

Des façons de voir les programmes d'études de mathématiques et les programmes de formation des maîtres de mathématiques : à la recherche d'un discours?

Visions of School Mathematics Curriculum and Maths Teacher Education Programs: In Search of a Discourse?

Las maneras de ver los programas de estudio de las matemáticas y los programas de formación de los maestros de matemáticas : ¿en búsqueda de un discurso?

Anna Chronaki

Volume 28, numéro 2, automne 2000

Réforme curriculaire et statut des disciplines : quels impacts sur la formation professionnelle à l'enseignement?

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1080449ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1080449ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Association canadienne d'éducation de langue française

ISSN

0849-1089 (imprimé)

1916-8659 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Chronaki, A. (2000). Des façons de voir les programmes d'études de mathématiques et les programmes de formation des maîtres de mathématiques : à la recherche d'un discours? *Éducation et francophonie*, 28(2), 121-147. <https://doi.org/10.7202/1080449ar>

Résumé de l'article

Les objectifs formels d'un curriculum de mathématiques pour l'école semblent différer de ceux d'un programme de formation des maîtres de mathématiques. Tandis que les premiers traitent directement du contenu et du processus de l'étude de l'apprentissage des mathématiques dans les salles de classe, les seconds touchent la conception et la mise en place de situations éducatives qui peuvent aider les futurs enseignants de mathématiques à apprendre comment enseigner leur matière. Ils ont toutefois une préoccupation commune : celle qui concerne l'enseignement des mathématiques. Le but du présent texte est d'explorer les visions actuelles des mathématiques scolaires et de discuter de leurs impacts potentiels sur les programmes de formation des maîtres en mathématiques. En ce qui concerne les mathématiques scolaires, signalons qu'il n'y a pas actuellement d'unanimité autour de ce que devrait contenir un curriculum. Outre la vision traditionnelle bien connue de la mathématique vue comme représentant une activité abstraite et décontextualisée ayant pour but la formation d'une « discipline mentale », nous proposerons deux visions contemporaines, une dite socioculturelle et l'autre sociopolitique, qui ont l'avantage d'offrir des alternatives épistémologiques et pédagogiques. L'impact de ces visions peut potentiellement influencer la structure des programmes de formation des maîtres de mathématiques en identifiant de nouvelles directions et de nouvelles méthodologies.

Des façons de voir les programmes d'études de mathématiques et les programmes de formation des maîtres de mathématiques : à la recherche d'un discours?

Anna CHRONAKI

School of Education, The Open University, Royaume-Uni

Traduction par Stéphane Lacroix et Daniel Martin

Membres CRIFPE, Université du Québec à Trois-Rivières

RÉSUMÉ

Les objectifs formels d'un curriculum de mathématiques pour l'école semblent différer de ceux d'un programme de formation des maîtres de mathématiques. Tandis que les premiers traitent directement du contenu et du processus de l'étude de l'apprentissage des mathématiques dans les salles de classe, les seconds touchent la conception et la mise en place de situations éducatives qui peuvent aider les futurs enseignants de mathématiques à apprendre comment enseigner leur matière. Ils ont toutefois une préoccupation commune : celle qui concerne l'enseignement des mathématiques. Le but du présent texte est d'explorer les visions actuelles des mathématiques scolaires et de discuter de leurs impacts potentiels sur les programmes de formation des maîtres en mathématiques. En ce qui concerne les mathématiques scolaires, signalons qu'il n'y a pas actuellement d'unanimité autour de ce que devrait

contenir un curriculum. Outre la vision traditionnelle bien connue de la mathématique vue comme représentant une activité abstraite et décontextualisée ayant pour but la formation d'une « discipline mentale », nous proposerons deux visions contemporaines, une dite socioculturelle et l'autre sociopolitique, qui ont l'avantage d'offrir des alternatives épistémologiques et pédagogiques. L'impact de ces visions peut potentiellement influencer la structure des programmes de formation des maîtres de mathématiques en identifiant de nouvelles directions et de nouvelles méthodologies.

ABSTRACT

Visions of School Mathematics Curriculum and Maths Teacher Education Programs : In Search of a Discourse?

Anna CHRONAKI

School of Education, The Open University, United Kingdom

Translated by Stéphane Lacroix et Daniel Martin

Members CRIFPE, University of Québec in Trois-Rivières

Expressed objectives of a school mathematics curriculum appear to differ from those of a program for maths teacher education. Whilst the first deals directly with the content and the process of mathematical learning in classrooms, the latter concerns the formation of educative contexts that can facilitate perspective maths teachers to learn how to teach their subject. But, a concern about what constitutes the teaching of mathematics is common for both. The present paper aims to explore prevailing visions concerning the nature of school mathematics and to discuss their potential impact on maths teacher education programs. Concerning the first, it is noted that, presently, there is no single viewpoint on what a maths curriculum should contain. Besides the well known traditional view of the subject as an 'abstract', 'decontextualised' and 'mental disciplining' endeavour, two main contemporary visions, namely the socio-cultural and the socio-political are discussed as providing pedagogical and epistemological alternatives. The impact of such visions can potentially influence the structure of maths teacher education courses by pointing out new directions and methodologies of study.

RESUMEN

Las maneras de ver los programas de estudio de las matemáticas y los programas de formación de los maestros de matemáticas : ¿en búsqueda de un discurso?

Anna CHRONAKI

School of Education, The Open University, Unido de Británico

Traducción por Stéphane Lacroix et Daniel Martin

Miembros CRIFPE, Universidad de Québec en Trois-Rivières

Los objetivos formales de un curriculum de matemáticas para la escuela parecen diferir de los objetivos de un programa de formación para los maestros de matemáticas. Mientras que los primeros tratan directamente el contenido y el proceso de aprendizaje de las matemáticas en el salón de clases, los segundos se ocupan de la concepción y de la organización de las situaciones educativas que pueden ayudar a los futuros maestros de matemáticas a aprender como enseñar su materia. No obstante, comparten una preocupación común : la enseñanza de las matemáticas. El objetivo del presente texto es explorar las visiones actuales de las matemáticas escolares y discutir sus impactos potenciales sobre los programas de formación de maestros de matemáticas. Con respecto a las matemáticas escolares, señalamos que actualmente no hay unanimidad sobre lo que deberá contener un curriculum. Además de la bien conocida visión tradicional de las matemáticas vistas como una actividad abstracta y descontextualizada que tiene como objetivo la formación de una « disciplina mental », propondremos dos visiones contemporáneas, una calificada de sociocultural y la otra de sociopolítica, que tienen la ventaja de abrir alternativas epistemológicas y pedagógicas. El impacto de estas visiones puede probablemente incidir sobre la estructura de los programas de formación de los maestros de matemáticas al identificar nuevas avenidas y nuevas metodologías.

Différentes façons de voir les programmes d'études des mathématiques à l'école

Les mathématiques comme matière d'enseignement ont toujours été au centre des préoccupations lors des réformes de l'enseignement. Qu'elles soient pures ou appliquées, elles sont généralement vues comme représentant une réalisation unique de l'humanité; des références sont souvent faites au sujet de leur contribution tant au développement qu'aux catastrophes économiques et technologiques. D'Ambrosio (1994), par exemple, estime que le manque de réflexion critique sur l'utilisation des applications mathématiques en économie et dans l'industrie a provoqué son lot de souffrances et de dévastations sur notre planète.

Si la pertinence des mathématiques dans notre réalité culturelle, technologique et économique est reconnue et concourt à l'estime dont elle est l'objet dans notre société, elle est cependant moins visible dans le curriculum tel qu'il est mis en action. Souvent, des gens (y compris les enseignants et les élèves) se posent des questions de base comme « pourquoi devons-nous enseigner et apprendre les mathématiques? » ou « avons-nous vraiment besoin de mathématiques? » Ces questions demeurent en grande partie sans réponse ou bien on n'y répond que d'une façon très superficielle qui ne convainc ni les élèves ni les enseignants de la pertinence quotidienne des mathématiques. Cette situation peut amener l'apprenant à se détourner de l'étude des mathématiques et à sous-évaluer son rôle social ou bien encore à « mythifier » sa pertinence au point de l'envisager comme panacée à tous les problèmes (voir Dowling, 1998 pour une analyse sociologique de l'utilisation des exemples « de la vie courante » dans les manuels). En conséquence, il arrive que des élèves et des enseignants travaillent dans des salles de classe de mathématiques non pas parce qu'ils sont vraiment motivés, mais parce qu'ils avalisent l'hégémonie de la matière dans le programme d'études.

Au cours des prochaines pages, nous examinerons trois façons de concevoir la raison d'être de l'enseignement des mathématiques à l'école :

- 1) la vision traditionnelle, qui avance l'argument de la formation à une discipline mentale;
- 2) et les deux plus récentes, soit les visions socioculturelle et sociopolitique.

La première orientation sert toujours à décrire ce que la plupart des enseignants et des élèves pensent actuellement des mathématiques dans la plupart des écoles. Les deux autres impliquent que l'on réfléchisse et que l'on se construise des nouvelles façons de voir les buts et la qualité en matière d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques.

N'importe quelle classification court le risque d'être considérée comme restrictive. Celle-ci ne constitue pas une exception. Certains pourraient penser à des activités ou à des projets particuliers qui ne pourraient entrer facilement dans l'une ou l'autre de ces catégories, mais qui pourraient combiner des caractéristiques qui les feraient s'apparenter les unes aux autres. C'est le cas particulièrement des deux orientations les plus récentes (socioculturelle et sociopolitique) qui sont en pleine émergence et dont la nature est complexe puisque leurs fondements puisent à des cadres de référence multidisciplinaires. Néanmoins, ces trois orientations peuvent servir à caractériser des visions distinctes des mathématiques, de ses buts ainsi que des stratégies pour les apprendre et les enseigner. Cette classification sera utilisée afin de discuter de ces trois orientations et de leur influence sur les programmes de formation des maîtres de mathématiques.

