



Quels enjeux pour la formation de formateurs en mathématiques des enseignants de l'école primaire en France ?

Catherine TAVEAU, membre de la COPIRELEM (Commission permanente des IREM pour l'Enseignement Élémentaire)

Résumé : Cet article, après avoir rapidement présenté la spécificité de la formation en mathématiques des enseignants du primaire en France, présente des modalités de formation de formateurs que la COPIRELEM organise depuis de nombreuses années : une situation de formation sur les savoirs mathématiques et didactiques, une situation d'homologie qui caractérise cette formation de formateurs. La planification de séminaires de formation est aussi abordée ainsi que la nécessité d'effectuer des recherches sur l'impact de ces formations. En effet, alors que de nombreuses recherches sur la formation des enseignants existent, il y en a peu qui traitent des pratiques effectives des formateurs, ni de leurs retombées éventuelles sur les pratiques des enseignants du primaire.

Introduction

A la fin des années 1960, les réformes de l'enseignement des mathématiques pour le secondaire et le primaire ont conduit le ministère à fonder les IREM, Instituts de Recherche pour l'Enseignement des Mathématiques, impliquant des universitaires (mathématiciens mais aussi psychologues), des inspecteurs et des enseignants du premier et second degrés. Une commission (qui deviendra la COPIRELEM) est créée en 1975 par Guy Brousseau et s'intéresse alors à l'enseignement des mathématiques à l'école primaire.

Depuis plus d'une vingtaine d'années, cette commission s'occupe de la formation en mathématiques des enseignants du premier degré et plus particulièrement de la formation de formateurs qu'elle met en œuvre dans le cadre de séminaires et de colloques annuels.

La question que nous allons essayer de développer dans cet article s'articule autour de la nature et de l'efficacité de cette formation de formateurs avec ses retombées effectives sur la formation des enseignants de l'école primaire en France.

Notons ici que dès que nous utiliserons le mot « formateurs » il s'agira toujours de « formateurs en mathématiques d'enseignants de l'école primaire ».

1) L'hétérogénéité des étudiants face à la diversité des formateurs

Les étudiants qui souhaitent se destiner au professorat des écoles sont généralement peu compétents en mathématiques. Leur cursus universitaire est plutôt soit littéraire, soit sciences humaines. Très peu ont fait des mathématiques après le baccalauréat et beaucoup restent marqués par un sentiment d'échec dans cette discipline, voire un souvenir très douloureux de leurs cours de mathématiques.

Les savoirs mathématiques nécessaires pour ces étudiants sont de deux ordres. Il s'agit à la fois de l'acquisition des notions mathématiques qui seront enseignées à l'école primaire et dont les étudiants doivent avoir une parfaite maîtrise. Il s'agit aussi d'acquérir une compréhension des processus

d'apprentissage de ces notions par des connaissances didactiques et épistémologiques.

La communauté de formateurs en IUFM (Institut Universitaire de Formation des Maîtres), n'est pas elle-même homogène car constituée d'une grande diversité d'enseignants. En effet, certains sont des enseignants de mathématiques issus de l'enseignement secondaire (élèves de 11 à 18 ans), d'autres sont des chercheurs en mathématiques, d'autres encore en didactique ou en histoire des mathématiques. Certains ont une longue expérience de la formation et de l'innovation pédagogique, d'autres ignorent quasiment le monde du primaire et/ou du secondaire, d'autres encore n'ont jamais entendu parler de didactique des mathématiques.

Il apparaît que l'éventail de l'investissement dans la formation est vaste entre ceux qui passent une partie de leur temps dans les classes et d'autres qui restent dans leur équipe de recherche.

Cette diversité pèse sur le choix des savoirs enseignés en formation ainsi que sur les pratiques mises en oeuvre.

Le défi de la COPIRELEM est alors de fournir des éléments de formation pertinents à cette diversité de formateurs pour les aider à enseigner à cette diversité d'étudiants.

2) Les savoirs mis en jeu dans la formation en mathématiques des enseignants

Un formateur de mathématiques en IUFM doit être capable de développer de multiples compétences et particulièrement les trois suivantes :

- Il doit préparer des étudiants, dont nous avons décrit précédemment le profil, à passer le concours de recrutement. En France, les épreuves du concours¹ du professorat de l'école intègrent deux types de savoirs : *des savoirs académiques et des savoirs didactiques*. Les candidats doivent être capables de résoudre des problèmes mathématiques, de façons diverses et variées. Ils doivent également être capables d'analyser une production d'élèves, d'y déceler les origines probables d'erreurs et d'apporter des aides didactiques possibles.

- Il doit aussi enseigner aux stagiaires (lauréats du concours), dans le cadre d'une formation professionnelle en alternance, les contenus mathématiques de l'école primaire en les articulant avec une démarche d'enseignement. Les connaissances didactiques des professeurs des écoles sont alors éprouvées en situation de classe et, de fait, prennent tout leur intérêt. Alors qu'au cours de l'année de préparation au concours, les savoirs didactiques étaient décrits de façon plutôt académique, ils deviennent des outils pour l'analyse des situations d'enseignement.

