

formation des maîtres

apport de la recherche en didactique à la formation initiale : une expérience

*par Nicolas Balacheff,
Institut IMAG, Grenoble*

1. Introduction

La reconnaissance du caractère professionnel du métier d'enseignant, souligné encore récemment dans le rapport de André de Peretti, a conduit le département de mathématiques de l'Université de Grenoble I à tenter, depuis une quinzaine d'années, d'introduire une formation à ce métier dès avant les concours de recrutement nationaux, dans le cadre d'une maîtrise es-sciences mathématiques (communément nommée maîtrise d'enseignement). J. Kuntzmann a présenté, il y a quelques années dans ce même Bulletin (n° 293, avril 1974), l'expérience qu'il menait depuis 1969.

Cette expérience d'abord limitée aux mathématiques a connu une extension pluridisciplinaire avec la création d'une U.E.R.* transversale de "Formation des Enseignants du Secondaire". C'est dans ce cadre que de 1978 à 1980 j'ai assuré une unité de formation initiale consacrée à l'approche didactique des problèmes de l'enseignement ; je m'adressais alors à des étudiants de mathématiques et de physique. Une telle tentative était rendue possible par l'existence d'une équipe de recherche en didactique des mathématiques (équipe du laboratoire IMAG) et le soutien de ses travaux.

* Unité d'Enseignement et de Recherche.

Ces efforts ont connu le mauvais sort que l'on sait en 1980 avec la suppression des filières d'enseignement (Maîtrise, Licence).

En 1982, était à nouveau habilitée*, mais pour un an et à titre expérimental, une maîtrise es-sciences mathématiques. Cette maîtrise est actuellement composée de quatre unités indépendantes : deux unités de mathématiques (communes avec la maîtrise dite de recherche), une unité "Éléments d'informatique pour l'enseignement des mathématiques" et une unité "Préparation à l'enseignement des mathématiques".

C'est du contenu et du fonctionnement de cette dernière unité, dont je rendrai compte dans le présent article.

2. Les objectifs de formation

L'objectif poursuivi par cette formation est d'ouvrir l'étudiant à la complexité de la profession dans laquelle il va s'engager et, dans la mesure des moyens actuels, de l'introduire à l'analyse de sa future pratique en référence à la discipline dont il aura la charge : les mathématiques.

La réalisation d'un tel objectif est rendue difficile par la conception de l'enseignement que les étudiants se sont forgée tout au long de leur scolarité et, singulièrement, à l'université. En gros, cette conception consiste à concevoir l'enseignement comme la simple application d'un savoir-faire pédagogique, un art pour certains, à un contenu de connaissance lui-même envisagé en référence exclusive au savoir universitaire.

Dans ce contexte, la formation a été conçue autour de trois idées essentielles :

- *la signification d'une notion mathématique* n'est pas réductible au texte de l'une de ses définitions. Ce qui fait sens c'est l'ensemble des classes de problèmes pour lesquelles cette notion constitue un outil fiable, économique de résolution. L'étude de la genèse d'une notion mathématique est un des moyens pour mettre en évidence ces classes de problèmes.
- *l'élève* n'est pas un récepteur passif de la connaissance : il agit sur elle. Il la reconstruit, rejetant ou modifiant les conceptions qu'il a déjà formées et dont des situations-problèmes peuvent manifester la défaillance. Dans ce contexte, l'erreur n'est pas analysée comme une faute mais comme un symptôme.
- *la situation d'enseignement* est une situation sociale dans laquelle vont fonctionner les connaissances mathématiques des élèves. La didactique des mathématiques a pour objet l'étude de ces situations, elle fournit des instruments pour leur analyse.

* c'est-à-dire reconnue comme un diplôme national.

3. L'alternance : rapports théorie-pratique

Outre la conception d'un contenu, cette formation exige celle d'une mise en oeuvre qui permette aux étudiants d'identifier la pertinence des problèmes soulevés et l'intérêt professionnel des apports théoriques.

Il fallait donc au sein de cette formation universitaire aménager des interactions fécondes entre théorie et pratique, c'est-à-dire ne pas simplement les juxtaposer pour une quelconque légitimation d'une étiquette "formation professionnelle".

