

Réflexions sur la formation des maîtres et sur l'enseignement des mathématiques au primaire

Heinrich Bauersfeld

Volume 20, Number 1, 1994

Constructivisme et éducation

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/031706ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/031706ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Revue des sciences de l'éducation

ISSN

0318-479X (print)

1705-0065 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Bauersfeld, H. (1994). Réflexions sur la formation des maîtres et sur l'enseignement des mathématiques au primaire. *Revue des sciences de l'éducation*, 20(1), 175–198. <https://doi.org/10.7202/031706ar>

Document

Réflexions sur la formation des maîtres et sur l'enseignement des mathématiques au primaire¹

Heinrich Bauersfeld
Professeur
Université Bielefeld

L'abolition, dans plusieurs pays, des écoles normales ou académies et l'intégration de la formation des enseignants dans les universités ont suscité une série de problèmes nouveaux. Cette décision, influencée par une approche favorisant chez les futurs enseignants une formation accrue en «mathématiques pures» qui soit régie par les facultés de mathématiques, a entraîné une distanciation de la réalité scolaire et des problèmes de la classe ainsi qu'une diminution marquée du nombre d'étudiants en formation des maîtres. En Allemagne (de l'Ouest), le problème a pris de l'ampleur durant les deux dernières décennies tout en passant souvent inaperçu: ainsi, la population des enseignants de mathématiques au primaire est passée d'environ un million en 1960 à 550 000 entre 1975 et 1980, avec un léger accroissement de nos jours, sans qu'aucun jeune enseignant ne soit embauché par l'État. Il en est résulté une baisse dramatique du nombre d'étudiants en formation des maîtres dans les universités et des postes de professeurs à l'université ont été abolis. De leur côté, les écoles primaires ont continué à fonctionner calmement, sans les remises en question qu'aurait suscitées l'arrivée de jeunes enseignants aux idées nouvelles. Le personnel enseignant atteint maintenant un âge moyen de cinquante ans, et les écoles ont appris pour leur part à se suffire à elles-mêmes pour le perfectionnement des enseignants. Le fossé entre les universités et les écoles s'est ainsi élargi de façon significative.

La situation actuelle est en pleine mutation. En effet, durant la prochaine décennie, les deux tiers des enseignants du primaire prendront leur retraite et seront remplacés par une majorité de jeunes enseignants qui, à l'université, ont eu moins de stages et de contacts avec l'école, moins de cours et de séminaires, et plus de mathématiques supérieures. Par ailleurs, les besoins des élèves se sont grandement diversifiés, entre autres, avec l'arrivée de réfugiés et d'immigrants. La tâche de l'enseignant s'est donc complexifiée depuis quelques décennies.

Bien que ces problèmes soient à notre porte, aucun débat n'est engagé sur les mesures à prendre. La situation est peut-être plus harmonieuse dans d'autres pays, mais les problèmes fondamentaux de la formation des maîtres demeurent les mêmes. Qu'est-ce qui ne convient pas dans cette formation professionnelle? Qu'attend-on des cours de formation initiale et de formation continue des enseignants?

Il n'y a, de toute évidence, aucune réponse claire et définitive à ces questions. Aussi faut-il comprendre nos propos sur le sujet comme des suggestions, des options possibles pour un développement futur. Nous présenterons également quelques exemples de réforme à petite échelle susceptibles d'intéresser des éducateurs et de rejoindre leurs préoccupations. Il importe toutefois de préciser le cadre théorique sous-jacent à ces suggestions et options. À cet effet, nos propos peuvent être regroupés comme suit:

- Que peuvent signifier, pour les étudiants et les enseignants, apprentissage et enseignement?
- Quels sont les effets pertinents de la formation actuelle des maîtres?
- Que dit la recherche à propos des réformes nécessaires dans la formation des maîtres?
- Comment promouvoir les changements requis chez les enseignants au niveau de leur vision de l'enseignement des mathématiques, vision qui est fondamentale pour les pratiques qui seront mises en place, ainsi qu'au niveau de leur pratique quotidienne?
- Quelles sont les options disponibles par rapport aux changements requis dans la formation des maîtres?

Quel sens donner à l'apprentissage et à l'enseignement?

Le modèle dominant la formation des maîtres est le suivant: l'université fournit la théorie, les méthodes et habiletés; les écoles, pour leur part, fournissent les classes, les programmes et les élèves; quant à l'étudiant en formation des maîtres, il fournit l'effort individuel... Ce modèle de formation ignore toutefois le rôle du contexte social et politique de la formation des maîtres tout en mettant parallèlement l'accent sur l'effort individuel. De sorte que le problème social que constitue le fait de devenir enseignant se limite à un combat individuel (Britzman, 1986, p. 442).

Du point de vue socio-interactionniste (Bauersfeld, 1993b)², le problème crucial de tout apprentissage organisé se pose comme suit: quelles sont les conditions susceptibles d'amener l'apprenant à changer ses façons de faire, ses moyens et ses routines d'interprétation et d'action? En nous inspirant d'une phrase célèbre de Kant, nous pouvons illustrer cela par quatre points fondamentaux:

- 1) Le rôle actif et constructif de l'apprenant: le processus de changement doit être assumé par l'apprenant et non seulement par l'enseignant; l'apprenant est le principal acteur de ce processus, puisqu'il s'agit de sa propre restructuration.
- 2) L'impact de la socialisation de l'apprenant, ainsi que de ses connaissances antérieures: l'apprenant agit en réactivant constamment les attentes, les routines, les procédures et les significations élaborées dans des situations antérieures qu'il relie à la situation actuelle; il n'est pas une *tabula rasa*.
- 3) L'aspect contextuel de l'enseignement: l'enseignement en tant qu'organisation de divers processus qui favorisent l'apprentissage ne peut qu'offrir l'occasion d'apprendre; aucune transmission fiable de la connaissance n'existant, l'enseignant ne peut qu'encourager la structuration subjective de l'apprenant.
- 4) La dimension sociale du processus enseignement-apprentissage: le concept de conditions inclut généralement toutes les dimensions pertinentes, non seulement la matière ou le sujet à l'étude, les facteurs psychologiques, les méthodes d'enseignement, mais aussi l'interaction sociale et la coopération à l'intérieur de l'institution, la culture de la classe, les cultures d'arrière-plan, etc.

Parler de l'apprentissage évoque généralement l'idée d'apprentissage chez les élèves, mais les caractéristiques de l'apprentissage s'appliquent tout autant à l'apprentissage de l'enseignant. Nous en savons beaucoup plus au sujet de l'apprentissage des élèves que nous en savons sur la problématique de l'apprentissage de l'enseignement. Les programmes de formation initiale des maîtres sous-estiment, voire négligent, l'impact des expériences qu'ont vécues les étudiants pendant une douzaine d'années lorsqu'ils étaient eux-mêmes des élèves. De plus, ces programmes surestiment les effets de socialisation d'une formation académique en mathématiques pures. La formation des maîtres est ainsi conçue, le plus souvent, comme la rééducation d'anciens élèves plutôt que comme une introduction à une nouvelle profession. Les résultats de nos projets de recherche et de travaux similaires menés dans plusieurs autres classes et pays nous permettent d'envisager la forme que pourrait prendre une réforme de la formation des maîtres pour l'enseignement des mathématiques au primaire.