- Il doit aussi, dans le cadre de la formation continue, permettre l'amélioration de l'enseignement des mathématiques dans les écoles primaires et donc aider les enseignants titulaires des classes à modifier leurs démarches d'apprentissage.

¹ Descriptif des épreuves du concours en annexe 2

Ces compétences font donc appel à la connaissance à la fois de savoirs mathématiques enseignés, de savoirs didactiques et aussi de savoirs pédagogiques.

La formation de formateurs, proposée par la COPIRELEM, prend en compte ces différents aspects de la fonction afin d'armer au mieux chaque nouveau formateur recruté en IUFM. La préoccupation est alors de savoir **quelle formation efficace**, aussi bien dans les contenus mathématiques que dans les démarches utilisées, peut permettre à ces nouveaux formateurs d'enseigner dans les IUFM sur des bases proches des valeurs épistémologiques et didactiques que la commission a promues tout au long de son histoire, enrichies par les expériences accumulées depuis de nombreuses années.

Pour beaucoup de formateurs, les savoirs mathématiques enseignés à l'école primaire n'ont jamais été objet d'enseignement. En effet un enseignant du secondaire ou un chercheur en mathématiques ne se préoccupe pas de l'enseignement de la « soustraction » par exemple. En revanche, il devra être capable d'aborder cet enseignement en formation avec ses étudiants. De même, l'enseignement de savoirs géométriques à l'école primaire est bien éloigné de la représentation que les formateurs du secondaire peuvent en avoir.

D'autre part, un formateur devra être capable de redonner confiance à une grande partie des étudiants en leur permettant d'envisager les mathématiques autrement. Les contenus des épreuves du concours conditionnent effectivement la formation en mathématiques des étudiants. Les savoirs mathématiques, déjà abordés dans leur scolarité antérieure, sont revisités alors avec une dimension professionnalisante. Ainsi l'articulation *savoirs académiques/savoirs didactiques* permet de redonner une vie à des notions mathématiques qui étaient dépourvues de sens. D'autre part, la formation doit favoriser chez les étudiants une réorganisation de ces savoirs en les articulant entre eux et surtout en évitant un émiettement trop souvent rencontré dans l'enseignement secondaire.

Pour la COPIRELEM, le questionnement est donc de rechercher comment, en formation de formateurs, aborder cette double difficulté : faire revisiter des contenus mathématiques avec une démarche innovante face au public étudiant mais aussi introduire des notions de didactiques nécessaires à la compréhension des phénomènes d'enseignement dans une classe.

Une situation de formation sur la modélisation : les poignées de main

Pour entrer plus précisément dans les savoirs mis en avant dans la formation, voici la description d'une situation appelée « *les poignées de main* ». Le savoir mathématique mis en jeu n'est ici pas nécessairement un savoir à reproduire dans les classes, puisque la situation traite un thème aussi difficile que celui de la modélisation à partir de la résolution de problèmes. Il s'agit plutôt d'une action didactique tournée vers une autre représentation de ce que sont les mathématiques.

Lors de la formation de formateurs, nous (M. Jaffrot - C.Taveau- 2006) choisissons de présenter aux participants cette situation afin de recueillir leur critique sur la pertinence de cette proposition, et de leur faire analyser le travail

du formateur. Le débat est toujours assez vif car nous dévoilons notre conception de la formation en mathématiques qui ne fait pas toujours, loin de là, l'unanimité.

Nous expliquons que cette situation est la première séance d'accueil d'un nouveau groupe d'étudiants et que nous allons la décrire aux participants. Ceux-ci auront alors à faire une analyse a priori du travail des étudiants, puis à partir de la présentation d'affiches réalisées par nos étudiants, ils auront à construire une mise en commun et une institutionnalisation des savoirs mathématiques en jeu.

En synthèse de cette activité avec les formateurs, nous présentons nos objectifs de formation lorsque nous faisons vivre cette situation à nos étudiants.

- La gestion du groupe classe épouse une série d'étapes qui peuvent être analysées grâce à la théorie des situations didactiques de Brousseau, avec des phases d'action, de formulation et ensuite de validation.
- Nous proposons aussi des modalités de gestion de la classe (travail de groupes, affichage, synthèse) peu communes en cours de mathématiques pour les étudiants et que nous utiliserons de nouveau dans nos cours.
- D'autre part, dans ce problème les étudiants créent des représentations très variées de la situation comme des graphes, des tableaux cartésiens, des dessins ou des formules algébriques. Il y a plusieurs façons de modéliser le problème et de le résoudre : ce point est également un des axes de la formation qui tente de rompre avec l'idée que seule une solution formelle (et unique) peut convenir pour résoudre un problème.