Cela a été réalisé de deux façons :

— d'une part, dans la conception même des situations de formation à l'université pour qu'elles soient des mises en situation-problème des étudiants. Pour cela, j'ai largement utilisé l'observation mutuelle, l'analyse de documents vidéo (films d'enfants ou de classes), celle de documents d'enseignement (copies, manuels...). Des détails sont donnés plus loin, dans la description du programme.

— d'autre part, un stage dans des établissements du second degré. L'objectif de ce stage est d'être le lieu de mise en oeuvre d'une analyse didactique "en situation" de l'enseignement. Il ne s'agit donc pas pour l'étudiant d'observer pour reproduire, mais d'interroger la situation d'enseignement, de repérer dans un fonctionnement réel les phénomènes didactiques.

Le rôle des enseignants d'accueil est de collaborer à cette analyse en la discutant, en l'enrichissant de leur expérience et des informations qui donnent du sens aux faits observés : conceptions méthodologiques, conceptions du contenu mathématique, objectifs et outils d'évaluation, perception des élèves, etc.

L'organisation du stage a été possible grâce au cadre institutionnel de l'Institut de Formation des Maîtres qui a constitué l'interface entre le terrain éducatif et la formation universitaire. Il a permis l'accès aux collèges et aux lycées, dont on sait qu'il n'est pas particulièrement facile pour les personnes étrangères aux établissements. Je reviendrai plus loin sur l'I.F.M. de Grenoble, lieu de formation actuellement original en France. La réalisation du stage a reposé sur le volontariat d'enseignants intéressés par l'expérience, pour la plupart formateurs à l'IREM ou membres actifs de l'A.P.M.E.P.

Le stage a eu lieu dans le cours du second trimestre de l'année scolaire 82-83. Une réunion d'information et de concertation entre les enseignants d'accueil, a été suivie d'une réunion avec les étudiants au cours de laquelle se sont constituées des équipes : deux étudiants, un enseignant. Les classes proposées à l'observation ont été très diverses : des CPPN aux terminales C. Le stage lui-même a duré quatre semaines à raison de quatre heures par semaine ; il a été l'objet d'un rapport qui a été communiqué aux enseignants et qui a fait partie de l'évaluation du travail des étudiants au sein de l'unité. Enfin, une réunion des étudiants et des enseignants nous a permis de réaliser un bilan collectif.

4. Recherche et formation

L'apport de la recherche à la formation initiale des futurs enseignants s'est fait à deux niveaux :

— d'une part, celui de la constitution des contenus de formation. Le choix et l'organisation de ces contenus sont directement liés aux recherches actuelles en didactique des mathématiques. L'environnement grenoblois, de par la présence de chercheurs en didactique dans le laboratoire d'Informatique et Mathématiques Appliquées et le laboratoire de Mathématiques Pures, a constitué un milieu favorable à cette expérience. Cela a permis, en particulier, de disposer de divers matériaux utilisables dans la formation (protocoles, films, etc.) ;

— d'autre part, celui du processus de formation lui-même. Une part importante de l'activité des étudiants est la préparation d'un mémoire consacré à l'étude d'une notion mathématique du point de vue de son histoire, de son apprentissage et de son enseignement. Ce travail a lieu en étroite collaboration avec les enseignants qui ont assuré les stages (et n'ont donc pas arrêté leur activité au bilan...). Les étudiants sont ainsi amenés à participer à des séquences d'enseignement expérimentales, ou à conduire des observations de type clinique, ou encore à concevoir et exploiter des enquêtes. Ces travaux ont été l'occasion de contacts avec les chercheurs ; parmi la quinzaine de sujets traités, on peut citer : "notion de fonction en Terminale et en DEUG", "la démonstration en quatrième", "équations du second degré en seconde", "la notion d'angle au premier cycle", "le calcul des aires", "les nombres complexes", "le tracé géométrique en cinquième". Ce mémoire a constitué le principal élément d'évaluation des étudiants.