Éléments pertinents de la formation des maîtres

Les psychologues et les éducateurs sont loin de saisir toute la portée de la capacité de compréhension des élèves (Siegal, 1991, p. 133).

Pour comprendre l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques, le modèle de participation à une culture nous semble plus pertinent que le modèle de transmission des connaissances ou d'introduction à un corpus de connaissances objectives. En effet, participer au processus mathématique de la classe, c'est aussi participer à une culture qui utilise les mathématiques ou, mieux encore, à une culture de mathématisation. Les nombreuses habiletés et procédures qu'un obser-

vateur peut repérer et interpréter comme la manifestation principale de cette culture ne forment que la pointe visible de l'iceberg, la mathématisation se trouvant sous la surface de l'eau. Comme c'est le cas pour les cultures, l'essentiel de ce qui y est appris par la participation consiste à savoir quand faire quoi et comment le faire. Une connaissance, dans le sens étroit du terme, ne sert à rien si l'usager ne peut identifier la pertinence de son utilisation dans une situation donnée. Elle ne sera pas non plus d'une grande utilité si l'apprenant est incapable de transposer ses éléments à la situation actuelle; c'est donc dire que les effets principaux de la participation à la culture d'une classe de mathématiques apparaissent principalement à un métaniveau et sont «appris» indirectement.

Notons que le terme «apprentissage» est pris ici au sens large. De façon plus spécifique, nous ne limitons pas ce concept au processus conscient de la personne comme le fait la théorie de l'activité (Bauersfeld, 1992a). Nous y incluons le développement subconscient des règles et des régularités qui émergent de la participation active à une culture (de classe) spécifique.

Comme nous l'avons déjà indiqué, ce qui vaut pour l'élève vaut aussi pour l'enseignant. La formation des maîtres à l'université fonctionne de la même façon que toute autre sous-culture institutionnelle. Dans tous les pays, les programmes de formation des maîtres mettent trop d'importance sur la compréhension, sur les connaissances et sur les habiletés mathématiques. Pourtant, les méthodes universitaires habituelles d'enseignement et de présentation du savoir mathématique diffèrent de celles qui sont appropriées à l'enseignement primaire. En l'occurrence, les habitudes mathématiques que les futurs enseignants développent durant leur formation universitaire n'ont pas grand chose à voir avec les habitudes nécessaires à leur pratique future. De plus, ce qu'on enseigne à l'université concerne davantage les connaissances et les habiletés mathématiques que les processus qui sont adéquats à l'enseignement lui-même (le terme «adéquat» signifiant être suffisamment près des situations professionnelles de la pratique scolaire).

De toute évidence, et bien que ce soit surprenant, aucune réflexion n'a été amorcée afin de savoir si ces moyens permettent une «acculturation»³ adéquate au rôle de l'enseignant dans la classe. Une revue récente de 40 études portant sur l'apprentissage de l'enseignement amène Kagan (1992) aux conclusions suivantes:

- les études attestent de la «stabilité et de la rigidité des croyances et images antérieures (des étudiants en formation des maîtres)» (*Ibid.*, p. 140);
- de plus, «ces croyances et images personnelles demeurent généralement inchangées à la suite d'un programme de formation initiale et se maintiennent lors de la pratique en classe» (*Ibid.*, p. 142);
- «ne possédant pas de savoir-faire approprié, les enseignants débutants se désillusionnent rapidement et tendent à devenir de plus en plus autoritaires» (*Ibid.*, p. 145)⁴.

En négligeant ainsi l'écart entre l'*habitus* de l'enseignant acquis durant sa formation universitaire et l'*habitus* professionnel nécessaire dans la classe, on perd l'occasion de contrer les effets de 12 à 13 ans de socialisation acquise en tant qu'élève. Lorsque le jeune enseignant intégrera de nouveau l'école, il sera déjà trop tard. Soumis à la pression des tâches et des difficultés quotidiennes, il lui sera difficile de renverser la vapeur. Ainsi, lorsqu'il sera confronté à des situations conflictuelles, ce sera l'*habitus* bien enraciné dans ses propres expériences en tant qu'élève qui prévaudra; il privilégiera les anciennes méthodes et reproduira par le fait même le modèle de l'école traditionnelle.

De quelles attitudes et métaconnaissances ont besoin les futurs enseignants et quelles sont celles qui émergent des méthodes habituelles de formation? Nous abordons ces questions dans les deux prochaines sections.

Recommandations issues de diverses études

On n'apprend pas à parler une langue en apprenant une théorie pouvant être formulée explicitement, on l'apprend en participant à certaines pratiques; on s'en imprègne [...] Apprendre une langue permet deux choses. Cela permet de comprendre et d'utiliser *certaines règles*, mais sans pour autant pouvoir les identifier (Feyerabend, 1991, p. 116-117).

Si l'on conçoit la réalité de la classe de mathématiques comme étant en développement constant et se constituant dans l'interaction, des règles de causalité simple (de type cause-effet) ne peuvent fournir une assise suffisante aux prises de décision de l'enseignant. Outre la quantité importante de connaissances à laquelle il est exposé, la caractéristique principale d'un enseignant efficace est un certain *habitus*. Bourdieu a défini l'*habitus* comme «un mécanisme générateur» qui permet à un individu d'agir adéquatement en tant que membre de sa classe sociale, et ce, même dans des situations inédites. Transposé au rôle de l'enseignant dans la culture de la classe, le concept d'*habitus* éclaire le fondement individuel de la genèse d'une «définition subjective de la situation» et des aspects qui lui sont associés et qui renvoient aux quand et comment faire quelque chose adéquatement ou d'une façon acceptable.

Selon la vaste synthèse réalisée par Putnam, Lampert et Peterson (1990), «trois aspects de la connaissance mathématique» ont une importance particulière à la fois dans l'enseignement et dans l'apprentissage. Si, soutiennent ces auteurs, l'enseignement et l'apprentissage à l'école doivent conduire à de véritables succès académiques en mathématiques, il est raisonnable d'affirmer que:

- ceux-ci doivent être construits autour d'un corpus de «grandes idées» relatives aux notions et à la pensée mathématiques (*Ibid.*, p. 136);

- il y a des conventions mathématiques essentielles à présenter aux étudiants (les chiffres, divers symboles tels le %, l'axe des x et des y, etc.);
- les pratiques mathématiques doivent être personnellement significatives pour les étudiants (*Ibid.*, p. 137).

Ces auteurs dégagent aussi deux autres composantes importantes de l'enseignement, à savoir qu'il faut non seulement «parler mathématiques» mais aussi parler à propos des mathématiques et examiner en classe les différents types d'activités mathématiques.