Rapide description de la situation :

Le professeur invite les étudiants, séparés en deux groupes qui ne se connaissent pas encore, à se serrer la main et à lui serrer la main, puis il leur donne une consigne formulée en plusieurs temps et qui porte sur le dénombrement des poignées de main.

Le professeur annonce qu'il va poser une question mathématique, qu'il y aura d'abord un moment de travail individuel, puis par groupes, avec une production d'affiches qui seront observées et questionnées.

Pendant la phase individuelle, d'une durée de 5 à 10 minutes, chacun cherche :

- *combien de poignées de main ont été échangées dans le groupe (une moitié de classe) ;*
- *combien pour la salle entière (une variante intéressante consiste à envisager le double de personnes) ;*
- *combien si tous les étudiants de l'établissement avaient été concernés ;*
- *et peut-on aussi le savoir quel que soit le nombre de personnes dans le groupe ?*

L'activité se poursuit ensuite par groupes de quatre pendant au moins 30 minutes. Dans cette phase, il y a notamment :

- *des échanges, une confrontation, et éventuellement la poursuite de la recherche ;*

- la réalisation d'une affiche sur la ou les façons de résoudre le problème par le groupe, cette affiche devant permettre aux lecteurs de comprendre comment le groupe a trouvé.

Puis vient le temps de l'affichage simultané de toutes les affiches avec du « lèche affiches » où chacun peut se lever et lire les affiches pour préparer d'éventuelles questions et demandes d'explicitations. Chaque groupe peut également présenter sa production

Enfin, arrive un temps de discussion entre les étudiants avec des questions éventuelles, la liste des différentes procédures, les accords, les désaccords. La validation est gérée par les étudiants eux-mêmes. Le professeur ne valide rien à ce moment là. Il laisse débattre, il organise la classe en favorisant les explications des réponses et des formules trouvées et aussi la lisibilité par "n'importe qui" de ces réponses.

La séance se conclut par la validation par le professeur et par l'apport d'éventuels compléments mathématiques. Dans ce cas, le savoir institutionnalisé par le professeur porte sur la formule qui permet de résoudre cette classe de problèmes de dénombrement.

Il est intéressant de constater que les formateurs ont d'une part beaucoup de difficultés à envisager une analyse a priori des productions des étudiants et d'autre part à élaborer une mise en commun et une synthèse, lorsqu'ils découvrent une dizaine d'affiches réellement réalisées par un groupe d'étudiants. Or c'est exactement ce type de tâches qu'ils devront enseigner à leurs professeurs d'école stagiaires lors de la formation qu'ils dispenseront en mathématiques.

Cela nous permet de mettre à jour une homologie dans les difficultés rencontrées concernant des savoirs didactiques et pédagogiques entre les formateurs et les enseignants (débutants ou plus chevronnés) qu'ils ont à former.

On pourrait penser que ces difficultés n'apparaissent pas lorsqu'il s'agit de savoirs mathématiques. En effet tous les formateurs résolvent immédiatement les problèmes mathématiques posés mais souvent avec une méthode prototypique.

Or la situation des « poignées de main » déstabilise fortement les formateurs, à la fois dans la gestion des contenus mathématiques mis en jeu, mais aussi dans la démarche mise en œuvre qui, toutes deux, sont fortement éloignés de leurs représentations du métier. Comment peuvent-ils alors s'approprier ce que nous souhaitons transmettre, sur des temps courts de formation de formateurs ? Que peut devenir la transposition qu'ils effectueront avec un groupe d'étudiants s'ils choisissent de présenter cette situation ? Quelle dénaturation didactique possible de cette situation ?

Ces questions font partie des préoccupations de la commission, chaque fois qu'elle construit des séminaires de formations de formateurs. Ainsi, le choix des notions proposées, soit mathématiques, soit didactiques est longuement réfléchi et discuté.

3) Les stratégies d'homologie : pratiques développées en formation et transposées à la formation de formateurs

En tant que formateurs, les membres de la COPIRELEM ont globalement développé des stratégies d'homologie (Kuzniak 1994) avec leurs étudiants. Ces stratégies sont caractérisées par le fait que, sur un temps court, le formateur

tente d'apporter simultanément aux étudiants des compléments mathématiques et didactiques. Pour cela, il met en scène une situation d'enseignement des mathématiques, par exemple, sur la division, qu'il développe d'une manière conforme à sa conception de l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire. Les étudiants sont mis dans une situation de résolution de problèmes qui défait leurs automatismes du calcul et leur permet de percevoir les opérations en jeu dans la division. La résolution terminée, le formateur analyse avec les étudiants la situation d'un point de vue didactique, sans oublier le travail de la transposition didactique pour la classe. Le formateur compte ainsi qu'une fois devenus professeurs d'école, les stagiaires utiliseront certaines de ces situations en les adaptant au niveau de leurs élèves ou verront l'intérêt de tels détours s'ils sont proposés par les manuels. De nombreux exemples de ce type de situations sont analysés dans l'ouvrage *Concertum* édité par la COPIRELEM (2003).