Les mathématiques à l'école vues comme « discipline mentale »

Au début du siècle, les programmes d'études de la plupart des pays assignaient à l'enseignement des mathématiques le rôle de développer une gymnastique de la pensée – « *thinking power gymnastics* » (Niss, 1996, p. 23). On y arrivait en exerçant les élèves à des mathématiques plus poussées et plus particulièrement au raisonnement déductif dans des domaines tels que la géométrie euclidienne, mais également par le biais de problèmes arithmétiques mentaux et de calculs complexes. Cette orientation avait ses racines dans les anciens programmes d'études de quelques cultures traditionnelles, par exemple grecques et chinoises, et, bien qu'elle tende à disparaître de la rhétorique de publications importantes (Cockcroft Report, 1982; NCTM, 1989) qui ont précédé les réformes des programmes d'études nationaux actuels, elle façonne toujours l'enseignement des mathématiques et les approches évaluatives de beaucoup de pays.

Pendant le 19^e et le début du 20^e siècle, dans à peu près tous les pays, la diète mathématique quotidienne des élèves de l'école primaire incluait les classiques de l'arithmétique, de l'algèbre et de la géométrie. L'enseignement du primaire et du début du secondaire était concentré autour de l'acquisition d'habiletés procédurales spécifiques, particulièrement celles du calcul. Les objectifs plus complexes étaient mis de côté pour la fin du cycle secondaire. Les objectifs spécifiques étaient réduits à des listes prescrivant le contenu à enseigner et se rapportaient à des éléments comme ceux-ci :

- la certitude et la maîtrise dans les calculs arithmétiques;
- la clarification et la compréhension des règles de l'arithmétique et de la transformation de ces règles sous des formes algébriques;
- le développement de la représentation spatiale par des descriptions et des perceptions des propriétés et des interdépendances des figures géométriques;
- la compréhension du besoin de preuve et la preuve comme moyen d'apprécier la validité générale des théorèmes géométriques.

Les applications mathématiques étaient utilisées seulement pour des tâches simples, sous forme de problèmes écrits et principalement comme moyen de pratiquer l'arithmétique. Cette vision des mathématiques était vue comme compatible avec les besoins de l'emploi de cette époque qui se limitaient principalement à des carrières dans la gestion publique ou la cléricature (voir Niss, 1996, pour une vue d'ensemble des buts des mathématiques).

Le but premier qui transparaissait à travers les activités mathématiques à l'école était de célébrer le prestige culturel des mathématiques en elles-mêmes et pour elles-mêmes, en tant que moyen de contribuer au maintien des idéologies et des valeurs de la société. On y parvenait en guidant les habiletés des élèves dans des calculs mentaux et écrits, considérés comme des moyens de maîtriser une façon de vivre disciplinée et soumise. Un exemple intéressant vient de la Chine où la conformité aux règles de conduite et à l'orthodoxie de la société était un des buts principaux et était

explicitement présentée dans le programme d'études traditionnel du pays. Les guides pédagogiques chinois antiques mettaient l'accent sur la conformité à l'orthodoxie comme étant une des cinq particularités principales des mathématiques, les autres étant la pragmatique, le mystique, l'algorithmique numérique et les dialectiques primitives (source : Wang et Sun, 1988 tels que cités dans Leung, 1998).

Une manifestation plus contemporaine de la vision de « discipline mentale » sur les mathématiques d'école peut également être observée dans le mouvement des mathématiques nouvelles des années 1950. Ce mouvement a commencé en Europe et aux États-Unis et il s'est répandu dans d'autres pays avec l'appui de l'OCDE. La philosophie du mouvement des mathématiques nouvelles visait à rétablir le lien entre les mathématiques de l'école et celles de l'université, traduisant ainsi la nécessité de se rattraper par rapport aux développements rapides dans le champ des mathématiques (Moon, 1986). Cela a eu pour conséquence de déclencher un mouvement international de réorganisation du contenu des programmes d'études à partir d'une conception hiérarchisée de la structure des mathématiques et de l'utilisation d'un cadre axiomatique et d'un lexique rigoureux. Plus particulièrement, le contenu était enrichi par des sujets comme la théorie des ensembles, la logique, l'algèbre moderne (p. ex. : transformations, tables) et la géométrie moderne (p. ex. : transformations géométriques). Le contenu traditionnel de la géométrie et de la trigonométrie euclidiennes devait être réduit ou supprimé. Le mouvement des mathématiques nouvelles peut être conçu comme la réponse des mathématiciens pour réorganiser les programmes d'études scolaires par l'intermédiaire d'une modernisation qui faisait entrer dans le curriculum des sujets qui préparaient les élèves à se familiariser avec les derniers développements dans la discipline des mathématiques.

Le début des années 1970 a vu naître une contre-réaction aux programmes d'études prescrits par les lignes directrices des mathématiques nouvelles. Des programmes de recherche se sont efforcés de produire des interprétations et des descriptions de programme d'études de mathématiques scolaires qui pourraient être basées sur la résolution de problèmes, sur des activités pratiques et sur l'utilisation de thèmes qui feraient consensus pour une majorité. Au-delà des recherches proprement dites, le début des années 1980 a vu apparaître des rapports qui décrivaient et analysaient ces nouveaux défis (voir le Cockroft Report, 1982; NCTM, 1989).

Actuellement, de plus en plus de personnes, éducateurs, employeurs, décideurs, estiment que la seule acquisition d'une pensée abstraite et d'un contenu mathématique de la nature de ceux décrits plus haut ne correspond plus aux besoins du marché actuel de l'emploi. De nouveaux types de métiers ou d'activités ont mis au jour un besoin accru de spécialisation dans des habiletés spécifiques parmi lesquelles on trouve bien sûr l'informatique, et les technologies dans leur ensemble. La sensibilisation à l'égalité des chances a également amené un nombre grandissant de personnes à aspirer à un emploi et à une scolarisation plus élevée. Ces demandes ont reçu différentes interprétations et réponses au cours des années, deux cas de figure distincts étant l'inclusion d'activités pratiques et de la résolution de problèmes dans le programme d'études et l'accent mis sur l'acquisition d'habiletés et de compétences.

De façon courante, le programme d'études de mathématiques de nombreux pays, tel qu'il est mis en œuvre, est encore basé sur l'utilisation de tâches mathématiques décontextualisées ainsi que sur l'entraînement à la pensée abstraite et aux habiletés procédurales. Au cours des années, la communauté des didacticiens et des chercheurs en mathématiques a exprimé de grandes inquiétudes concernant le contenu des programmes d'études des mathématiques d'école et elle a manifesté son intérêt pour ce qui pourrait être l'utilisation pédagogique des contextes et des thèmes. Un tel engagement a été formulé et soutenu tout au long de plusieurs années de travail de collaboration lors de forums internationaux tels l'ICME, le PME et le tout récent MEAS¹. Deux orientations principales formulées au sein de cette communauté éducationnelle seront maintenant examinées plus à fond.

L'orientation socioculturelle

Pendant les années 1970 et 1980, plusieurs projets de recherche se sont développés dans le but principal d'explorer et de conceptualiser la structure des environnements éducatifs² qui favorisent une compréhension significative³ chez les élèves. À titre d'exemple, on peut mentionner des projets comme le *Realistic Mathematics Curriculum* développé par l'IOWE⁴ aux Pays-Bas (Treffers, 1987) où des simulations de la réalité inspirées par l'approche phénoménologique de Freudenthal ont été utilisées, ou encore les activités « *Common Sense* » (par exemple des calendriers, de l'argent, des thermomètres, des cartes du monde, etc.) du groupe de Gênes en l'Italie, construites autour de la notion de « *fields of experience* » (Boero, 1992; Bussi, 1998), ou encore un ensemble de projets en Europe et aux États-Unis qui ont été mis en œuvre autour de la notion de l'enseignement des mathématiques par modelage et applications⁵ (De Lange, 1996; *Cognition and Technology Group at Vanderbilt*, 1990). À cela, on doit ajouter divers projets assistés par ordinateur qui se sont concentrés sur le développement de matériel pédagogique parallèle aux programmes d'études et sur la justification et l'analyse du processus d'apprentissage des mathématiques (Balacheff et Kaput, 1996).

Un certain nombre de ces projets ont situé leurs fondements théoriques dans un paradigme socioculturel. Ces rapprochements allaient d'une association à une orientation constructiviste, influencée par une perspective soit piagétienne soit radicale, jusqu'à l'adoption d'un cadre interprétatif puisant chez Vygotski ou dans la théorie de l'activité. Ces projets visaient à conceptualiser la structuration d'un environnement d'apprentissage et ils ont conduit à un plan de travail explicite qui avait pour but de faire ressortir les caractéristiques du processus d'apprentissage et qui identifierait ensuite des types d'interventions pédagogiques appropriées. La prémisse fondamentale de cette orientation se retrouve dans le postulat que l'apprentissage

1. ICME représente *International Congress for Mathematics Education*, PME correspond à *Psychology for Mathematics Education* et MEAS renvoie à *Mathematics Education and Society*.

2. En anglais : « *learning environment* ».

3. En anglais : « *meaningful understandings* ».

4. IOWE correspond à *Instituut voor de Ontwikkeling van het Wiskunde Onderwijs*. Cet organisme établi en 1971 a servi de centre pour l'enseignement des mathématiques dans le nord de l'Europe.