«Que les étudiants donnent un sens aux pratiques mathématiques» est une idée particulièrement importante. En effet, «viser à ce que l'enseignant en formation s'engage activement dans un processus d'intégration de nouvelles informations, comme le suggèrent les auteurs, et aménager des situations dans lesquelles ses tentatives de construction de sens sont valorisées et explorées» (*Ibid.*, p. 137) constituent une option qui s'apparente de près à la notion de culture telle que nous l'entendons ici. «Parler à propos des mathématiques» rejoint aussi nos préoccupations car, comme le soulignent ces auteurs, «le discours verbal constitue un moyen important pour saisir la connaissance individuelle, une grande partie de ce qui est appris à propos des mathématiques [étant] implicite». L'enseignant «devra alors parler avec ses élèves, les stimulant avec des contre-exemples plutôt que d'émettre des jugements sur les réponses incorrectes» (*Ibid.*, p. 138).

Reynolds (1992), relatant la recherche effectuée de 1985 à 1990, arrive à la synthèse suivante sur ce qui est attendu des enseignants débutants. Elle indique clairement que les enseignants débutants devraient amorcer leur première année d'enseignement avec:

- la connaissance de la matière qu'ils enseignent;
- une disposition à connaître leurs élèves et l'école, ce qui suppose les habiletés ethnographiques et analytiques pour le faire;
- une connaissance des stratégies, des techniques et des outils qui permettent de créer et de soutenir une communauté d'apprentissage, ainsi que les habiletés requises pour employer ces stratégies, ces techniques et ces outils;
- la connaissance d'une pédagogie appropriée à la matière enseignée;
- une disposition pour réfléchir sur leurs propres actions et sur les réponses des élèves afin d'améliorer leur enseignement et leurs stratégies pédagogiques (Reynolds, 1992, p. 25-26).

Dans la section suivante, nous situons ces recommandations utiles dans un cadre théorique plus élaboré.

Comment amener des changements d'habitus chez les enseignants?

La principale «motivation» à l'acquisition du langage est une meilleure régulation des processus socioculturels sous-jacents [...] que se partagent la communication prélinguistique et linguistique (Bruner, 1983, p. 128).

La difficulté fondamentale et épineuse que suppose la considération de la genèse de l'*habitus* réside dans le fait qu'il n'y a aucune façon de transmettre les caractéristiques désirées en les enseignant directement. Le fait d'exposer les étudiants à des cours magistraux contribue néanmoins inévitablement au développement d'un *habitus*, comme le fait toute participation à l'interaction sociale d'institutions ou de groupes stables. De plus, cet *habitus*, qui émerge des cours et des séminaires que suivent les maîtres en formation, est la principale cause de la reproduction de l'habitude qui consiste à ne dispenser que des cours magistraux, habitude que l'on retrouve si souvent dans les classes régulières (Hoetker et Ahlbrand, 1969).

Si le développement d'*habitus* est le produit d'acculturation, nous devrions alors organiser la formation initiale des maîtres comme une culture qui «actualise» elle-même les caractéristiques désirées. Cette notion d'actualisation est choisie afin de mettre l'accent sur la nécessité d'une participation active à une «culture de mathématisation interactive». Cette notion veut illustrer le processus par lequel l'élève et les autres personnes concernées font certaines activités, puis immédiatement après discutent de celles-ci, réfléchissent sur celles-ci puis les développent davantage dans l'optique d'un consensus.

Ces considérations nous ont amené à encourager une pratique «alternative» de la formation des maîtres en mathématiques et de l'enseignement même des mathématiques aux futurs enseignants, ces étudiants ayant besoin de cours et de séminaires très particuliers.

En ce qui concerne l'objet d'enseignement et plus particulièrement la matière à enseigner, les nombreux essais en résolution de problèmes (voir les excellents livres de Polya) sont des points de départ pertinents. Selon la perspective constructiviste, l'apprentissage procède de constructions subjectives et se poursuit grâce à la négociation des conventions sociales et des normes de mathématisation plutôt que par la lecture ou par la découverte de vérités données ou de structures externes. En ce sens, la formation des maîtres devrait donc s'intéresser beaucoup plus au processus de négociation des constructions subjectives des étudiants. La nature processuelle de telles adaptations et de telles reconstructions personnelles ainsi que le caractère émergent de leur genèse (plutôt que résultant d'une sollicitation structurée) requièrent de nouvelles façons d'envisager les rencontres et les ateliers si l'on veut qu'ils servent de base utile à la formation des *habitus* souhaités. L'expérimentation de nouvelles formules de formation des maîtres devient alors nécessaire, telles aménager de meilleures occasions d'interaction entre les étudiants à l'université, expérimenter des modèles de cours et des programmes différents, etc.

Enfin, nous préconisons aussi une réforme de la formation pratique. Les premières expériences des réalités de la classe de mathématiques devront viser de nouveaux buts. La formation pratique ne devrait pas servir à introduire les techniques d'enseignement ni à développer des habiletés professionnelles, comme l'ont tenté les expériences de microenseignement, par exemple. Son rôle principal serait plutôt de développer un cadre personnel de réflexions théoriques tout en suscitant la motivation à mener de telles réflexions, et de sensibiliser les étudiants aux structures cachées d'un champ complexe, tout particulièrement en regard de leurs propres expériences en tant qu'élèves (en rétrospective) et des limites de celles-ci, et ce, pour continuer à développer un *habitus* mathématique «alternatif».

Options par rapport aux changements nécessaires dans la formation des maîtres

Dès le départ, l'enfant parvient, par combinaisons, à faire beaucoup à partir de peu. Il se sert, de façon typique, d'un petit groupe d'éléments à partir duquel il crée une grande variété de combinaisons (Bruner, 1983, p. 29).

Dans ce qui suit, nous présentons des recommandations plus détaillées d'innovation dans la formation des futurs enseignants de mathématiques au primaire. (L'ordre de présentation de ces remarques ne représente d'aucune façon un ordre hiérarchique.)

L'enseignement universitaire des mathématiques

Puisque, dans plusieurs pays, les départements de mathématiques ont une section réservée à la didactique des mathématiques, on peut penser qu'il y a une surestimation du rôle et de l'importance des mathématiques pures dans la formation des maîtres. Mais le besoin de compléter et de réorienter la formation actuelle ne tient pas tant au contenu mathématique comme tel qu'à la façon dont les professeurs l'enseignent. La plus grande lacune se situe au niveau d'un cadre théorique cohérent avec les pratiques de la classe de mathématiques. Elle concerne le type d'assimilation mis de l'avant par les professeurs dans les pratiques universitaires de classe de mathématiques en regard de certains concepts théoriques. Si l'un des buts fondamentaux de l'éducation au primaire est d'aider plus d'élèves à développer une estime de soi stable par le biais de réussites, cela vaut également pour la formation en mathématiques (en Allemagne seulement, 20 % des étudiants universitaires inscrits à des études en mathématiques réussissent l'examen final, et ce, non pas parce que les autres ont échoué mais bien parce qu'ils ont abandonné en cours de route).