La commission a choisi d'utiliser également ces stratégies d'homologie en formation de formateurs pour aborder la double difficulté d'articuler, au cours d'une formation, savoirs didactiques, savoirs pédagogiques et savoirs mathématiques enseignés à l'école primaire.

Comme avec les étudiants, cette démarche de formation mobilise et motive beaucoup les formateurs. Ils découvrent une autre approche de notions mathématiques, bien connues et maîtrisées par eux, mais pas disponibles pour une transposition dans un enseignement destiné à des élèves de l'école primaire.

Voici un exemple d'une situation de formation par homologie, intitulée « *aire de formation* » (C.Houdement - ML.Peltier 2001), proposé dans le cadre d'un séminaire de la COPIRELEM.

L'atelier, proposé dans la formation de formateurs, présente une stratégie de formation pour les professeurs d'école, conçue pour être homologue à une stratégie préconisée pour les élèves (mise en activité des élèves, puis mise en commun et synthèse suivie d'une institutionnalisation). Cette présentation a été elle-même faite selon une stratégie d'homologie, cette fois-ci en direction des formateurs participant à l'atelier. La synthèse pour les formateurs permet d'éclairer des concepts didactiques tels que : phase didactique et a-didactique, dialectique outil-objet.

Le déroulement de l'atelier est découpé en trois parties.

Première phase (I et II)

Les participants jouent le jeu des étudiants : individus en activité sur une consigne du formateur, se livrant ensuite à une analyse guidée par le formateur sur les savoirs mathématiques, didactiques et pédagogiques en jeu.

Consigne : « *A partir de feuilles de bontin A4, partagez une feuille en deux parties exactement superposables sans perte et sans recollage ; trouvez le maximum de partages différents* ».

La conclusion unanime est alors « *la ligne de partage doit être invariante par symétrie centrale de centre le centre du rectangle, passer par ce centre, ne contenir aucun point double, et partir d'un bord du rectangle* ».

L'analyse qui suit permettra d'aborder les concepts de : la notion de problème, situation didactique, a-didactique, phase de formulation, phase d'action, le rôle de l'erreur.

Deuxième phase (III et IV)

Les participants se livrent à une analyse critique de cette séance de formation, en pointant avantages et inconvénients, difficultés éventuelles de mise en œuvre.

Troisième phase

Deux films relatant deux séances effectives de formation avec des étudiants selon le scénario décrit ont été mis à disposition des participants.

La discussion avec les formateurs au sein de cet atelier fait émerger certaines inquiétudes auxquelles les réponses suivantes sont proposées :

- *Il existe plusieurs stratégies possibles de formation, à vous de trouver un dynamisme positive.*
- *Un « bachotage » systématique n'est à notre avis pas souhaitable pour ces étudiants qui passent un concours. Un des objectifs essentiels de la formation est aussi de transformer le rapport au savoir mathématique de beaucoup d'étudiants.*
- *Ce type d'activités alterne avec des entraînements sur des épreuves de concours (mais hors classe) ; de nombreux étudiants prennent ainsi conscience, en classe, de leurs capacités à résoudre des problèmes.*

Nous souhaitons présenter une alternative à l'entraînement systématique aux épreuves de concours pratiqué naturellement par de nombreux formateurs. Sans en être sûrs, nous espérons que ce type de situations permette de modifier ces pratiques. Si les étudiants souffrent d'un déficit de connaissances mathématiques dans certains domaines, il est certes important de le combler, mais une réorganisation des connaissances et une mise en réseau sont nécessaires.

D'autre part, nous pensons que la compréhension des concepts didactiques ne peut se suffire d'un exposé ex cathedra. Il est ainsi possible de profiter de la demande en notions mathématiques de la part des étudiants pour leur faire apprécier, via des situations particulièrement bien construites, les progrès réalisés en didactique des mathématiques.

Il est important de préciser que chaque situation de formation proposée est le fruit d'une recherche en didactique des mathématiques, recherche individuelle ou collective des membres de la commission. Sollicités par la COPIRELEM pour décrire, analyser ces situations de formation pour les publier, beaucoup d'entre nous sont entrés dans un processus de recherches qui a abouti à un travail de thèses en didactiques des mathématiques concernant l'enseignement des mathématiques à l'école primaire.

Une partie des publications de la COPIRELEM, regroupés dans la collection « Les cahiers du formateurs », est le résultat des recherches de la commission depuis une dizaine d'années. Les thèmes qui y sont abordés reprennent les contenus des formations de formateurs que la commission a réalisées. Ces publications constituent une référence possible pour les formateurs exerçant dans les IUFM.