5. En anglais : « *teaching mathematics through applications and modelling* ».

mathématique se développe à travers un effort actif et interactif de l'apprenant avec les outils culturels fournis par son environnement d'apprentissage. Ces outils peuvent être des éléments physiques ou conceptuels. La manipulation des réglettes Cuisenaire ou une simulation par ordinateur sont des exemples d'outils physiques qui aident les élèves à comprendre le nombre et à pratiquer un contenu mathématique particulier. La représentation d'un concept mathématique par le biais d'une formule, d'un algorithme, d'un graphique ou d'une métaphore peut à son tour être considérée comme un outil conceptuel qui fournit des pistes pour développer des images mentales qui permettent d'aller plus loin que la manipulation physique.

Les objets d'attention de ces travaux ont principalement été dirigés sur ce que l'apprenant peut potentiellement faire dans certains types de situations d'apprentissage. Les questions d'intérêt ressemblaient aux suivantes :

- Quelles sont les caractéristiques du processus de résolution de problèmes chez les élèves?
- Comment les élèves raisonnent-ils et comment parviennent-ils à des constructions mathématiques significatives?

Récemment, les objets d'étude et d'analyse ont été étendus afin d'inclure les interactions sociales au niveau « micro » de la salle de classe. En conséquence, l'analyse s'est déplacée vers l'étude des interactions sociales dans la culture de la salle de classe, l'étude de l'apprentissage coopératif des élèves, des relations entre l'élève et l'enseignant ainsi que les études portant sur les types d'interventions pédagogiques qui encouragent l'élève à construire son savoir mathématique (Bauersfeld et Cobb, 1995; Seeger, Voigt et Waschescio, 1998; Davis et Maher, 1993; Treffers, 1987; Bussi, 1998; Boero, 1992).

La communauté de recherche francophone a largement contribué à conceptualiser des éléments qui permettent maintenant de mieux comprendre la nature de l'apprentissage et de l'enseignement des mathématiques au niveau « micro » de la salle de classe. Par exemple, Sierpiska (1985) a fait état du rôle des « obstacles épistémologiques » dans la résolution de problèmes mathématiques et Vergnaud (1990) a inventé la notion de champs conceptuels comme moyen de comprendre le rôle des représentations. La nature de l'enseignement des mathématiques a été examinée et les contributions incluent la notion de la transposition didactique par Chevallard (1991), la théorie des situations didactiques par Brousseau (1992) et le concept d'ingénierie didactique par Artigue (1994).

La contribution majeure de ces travaux consiste sans doute à avoir facilité une prise de distance face à l'idée qu'enseigner consiste à transmettre des connaissances. Elle nous a permis d'imaginer l'apprentissage des mathématiques comme étant le résultat de l'interaction des apprenants avec les outils culturels et les êtres humains. De ce point de vue, l'apprentissage est conçu comme une affaire d'effort individuel par le biais d'une interaction sociale. La socialité est perçue comme l'interaction des apprenants avec d'autres individus connaissant ou épistémiques⁶ (les pairs, les

6. En anglais : « *cognising subjects* ».

enseignants, etc.) dont le rôle est considéré comme primordial dans le processus d'apprentissage parce qu'ils fournissent un étayage ou encore des occasions de résoudre des conflits cognitifs par le dialogue. En conséquence, les objectifs de l'enseignement des mathématiques soulignent l'importance non plus de la maîtrise instrumentale d'algorithmes, mais bien de la construction du sens ainsi que du processus de construction de concepts mathématiques. En somme, ces travaux ont produit des concepts solides qui caractérisent les processus d'apprentissage et d'enseignement et qui tiennent la route lorsqu'ils sont utilisés par les enseignants.

L'orientation sociopolitique

Cette orientation est basée sur la prémisse que le but premier de l'éducation mathématique devrait être la promotion à la citoyenneté. Du point de vue des pédagogues et des didacticiens des mathématiques, cela veut dire développer des personnes cultivées mathématiquement⁷ pouvant être des participants actifs, réfléchis et critiques dans notre société. Dans son livre *The Politics of Mathematics Education*, Mellin-Olsen (1987) a apporté une contribution significative en mettant en lumière de nouvelles façons de voir l'enseignement des mathématiques. Il a soutenu l'idée que l'éducation mathématique, comme n'importe quelle forme d'éducation, est inévitablement politique dès qu'elle sert à la reproduction de la société et à la formation de la conscience et des idéologies des élèves. La compréhension que les gens se font des structures et processus de l'organisation sociale, tels que l'administration, l'économie ou l'industrie, est liée à leur compréhension de la façon dont les mathématiques sont utilisées dans ces services et appareils. À l'intérieur de cette orientation, deux courants de recherche interreliés se sont développés : l'ethnomathématique et l'éducation mathématique critique.

Porté par un souci des effets négatifs que les programmes d'études importés avaient sur les apprentissages mathématiques des élèves, l'ethnomathématique⁸ a vu le jour en Afrique et au Brésil. D'abord considéré comme un mouvement, ses protagonistes ont soutenu l'idée que pour donner du pouvoir aux élèves, le programme d'études des mathématiques des écoles devait s'enraciner dans la culture et dans les activités et artefacts culturels de l'environnement culturel de ces mêmes élèves (pour plus de détails, voir Gerdes, 1996). En prenant appui sur les acquis culturels mathématiques des apprenants, la scolarisation était vue comme un moyen qui facilite non seulement l'apprentissage, mais qui augmente également la confiance et l'estime de soi des élèves qui se voient alors comme citoyens dans leur propre culture. Dès lors, cette thèse se présentait comme une réponse bien étoffée face à l'importation non

7. En anglais : « *mathematically literate people* ».

8. D'Ambrosio a ainsi défini le concept d'ethnomathématique : « Laissez-moi dire d'abord que ce terme constitue un abus étymologique. J'utilise mathéma(ta) comme l'action d'expliquer et de comprendre pour aller au-delà et comme l'action aussi afin de gérer et faire face à la réalité pour survivre. À travers sa propre vie ainsi qu'à travers l'histoire de l'humanité, l'être humain a développé des *technes* (ou tiques) de *mathéma* dans des environnements culturels très différents et diversifiés, c'est-à-dire dans les divers *ethno*. Ainsi, afin de satisfaire l'instinct de survie et de la transcendance dans des environnements culturels divers, l'homme a développé et développe continuellement, dans chaque nouvelle expérience, des ethnomathématiques » (D'Ambrosio, 1991, p. 3).

critique des programmes occidentaux, habituellement sous forme de manuels scolaires traduits. Elle peut aussi être vue comme étroitement liée avec l'effort délibéré de s'affranchir du colonialisme établi dans un système d'éducation au moyen des programmes d'études et des pratiques en salle de classe.

Un programme important pour ce type de renouvellement des curriculums a été lancé et soutenu par l'UNESCO (voir Jacobsen, 1996). Par exemple, Paulus Gerdes en Mozambique a élaboré un programme d'études des mathématiques dans lequel les pratiques traditionnelles de la culture et de la communauté locales ont été incorporées, par exemple : les méthodes pour la construction de tapis; les dessins faits avec du sable; la vannerie, etc. De telles pratiques peuvent fournir le contexte pour reconstruire l'activité mathématique et l'enseignement des concepts mathématiques. On a estimé que la sagesse mathématique cachée dans de tels artefacts ou, encore mieux, dans les méthodes de leur production, pourrait être explorée et redécouverte par les élèves. Des études minutieuses portant sur la nature de l'activité mathématique dans des pratiques culturelles diverses (par exemple les charpentiers de Milroy, les clients de l'épicerie de Lave, les vendeurs de sucreries de Saxe) ont montré que les mathématiques sont reconnues en tant que telles principalement par les chercheurs, mais pas par les praticiens. Cela signifie que la reconstruction dans de tels contextes de l'activité mathématique vue du point de vue occidental, c'est-à-dire de la façon dont elle est conventionnellement représentée dans la plupart des programmes d'études actuels, requiert que de telles situations didactiques soient recontextualisées avec un accent mis sur la mathématisation. Borba (1990) au Brésil a préconisé l'utilisation des activités qui sont étroitement liées aux préoccupations et aux intérêts culturels actuels des élèves, comme : l'organisation de la collecte d'argent pour acheter des uniformes déjà portés pour une équipe du soccer. C'est ainsi que les élèves peuvent se sensibiliser à la façon dont les mathématiques sont associées aux affaires sociales.

De son côté, le courant de l'éducation mathématique critique est principalement préoccupé par le développement de citoyens qui peuvent participer activement et de façon responsable aux processus décisionnels requis dans nos sphères d'activité personnelle et publique. On retrouve la trace des racines de l'éducation mathématique critique dans la théorie critique de l'école de Francfort avec Adorno, Habermas et Marcuse, mais également dans l'épistémologie de Freire. Sa migration vers la didactique des mathématiques a été réalisée principalement par Skovsmose (1994) et Frankenstein (1983); elle constitue maintenant une voix politique à l'intérieur d'une société hautement technologisée et industrialisée. À première vue, les mathématiques semblent être neutres et sans liens avec les grandes questions sociales. Cette conception procède d'une vision absolutiste des mathématiques qui existeraient comme objets indépendants de l'action humaine (Ernest, 1991). Un regard plus perspicace révèle toutefois que les mathématiques sont associées à un certain nombre de catastrophes ou de risques dans notre monde, comme l'établissement des inégalités et de diverses formes de discrimination. Par exemple, les mathématiques, par le biais des statistiques, sont utilisées lorsqu'un événement politique a besoin d'être légitimé ou lorsqu'une décision politique doit être prise.