Évidemment, nous ne pouvons nous attendre à ce que des professeurs d'université agissent comme des enseignants du primaire. Mais, dorénavant, ils devront se percevoir en tant que représentants d'une culture identifiée non seulement à l'ac-

tivité mathématique mais également à son apprentissage et à son enseignement. Par leurs activités, les professeurs démontrent leurs façons de mathématiser, de réagir face aux erreurs et aux inférences incorrectes, d'utiliser dans d'autres domaines des modèles mathématiques, de varier les tâches et, finalement, de parler mathématiques en faisant part aux étudiants de leurs façons d'utiliser les graphiques ou d'autres moyens de représenter des résultats en mathématiques, etc. En d'autres termes, la culture de mathématisation durant la formation initiale des maîtres ne devrait pas être trop différente de la culture de leurs futures classes et, surtout, elle ne devrait pas aller à l'encontre de celle-ci. Cela requiert des professeurs universitaires qu'ils se spécialisent dans la formation des maîtres. Nombre de facultés universitaires ont des professeurs hautement spécialisés dans des domaines scientifiques telles les mathématiques, la physique, la chimie et même la psychologie et la médecine. Cependant, on ne se demande pas si les étudiants en formation à l'enseignement ont vraiment besoin de tels professeurs spécialisés.

Attitudes fondamentales et approche par investigation

Il y a un lien, un enchaînement de conditions, entre les activités souhaitées pour les élèves et les préalables nécessaires chez l'enseignant. Comme nous le savons, le développement mental des élèves dépend de la qualité et de la variété de leurs activités, de même que de leur engagement dans celles-ci. Or, cette qualité des activités est intimement liée à la puissance et à la richesse de la culture de la classe de mathématiques. Une partie cruciale de cette culture est l'encouragement constant de l'enseignant à l'esprit inquisiteur et à la curiosité des élèves, à la recherche de *patterns* et de régularités et de résultats parfois surprenants. Puisque la nature humaine est trop complexe et ne peut être réduite à de simples modèles de causalité, cet enchaînement n'est évidemment pas linéaire. Le rôle de l'enseignant constitue certes une condition nécessaire au développement d'activités appropriées, mais elle n'est pas suffisante. Toutefois, il y a très peu de chances que les élèves développent une telle attitude si l'encouragement décrit fait défaut.

À cet égard, ce que nous proposons, c'est le développement d'une telle attitude par la participation plutôt que par la motivation (comme le désigne la psychologie cognitive) ou par l'attraction (c'est-à-dire en rendant les choses intéressantes par des applications tirées de la vie courante). En quoi cela diffère-t-il des approches dites de découverte? C'est le passage de situations rares et ponctuelles à une expérience continue dans la classe de mathématiques qui distingue l'approche que nous préconisons.

Tableau 1
Approches d'enseignement

Approche classique de la découverte	Approche interactive soutenue (culture de mathématisation)
Accent mis sur l'apprenant. Dans les situations définies explicitement, l'élève «chercheur», après une introduction, commence son travail sur du matériel déjà préparé puis, finalement, discute des résultats en classe.	Accent mis sur l'interaction sociale. Dans chaque situation de classe, les élèves doivent dégager un <i>pattern</i> , relier ou mettre en contraste des idées en plus de les justifier et d'argumenter.

Notons que nous avons d'ailleurs de sérieux doutes, dont nous ne discuterons pas ici, quant à la pertinence de cette notion de découverte dans une perspective constructiviste (Bauersfeld, 1991). Au regard de l'approche que nous privilégions, l'approche anglaise d'investigation de même que plusieurs travaux de l'Institut Freudenthal à Utrecht aux Pays-Bas (anciennement IOWO) représentent des réalisations prometteuses. Elles fournissent aux enseignants des points de départ encourageants: utiliser des tâches ouvertes, exploiter des situations quotidiennes, aider l'élève à développer des procédures d'organisation pour travailler sur les données, sur les questions et sur les solutions (voir à ce sujet les nombreux travaux cités dans la revue néerlandaise *Willem Bartjens* et aussi chez de Lange (1987), Streefland (1991) et Treffers (1991)). On y favorise également une organisation du travail en équipes composées de deux élèves (interactions en dyades).

La formation initiale des maîtres devra initier les étudiants à de telles pratiques puisqu'il est difficile de développer ces attitudes fondamentales chez l'enseignant d'expérience. Le pouvoir de reproduction du système scolaire classique et ses solutions minimalistes en regard des activités quotidiennes⁵ résistent fortement au changement. Pourquoi ne pas organiser des ateliers de formation s'inspirant du livre de Brown et Walter (1990), lequel propose de varier les problèmes et d'adapter de telles variations aux besoins de compréhension et de stratégies des différents individus? Pourquoi ne pas organiser des pratiques d'enseignement dans lesquelles l'étudiant en formation travaille avec deux ou trois élèves, l'exposant ainsi à une forme limitée de la complexité de la réalité de la classe? Pourquoi ne pas discuter et analyser des événements de classe filmés sur bandes vidéo, etc.?

Langage mathématique et activités langagières

Pour plusieurs enseignants, la puissance de généralisation et la force des mathématiques sont indissociables de la précision et de la rigueur du langage ou d'autres représentations symboliques. Comme les prêtres qui officient dans leur langage ésotérique, plusieurs enseignants de mathématiques insistent ainsi pour

dire et «se faire dire» les sujets à l'étude de la façon la plus précise possible. Du point de vue de l'observateur, on pourrait considérer que l'enseignant insiste beaucoup sur le langage technique; pour l'élève, cette insistance aura pour effet de «dire les choses exactement comme le professeur».

En conséquence, les enseignants savent «parler mathématiques» suivant la terminologie acceptée dans le jeu de langage (*language game*) en question. Mais cela ne va pas plus loin, comme l'illustrent leur usage restreint de ce langage dans d'autres contextes ou, encore, leurs difficultés et leurs hésitations s'ils en font usage, ainsi que leur inaptitude à recourir aux métaphores. En toute justice, nous ne connaissons personne qui, à l'université, encourage les futurs enseignants à parler des mathématiques dans la langue de tous les jours. Les cognitivistes préféreront peut-être des expressions telles traduire ou dire dans d'autres mots ou se référer à ou encore visualiser, mais, ce faisant, ils réifient le sujet en cause plutôt que de l'envisager comme émergeant de processus contextualisés. Conséquemment, plusieurs enseignants de mathématiques sont rigides, stricts dans leur propre expression verbale tout comme dans leur évaluation de la verbalisation de leurs élèves. Ils sont toutefois plutôt permissifs quant à l'organisation sociale de leur classe. Or, selon la perspective interactionniste ou constructiviste, c'est plutôt le contraire qui semble prometteur: accepter et encourager les verbalisations mathématiques des élèves à l'intérieur de balises très larges en ce qui a trait au «comment dire les choses» et aux métaphores utilisées, dans la mesure où il y a une justification sérieuse (raison, argumentation, etc.), tout en étant strict à propos des pratiques sociales, c'est-à-dire insister sur l'écoute des inventions et des explications des autres, respecter l'ordre de parole, prendre au sérieux les contributions valables des autres, etc.