4) Vers une planification d'une formation de formateurs sur un temps court

La COPIRELEM organise sur un temps court des formations de formateurs cohérentes sous la forme de séminaire en essayant de prendre en compte la multiplicité des tâches d'un formateur en mathématiques d'enseignants de l'école primaire. Les dispositifs pédagogiques utilisés regroupent :

- **Des ateliers** de 3 heures, pendant lesquels tous les participants travaillent, soit sur un thème mathématique enseigné à l'école primaire (liant savoir mathématique et savoir didactique), soit sur de l'analyse de pratique professionnelle (liée à l'enseignement des mathématiques dans une classe de l'école primaire).
- **Des communications** d'1 heure suivies d'un débat sur la présentation de situation de formation.
- **Des conférences** de 2 heures qui permettent de présenter des apports théoriques en didactique des mathématiques.

Voici, par exemple, le plan du séminaire de formation des nouveaux formateurs à Nancy (2001).

Quatre ateliers de travail de 3 heures

Atelier A : Points de vue croisés sur l'approche de la géométrie en formation initiale.

Atelier B : Analyse didactique d'une situation d'enseignement : « le verre d'eau » (*situation de non proportionnalité*).

Atelier C : Aire de formation (*situation d'homologie pour aborder la notion d'aire et réactiver la notion de symétrie centrale*).

Atelier D : Analyse d'un entretien à la suite d'une visite de stagiaire dans une classe (*analyse de pratique professionnelle sur une séance d'enseignement en mathématiques*).

Deux contributions d'une heure suivies d'un débat

Contribution 1 : Approches de la division à plusieurs voix.

Contribution 2 : Évaluation nationales en CE2 (élève de 7 à 8 ans) et en 6^e (élèves de 11 à 12 ans) : rupture et continuité en géométrie – Exemples de stages en Formation Continue.

Une conférence d'une heure et demie

Quelques explicitations didactiques

5) Des questions en suspens

Alors que de nombreuses recherches ont eu lieu concernant les effets de la formation des enseignants du primaire (Butlen, Masselot, Pezzard, Vergnes), très peu se sont intéressés à la formation de formateurs en évaluant notamment sa portée.

En effet, si la COPIRELEM a élaboré de très nombreuses situations de formation² pour la formation des enseignants de l'école primaire, il y a peu d'études sur la mise en place par les nouveaux formateurs de ces situations et leurs effets éventuels sur la formation des étudiants.

Ce point d'étude est délicat car il interroge, éventuellement de manière critique, les pratiques des formateurs souvent calquées sur des pratiques d'enseignants du second degré ou de l'université.

D'autre part, depuis plusieurs années, l'investissement dans la formation des nouveaux formateurs semble moindre pour diverses raisons : travail en service partagé, enseignants –chercheurs en mathématiques pures sans vocation à la didactique, pas de facilité de décharges horaires pour se former.

Or il nous semble que la formation de formateurs est un levier essentiel pour que ces nouveaux formateurs prennent conscience qu'enseigner à l'IUFM c'est aussi enseigner autrement que dans des classes du secondaire ou qu'à des étudiants de l'université, c'est aussi modifier sa posture.

² Voir Concertum

ANNEXE 1 : présentation de la COPIRELEM

La COPIRELEM, Commission Permanente des IREM sur l'Enseignement Élémentaire a été créée en 1975. Elle regroupe une vingtaine de représentants des différents IREM qui s'intéressent à l'enseignement élémentaire. La plupart de ses membres sont des enseignants en IUFM chargés de la formation mathématique des professeurs d'école. Plusieurs sont engagés dans des recherches en didactiques des mathématiques.

La commission se réunit pendant une à deux journées quatre fois par an. Actuellement elle regroupe des représentants de 16 académies.

Les activités de la COPIRELEM

La COPIRELEM s'intéresse à la fois aux recherches sur l'enseignement des mathématiques à l'école primaire (enfants de 2 à 12 ans) et à la formation des professeurs d'école.

Elle participe à la diffusion des recherches en didactique des mathématiques, en France et à l'étranger, auprès des formateurs de professeurs, notamment lors des colloques annuels qu'elle organise depuis 1975. Chaque colloque regroupe entre 120 et 180 personnes ; les conférences plénières, les exposés des communications et les travaux des ateliers sont régulièrement consignés dans les Actes du colloque.

Elle a contribué, grâce à une collaboration avec la Direction des Ecoles, à enrichir la bibliothèque de formation en organisant, tous les ans de 1990 à 1997, avec 35 participants et pendant une semaine, un travail d'élaboration de documents pour la formation initiale et continuée des professeurs d'école en didactique des mathématiques.

Elle organise, chaque année depuis 1997, un séminaire de formation destiné aux nouveaux formateurs de mathématiques en IUFM. Chaque séminaire donne lieu à la publication d'un numéro de la collection « Les cahiers du formateurs » destinés aux formateurs de mathématiques en IUFM.