5. Le programme

Je donnerai ci-dessous le programme de la formation ainsi que quelques détails sur sa mise en œuvre. Il s'agit de ce qui a fait effectivement l'objet d'un enseignement en 1982-83 : pour des raisons conjoncturelles ; une place a été laissée dans l'unité à un enseignement de mathématiques, j'ai ainsi disposé d'environ 3 heures par semaine.

Ce programme peut être rapproché de celui proposé par G. Brousseau et publié dans le Bulletin A.P.M.E.P. n° 329 (avril 1981, p. 453-62). Par plusieurs aspects, il constitue une réalisation du projet décrit à l'époque.

5.1. Connaissance et apprentissage

• Le point de départ a été l'utilisation des problèmes étudiés par Saltiel (1979) ; il s'agissait de provoquer une remise en question des conceptions des étudiants sur l'apprentissage en les confrontant à l'analyse de leurs erreurs dans la résolution de problèmes "élémentaires" de cinématique.

- Eléments de psychologie cognitive et théories de l'apprentissage.
- Etude, sur le thème "Limite et convergence des suites numériques", de la notion de conception, distinguant celle construite avant l'apprentissage scolaire (conception naturelle) de celle construite au cours de cet apprentissage. Le matériel utilisé est, pour l'essentiel, celui des travaux de Robert (1982-1983) et de Cornu (1983).
- Etude des relations entre langage et activité mathématique, en particulier à partir des travaux en géométrie de Laborde (1982).

5.2. Situation d'enseignement

Les divers points énumérés ci-dessous sont traités avec pour support un film vidéo sur l'enseignement des décimaux réalisé à l'Ecole de Talence (IREM de Bordeaux), et divers travaux : sur les décimaux (Brousseau 1980, 1981), sur la distance (Chevallard et Johsua, 1983), sur la symétrie orthogonale (Gras 1983), sur les équations paramétriques (Schneider 1979), sur la factorisation (Tonnelie 1971).

- La situation didactique, incluse dans la situation d'enseignement, comme réalisation des conditions d'une genèse artificielle des connaissances, acceptable du point de vue des mathématiques.
- Identification de l'objet d'enseignement, son rapport au savoir scientifique : la transposition didactique.
- Analyse des situations didactiques : types de situation (action, formulation, validation, institutionnalisation) ; le contrat didactique.
- Mise en rapport des formes et manifestations de la connaissance et des types de situation du point de vue de la gestion de l'apprentissage par l'enseignant.
- La situation didactique dans la situation d'enseignement : mise en œuvre pédagogique, aspects relationnels, environnement de la situation.

5.3. Résolution de problèmes

- Les erreurs : signification et fonction ; du point de vue de l'enseignement et de l'apprentissage.
- Analyse de processus de résolution de problèmes : relations procédure/connaissance, procédure/situation.
- Notions de preuve et de démonstration.
- Analyse des processus de validation : aspects sociaux et mathématiques (apports de quelques éléments de logique).

Les supports utilisés pour cette partie ont été : l'analyse d'une séquence vidéo d'élèves, l'analyse d'un film vidéo de deux des étudiants de la formation occupés à résoudre un problème, l'observation mutuelle.

5.4. Histoire et épistémologie des mathématiques

Cette partie de la formation a été préparée en s'appuyant sur divers travaux, notamment ceux de Bachelard, Dhombres, Glaeser, Houzel, Lakatos, Ovaert, Popper, Raymond. Il s'agissait d'introduire les étudiants à une réflexion sur la construction des connaissances mathématiques. Au centre de cette formation étaient placées les notions d'obstacle épistémologique et de problématique d'un concept mathématique. Les thèmes abordés ont été :

- Naissance de l'algèbre et résolution des équations. Etude de textes de Diophante (Trad. Ver Eecke), Newton (Arithmétique Universelle) ;
- Notions de fonction et de continuité. Etude de textes d'Euler (Introduction à l'analyse infinitésimale), De L'Hospital (Analyse des infiniment petits), Newton (Traité des fluxions), Lagrange (Théorie des fonctions analytiques), Cauchy (Cours d'analyse).

5.5. Organisation de l'enseignement et grandes lignes de l'histoire de l'enseignement des mathématiques. je me suis ici appuyé essentiellement sur l'étude réalisée par Kuntzmann (1976).