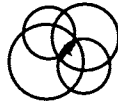
Les analyses de plusieurs bandes vidéo provenant de divers pays nous révèlent de grandes lacunes dans la communication en classe selon cette perspective. Si la culture dans laquelle les élèves vivent en classe est pauvre en activités langagières et en exemples et modèles de ce qui est souhaité, si elle l'est aussi en défis et en incitatifs, si elle relève davantage d'une célébration du langage technique que d'une participation à une culture en émergence (voir Bruner, 1983), et si elle n'offre aucune prise à l'exercice de l'esprit critique ni piste à explorer pour l'esprit éveillé, à quoi peut-on alors s'attendre de nos écoles et de l'*habitus* mathématique qui résulte de leur fréquentation?

La difficulté, et non la moindre, réside ici dans les effets négatifs d'une grande part de la formation initiale des étudiants en mathématiques. «Apprendre comment utiliser un langage suppose à la fois l'apprentissage de la culture et du comment exprimer ses intentions en accord avec cette culture» (Bruner et Haste, 1987, p. 89). De plus, selon ces auteurs, «on doit conclure que la base subtile et systématique sur laquelle repose la référence linguistique doit refléter une organisation naturelle de l'esprit, c'est-à-dire une organisation qui se développe grâce à l'expé-

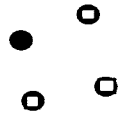
rience plutôt que par apprentissage» (*Ibid.*, p. 88). Ceci soulève le besoin d'une innovation au niveau de la formation initiale des maîtres en regard du langage et de la verbalisation et, plus particulièrement, des interrelations entre la langue maternelle, la langue d'usage, le langage figuratif et le langage technique (mathématique).

Whorf (1956), connu principalement par les critiques des linguistes à l'endroit de son hypothèse d'une relation intime entre la pensée et le langage, propose un exemple remarquable de la précision des descriptions de la langue naturelle, ces langages faisant usage de vastes concepts qui comportent de multiples significations:

L'intersection de quelques concepts généraux peut être relativement restreinte et définie, tout en permettant plusieurs connexions,



alors que l'utilisation d'un seul concept pointu peut souffrir de pauvres relations avec d'autres concepts pointus⁶.



Des cours portant sur les activités langagières, sur le «comment parler des sujets en question», comment présenter les tâches en utilisant différents mots (et différents moyens graphiques), en utilisant des métaphores adéquates pourraient être utiles (Shuard et Rothery, 1984). En effet, en plus de développer de l'empathie chez l'étudiant en formation, de telles expériences peuvent constituer une introduction plus efficace à la connaissance de la communication et de l'interaction en classe.

Les erreurs: l'approche constructiviste en regard de l'approche correctrice

Lors d'une activité conjointe, les gens peuvent s'entraider lorsqu'ils utilisent leurs différences. La plupart des écoles américaines ont une approche opposée, soit celle de trouver des raisons pour lesquelles les contributions de chacun sont inadéquates (Bredo et McDermott, 1992, p. 36, citant Newman, Griffin et Cole, 1989).

En se basant sur leurs attentes mathématiques, les enseignants envisagent et jugent inévitablement «erronées» les actions inadéquates, mathématiquement parlant, de leurs élèves. Conséquemment, et même si cela est non fonctionnel dans la majorité des cas, leurs interventions ont alors pour finalité de réduire à zéro la différence entre la performance de ces derniers et la «perfection» de la réponse attendue.

À titre d'exemple, pensons à la conviction didactique fréquente voulant que les erreurs mathématiques des élèves soient liées à l'application d'une règle incorrecte. Le correctif habituel consiste alors à remplacer la règle erronée par la règle adéquate. Mais, le fait que l'élève, dans une situation donnée, agisse comme s'il avait utilisé une règle, peut donner lieu à différentes interprétations:

- comme nous venons de l'indiquer, cette action inadéquate peut être vue comme l'indice de la présence d'une stratégie déjà là mais erronée. Afin d'aider l'élève à se corriger, l'approche correctrice (*deficit repair*) amène souvent l'enseignant à questionner l'élève de façon répétée jusqu'à l'obtention de la «bonne réponse», que celle-ci vienne de l'élève ou encore qu'elle soit fournie par l'enseignant lui-même;
- mais cette action inadéquate peut aussi être considérée comme l'indice d'une tentative de réponse en formation qui, du point de vue de son auteur, semble acceptable dans la situation présente. L'erreur est alors conçue comme témoignant d'une construction individuelle en cours plutôt que le produit de la connaissance, de la sélection et de l'application conscientes d'une règle. Dans ce cas, il n'y a rien à corriger. Il s'agit davantage d'encourager de façon constructive les étapes et les aspects adéquats des procédures en cause et de les faire évoluer plutôt que de scléroser la tentative de construction par la discussion intense des étapes et des aspects critiques.

Les élèves procèdent à des constructions mentales dont les niveaux d'achèvement, d'ouverture ou de fermeture à de nouvelles structurations varient fortement suivant la façon dont ils se représentent la situation. Aussi, la deuxième stratégie évoquée ci-dessus semble plus prudente dans la plupart des situations. Dans le premier cas, l'enseignant quitte trop souvent la leçon avec l'impression d'une intervention réussie et achevée. Mais comme le questionnement intensif ne permet pas à l'élève d'intérioriser, de faire sienne la règle considérée adéquate par la personne autorisée, cette impression de l'enseignant est illusoire, de telle sorte que la chirurgie de l'enseignant a plus de chances d'entraîner des effets néfastes quant aux essais de construction de l'élève que de les stimuler.

En l'occurrence, pourquoi ne pas remplacer le critère de lacune par une orientation constructive? Ainsi, l'enseignant pourrait repérer les éléments adéquats ou convergents de la production de l'élève puis modifier la tâche de sorte que l'élève puisse généraliser ces éléments positifs, c'est-à-dire renforcer les éléments et les liens positifs. Les enseignants qui essaient d'adapter les tâches en vue d'une extrapolation possible de ce que l'élève peut actuellement faire avec plus ou moins de succès (zone proximale de développement de Vygotsky) vont assurément provoquer moins de frustration et plus d'encouragement chez leurs élèves que ne le font les pratiques habituelles de questionnement continu qui forcent l'élève à faire face à ses contradictions. Certes, de telles stratégies, repérage du moment adéquat et adaptations utiles des tâches, doivent être apprises et développées dans l'action: il n'y a pas de simple transmission verbale.

Dans une perspective connexionniste (Bauersfeld, 1993*b*), ce type de stratégie permettrait l'émergence de «meilleures» connexions (neuronales) grâce à la réalisation de ces activités; la méthode du questionnement ne permettrait par contraste que l'établissement de faibles connexions entachées de confusion et d'une charge

émotive élevée. Il est d'ailleurs intéressant de noter à cet égard que les travaux de recherche récents sur l'apprentissage de l'orthographe soutiennent un point de vue similaire, en substituant aux pratiques dites d'instruction, qui se concentrent sur les erreurs, des pratiques qui encouragent le développement des constructions individuelles (voir Bruegelmann dans Lorenz, 1991).