Elle produit des textes d'orientation (sur la demande du Ministère, d'autres commissions IREM, d'IUFM, etc.) sur des sujets en liaison soit avec des thèmes mathématiques de la scolarité obligatoire (les décimaux, la géométrie de l'école au collège, etc.), soit avec l'organisation de la formation des professeurs d'école (concours de recrutement, contenus de formation, etc.).

Elle participe à la rédaction de documents sur des thèmes mathématiques communs à l'école et au collège avec la Commission Premier Cycle des IREM.

La COPIRELEM a été une force de proposition, auprès du ministère, concernant le contenu du programme national pour le concours des professeurs de l'école ainsi que pour l'élaboration des sujets nationaux. Elle publie également des annales corrigées des épreuves du concours.

D'autre part, elle a aussi participé à l'élaboration des nouveaux programmes (2002) de mathématiques pour l'école primaire ainsi qu'aux documents d'application et aux documents d'accompagnement de ces programmes.

Quels enjeux pour la formation de formateurs en mathématiques des enseignants de l'école primaire en France ?

Catherine TAVEAU, membre de la COPIRELEM (Commission permanente des IREM pour l'Enseignement Élémentaire)

Les colloques de la commission

Ces Colloques sont ouverts à tous les formateurs des IUFM et des IREM, aux Inspecteurs et leurs conseillers pédagogiques et autres acteurs qui participent à la formation en Mathématiques des Professeurs des écoles.

Parmi ces participants, certains ont une longue expérience de la formation professionnelle des professeurs des écoles (voire des professeurs des Lycées et Collèges), plusieurs prennent part régulièrement à des universités d'été concernant la didactique des mathématiques, plusieurs ont déjà ou sont engagés dans des DEA, des thèses de didactique ou d'autres travaux de recherche. Le colloque accueille aussi, bien sûr, de nouveaux formateurs moins expérimentés.

Annexe 2 : **Programme et contenus du concours du professorat des écoles**

Epreuve écrite de mathématiques

(note de service du ministère de l'Éducation Nationale 2008)

Le candidat doit résoudre trois ou quatre exercices, puis répondre à une ou deux questions complémentaires sur la mise en oeuvre en situation d'enseignement d'une ou plusieurs notions abordées dans l'énoncé.

Durée de l'épreuve : 3 heures ; coefficient : 3 (sur un total de 14)

L'épreuve est notée sur 20 : 12 points sont attribués à la résolution des exercices et 8 points aux questions complémentaires. Toute note égale ou inférieure à 5 sur 20 à l'épreuve d'admissibilité écrite de mathématiques est éliminatoire.

Programme de l'épreuve

Les candidats doivent maîtriser les notions permettant d'enseigner les programmes de l'école primaire et en ce sens celles inscrites au programme du concours sur lesquelles prendront appui les épreuves. La lecture des documents d'accompagnement et d'application des programmes est conseillée aux candidats.

Programme :

- le nombre et les nombres (entiers, décimaux, rationnels, réels) et les relations entre diverses représentations (fractionnaire, décimale, scientifique).
- opérations sur les nombres.
- représentations des relations entre les nombres : égalité, ordre, approximation.
- notions de proportionnalité (fonction linéaire).
- mesures (longueur, masse, durée, vitesse, aire, volume) en relation avec les sciences expérimentales.
- éléments simples de géométrie plane (droite, angles, figures classiques et propriétés principales, symétries, homothéties, rotations) et de géométrie dans l'espace (quelques solides usuels et propriétés principales).
- éléments sur l'utilisation des calculatrices électroniques et d'outils informatiques simples (tableurs).
- représentation et interprétation simple de données (tableaux, diagrammes, graphiques).

Note de commentaires

La présente note de commentaires vise à apporter des précisions sur les objectifs et les modalités d'évaluation des différentes épreuves ainsi que sur certaines modalités d'organisation.

L'épreuve permet de mettre en évidence chez le candidat, d'une part, la maîtrise des savoirs disciplinaires nécessaires à l'enseignement des mathématiques à l'école primaire et la qualité du raisonnement logique, ainsi que l'aptitude à utiliser les outils mathématiques, à interpréter des résultats dans les domaines numérique et géométrique et à formuler avec rigueur sa pensée par différents modes d'expression et de représentation, d'autre part, la connaissance des objectifs, des programmes et des principaux documents d'accompagnement de l'enseignement des mathématiques à l'école primaire, ainsi qu'une bonne aptitude à les mettre en relation avec la pratique de la classe.

Quels enjeux pour la formation de formateurs en mathématiques des enseignants de l'école primaire en France ?

Catherine TAVEAU, membre de la COPIRELEM (Commission permanente des IREM pour l'Enseignement Élémentaire)

Les questions complémentaires trouvent obligatoirement leur origine dans les exercices proposés. Elles peuvent porter sur :

- la place et le niveau de traitement d'une notion dans les programmes en vigueur pour l'enseignement du premier degré ;
- la conception et la mise en oeuvre d'une séquence d'apprentissage ;
- l'identification de sources possibles d'erreurs repérées dans des travaux d'élèves ;
- des scénarios possibles pour des séances faisant appel aux T.I.C.E.