L'enseignement des mathématiques peut alors être conçu comme un vecteur très important de la paix et de l'égalité dans une société donnée. Une telle orientation sociopolitique préconise un programme d'études qui confronte délibérément toute forme de discrimination. Permettre aux élèves d'être des participants proactifs, coopératifs, réfléchis et critiques dans des pratiques qui les concernent constitue une autre voie. Cette orientation suggère aussi que les relations de pouvoir n'ont nul besoin d'être supprimées des situations d'apprentissage, mais qu'on doit plutôt développer une meilleure conscience de leurs caractéristiques. De plus, elle fournit un cadre conceptuel qui aidera les personnes à prendre en charge la lutte contre le racisme et l'oppression implicites et explicites. En somme, dans cette orientation, les problèmes de pouvoir, d'oppression, de résistance, de conflit et de démocratie ainsi que leur pertinence pour les apprentissages mathématiques des élèves ont une importance capitale et méritent une attention et un examen minutieux.

En conséquence, le but de l'enseignement n'est plus seulement de permettre à des individus d'utiliser efficacement les outils mathématiques pertinents dans des applications diverses, mais surtout de les encourager à critiquer l'essence même des mathématiques vues comme une technologie au service d'un monde moderne. Skovsmose (1994) estime que les mathématiques ont fonctionné historiquement comme un pouvoir symbolique et qu'elles ont parfois été utilisées pour museler la critique. Un nouveau but pour l'éducation des mathématiques devrait être alors non seulement de promouvoir les compétences mathématiques des élèves, mais également de les aider à démystifier l'idée que les mathématiques constituent un ensemble de vérités absolues. Restivo (1990) a explicitement montré comment, à différentes périodes, diverses cultures reconstruisaient les mathématiques et comment certaines mathématiques étaient légitimées aux dépens de certaines autres. Bref, une telle orientation offre des possibilités intéressantes pour aider les élèves à développer une autonomie et une capacité de réfléchir et de critiquer les mathématiques elles-mêmes ainsi que leur pertinence dans nos pratiques sociales.

Les mathématiques d'école : abstraites, représentatives ou authentiques?

On pourrait dire que les différences qui existent dans les trois orientations décrites ci-dessus se retrouvent non seulement dans les approches pédagogiques qu'elles suggèrent pour l'enseignement des mathématiques, mais qu'elles sont aussi à la racine des conceptions de ce qu'est la connaissance mathématique et des façons dont elle est construite. Dans ce qui suit, quelques différences et similitudes seront explorées en faisant ressortir les contextes d'apprentissages et les rôles de l'apprenant que chaque orientation met en valeur.

Voir les mathématiques comme une discipline mentale favorise l'utilisation de tâches simples sous forme d'exercices qui peuvent permettre la pratique et la formation de certains contenus et habiletés mathématiques prédéfinis. Au contraire, les orientations socioculturelle et sociopolitique sont toutes deux concernées par la

sélection d'activités qui peuvent caractériser la réalité de la vie de tous les jours. Toutefois, chacune de ces orientations attribue des signifiés différents au signifiant « la réalité de la vie de tous les jours ».

Ainsi, l'orientation socioculturelle propose du matériel qui consiste en des reconstructions de la réalité qui permettent d'explorer les représentations mathématiques des élèves. L'intention ici est de fournir un contexte attrayant qui devrait faciliter l'appropriation de connaissances prédéterminées prescrites dans le programme d'études. La nature des tâches est souvent vue comme un dispositif soigneusement conçu et régulé afin de permettre à des élèves d'organiser et de systématiser la mathématisation (Treffers, 1987). Ce pourrait être des contextes où il serait facile pour les élèves de manipuler et d'expérimenter et dans lesquels ils pourraient observer ou appliquer leurs propres idées mathématiques. Là où cette vision est différente de la discipline mentale, c'est qu'elle favorise l'existence de multiples façons de construire cette connaissance prédéterminée. Par exemple, la prise d'appui sur les différentes façons personnelles des élèves de construire leur savoir mathématique est considérée comme la voie royale pour développer leurs compétences (Davis et Maher, 1993). Une voie discordante mérite qu'on s'y attarde un peu. En effet, Von Glasersfeld (1995) nie l'existence d'une vérité mathématique objective vers laquelle les constructions des élèves devraient tendre. Il estime plutôt que connaître les mathématiques est un processus d'adaptation continu qui se produit à l'intérieur du monde expérientiel du sujet et que, conséquemment, toute construction mathématique est le produit d'une subjectivité interne. Cette vision, jugée radicale, fait encore l'objet de débats passionnés.

L'orientation sociopolitique, de son côté, plaide pour que les matériaux pédagogiques soient constitués de contextes authentiques, c'est-à-dire de situations qui reflètent les dimensions de la vie sociale et culturelle que les étudiants vivent et comprennent. Ainsi, ces contextes créent des occasions de réfléchir sur les conditions dans lesquelles la connaissance mathématique est appliquée. En reflétant et en discutant les caractéristiques du contexte lui-même, les élèves peuvent saisir le rôle que les mathématiques y jouent (voir Christiansen, 1997). Au cours de telles expériences, les élèves peuvent également voir le rôle social des mathématiques et peuvent réfléchir sur leur impact en tant qu'élément d'un processus de résolution des problèmes ainsi que leur effet dans le contexte d'une situation précise.

La prise en compte de la culture, des préoccupations et de l'individualité des élèves a déclenché un intérêt véritable pour les orientations socioculturelle et sociopolitique. Toutes deux ont produit un déplacement de perspectives permettant ainsi de s'éloigner de l'idée que l'activité des élèves consiste simplement à les entraîner à des habiletés ou encore à les exercer à la pensée abstraite. En effet, il y a une différence entre voir l'apprentissage des mathématiques comme étant une occasion de former l'esprit ainsi que le suggère l'orientation de la discipline mentale, de le voir comme une occasion de développer une pensée analytique, comme dans l'orientation socioculturelle ou de le voir enfin comme une occasion de développer une pensée critique en relation avec un contexte social, comme dans l'orientation sociopolitique.

À l'intérieur de la perspective socioculturelle, les élèves sont vus comme des sujets épistémiques actifs, engagés dans un processus de construction de leurs propres connaissances. Leur activité fait partie du contrat didactique et les interventions des enseignants visent à rendre les élèves capables d'assimilation et d'accommodation au regard du contenu des programmes d'études. Bref, cette orientation s'efforce d'identifier les stratégies didactiques qui permettront aux élèves de se conformer aux prescriptions des programmes d'études de mathématiques.

Au contraire, la perspective sociopolitique s'oppose à la vision de l'apprenant en tant que penseur individuel et propose plutôt de voir ce dernier comme un participant actif, certes, mais aussi réfléchi et critique, qui s'impliquera au-delà de la salle de classe et qui, enfin, aura une perspective collective (voir Mellin-Olsen, 1987). De plus, les apprenants sont encouragés à formuler leurs propres jugements sur leur activité mathématique, des jugements qui peuvent ne pas être toujours conformes avec ce qui tient lieu de programme d'études. Que les élèves comprennent le contenu et développent leurs compétences n'est pas suffisant; l'intention réelle doit plutôt concerner le développement d'une habileté à s'interroger sur la nature et l'éthique de l'utilisation des applications mathématiques dans des problèmes réels et authentiques. L'orientation sociopolitique valorise et encourage une telle perspective en incitant les élèves à être constamment et consciemment réfléchis et critiques sur le rôle et le sens des savoirs des programmes d'études dans la société. Une telle tâche n'est pas sans complexités. Skovsmose (1998) reconnaît que, dans la plupart des cas, comprendre et critiquer les utilisations des mathématiques peut s'avérer impossible. À cause des capacités conceptuelles à notre disposition et de l'accès partiel à la production des connaissances de la plupart des pratiques sociales, le rôle des mathématiques comme puissance de formatage⁹ demeure souvent masqué.

En dépit des différents enjeux et intérêts épistémologiques, ces deux visions partagent une préoccupation commune pour le nombre croissant d'élèves qui échouent et qui détestent les mathématiques du système scolaire actuel. Ce sombre constat peut être relié au fait que les mathématiques deviennent de plus en plus décrochées de la vie quotidienne des personnes, mais de plus en plus appropriées et opérantes pour ce qui concerne le façonnement de la société et de l'économie, tout en demeurant absentes des conversations quotidiennes et en dehors de l'entendement des gens ordinaires. Ces deux visions partagent un même engagement, celui de rendre les élèves capables d'identifier et d'utiliser les mathématiques de manière significative dans leurs vies. Cependant, il est bon de noter qu'elles visent des orientations et intentions très différentes pour le programme de mathématiques scolaires.

En résumé, l'orientation de la « discipline mentale » priorise l'entraînement à la pensée abstraite. L'orientation socioculturelle vise au développement d'habiletés par le biais d'une gestion des représentations des élèves; l'attention est centrée sur la façon dont les individus peuvent le plus efficacement saisir les savoirs prescrits par un programme d'études traditionnel. Et pour finir, l'orientation sociopolitique nous

9. En anglais : « *formatting power* »

invite à reconsidérer non seulement le processus de la fabrication de sens dans les classes, mais également le choix des activités en faisant des liens explicites avec le milieu social et les horizons professionnels des élèves et en faisant ressortir le rôle des mathématiques dans la production des pratiques sociales (Mellin-Olsen, 1987).

Visions des programmes de formation des maîtres en mathématiques

Les orientations principales des mathématiques scolaires ayant été explorées, la prochaine partie esquissera à grands traits les tendances actuelles de la formation des maîtres avant de passer à un examen plus attentif des spécificités de la formation des maîtres de mathématiques.