5.6. Evaluation-docimologie ; rôle social de l'enseignement des mathématiques.

Cette partie a reposé sur une expérience de multi-corrrections de copies d'élèves de troisième, suivie d'un débat sur les formes institutionnelles d'évaluation et sur la fonction sociale de l'enseignant de mathématiques.

6. Conclusions et perspectives : l'Institut de Formation des Maîtres (I.F.M.)

Les habilitations des diplômes universitaires ayant été prolongées d'un an par le ministère, l'expérience, dont je viens de rendre compte, va pouvoir être poursuivie en 1983-84. Plusieurs aménagements et améliorations seront apportés au vu de l'analyse des diverses difficultés rencontrées, en particulier lors du stage qui a constitué, dans une large mesure, une mise à l'épreuve de la formation elle-même.

L'alternance, interaction théorie-pratique, doit être possible beaucoup plus tôt pour avoir la fécondité attendue. Le stage est apparu comme une intervention trop ponctuelle des enseignants, qui d'ailleurs ont le plus souvent prolongé volontairement leurs contacts avec les étudiants. Ainsi sera mis en place dès le début de l'année universitaire 1983-84 un groupe "formation initiale" à l'IREM de Grenoble. Les enseignants de ce groupe suivront le déroulement du contenu de la formation ;

ils seront chacun associés à deux étudiants pour la durée de l'année. Le stage constituera alors un moment fort de cette collaboration et prendra de façon plus opératoire sa place dans la formation.

Le stage a, par ailleurs, mis en évidence d'autres besoins que ceux auxquels le contenu didactique de l'unité tentait de répondre : problèmes spécifiques de l'adolescence, fonctionnement des établissements, relations établissement-quartier, etc. La réponse à ces besoins n'est pas de la compétence d'une U.E.R. de Mathématiques. Ces sujets seront abordés dans le cadre de la Formation Professionnelle Interdisciplinaire assurée par l'I.F.M. de Grenoble. (On trouvera en annexe une présentation de cet institut créé par l'Université Scientifique et Médicale de Grenoble en juillet 1982). Cette formation rassemble dans un même groupe des étudiants de plusieurs disciplines (mathématiques, physique-chimie, biologie-géologie, géographie, technologie, éducation physique et sportive) pour une approche de divers aspects du métier d'enseignant ; parmi eux, ceux que je viens d'évoquer, mais encore : le développement intellectuel, social et affectif de l'enfant et de l'adolescent, les théories de l'apprentissage, les phénomènes relationnels dans la classe, etc. Cette formation s'appuie largement sur une pratique de terrain qui dépasse le cadre strictement scolaire.

L'existence de l'I.F.M., au sein duquel se trouve depuis un an l'IREM, favorise une approche globale des problèmes de la formation. Ainsi la formation interdisciplinaire n'est-elle pas simplement juxtaposée à la formation didactique : un séminaire de formateurs permet tout au long de l'année des interactions entre ces deux formations. En particulier, les aspects généraux de la psychologie ou de l'évaluation sont dorénavant traités dans la formation interdisciplinaire et constitueront un point d'appui à celle en didactique des mathématiques.

Cet aménagement va, en particulier, permettre de donner un peu plus de place à l'histoire et l'épistémologie des mathématiques dans les quatre heures hebdomadaires dont nous disposerons en 1983-84.

Je remarquerai pour conclure qu'au-delà de la formation professionnelle, l'approche didactique des problèmes de l'enseignement et de l'apprentissage a conduit les étudiants à une compréhension nouvelle et plus profonde des mathématiques elles-mêmes.

Grenoble, octobre 1983

Bibliographie

Il ne s'agit pas ici de donner de façon complète la liste des ouvrages utilisés pour élaborer le contenu de l'enseignement, mais de donner quelques références significatives et accessibles aisément aux lecteurs du Bulletin de l'A.P.M.E.P.

