n°5, Université de Paris 7.
- BOURDIEU P. (1984), *Questions de sociologie*. Paris : Editions de Minuit.
- BRIAND J. (1993), *L'énumération dans le mesurage des collections, un dysfonctionnement de la transposition didactique*. Thèse de doctorat, Bordeaux I.
- BROUSSEAU G. (1987), Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des mathématiques*. Vol 7 (2), Grenoble : La Pensée Sauvage.
- BUTLEN D. (1991), Analyse de protocole en formation des maîtres, page 123 dans *Documents pour la formation des Professeurs d'Ecole en Didactique des Mathématiques*, C.O.P.I.R.E.L.E.M., Cahors 1991.
- CARNAP R. (1966), *Philosophical foundations of modern physics*, New-York. Martin Gardner Ed. Basics Books.
- CHEVALLARD Y. (1985), *La transposition didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- CHEVALLARD Y. (1994), Nouveaux objets, nouveaux problèmes en didactique des mathématiques 313-320 in *Actes de Vingt Ans de Didactique des Mathématiques en France*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- CHEVALLIER D. (1991), *Savoir-faire et pouvoir transmettre*. Paris : Editions de la Maison des sciences de l'homme.
- COLOMB J. dir. (1992), *Recherches en didactiques : contribution à la formation des maîtres*. Paris : INRP.

29. Voir notre article dans les Actes du colloque de Montpellier (mai 1996) « Faut-il continuer à enseigner la géométrie aux futurs professeurs d'école ? » à paraître.

- CONNE F. (1992), Savoir et connaissances dans la perspective de la transposition didactique. *Recherches en Didactique des mathématiques*. Vol. 12 (2-3), Grenoble: La Pensée Sauvage.
- COPIRELEM *Actes des colloques annuels* depuis celui de Bombannes (1979): Clermont (1980), Le Touquet (1981), Blois (1982), Antibes (1983), Guebwiller (1984), Guéret-Quimper (1985/86), Angers (1987), Rouen (1988), Bordeaux (1989), Paris (1990), Nice-Besançon (1991/92), Aussois (1993).
- COPIRELEM (Cahors 1991), *Documents pour la formation des professeurs d'école en didactique des mathématiques*. I.R.E.M. de Paris 7.
- COPIRELEM (Colmar 1993), *Documents pour la formation des professeurs d'école en didactique des mathématiques*. I.R.E.M. de Paris 7.
- COPIRELEM (Pau 1992), *Documents pour la formation des professeurs d'école en didactique des mathématiques*. I.R.E.M. de Bordeaux.
- DELBOS G., JORION P. (1984), *La transmission des savoirs*. Paris: Editions de la Maison des sciences de l'homme.
- DOUADY R., ROBERT A. (1991), *Exemples de différentes stratégies de formation*. Document de travail pour la formation des enseignants n°5, Université de Paris 7.
- ERMEL (1977-1982), *Apprentissages mathématiques à l'école élémentaire*. 5 tomes, du CP au CM2, Paris: Hatier.
- GONSETH F. (1945-1955), *La géométrie et le problème de l'espace*, Lausanne. Ed du Griffon.
- HOUEMENT C., KUZNIAK A. (1986), *Analyse didactique d'un stage en responsabilité dans un CEI*. DEA Université de Paris 7, IUFM de Rouen.
- HOUEMENT C., KUZNIAK A. (à paraître), Faut-il continuer à enseigner la géométrie aux futurs professeurs d'école? in *Actes du colloque COPIRELEM de Montpellier* (mai 1996).
- HOUEMENT C., PELTIER M.L., La boîte du pâtissier in *COPIRELEM Cahors 1991*, IREM Paris 7
- HOUEMENT C. (1995), *Projet de formation des maîtres du premier degré en mathématiques: programmation et stratégies*. Thèse de doctorat, Université de Paris 7.
- KUZNIAK A. (1994), *Etude des stratégies de formation en mathématiques utilisées par les formateurs de maîtres du premier degré*. Thèse de doctorat, Université de Paris 7.
- MALGLAIVE G. (1990), *Enseigner à des adultes*. Paris: PUF.
- PAQUAY L. (1993), Vers un référentiel des compétences professionnelles. *Recherche et formation* n°15, Paris: INRP.
- PÉAULT H. (1988), La division en formation initiale 86-93 in *Actes du colloque inter-I.R.E.M. des P.E.N*, IREM de Rouen.
- PERRENOUD P. (1994), *La formation des enseignants. Entre théorie et pratique*. Paris: L'Harmattan.
- PÉZARD M. (1985), *Une expérience d'enseignement de la proportionnalité aux élèves-instituteurs*. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Paris 7.
- POPPER K. (1972), *Objective Knowledge*. Clarendon Press.
- PORTUGAIS J. (1995), *Didactique des mathématiques et formation des enseignants*. Genève: Peter Lang.
- POSTIC, DE KETELE (1988), *Observer les situations éducatives*. Paris: PUF.

- ROBERT A. (1992), Projets longs et ingénieries pour l'enseignement universitaire. Questions de problématique et de méthodologie. *Recherches en Didactique des mathématiques*, Vol. 12 (3), Grenoble: La Pensée Sauvage.
- ROBERT A. (mai 1994), *Essai de synthèse depuis 1992 sur les modules communs en mathématiques à l'I.U.F.M. de Versailles*. Document de travail.
- ROBERT A. (mars 1995), *Professeurs de mathématiques de collège et de lycée: formation professionnelle initiale, ou comment désaltérer qui n'a pas soif?* Document de travail pour la formation des enseignants n°14, IREM de Paris 7.
- ROBERT A. (février 1996), *Une approche de la formation professionnelle initiale des futurs enseignants de lycée et de collège en mathématiques. Un essai de didactique professionnelle*. Cahier DIDIREM, IREM de Paris 7.
- TOCHON F.V. (1993), *L'enseignant expert*. Paris: Nathan (Pédagogie).
- TROUSSON A. (1992), *De l'artisan à l'expert. La formation des enseignants en question*. Paris: CNDP, Hachette.
- WATKINS J. (1984), *Science and Scepticism*, Princeton University Press.