La formation des maîtres de nos jours

La formation des enseignants et en particulier ceux des écoles secondaires s'est traditionnellement concentrée sur la formation dans leur discipline. Le développement des habiletés pédagogiques des débutants était fortement dépendant d'un modèle « d'apprenti », laissé à l'acculturation personnelle et non supervisée dans les écoles lors des stages et de l'insertion professionnelle.

Il faut rappeler ici que l'élaboration de programmes de formation des maîtres et le développement concomitant de la formation des maîtres comme champ de recherche n'existent que depuis les trois dernières décennies. Leur naissance peut être considérée comme une réponse à une demande sociale soutenue d'offrir une éducation publique à des nombres croissants d'individus provenant de cultures diverses. En même temps, on demande à la formation des maîtres de répondre aux préoccupations concernant la hausse des échecs dans les matières de bases et également de faire sien l'intérêt accru qu'on porte au contrôle de la qualité en éducation. En outre, on ne devrait pas ignorer les effets de la mondialisation sur les politiques éducatives de pays qui pressent pour que soient adoptés des modèles et des structures institutionnelles rendant les établissements éducatifs imputables et permettant de comparer les rendements d'un pays à l'autre ou d'un établissement à l'autre.

Elbaz (1983), Zeichner (1983) et Feiman-Nemser (1990), en tant que chercheurs en formation des maîtres, ont, entre autres, examiné la structure des programmes de formation des maîtres et l'expérience des stagiaires dans le contexte nord-américain. Ils en sont arrivés à quelques conceptualisations utiles qui aident à décrire clairement cinq grandes perspectives qui caractérisent les curriculums de formation des enseignants, des perspectives que l'on retrouve dans d'autres pays également. Ce sont :

- 1) la perspective académique, qui met l'accent sur l'expertise et la compétence de l'enseignant dans sa matière;
- 2) la perspective pratique, qui est centrée sur la maîtrise de la réalité de la classe;
- 3) la perspective technique, qui analyse les habiletés comportementales et les connaissances dont les enseignants ont besoin;

- 4) la perspective personnelle, qui conçoit le développement des enseignants comme un processus de développement personnel;
- 5) et enfin la perspective critique, qui perçoit la scolarisation comme un processus de réforme sociale basé sur la promotion des valeurs démocratiques et sur la réduction des inégalités (voir Calderhead et Shorrock, 1998, pour une vue d'ensemble détaillée).

Actuellement, la plupart des pays ont opté ou envisagent d'opter pour un modèle de formation des maîtres basé sur un partenariat entre, d'une part, une institution académique dans laquelle les parties théoriques du programme sont étudiées et, d'autre part, une école où les apprentis enseignants font leurs stages. C'est certainement le cas pour beaucoup de pays du nord de l'Europe, tels que le Royaume-Uni, la France, l'Allemagne et les Pays-Bas avec des différences portant sur des questions telles que l'accent mis sur la formation mathématique ou l'intégration entre la théorie et la pratique. Les différences concernant la façon dont les pays gèrent de tels aspects sont souvent attribuées à la culture et à la tradition. De nos jours, nous sommes conscients qu'il y a des différences culturelles d'un pays à l'autre concernant la façon de voir l'enseignement et le rôle des enseignants. Par exemple, en Espagne, les enseignants élisent démocratiquement le principal d'école parmi leurs collègues; au Japon, la collégialité est encouragée entre les enseignants de la même école à travers le partage d'expériences d'enseignement et de matériel; en France, le rôle des enseignants a été décrit comme fortement académique, c'est-à-dire centré sur le contenu, tandis qu'au Royaume-Uni le travail enseignant comporte une responsabilité à l'égard du bien-être général de l'enfant¹⁰. Ces variantes dans les rôles des enseignants créent inévitablement des attentes différentes relativement aux programmes de formation des enseignants.

Par ailleurs, on doit aussi considérer les conditions socioéconomiques, lesquelles déterminent non seulement le succès ou l'échec d'un programme de formation des maîtres, mais en tout premier lieu sa planification et son implantation. Par exemple, en Grèce, jusque vers la fin des années 1970, un certain nombre de désastres sociaux, notamment une série de guerres et une dictature, ont laissé une piètre infrastructure dans le secteur de l'éducation (voir Chronaki, 1999). De nos jours, les pays de l'Europe de l'Est relèvent d'énormes défis et doivent faire face à des ressources très limitées. Dans ce genre de situations, la mise en place d'une réforme en formation des maîtres, comme celle qui accentue la formation en milieu de stage, implique une ré-allocation des ressources tant humaines que matérielles. En conséquence, lorsqu'on tient compte de l'arène internationale, on doit noter que la conception et la mise en place d'un programme de formation des enseignants ne sont pas uniquement liées aux orientations épistémologiques d'un groupe d'éducateurs et de planificateurs.

10. En anglais : « *pastoral responsibility* »

Les spécificités de l'enseignement des mathématiques

Tout programme de formation des enseignants, y compris la formation des maîtres de mathématiques, pourrait avoir à relever des défis liés aux décisions à prendre à propos de l'orientation et de la structure du programme, de la combinaison de la théorie et de la pratique, du contenu de différents cours et, enfin, des méthodes d'enseignement et d'évaluation. En plus, il faudra compter sur les rapports de force locaux qui ne manqueront pas de jouer lorsque les chasses gardées seront remises en question. Par exemple, des questions comme « où » certains cours auront lieu (département de mathématiques, école d'éducation ou un établissement *ad hoc*), « qui » aura inévitablement le contrôle du contenu de ces cours (les mathématiciens, les professeurs de didactique, les enseignants de mathématiques) donneront lieu à des discussions et à des négociations parmi les parties intéressées.

Une demande pour reconstruire les programmes de formation des maîtres ne peut laisser la formation des enseignants de mathématiques intacte. Comme Borasi (1998) le fait observer, la recherche dans le domaine précis de la formation des maîtres de mathématiques est encore rare. En conséquence, les programmes et les projets de recherche sur la formation des maîtres de mathématiques sont des produits hybrides qui se développent entre le champ de recherche sur l'enseignement des mathématiques et celui sur la formation des maîtres, sans épouser directement l'un ou l'autre. Les programmes de formation des maîtres en mathématiques doivent être vus non seulement en tant qu'élément appartenant à la communauté des didacticiens de mathématiques, mais comme élément appartenant également à la communauté des formateurs de maîtres. Dans certains pays, comme au Royaume-Uni, la communauté de formateurs des maîtres a joué un rôle plus important, et la partie académique de la préparation des enseignants de mathématiques a lieu dans les écoles de formation des maîtres. Tandis que dans d'autres comme la France, les professeurs de mathématiques, par l'entremise des IREM¹¹, sont parvenus à influencer les rôles et fonctions des IUFM¹² nouvellement établis. Naturellement, il y a encore des pays, dont la Hongrie, où les mathématiciens exercent une plus grande influence.

Les influences venant de la recherche sur la formation des maîtres sont visibles à travers les concepts que des chercheurs en didactique des mathématiques ont importés dans leur domaine. Par exemple, Ernest (1989) a basé sa classification de ce que devrait contenir un programme de formation des maîtres en mathématiques sur la typologie de Shulman (1986). Cet auteur avait regroupé les savoirs des enseignants en six catégories :

- 1) la connaissance de la matière à enseigner;
- 2) la connaissance d'autres matières;
- 3) la connaissance du programme d'études;
- 4) la connaissance des apprenants;
- 5) la connaissance des objectifs éducatifs;
- 6) et enfin la connaissance pédagogique générale.

11. IREM correspond à *Regional Institutes for Research in Mathematics*.

12. IUFM est mis pour instituts universitaires de formation des maîtres.

Sa définition de la connaissance du contenu pédagogique a été particulièrement utile pour identifier quelles parties de la matière seraient appropriées à l'enseignement. Haggarty (1995) s'est servi de cette conceptualisation pour expliquer le succès de son cours qui a été basé sur un partenariat entre l'université et des écoles locales.

De son côté, Cooney (1994) a suggéré qu'un but important d'un programme de formation des maîtres de mathématiques devrait être de permettre à des enseignants de développer leur compréhension des mathématiques, ce qui permettrait un enseignement de la matière à partir d'une perspective constructiviste. En plus de cet élément essentiel, il a également souligné la nécessité d'offrir aux enseignants des occasions de réfléchir sur leurs propres expériences, de développer une expertise à identifier et à analyser les contraintes de l'enseignement et d'acquérir de l'expérience dans l'évaluation des apprentissages des élèves.

Par ailleurs, on doit réaliser qu'une grande partie de cette théorisation s'est faite à partir de recherches conduites dans des sociétés occidentales et qu'elle reflète alors les pratiques d'enseignement qui sont appropriées dans ces contextes particuliers. Nous savons très peu de choses sur ce que de telles conceptualisations pourraient signifier pour d'autres pays qui peuvent ne pas posséder autant de ressources socio-économiques ou qui peuvent ne pas avoir une infrastructure éducative similaire, permettant de s'ajuster rapidement aux réformes. Souvent, dans de tels contextes défavorisés, les tentatives pour mettre en application des programmes innovateurs sur une plus grande échelle sont vouées à l'échec. Les occasions d'expérimenter et d'explorer des dispositifs novateurs sont très rares de même que les possibilités pour inventer et construire des solutions viables sont restreintes. Parmi les écrits scientifiques disponibles, il y a un *black-out* complet concernant la nature des pratiques et des problèmes éducatifs particuliers à ces contextes. Comme Elliot (1999) l'a observé, on en sait encore très peu sur ces échecs et sur leurs causes, de même que sur les problèmes réels auxquels on doit faire face. Non seulement nous en savons peu à propos de ces silences, mais nous sommes toujours à court de concepts qui caractériseraient de telles situations d'une manière qui rendrait justice aux efforts déployés.