Mais si la formation du futur enseignant de mathématiques ne s'inscrit pas dans une telle perspective, comment celui-ci pourra-t-il mettre en œuvre ce type de pratiques lorsqu'il sera en fonction? Nous en venons de nouveau à la nécessité d'avoir des professeurs de mathématiques spécialisés dans la formation des maîtres. Plus les disciplines académiques vont se développer et se spécialiser, plus il deviendra nécessaire d'adapter l'enseignement des mathématiques, et pas seulement la didactique des mathématiques, pour les futurs enseignants.

Des tabous et de leurs conséquences

Les enseignants ont d'abord été des élèves avant de devenir des enseignants. De la sorte, ils ont déjà un *habitus* scolaire des mathématiques bien développé, bien qu'il ne soit pas toujours très utile, lorsqu'ils débutent leur formation universitaire. En regard de leurs futures pratiques professionnelles, la formation initiale des maîtres doit donc tenir compte de ces orientations et de ces options profondément enracinées plutôt que de prétendre construire à partir du principe *tabula rasa*. Un des aspects les plus inconscients de cet *habitus* est relatif aux tabous, c'est-à-dire à ce qu'il ne faut pas faire en tant qu'enseignant. Or, ces tabous ne sont à peu près pas discutés dans les cours de didactique des mathématiques, bien qu'ils forment pourtant une des forces les plus agissantes de la réalité scolaire. Si la formation ne rejoint pas ces orientations ni ces options bien ancrées, cette représentation non questionnée de l'enseignement va se reproduire à coup sûr.

Ainsi, la méthode de l'épuisement qu'est le questionnement répété de l'élève jusqu'à l'obtention de la réponse voulue est une conséquence du tabou «Ne jamais dire à l'élève ce qu'il peut trouver par lui-même!» Ce tabou constitue un principe de plusieurs programmes d'étude allemands, lesquels agissent comme des véhicules des intentions de l'État en regard de l'enseignement scolaire des mathématiques. On le retrouve aussi dans les cours de didactique des mathématiques. Il existe également aux États-Unis. L'effet néfaste de ce tabou est qu'il donne lieu trop souvent à une interaction contre-productive, de type entonnoir (Bauersfeld, 1978 et 1988). Plus encore, on peut le relier sans hésiter au concept controversé de découverte évoqué plus haut (Bauersfeld, 1991).

Des enregistrements vidéo de situations en classe constituent alors un matériel intéressant pour mener, sur ces sujets, des discussions et des analyses avec les étudiants en formation. Par exemple, si nous arrêtons la bande vidéo aux moments

cruciaux, nous pouvons inviter les étudiants à répondre à des questions telles «Selon vous, qu'est-ce qui n'a pas fonctionné dans le raisonnement des élèves?», «Comment, en tant qu'enseignants, agiriez-vous dans cette situation?», «Comment se fait-il que ce soit ces idées qui vous viennent à l'esprit et pas d'autres?», «Y aurait-il d'autres possibilités d'intervention adéquate?», «Quels principes, croyances, etc., guident les actions de l'enseignant en cause?», etc. Par de telles analyses, les étudiants en formation des maîtres peuvent effectuer un retour réflexif sur les orientations et sur les croyances qui guidaient leurs propres activités de régulation lorsqu'ils étaient eux-mêmes élèves, et aussi, sur celles qui pouvaient guider les actions de leurs enseignants. Ils peuvent alors comparer leurs observations avec les points de vue qu'ils entretiennent maintenant à l'égard de leurs activités professionnelles futures.

La géométrie: un «fondement manquant» à l'arithmétique

Un des enjeux clés, généralement absent, de la formation des maîtres au primaire est la géométrie. La géométrie joue d'ailleurs un rôle mineur dans les programmes d'enseignement des mathématiques au primaire. Et lorsque l'on manque de temps à l'école, les thèmes géométriques sont les premiers à être mis de côté. Pourtant, des arrangements de jetons, de bâtonnets, de blocs, la droite numérique, les tables d'addition et de multiplication, les dominos, des agencements de points tels ceux qu'on retrouve sur les dés, le géoplan, les représentations du concept de moyenne, les fractions en tant que parties d'un cercle ou d'un rectangle, etc., toutes ces représentations reposent sur une structure géométrique. De même, dans les manuels scolaires, on ne retrouve aucune représentation graphique des nombres ou des opérations arithmétiques qui ne soit liée, d'une manière ou d'une autre, à une structure géométrique.

Le drame est qu'en classe, on utilise ces modèles et ces représentations comme si l'élève en saisisait toutes les propriétés géométriques. Tant que ces schémas semblent fonctionner, il n'y a aucune raison de prendre en considération leurs structures sous-jacentes même si on peut douter que les enfants y voient une quelconque signification. Lorsque le recours à ces schémas ne permet pas les résultats escomptés, alors on observe que l'enseignant propose un correctif basé sur la perspective arithmétique, forçant ainsi les élèves à adapter leurs manipulations aux résultats arithmétiques plutôt que d'utiliser, à l'inverse, les propriétés géométriques comme ancrage pour la construction des opérations et des propriétés arithmétiques. La fonction de concrétisation (*embodiments*) est alors inversée.

Puisque la formation ne fournit pas au futur enseignant les expériences nécessaires, comment pouvons-nous alors amener des changements dans la classe? De toute évidence, des cours de géométrie abstraite seront peu utiles. Les élèves, tout comme les enseignants, ont besoin d'exercices avec du matériel et des modèles

géométriques, découpant papier et carton, construisant des solides. Ils ont aussi besoin de s'exercer à des opérations mentales sur des images en deux ou trois dimensions, en déplaçant, tournant, découpant les images et en démontrant les résultats non seulement par le biais du langage oral mais aussi par le langage corporel et gestuel. Également fort utiles sont les exercices qui portent sur comment parler de telles opérations et propriétés en utilisant le langage du quotidien et des métaphores – et non pas seulement le langage technique des experts en géométrie. Précisons qu'il n'est nullement question ici d'exercices mécaniques et répétitifs: ces exercices doivent être accompagnés des explications et des réflexions pertinentes au moment même de leur déroulement.

Si nous ne formons pas les futurs enseignants de cette façon, les résultats sont faciles à prédire. Les élèves qui sont le mieux disposés à l'égard de l'apprentissage, ou qui apprennent plus rapidement, vont apprendre de toute façon. Les victimes seront les enfants désavantagés, ceux qui ont justement besoin de soutien et de structuration.