Annexe 3

Proposition de texte, définissant les principes et les contenus de la formation initiale en mathématiques des futurs professeurs d'école,

réalisée par la COPIRELEM, en mars 1994.

PRINCIPES, OBJECTIFS ET METHODES.

L'enseignement des mathématiques s'adresse à des étudiants ayant suivi des cursus universitaires variés, donc de niveaux scientifiques divers. Il s'intègre à une formation pluridisciplinaire nécessitée par la polyvalence du métier de professeur d'école.

Cet enseignement est donc résolument orienté vers la préparation professionnelle, ce qui implique à la fois un approfondissement de certaines des connaissances mathématiques que les professeurs d'école auront à enseigner et un corps de connaissances particulières, de nature plus didactique et épistémologique.

Les contenus s'appuient sur l'étude des concepts mathématiques permettant une bonne compréhension des notions à enseigner dans le premier degré, en rapport avec les situations d'apprentissage.

Ces concepts sont vus à travers des études de phénomènes d'enseignement, des approfondissements mathématiques, des analyses historiques et épistémologiques, éclairés par des outils de la didactique.

L'enseignement se structure autour d'activités telles que :

- résolution de problèmes ;
- observations de classes et d'élèves, en situation de travail mathématique ;
- exercices de préparation, de conduite et d'analyse de séances, en liaison avec des maîtres-formateurs ;
- analyses de supports pédagogiques (manuels, fichiers, logiciels, didacticiels, jeux éducatifs, matériels, moyens audiovisuels, instruments d'évaluation,...),
- études de textes extraits de revues pédagogiques et de comptes rendus de recherches,
- analyses d'exercices et de réponses d'élèves,
- et bien sûr nombreux exercices mathématiques.

CONTENUS DE FORMATION

- La construction du nombre et des opérations arithmétiques

Notions mathématiques, historiques, épistémologiques nécessaires à cet enseignement sur :

- nombre entier et numération ;
- structures additives ;
- structures multiplicatives.

Analyse et construction de situations d'apprentissage.

Élaboration de procédures de calcul (calcul mental, algorithmes écrits des opérations arithmétiques, utilisation de la calculatrice) : analyse mathématique et didactique.

- Fonctions numériques

Fonctions linéaires, fonctions affines et quelques autres.

Cas de la proportionnalité :

Quels enjeux pour la formation de formateurs en mathématiques des enseignants de l'école primaire en France ?

Catherine TAVEAU, membre de la COPIRELEM (Commission permanente des IREM pour l'Enseignement Élémentaire)

- son enseignement à l'école : un exemple de transposition didactique ;
- différents points de vue : fonctionnel, scalaire, graphique, géométrique (agrandissement, réduction, lien avec le théorème de Thalès).

- **Extension de la notion de nombre entier**

Connaissance des rationnels (et des décimaux). Insuffisance des rationnels : approche des réels, approximation des réels par les décimaux.

Construction de situations d'approche des rationnels à l'école élémentaire.

Exemple d'analyse épistémologique : la construction des décimaux à partir des rationnels ; conséquences possibles pour les choix d'enseignement à l'école.

- **Géométrie**

Connaissances géométriques de base : caractérisations et constructions de figures simples à la règle et au compas (et utilisation d'autres instruments : équerre, gabarit, rapporteur,...), théorèmes de Pythagore et de Thalès, quelques utilisations simples de transformations ponctuelles du plan (isométries et homothéties planes), étude de solides simples, sections et projections planes de solides simples.

Analyse et construction de situations d'apprentissage portant sur :

- la reproduction d'objets du plan ou de l'espace (avec divers matériels et contraintes),
- la description d'objets (pour une utilisation fonctionnelle du vocabulaire)
- la représentation d'un objet de l'espace sur un plan,
- la construction d'objets du plan ou de l'espace (synthèse de la description et de la représentation).

Rapports entre connaissances spatiales et savoirs géométriques.

- **Grandeur, mesure**

Aspects mathématiques, historiques, épistémologiques.

Un exemple de construction d'une grandeur et de construction d'une mesure (aire, longueur, masse,..).

Cas particulier du système métrique. Unités légales et usuelles.

Chaque fois qu'une notion mathématique s'y prête particulièrement, sont abordées les questions de **raisonnement** : argumentation, de preuve, de démonstration.

A propos des thèmes précédents, les différents aspects de la **résolution de problèmes** sont mis en évidence :

- sa place dans la construction des mathématiques (point de vue épistémologique),
- son rôle dans la construction des connaissances (point de vue cognitif),
- ses fonctions dans l'enseignement (point de vue didactique et professionnel).