Boero, Dapueto et Parenti (1996), un groupe sud-européen de didacticiens et de chercheurs en mathématiques, peuvent fournir une image plus représentative de la scène contemporaine de la formation des maîtres en mathématiques en ajoutant l'expérience des pays de l'Europe du Sud et de l'Est. Ces auteurs proposent trois perspectives prédominantes pour caractériser la façon dont se déroule la préparation des enseignants en mathématiques. Ces perspectives correspondent à trois visions différentes du rôle des enseignants de mathématiques et de leur développement professionnel. La première considère que le développement professionnel des enseignants de mathématiques devrait être basé sur le développement de leur excellence et de leur expertise dans le domaine scientifique des mathématiques. La seconde met l'accent sur la créativité et conçoit le travail des enseignants de mathématiques comme un travail d'artistes. Enfin, la troisième base le développement professionnel des enseignants sur l'étude et la maîtrise d'un certain nombre de domaines scientifiques comprenant la psychologie et la sociologie de l'éducation.

La première orientation est la préférée des mathématiciens. Elle a été souvent utilisée comme argument pour protéger leur domaine scientifique contre l'invasion des psychologues et des sociologues. L'argument de base consiste à affirmer que les connaissances sur la façon d'enseigner les mathématiques devraient émaner d'une maîtrise profonde de la matière, tandis que l'expertise professionnelle se développerait au fil de l'expérience. Ce point de vue plaît peu aux didacticiens de mathématiques qui, au cours des trois dernières décennies, se sont systématiquement efforcés de dépasser une vision de la formation des maîtres en mathématiques strictement située dans la matière elle-même. Boero, Dapuelto et Parenti (1996) estiment que, bien que cette première vision ait été jugée sévèrement, elle offre toujours une base utile pour la formation des enseignants. Ils se réfèrent à des résultats spécifiques venant de conférences sur des sujets tels l'épistémologie et l'histoire de la connaissance mathématique.

La deuxième orientation doit son émergence à la reconnaissance de la valeur et de la pertinence du travail créatif d'enseignants de mathématiques exceptionnels dans des projets innovateurs. Les enseignants, comme les artistes, peuvent produire des idées brillantes au regard d'aspects spécifiques de l'enseignement des mathématiques et, en partageant leurs réflexions avec leurs collègues à l'intérieur de communautés de dialogue, ils peuvent contribuer à l'avancement de la pratique. Une telle vision implique que la formation des maîtres devrait être fortement basée sur le concept d'enseignants de mathématiques développant leurs capacités à cause de leur passion et de leur attachement profond pour leur profession. On a noté que cette orientation peut être problématique parce qu'elle est incontrôlable, non supervisée et fortement idiosyncrasique puisqu'elle dépend principalement du capital culturel et de l'énergie créative des enseignants. Cependant, plusieurs pays dépendent dans une large mesure du travail de support de ces individus et de l'inspiration qu'ils introduisent dans la profession. Boero, Dapuelto et Parenti (1996) notent qu'en Hongrie cette approche est encore valorisée et qu'elle donne lieu à des pratiques de formation de maîtres de haute qualité.

La dernière orientation est relativement nouvelle et tente d'apporter une composante scientifique à la profession. Elle est basée sur la vision que la connaissance d'une variété de disciplines est importante pour la formation des maîtres en mathématiques, et que, conséquemment, les contributions des domaines connexes (par exemple la sociologie, la psychologie, la pédagogie) doivent être opérationnalisées et utilisées dans la classe. Cette vision pose de nouveaux problèmes non seulement lorsqu'il s'agit d'identifier les disciplines les plus susceptibles de contribuer à un programme de formation des maîtres en mathématiques, mais également lorsqu'il s'agit de comprendre de quelles façons les concepts de ces disciplines peuvent marquer la pratique éducative. De telles questions font émerger de nouveaux dilemmes concernant les compromis entre le contenu et le temps dans des cours particuliers aussi bien qu'en termes de dialectique entre la théorie et la pratique. Le modèle allemand constitue l'exemple d'un programme qui prévoit l'étude d'un certain nombre de disciplines connexes à l'enseignement, mais sans vraiment que des efforts soient faits pour aider les stagiaires à transférer leurs connaissances académiques dans

l'enseignement des matières scolaires et dans l'expérience pratique du stage. À ce sujet, Keitel (1992) estime que le postulat sous-jacent, voulant que les étudiants fassent eux-mêmes les liens entre les matières, conduit à la production d'experts en savoirs mathématiques ou pédagogiques, mais pas en enseignement des mathématiques. En revanche, les nouveaux programmes français de formation des maîtres pourraient présenter plus d'occasions pour l'intégration théorie-pratique, parce qu'ils surimposent à un diplôme de premier cycle une formation qui combine didactique et pratique (voir Comiti et Ball, 1996).

Des visions des mathématiques d'école aux visions de la formation des maîtres

Tant les programmes d'études des mathématiques d'école que les programmes d'études de formation des maîtres constituent des formes institutionnalisées de visions éducatives particulières. Ils servent alors de vecteurs pour communiquer d'une part les buts de l'enseignement des mathématiques et d'autre part les objectifs spécifiques poursuivis en classe. La cohérence entre les buts et ce qui se passe en classe peut faire en sorte que les visions éducatives deviennent par la suite plus faciles à communiquer entre les différents groupes d'acteurs, tels que les planificateurs de programmes d'études, les chercheurs en éducation, les applicateurs de nouveaux programmes d'études, les enseignants et les élèves.

Dans la première partie de ce texte, trois façons de voir les mathématiques d'école ont été explorées. La vision des mathématiques d'école comme « discipline mentale » est encore prédominante, tandis que les perspectives socioculturelle et sociopolitique peuvent être vues comme fournissant des alternatives pédagogiques et épistémologiques pour l'enseignement des mathématiques. Au cours des années, ces deux perspectives ont fait émerger des approches distinctes concernant la façon dont les enseignants devraient travailler avec leurs élèves. Cependant, ces grandes visions sur l'enseignement des mathématiques d'école ne touchent pas directement à la question de la formation des maîtres de mathématiques et, bien qu'on puisse créer à partir des conceptualisations que ces visions offrent, les transferts substantiels restent encore à élaborer. En revanche, on peut reconnaître que ces trois visions fournissent des cadres de travail, puisqu'elles sont connues des didacticiens de mathématiques, qui sont la plupart du temps aussi les superviseurs attirés par les universités auprès des futurs enseignants de mathématiques.

Ce tour de piste, qui passe des orientations principales des mathématiques d'école aux tendances actuelles des programmes de formation des maîtres, peut faire surgir une panoplie de questions à propos des liens entre les deux types de programmes :

- Quelle est la place de ces visions dans les programmes d'études des mathématiques d'école et dans les programmes de formation des maîtres en mathématiques?
- Ces visions influencent-elles la construction des programmes de formation des maîtres en mathématiques ou est-ce que de tels programmes se développent de façon autonome?

- Est-ce que certaines visions sont plus prédominantes que d'autres et pourquoi?
- Si nous avons une vision particulière en tête, devrions-nous planifier et structurer le cours de formation des maîtres différemment?
- Est-ce que l'adoption d'une certaine vision impliquerait l'adoption d'une méthodologie particulière pour travailler avec les stagiaires en mathématiques et suggérerait-elle également la construction de différents environnements éducatifs?

Il n'est pas possible dans ce texte de répondre à toutes ces questions. En revanche, à partir des éléments que nous avons mis au jour jusqu'ici, les deux points suivants doivent être signalés :

1. On retrouve chacune de ces trois visions dans les pratiques d'enseignement en vigueur dans le monde entier, quoique à des degrés différents.
2. Chacune des trois visions explorées nous pousse à adopter un point de vue différent dans la structuration d'un programme de formation des maîtres de mathématiques.

Nous allons maintenant développer ces deux affirmations.

En ce qui concerne la première de ces deux affirmations, on peut soutenir que même si on remarque un changement vers l'inclusion des questions sociales dans l'enseignement des mathématiques d'école, la vision « discipline mentale » est encore prédominante dans les pratiques curriculaires de la plupart des pays. Ainsi, Niss (1996), dans un examen récent des buts de l'enseignement des mathématiques, observe que le passage du primaire au secondaire est plus souple et qu'on retrouve également un plus grand souci pour les questions sociales dans l'éducation. Par exemple, les buts sont exprimés en termes plus larges et on montre plus de sensibilité pour la diversité culturelle, pour les différents milieux des élèves ainsi que pour les conditions d'enseignement des mathématiques quel que soit le groupe social d'origine des élèves. L'adoption d'une approche plus sociale peut être reconnue dans le fait que les programmes d'études de certains pays ont explicitement prescrit d'abord de mettre l'accent sur la participation active des élèves, puis d'utiliser divers modèles d'enseignement, notamment ceux qui font usage du travail d'équipe et de la coopération, du travail par projets ou par des activités d'investigation. On peut l'expliquer par le fait, qu'en occident, des aspects de l'orientation socioculturelle aient été explorés intensivement par des programmes innovateurs et que son rationnel ait été utilisé en occident pour mettre sur pied des curriculums nationaux au Royaume-Uni et aux États-Unis, par exemple. Quant à la vision sociopolitique, elle constitue un défi alternatif de taille qui devra être relevé, surtout si elle continue à gagner du terrain notamment à travers le travail de quelques groupes (voir MEAS1, 1998).