Expériences d'enseignement dans des petits groupes

Il y a plusieurs années déjà, Jack Easley a démontré l'utilité des expériences d'enseignement avec des petits groupes d'élèves (voir à ce sujet Bauersfeld, 1980; Driver, 1973; Erlwanger, 1974; Shirk, 1972). Les enseignants en formation peuvent, en articulant ces expériences sur des cours portant sur le matériel didactique, sur l'apprentissage chez l'élève, sur la résolution des problèmes, etc., enseigner à de petits groupes d'élèves. L'avantage d'une telle approche est un contact avec la pratique scolaire dans une situation de complexité réduite, le tout étant documenté grâce à des enregistrements vidéo.

De telles expériences d'enseignement se sont révélées particulièrement utiles lorsque les étudiants ont d'abord eu l'occasion d'expérimenter le matériel didactique, ses structures et son utilisation. Les thèmes qui devraient être abordés lors de tels exercices (voir section précédente), et ce, eu égard aux lacunes des futurs enseignants, sont les solides, les modèles fabriqués avec des pailles, les figures planes et leurs propriétés, la réflexion et la rotation, l'agrandissement et la réduction de figures, les activités avec le géoplan, les polyminos, le pliage de papier et le découpage, etc. Trop d'enseignants éprouvent des difficultés lorsqu'ils organisent de telles activités avec leurs élèves, entre autres parce qu'ils n'ont jamais pu les expérimenter eux-mêmes, ou, encore, parce qu'ils croient que c'est trop compliqué pour les élèves. Toutefois, bien souvent, ils se rendent compte que leurs élèves ont moins de difficulté qu'eux et vont même plus rapidement et, de plus, qu'ils apprécient ces situations.

L'enregistrement vidéo a permis de nouvelles approches: des épisodes de classe peuvent être choisis et visionnés à plusieurs reprises permettant ainsi plusieurs

analyses selon des perspectives et des orientations théoriques diverses. Ces documents sont plus fiables que des observations sur le terrain ou que des rapports écrits faits de mémoire, entre autres parce qu'un enseignant qui tente de se rappeler divers moments de sa leçon tend inévitablement à confondre les intentions et leur mise en œuvre effective. Cependant, l'enregistrement vidéo n'assure lui-même qu'une objectivité relative, notamment à cause du champ de vision réduit de la caméra.

Encore une fois, le problème des cours académiques et des expériences d'enseignement réside donc dans la manière dont ils sont menés; mieux, il réside dans la culture plutôt que dans le matériel ou dans les thèmes mathématiques privilégiés (Baruk, 1985; Brown et Walter, 1990). Comment laisser émerger sa propre activité de pensée et de construction et aussi son sentiment de désappointement et d'échec? Comment comprendre ce que les enfants font et tentent de démontrer? Comment varier les tâches spontanément et adéquatement selon les besoins des élèves, et ce, au bon moment, ni trop tôt ni trop tard? Comment encourager ce qui s'annonce prometteur sans intervenir trop rapidement, sans court-circuiter une action hésitante par trop de critiques? Le problème ne se pose pas dans les termes de l'entraînement à ces habiletés – elles se développeront seulement par une pratique cohérente –, mais il est plutôt lié à l'acuité de l'attention et de la conscientisation de même qu'à la qualité de la préparation. Il s'agit là de préalables incontournables à toute analyse et à toute orientation théoriques.

Le perfectionnement des enseignants

C'est leur éducation qui a fourvoyé la plupart des hommes. S'ils croient, c'est parce qu'on leur a appris ainsi (John Dryden, cité dans G. Bateson, 1984, p. 31).

Il est plus facile de repérer des tendances positives dans les approches récentes en perfectionnement. Des pays tels la Grande-Bretagne et la Norvège ont très tôt décentralisé leurs institutions pour aider les enseignants. Leurs renommés «centres pour enseignants» (*teachers centers*) sont très efficaces et servent d'exemples au développement d'institutions semblables dans plusieurs pays. Tandis qu'on développait ces centres, plusieurs états américains organisaient le perfectionnement des enseignants dans de grands laboratoires ou des centres de développement régionaux, bien qu'il existait déjà d'autres centres tels ceux à State University of Illinois (Tom O'Brien) ou à Chicago (Sharon Feiman) et à d'autres endroits (voir le recensement et l'évaluation de ces centres dans Bauersfeld et Lange, 1979).

Les caractéristiques communes aux approches mises de l'avant dans ces institutions décentralisées sont les suivantes:

- les groupes de travail, leurs buts et leurs activités, ainsi que le commencement et la fin des rencontres, sont définis par les enseignants;

- des experts sont invités par les groupes d'enseignants sans toutefois prendre en charge les cours;
- le matériel développé, les idées de programme et autres productions servent aux besoins et aux problèmes locaux des enseignants (des moyens de reprographie sont disponibles) mais ne sont pas prévus pour une distribution à grande échelle.

En Allemagne, au cours des deux dernières décennies, l'intégration de la formation des maîtres à l'université a entraîné une séparation et une indépendance croissante entre les écoles et l'université. De manière générale, deux modèles de perfectionnement y dominent.

- 1) Le modèle cours, organisé par la commission scolaire, est offert aux enseignants d'une région. Les participants sont dégagés de quelques jours d'enseignement, et c'est à la direction de l'école que revient la responsabilité de pallier leur absence, sans pour autant obtenir une quelconque aide supplémentaire. Un institut central de perfectionnement des enseignants⁷ définit les thèmes, choisit les participants, invite les experts et paie les dépenses de voyage et de séjour. La province (*the Land*) utilise explicitement ces cours pour concrétiser et répandre les directives officielles du programme (qui font foi d'autorité dans les *Bundes-Länder* ou provinces).
- 2) Le modèle atelier est organisé par un groupe d'enseignants engagés (*Lernwerkstatt*). Ces institutions travaillent sans le support de l'État dans des locaux près d'une école. Les contributions privées des enseignants permettent non seulement le maintien mais aussi l'embauche d'un ou deux enseignants expérimentés au chômage. Souvent, des séances de travail (en mathématiques, en lecture et en écriture) qui se tiennent en dehors des heures scolaires sont offertes aux élèves en difficulté. Les matériels nouveaux y sont mis à l'essai et des ateliers locaux sont organisés pour les enseignants intéressés, par exemple tous les lundis de 16 heures à 18 heures, pendant une période de trois mois⁸.

En regard du premier modèle, les retombées du second sont relativement éloquentes. En quelques années, plus de 80 de ces ateliers se sont développés. De toute évidence, les enseignants ont ainsi plus confiance en eux et veulent organiser les ateliers selon leurs besoins et leurs problèmes. Certaines des provinces (*Länder*) ont commencé à réagir en réduisant le pouvoir de leur institut central ou même en l'abolissant, et en le remplaçant par des institutions «satellites» plus petites, tels les centres d'enseignants, dispersés dans tout le pays et qui ont pour but de travailler aux difficultés définies localement.

Par ailleurs, les agences centralisées de l'État, qui produisaient des tonnes de documents en circulation dans les écoles, n'obtenaient toutefois que des résultats limités. Suivant la philosophie désuète «du haut vers le bas» (séminaires et dissémination), ces agences ne rejoignaient que très peu d'enseignants directement.