- BACHELARD G. (1938), *La formation de l'esprit scientifique*, Ed. Vrin, Paris, 1975.
- BALACHEFF N. (1982), Preuve et démonstration au collège. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 1 n° 3, p. 12-58.
- BROUSSEAU G. (1980), Problèmes de l'enseignement des décimaux. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 2 n° 1, p. 37-127.
- CHEVALLARD Y., JOHNSON M.A. (1983), Un exemple d'analyse de la transposition didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 3 n° 2, p. 157-239.
- CORNU B. (1983), *Apprentissage de la notion de limite : conceptions et apprentissages*. Thèse de 3^e cycle, Université I de Grenoble.
- DHOMBRES J. (1978), *Nombre, mesure et continu. Epistémologie et histoire*, Ed. CEDIC-Nathan, Paris.
- GLAESER G. (1981), Epistémologie des nombres relatifs, *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 2 n° 3, p. 303-46.
- KUNTZMANN J. (1976), *Evolution et étude critique des enseignements de mathématiques*, Ed. CEDIC, Paris.
- LABORDE C. (1982), *Langue naturelle et écriture symbolique : deux codes en interaction dans l'enseignement mathématique*. Thèse d'Etat. Université I de Grenoble.
- GRAS R. (1983), Instrumentation de notions mathématiques, un exemple : la symétrie, *Petit x*, n° 1, p. 7-39.
- POPPER K. (1978), *La logique de la découverte scientifique*, Payot, Paris.
- RAYMOND P., HOUZEL C., OVAERT J.L., SANSUC J.J. (1976), *Philosophie et calcul de l'infini*, Ed. Maspéro, Paris.
- ROBERT A. (1982), L'acquisition de la notion de convergence des suites numériques dans l'enseignement supérieur. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 3 n° 3, p. 305-341.
- ROBERT A. (1983), L'enseignement de la convergence des suites numériques en DEUG, *Bulletin A.P.M.E.P.* n° 340, p. 431-49.
- SALTIEL E., MALGRANGE J.L. (1979), Les raisonnements naturels en cinématique élémentaire, *Bulletin A.P.M.E.P.* n° 320, p. 601-32.

- SCHNEIDER O. (1979), *Le passage des équations numériques aux équations paramétriques en classe de seconde*, IREM d'Aix-Marseille.
- TONNELLE J. (1979), *Le monde clos de la factorisation au premier cycle*, IREM d'Aix-Marseille.

Note :

"Petit x" est édité par IREM de Grenoble, BP 41, 38402 Saint-Martin d'Hères Cedex (abonnement 95 F).

"Recherches en didactique des mathématiques" est édité par La Pensée Sauvage Editions, BP 141, 38002 Grenoble Cedex (abonnement individuel 140 F, institution 210 F).

Annexe

Présentation de l'Institut de Formation des Maîtres de Grenoble

Lors de sa création par le Conseil de l'Université de Grenoble I du 8 juillet 1982, l'I.F.M. a reçu mission de coordonner l'ensemble des activités de l'Université qui touchent à la formation initiale et continue des enseignants ainsi que des formateurs d'adultes et de contribuer à la promotion de la recherche sur l'enseignement.

Le secteur formation initiale regroupe :

— le DEUG mention Premier Degré, assuré par des enseignants des trois Universités grenobloises et des Ecoles Normales de Grenoble, Privas et Valence et dont l'organisation et la responsabilité pédagogique et scientifique sont confiées à l'I.F.M.

— les licences et/ou maîtrises d'enseignement ainsi que les préparations aux CAPES et Agrégations de Mathématiques, Sciences naturelles, Sciences physiques, Histoire et Géographie, au CAPET de Construction mécanique et au CAPET. Tous ces enseignements sont organisés sous la responsabilité scientifique des UER concernées.

L'I.F.M. assure la partie Formation Professionnelle Interdisciplinaire (F.P.I.) des enseignements de licence et/ou maîtrise. Il a la responsabilité de la coordination pédagogique de l'ensemble des enseignements cités ci-dessus et participe à la réflexion sur leur rénovation dans le contexte des nouvelles demandes d'habilitation.