Toutefois, la vision des mathématiques d'école comme discipline mentale n'a pas été abandonnée. Niss (1996) fait remarquer que, bien que les nouveaux programmes d'études semblent plus larges, les visions plus traditionnelles n'ont pas été écartées. Cela signifie que la pensée abstraite décontextualisée et que l'exercice et

l'acquisition d'habiletés sont encore jugés souhaitables. Parfois, le changement vers une vision plus sociale se traduit par une adoption très superficielle du travail pratique sans que cela représente vraiment un défi pour les capacités des élèves à résoudre des problèmes mathématiques. Cela peut conduire à l'abaissement des normes pour certains groupes. On peut parfois observer un mouvement de l'abstrait vers le concret, non par souci de mettre en évidence la construction sociale des mathématiques, mais plutôt comme tentative d'incorporer un contenu plus facile à digérer par un plus grand nombre. Il y a un grand défi à l'heure actuelle en ce qui concerne non seulement ce que devrait être l'équilibre entre des habiletés d'un ordre supérieur et des habiletés pratiques, mais également en ce qui a trait au rôle de l'hégémonie de la pensée abstraite et de la sous-évaluation des expériences pratiques dans la construction des programmes d'études des mathématiques.

Cela est particulièrement évident au Royaume-Uni, où le classement des élèves par niveaux (faibles, moyens, forts) suggère que l'on approche différemment les buts de l'enseignement ainsi que les attentes à l'égard des apprentissages mathématiques. Brown (1998) observe que :

les objectifs mathématiques pour les groupes les plus forts ont traditionnellement mis l'accent sur des techniques et des concepts utilisés en sciences et en ingénierie, par exemple la trigonométrie et les fonctions; en plus de ces derniers, il y avait une variété de niveaux d'introduction à des notions de mathématiques pures telles que la structure et la preuve [...] Pour les groupes moyens, prédominaient les mathématiques techniques à un niveau réduit telles que des formules d'algèbre et de mesure, alors que les élèves des groupes inférieurs, comptant obtenir des métiers au mieux non qualifiés, se sont concentrés sur des calculs [...] et sur l'utilisation des mathématiques dans la vie quotidienne.

Brown estime que :

De telles différences curriculaires ont été associées à une structure professionnelle relativement stable et liée aux hiérarchies sociales, qui a dans la pratique reflété des divisions basées principalement sur les classes sociales, la race et le sexe¹³.

Actuellement, l'interprétation des résultats des comparaisons internationales comme le TIMSS¹⁴ a conduit à mettre l'accent sur la rhétorique du « retour à la base » afin de se rapprocher des succès des cultures traditionnelles comme au Japon et en Corée; par exemple, dans le contexte du Royaume-Uni, cela signifie plus d'évaluations, plus d'enseignement sous forme d'exposés magistraux et plus d'apprentissages par cœur. En même temps, les Coréens font face à un dilemme différent : peu satisfaits de l'orientation de « discipline mentale » dans leurs programmes d'études

13. Traduction libre, p. 79-80.

14. TIMSS correspond à *Third International Mathematics and Science Study*.

d'école, ils envisagent un changement vers un contenu plus pratique (voir Hee-Chan Lew, 1998).

En ce qui concerne notre deuxième affirmation, il faut rappeler que ces trois visions sur les mathématiques d'école ne peuvent pas déterminer *ipso facto* des orientations et des structures pour les programmes de formation des maîtres en mathématiques. Par ailleurs, les visions sur les mathématiques d'école partagent tout de même un dénominateur commun avec les programmes de formation des maîtres de mathématiques, et ce dénominateur, c'est l'enseignement des mathématiques. Donc, une vision sur les mathématiques d'école peut sans doute définir l'orientation de certains cours de formation des maîtres, mais pas en fournissant des prescriptions spécifiques. Les implications possibles de chacune de ces trois visions seront explorées ci-dessous.

Une vision des mathématiques comme « discipline mentale » met l'accent sur l'entraînement des élèves au plan de leurs habiletés procédurales. Les styles d'enseignements associés sont basés sur la promotion du « par cœur » et sur l'apprentissage par répétition. Les activités pratiques, sous forme de tâches simples, sont principalement vues en tant que moyens d'exercer ses propres habiletés, c'est-à-dire résoudre des équations, entreprendre des calculs complexes, établir la preuve, etc. Cette vision favoriserait un cours de formation des maîtres en mathématiques qui met l'accent seulement sur la matière ou sur l'étude d'autres matières, par exemple la sociologie ou la psychologie, mais sans effort pour relier les aspects théoriques avec le savoir pratique; c'est le cas, par exemple, du modèle allemand. Un tel point de vue enjoint à en rester à une vision instrumentale de l'apprentissage des élèves et, par conséquent, à une vision instrumentale des apprentissages des futurs enseignants en supposant que les liens entre la théorie et la pratique ou entre différentes parties théoriques se produisent spontanément et sont non problématiques.

L'orientation socioculturelle met un accent majeur sur la théorisation des dispositifs et éléments didactiques dans les salles de classe de mathématiques. Les chercheurs ont fait une analyse méticuleuse du rôle des apprenants et du rôle des interactions sociales pendant qu'elles émergent dans la microculture de la salle de classe. Un ambitieux programme de recherche a porté sur la façon dont l'enseignant permet aux élèves de construire leurs propres significations mathématiques et sur la façon dont des situations éducatives centrées sur l'élève peuvent être structurées. Cette vision a permis de concevoir l'enseignant non comme un transmetteur, mais comme un facilitateur, un maître d'étayage ou encore un ingénieur d'interactions didactiques. La mise en œuvre de cette orientation dans la formation des maîtres peut se réaliser en faisant une place dans le programme pour étudier ces subtiles et profondes particularités du processus didactique. Cela ne pourrait se faire dans un programme de formation des maîtres linéaire qui aborderait d'abord la théorie pédagogique, puis l'étude des mathématiques et enfin la pratique lors des stages. L'intégration de la théorie et de la pratique requiert des opérations sophistiquées dont le succès dépend d'une interaction continue entre la réflexion, la pratique et la théorisation (voir Jaworski, 1998). Les dispositifs spécifiques qui tentent de développer la pensée réflexive et la capacité de théoriser sur sa pratique d'enseignement

peuvent inclure l'utilisation de vidéos de leçons comme base de discussions ou encore la mise en œuvre de projets de recherche-action. L'utilisation des mémoires professionnels dans lesquels l'analyse d'épisodes d'enseignements est un élément central fait partie des programmes français de formation des maîtres et il semble que ces mémoires offriraient des ancrages pertinents pour aborder ces enjeux (voir Comiti et Ball, 1996).

Enfin, une vision sociopolitique des mathématiques a récemment ouvert une nouvelle perspective et nous force à reconceptualiser le rôle du contenu, des tâches, de l'apprenant, de l'enseignant, de l'école et, bien sûr, celui de l'enseignement des mathématiques. Cette vision nous amène à analyser non seulement la qualité des apprentissages mathématiques et de leur développement à travers les interactions sociales dans la salle de classe, mais également le rôle social des mathématiques elles-mêmes. Ce point de vue nous incite à penser plus loin et à voir l'enseignement des mathématiques en tant que moyen pour débusquer les inégalités et éduquer les élèves à une citoyenneté responsable. Pour un programme de formation d'enseignants de mathématiques, une perspective sociopolitique impliquerait des situations d'investigation ou d'analyse qui mettraient l'accent sur la prise en charge¹⁵ par les étudiants et sur la pratique des valeurs démocratiques (Povey, 1998). Dans un récent article, Presmeg (1999) décrit l'importance d'utiliser une approche ethno-mathématique dans un cours de formation des maîtres en mathématiques, notamment en utilisant du matériel basé sur la culture des stagiaires afin d'encourager leur conscience en matière de diversité culturelle. Cette auteure mentionne qu'une telle approche permet aux étudiants de révéler l'image qu'ils ont d'eux-mêmes ainsi que de faire des liens entre, d'une part, ce qui est exigé en tant qu'activité mathématique par le programme d'études et, d'autre part, ce qui peut être trouvé en tant qu'activité mathématique dans la société. Par ailleurs, l'invitation à une critique des mathématiques et en particulier les questions « qu'est-ce que les mathématiques? » et « comment les mathématiques sont-elles construites? » confrontent l'actuelle prédominance épistémologique des mathématiques (voir les notions d'absolutisme et de faillibilité, Ernest, 1991). De son côté, Skovsmose (1998) a proposé le terme « *aporism* »¹⁶ pour désigner une nouvelle approche épistémologique des mathématiques qui souligne la nécessité de reconnaître que l'utilisation non critique des modèles mathématiques peut mener aux erreurs, aux risques et aux catastrophes. Ce point-là commande que l'on reconsidère l'étude de la discipline des mathématiques en elle-même. Se pourrait-il que l'offre de certains cours, comme l'étude de la sociologie des mathématiques (voir Restivo, 1990), puisse être bénéfique pour les étudiants maîtres de mathématiques? Les mathématiciens ou les didacticiens de mathématiques peuvent-ils relever ce défi?

15. « *empowerment* »

16. Étymologiquement, *aporism* est un dérivé du mot grec « *aporéo* » qui signifie « être dans une perte » ou « être sans ressources ».