A l'occasion de situations d'enseignement et à partir d'activités portant sur les thèmes définis ci-dessus, différents **outils de la didactique des mathématiques** sont utilisées et explicitées afin d'aider les étudiants à :

- comprendre ce qui caractérise une situation de référence relative à une notion ou à une famille de notions,

- commencer une analyse a priori, identifier les cadres,
- reconnaître les variables d'une situation et parmi celles-ci les variables didactiques,
- différencier situations d'apprentissage et situations de contrôle,

Quels enjeux pour la formation de formateurs en mathématiques des enseignants de l'école primaire en France ?

Catherine TAVEAU, membre de la COPIRELEM (Commission permanente des IREM pour l'Enseignement Élémentaire)

- identifier différentes phases d'une situation d'apprentissage,
- analyser des procédures d'élèves et des types d'erreurs relativement à un savoir donné (la notion d'obstacle sera traitée à cette occasion).
- repérer certains phénomènes de contrat.

FINALITES DE LA FORMATION

Les finalités de la formation sont :

- rendre les étudiants capables :
 - de construire des situations d'enseignement y compris sur des thèmes non traités en formation,
 - d'intégrer les mathématiques dans un projet global d'enseignement,
 - d'adapter leur enseignement aux différents publics d'élèves (secteurs citadin, rural, de banlieue,...),
 - d'analyser et de prendre en compte des difficultés des élèves et l'hétérogénéité des classes,
- développer une réflexion critique sur les pratiques professionnelles les manuels scolaires et les documents pédagogiques,
- sensibiliser les étudiants à l'intérêt et l'efficacité du travail d'équipe,
- rendre les étudiants
 - curieux des publications récentes et des résultats de recherche,
 - aptes à modifier leurs pratiques en liaison avec les résultats de recherches,
 - sensibles à l'importance et à l'intérêt d'une formation continuée.

REMARQUES :

- Une estimation horaire minimum de la formation en mathématiques des futurs professeurs d'école, raisonnable (mais pouvant être avantageusement dépassée) serait de 150 heures, réparties sur deux ans.
- Les contenus de formation précisés ci-dessus ne pourront sans doute pas être tous étudiés en formation initiale. Les choix sont à la charge de chaque I.U.F.M.
- La formation des enseignants nécessite, pour être efficace, une organisation en groupes d'effectifs limités.
- Si le nombre de candidats à la formation dépasse la capacité d'accueil de l'I.U.F.M., il est souhaitable de soumettre les étudiants à un test d'entrée portant sur des compétences disciplinaires.

Afin d'assurer la cohérence de la formation, il est indispensable de mettre en place des dispositifs institutionnels favorisant la liaison entre les différents acteurs de la formation (enseignants chercheurs, PIUFM, IMF,...). La constitution d'équipes de formation et de recherche pluri-catégorielles enrichit la réflexion et structure la formation.

Quelques Publications récentes de la COPIRELEM (depuis 2 000)

Acte des séminaires nationaux de nouveaux formateurs en IUFM disponibles à Paris VII (7 tomes) : Agen 2000 - Nancy 2001 - Pau 2002 - Draguignan 2004 - Blois 2005 - Istres 2007

- Actes des colloques annuels de la COPIRELEM depuis l'an 2000 : 2000 : « Evolution de l'enseignement des Mathématiques et de la Formation des maîtres »*

Quels enjeux pour la formation de formateurs en mathématiques des enseignants de l'école primaire en France ?

Catherine TAVEAU, membre de la COPIRELEM (Commission permanente des IREM pour l'Enseignement Élémentaire)

- 2001 : « *Elèves en difficultés et mathématiques* »
2002 : « *Nouveaux enjeux de la formation* »
2003 : « *Trente ans d'activités de la COPIRELEM au service de la formation des maîtres : acquis et perspectives* »
2004 : « *Quelles mathématiques faire vivre à l'école ? Quels outils pour les maîtres ?* »
2005 : « *Enseigner les mathématiques en France et ailleurs* »
2006 : « *Expérimentation et modélisation dans l'enseignement scientifique* »
2007 : « *Expérimentation et modélisation dans l'enseignement scientifique* » (suite)
2008 : « *Enseigner les mathématiques où est le problème ?* »
- 2003 : *Concertum* : dix ans de formation des professeurs des écoles en mathématiques, Ed ARPEME (traduit en espagnol en 2006)
 - *Articulation école – collège : des activités géométriques (2001)* COPIRELEM et commission Inter IREM 1^{er} cycle, IREM Paris 7.

Bibliographie

Houdement C., Peltier ML., (2001), *Aire de formation*. Cahier du Formateur n°5, COPIRELEM, Nancy.

Kuzniak A., (1994), *Etude des stratégies de formation en mathématiques utilisées par les formateurs des maîtres du premier degré*, Thèse de doctorat, université Paris 7.

Jaffrot M., Taveau C., (2006), *Situations de formation pour aborder la modélisation de notions mathématiques chez les PE1*, Actes du XXXIII^e colloque de la COPIRELEM, Dourdan.