Le secteur formation continue et formation de formateurs regroupe :

— le CIAP (Centre d'Informatique et Applications Pédagogiques) qui assure la formation "lourde" des formateurs de lycée et collège en Informatique ainsi que le suivi de l'opération "Informatique au lycée" ; ce centre va également participer à la formation des Instituteurs dans le cadre de l'opération T07 ;

— l'IREM (formation continue des enseignants en Mathématiques) ;

— l'IRESP (formation continue des enseignants en Sciences Physiques) ;

— les secteurs de formation continue des enseignants en Sciences Naturelles et en Géographie ainsi que celui de la formation professionnelle continuée des enseignants d'E.P.S. ;

— la formation des formateurs de publics non scolaires et adultes, assurée conjointement avec les Universités de Grenoble II et III et le CAFOC.

Le secteur recherche sur l'enseignement regroupe :

— les équipes de Recherche en Didactique des Mathématiques du Laboratoire IMAG (LA n° 7 au CNRS) et du Laboratoire de Mathématiques Pures (LA n° 188 au CNRS) ;

— l'équipe de Recherche sur la Pédagogie et la Didactique en Education Physique et Sportive ;

— le laboratoire de Pédagogie Universitaire et de Didactique de la Chimie ;

— l'équipe de Recherche Pédagogique Interdisciplinaire sur la Formation à l'Expression et à la Communication.

* * *

L'expérience acquise après une première année de fonctionnement a permis de mettre en évidence *un certain nombre d'éléments qui paraissent fondamentaux pour toute formation à l'enseignement* qu'il s'agisse de la formation des maîtres du premier ou du second degré ou de celle des enseignants-chercheurs de l'Université :

— une telle formation doit être conçue en *liaison étroite avec la recherche* menée sur la discipline, sur la didactique de la discipline et sur l'éducation en général.

— cette formation doit être assurée par des *équipes de formateurs* associant spécialistes et praticiens autour d'objectifs de formation professionnelle.

— elle doit faire alterner des moments de réflexion théorique, de pratique sur le terrain et d'analyse de ces pratiques.

— elle doit comporter des *parties interdisciplinaires communes* à différents publics en formation (instituteurs, professeurs du second degré, des Ecoles Normales, de l'Enseignement Technique, enseignants-chercheurs, formateurs d'adultes...).

Organisation de la Formation Professionnelle Interdisciplinaire en 1983-1984

Objectifs :

La dimension professionnelle devant apparaître le plus tôt possible pour les futurs enseignants, la F.P.I. s'adresse aux étudiants dès la Licence. Elle doit consister en une préparation au futur métier d'enseignant.

Cette formation menée en alternance (cours et "terrain") doit comporter des enseignements portant sur les divers aspects de l'enseignement autres que le contenu des disciplines. Elle doit aussi former des enseignants qui aient une approche et une pratique de la recherche pédagogique (sens de la novation, esprit critique...) dès la préparation des concours de recrutement.

Par sa spécificité (interdisciplinarité des groupes) et par ses méthodes (travail collectif), la F.P.I. doit favoriser aussi une conception globale de l'enseignement conçu comme fait social, au sein d'une collectivité éducative.

Champ d'études de la F.P.I. :

Une approche systématique de la classe dans son environnement (établissement, quartier, milieu social) sera réalisée pour mettre en évidence les interactions entre l'organisation des apprentissages, la dynamique relationnelle et le vécu de l'adolescent au sein de la classe.

L'organisation générale des institutions de l'Education Nationale, la connaissance de l'adolescent, l'approche sociale et relationnelle de la classe, l'analyse de mécanismes de réussite ou d'échec scolaire, seront les grands pôles de cette étude.

Modalités pédagogiques :

Cet enseignement privilégie une pédagogie de l'alternance ; d'une durée totale de 50 heures, il intègre une quinzaine d'heures "sur le terrain" qui, centrées autour d'une méthodologie de l'observation, permettent une approche conceptuelle de la pratique pédagogique dans le cadre d'un projet éducatif et de ses effets au sein d'une communauté éducative donnée.

Plus d'informations, en particulier sur les modalités d'organisation administrative de l'IFM, peuvent être obtenues en s'adressant à :

INSTITUT DE FORMATION DES MAÎTRES
Domaine Universitaire, bâtiment B de Physique
BP 68 - 38402 Saint-Martin d'Hères Cedex

Tél. : (76) 51.46.00