Références bibliographiques

- ARTIGUE, M. (1994). Didactical Engineering as a Framework for the Conception of Teaching Products, dans R. Biehler, R.W. Scholz, R. Strasser et B. Winkelmann (dir.), *Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, p. 27-39.
- BALACHEFF, N. et J. KAPUT (1996). Computer-Based Learning Environments in Mathematics, dans A. Bishop et al. (dir.), *International Handbook of Mathematics Education*. Dordrecht : Kluwer, p. 469-504.
- BAUERSFELD, H. et P. COBB (dir.) (1995). *The Emergence of Mathematical Meaning : Interaction in Classroom Cultures*. Hillsdale (NJ) : Lawrence Erlbaum.
- BOERO, P., DAPUETO, C. et PARENTI, L. (1996). Didactics of Mathematics and the Professional Knowledge of Teachers, dans A. Bishop et al. (dir.), *International Handbook of Mathematics Education*. Dordrecht : Kluwer, p. 1097-1122.
- BOERO, P. (1992). The Crucial Role of Semantic Fields in the Development of Problems Solving Skills in the School Environment, dans J.P. Ponte, J.F. Matos, J.M. Matos et D. Fernandes (dir.), *Mathematical Problem Solving and New Information Technologies*. Berlin : Springer-Verlag, p. 77-91.
- BORASI, R. (1998). Book Review (E. Fennema et B.S. Nelson (dir.) (1997). *Mathematics Teachers in Transition*. Mahwah (NJ) : Erlbaum). *Journal of Mathematics Teacher Education*, vol. 1, p. 237-240.
- BORBA, M.C. (1990). Ethnomathematics in Education. *For the Learning of Mathematics*, vol. 10, n° 1, p. 39-43.
- BROUSSEAU, G. (1992). Didactique : What It Can Do for the Teacher, dans R. Douady et A. Mercier (dir.), *Research in the Didactics of Mathematics*. Paris : La pensée sauvage, p. 7-39.
- BROWN, M. (1998). One Mathematics for All?, dans C. Hoyles, C. Morgan et G. Woodhouse (dir.), *Rethinking the Mathematics Curriculum*. Londres : Falmer Press, p. 78-89.
- BUSSI, M. (1998). Joint Activity in Mathematics Classrooms : A Vygotskian Analysis, dans F. Seeger, J. Voigt et U. Waschescio (dir.), *The Culture of the Mathematics Classroom*. Cambridge : Cambridge University Press, p. 67-98.
- BUSSI, M. (1996). Mathematical Discussion and Perspective Drawing in Primary School. *Educational Studies in Mathematics*, vol. 31, p. 11-41.
- BISHOP, A.J., CLEMENTS, K., KEITEL, C., KILPATRICK, J. et C. LABORDE (dir.) (1996). *International Handbook of Mathematics Education*. Dordrecht : Kluwer.
- CALDERHEAD, J. et S.B. SHORROCK (1998). *Understanding Teacher Education*. Londres : Falmer Press.

- CHEVALLARD, Y. (1991). *La transposition didactique*. Grenoble : La pensée sauvage (2^e édition).
- CHRISTIANSEN, I.M. (1997). When Negotiation of Meaning Is also Negotiation of the Task : Analysis of the Communication in an Applied Mathematics High School Course. *Educational Studies in Mathematics*, vol. 34, p. 1-25.
- CHRONAKI, A. (1999). Reforms and Pedagogy : The Case of the Maths Curriculum in Greece, dans *Communication présentée au congrès de l'AERA* (American Educational Research Association). Montréal, Canada, avril 1999.
- COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT (1990). Anchored Instruction and Its Relation to Situated Cognition. *Educational Researcher*, vol. 19, n° 6, p. 2-10.
- COCKROFT REPORT (1982). *Mathematics Counts, DES/WO : Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools*. Londres : HMSO.
- COMITI, C. et L.D. BALL (1996). Preparing Teachers to Teach Mathematics : A Comparative Perspective, dans A. Bishop et al. (dir.), *International Handbook of Mathematics Education*. Dordrecht : Kluwer, p. 1123-1154.
- COONEY, T. (1994). Teacher Education as an Exercise of Adaptation, dans D. Aichele (dir.), *Professional Development of Teachers of Mathematics*. Reston (VA) : National Council of Teachers of Mathematics, p. 9-22.
- D'AMBROSIO, U. (1994). Cultural Framing of Mathematics Teaching and Learning, dans R. Biehler, R.W. Scholz, R. Strasser et B. Winkelmann (dir.), *Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, p. 443-455.
- D'AMBROSIO, U. (1991). *On Ethnoscience*. Campinas, Brazil : Interdisciplinary Centre for the Improvement of Science Education.
- DAVIS, R.B. et MAHER, C.A. (1993). *Schools, Mathematics, and the World of Reality*. Massachusetts : Allyn et Bacon.
- DE LANGE, J. (1996). Using and Applying Mathematics in Education, dans A.J. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick et C. Laborde (dir.), *International Handbook of Mathematics Education*. Kluwer Academic Publishers, p. 49-98.
- DOWLING, P. (1998). *The Sociology of Mathematics Education : Mathematical Myths/ Pedagogic Texts*. Londres : Falmer Press.
- ELBAZ, F. (1983). *Teacher Thinking : A Study of Practical Knowledge*. Londres : Croom Helm.
- ELLIOT, J. (1999). Introduction : Global and Local Dimensions of Reforms in Education (Editorial). *Teaching and Teacher Education*, vol. 15, p. 133-141.
- ERNEST, P. (1989). The Knowledge, Beliefs and Attitudes of the Mathematics Teacher : A Model. *Journal of Education for Teaching*, vol. 15, n° 1.

- ERNEST, P. (1991). *The Philosophy of Mathematics Education*. Londres : The Falmer Press.
- FEIMAN-NEMSER, S. (1990). Teacher Preparation : Structural and Conceptual Alternatives, dans W.R. Houston (dir.), *Handbook of Research in Teacher Education*. New York : Macmillan, p. 212-33.
- FRANKESTEIN, M. (1983). Critical Mathematics Education : An Application of Paulo Freire's Epistemology. *Journal of Education*, vol. 165, n° 4, p. 315-339. (Réimprimé in Shor I (dir.), *Freire for the Classroom*. Portsmouth, New Hampshire : Boyton and Cook Publishers, 1987, p. 180-210).
- GERDES, P. (1996). Ethnomathematics and Mathematics Education, dans A. Bishop *et al.*, *International Handbook of Mathematics Education*. Dordrecht : Kluwer, p. 909-944.
- HAGGARTY, L. (1995). *New Ideas for Teacher Education : A Mathematics Framework*. Londres : Cassell.
- HOYLES, C., MORGAN, C., WOODHOUSE, G. (dir.), (1998). *Rethinking the Mathematics Curriculum*. Londres : The Falmer Press.
- JACOBSEN, E. (1996). International Co-operation in Mathematics Education, dans A. Bishop *et al.*, *International Handbook of Mathematics Education*. Dordrecht : Kluwer, p. 1235-1256.
- JAWORSKI, B. (1998). Mathematics Teacher Research : Process, Practice and the Development of Teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, vol. 1, p. 3-31.
- KEITEL, C. (1992). Mathematician or Pedagogue? On The Education of Teachers in Germany. *The Curriculum Journal*, vol. 3, n° 3, p. 290-309.
- LEUNG, F. (1998). The Traditional Chinese Views of Mathematics and Education : Implications for Mathematics Education in the New Millenium, dans C. Hoyles, C. Morgan et G. Woodhouse (dir), *Rethinking the Mathematics Curriculum*. New York : Falmer Press, p. 240-247.
- LEW, H. (1998). New Goals and Directions for Mathematics Education in Korea, dans C. Hoyles, C. Morgan et G. Woodhouse (dir.), *Rethinking the Mathematics Curriculum*. New York : Falmer Press, p. 218-239.
- MEAS1 (1998). *Proceedings of the First International Mathematics Education and Society Conference*, Centre for the Study of Mathematics Education, Nottingham University, UK, 6-11 septembre.
- MELLIN-OLSEN, S. (1987). *The Politics of Mathematics Education*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- MOON, B. (1986). *The New Maths Curriculum Controversy : An International Story*. Londres : The Falmer Press.

NCTM – NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS (1989).

Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics. Reston (VA) : NCTM.

NISS, M. (1996). Goals of Mathematics Teaching, dans A. Bishop et al., *International Handbook of Mathematics Education*. Dordrecht : Kluwer, p. 11-48.

POVEY, H. (1998). *Do Triangles Exist? : The Nature of Mathematical Knowledge and Critical Mathematics Education*, dans MEAS1, p. 291-298.

PRESMEG, N. (1999). Ethnomathematics in Teacher Education. *Journal of Mathematics Teacher Education*, vol. 1, p. 317-339.

RESTIVO, S. (1990). The Social Roots of Pure Mathematics, dans S.E. Cozzens et T.F. Gieryn (dir.), *Theories of Science in Society*. Indianapolis : Indiana University Press.

SEEGER, F. VOIGT, J. et U. WASCHESIO (1998). *The Culture of the Mathematics Classroom*. Cambridge : Cambridge University Press.

SHULMAN, L.S. (1986). Those Who Understand : Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, vol. 15, n° 2.

SIERPINSKA, A. (1985). Obstacles épistémologiques relatifs à la notion de limite, dans *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 6. Grenoble : La pensée sauvage, p. 5-67.

SKOVSMOSE, O. (1994). *Towards a Philosophy of Critical Mathematics Education*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.

SKOVSMOSE, O. (1998). *Aporism and the Problem of Democracy in Mathematics Education*, dans Keynote address in MEAS1.

TREFFERS, A. (1987). *Three Dimensions : A Model Goal and Theory Description in Mathematics Instruction – The Wiskobas Project*. Mathematics Education Library, D. Reitel Publishing Company.

VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol., n°s 2-3. Grenoble : La pensée sauvage, p. 133-170.

VON GLASERSFELD, E. (1995). *Radical Constructivism : A Way of Knowing and Learning*. Londres : The Falmer Press.

ZEICHNER, K.M. (1983). Alternative Paradigms of Teacher Education. *Journal of Teacher Education*, vol. 34, n° 3, p. 3-9.