Les ateliers locaux fonctionnent à l'inverse et suscitent des changements par la participation à d'intéressants travaux de développement. Les idées pertinentes ou encore le matériel adéquat sont recommandés par des enseignants qui les ont expérimentés avec succès. De plus, les bons enseignants trouvent stimulant le fait de travailler dans ces institutions.

Afin d'assurer des changements dans l'enseignement, deux conditions préalables me semblent nécessaires, bien que je ne connaisse aucun pays qui les ait réalisées. Premièrement, les enseignants devraient pouvoir se rendre visite dans leurs classes, au moins durant une leçon par semaine, afin de partager leurs expériences d'enseignement et apprendre l'un de l'autre grâce à la coopération directe. Deuxièmement, on devrait mettre fin à l'exploitation frustrante d'excellents enseignants que l'on surcharge de tâches sans compensation. (Toutefois, dans les ateliers susmentionnés, je n'ai jamais entendu d'enseignants se plaindre de ce type d'exploitation.)

Conclusion

Sans le rôle constituant de la culture, nous ne serions que des monstruosités intraitables (Bruner, 1990, p. 12 citant Clifford Geertz).

La plus grande difficulté des réformes scolaires réside dans leur exigence des changements fondamentaux qu'elles supposent au niveau des croyances et des attitudes des enseignants, ainsi qu'au niveau de la culture de la classe. Lorsque l'on concevra la formation des maîtres, la réalité de l'école, les programmes, les administrations scolaires et le perfectionnement des enseignants comme un système interrelié dans lequel la manipulation d'une seule constituante est susceptible de causer un tort incalculable plutôt que les changements attendus, alors les choses pourront peut-être s'améliorer. On en viendra peut-être aussi à concevoir des réformes qui s'amorceront et s'ancreront plus tôt dans le parcours scolaire, se révélant à long terme plus efficaces du point de vue de l'école et de la compétence mathématique des élèves. Il va sans dire que la réforme de la formation initiale des enseignants constituera l'une des pierres angulaires de ces entreprises.

Le principe constructiviste radical selon lequel toute construction cognitive est une construction personnelle de l'individu implique que les élèves devront se trouver dans une situation qui permet et qui soutient des constructions et des activités personnelles et même des constructions qui, potentiellement, dépassent ce qui est actuellement disponible. C'est à cela que renvoie le concept de culture que nous privilégions. En fait, ce que nous trouvons dans la classe de mathématiques est plus précisément un type de sous-culture; «il s'agit moins d'artefacts et de propositions, de règles, de schèmes ou de croyances que de chaînons et d'images d'association qui dictent ce qui peut raisonnablement être relié» (Rosaldo, citée

par Bruner et Haste, 1987, p. 1990). Si on veut que l'éducation mathématique des enseignants devienne efficace, il sera aussi nécessaire d'organiser la culture universitaire de façon moins «contre-fonctionnelle» et plus près de la culture scolaire des mathématiques de la classe désirée. En nous inspirant de la notion de «science romanesque» de Luria, voici en guise de conclusion deux histoires tirées d'expériences vécues.

Il y a plusieurs années, Nancy Shelley, d'Australie, a écrit une thèse sur ses interventions en mathématiques auprès d'élèves décrocheurs de deuxième année de Nouvelle-Guinée. Celles-ci ont porté sur la géométrie analytique et plus particulièrement sur les paraboles. Elle leur apprenait à tenir leurs mains en coupe pour représenter une parabole correspondant aux équations de type «y égale trois fois x au carré» ou «y égale la demie de x au carré» qu'elle leur décrivait oralement. Les élèves ont apprécié ces exercices surtout lorsqu'ils devaient adapter la position de leurs mains lorsqu'elle changeait d'équation. Un jour, Nancy commence l'exercice avec un élève par l'équation «y égale x au carré», exercice auquel l'élève répond en plaçant ses mains correctement. Elle poursuit avec «y égale deux fois x au carré» mais celui-ci ne réagit pas. Elle répète alors l'équation en insistant quelque peu sur le «2» et en le fixant dans les yeux. Or, comme l'ont appris tous les élèves du monde dans leurs cours de mathématiques, l'ajout du facteur 2 a pour effet de modifier la parabole. Mais l'élève ne réagit toujours pas. Nancy répète encore une fois l'équation en haussant le ton, cette fois, et il répondit alors «J'ai changé l'échelle!»

Voici un cas survenu dans ma classe⁹. Dans une classe de première année, trois mois après la rentrée, le professeur demande aux enfants de montrer des chiffres avec leurs mains: «Faites 4!» et les enfants de montrer quatre doigts. «Maintenant, faites 3 en utilisant vos deux mains!» et les enfants de montrer un doigt d'une main et deux de l'autre. «Pouvez-vous maintenant faire cinq avec trois mains?» ce qui déclenche un rire généralisé et des remarques du style: «Mais je n'ai que deux mains!» Cependant, certains saisissent la main de leur voisin, lui faisant montrer un doigt tout en levant leurs deux mains, chacune avec deux doigts levés. Par la suite, le professeur, voulant les amuser, demande «Faites 1 avec vos deux mains!», ce qui déclenche encore l'hilarité générale en voyant leur impuissance à s'exécuter. Une petite fille aux yeux vifs se lève toutefois les deux mains, les pouces vers le haut, repliés.

De telles anecdotes sont généralement traitées comme de gentilles «productions créatrices», comme le serait un coup de chance, aussi imprévisibles que le vol d'un papillon et, par conséquent, sans rapport avec la routine et les habiletés des activités quotidiennes. Toutefois, en reliant les interactions humaines d'une classe de mathématiques à une sous-culture, des questions pertinentes apparaissent: «Jusqu'à quel point nos approches habituelles des opérations et des activités dans les classes contribuent-elles à l'émergence de telles situations? Jusqu'à quel point la

formation des maîtres prépare-t-elle les futurs enseignants à prendre conscience, à accepter de telles situations? N'est-il pas vrai que toutes les actions contribuent à la culture, renforçant ainsi les routines tout autant que les événements aléatoires du type "vol de papillon"? Comment peut-on alors espérer créer une culture tant dans les écoles que dans les universités, culture dans laquelle pourra se développer, dans toutes ses dimensions, une mathématisation solide et productive?

NOTES

1. Cet article a été traduit et adapté par Louise Poirier, professeure à la Faculté des sciences de l'éducation de l'Université de Montréal et par Benoit Gagné, étudiant au Département de didactique de l'Université Laval.
2. Les convictions de base de notre position interactionniste sont brièvement les suivantes:
 - *L'apprentissage* fait référence à un processus de formation de la vie personnelle, un processus d'adaptation interactive à une culture à travers une participation active (lequel processus produit récursivement la culture elle-même), plutôt que la transmission de normes et de savoirs.
 - La *signification* est liée à l'utilisation des mots et des phrases, ou encore des signes et des symboles, plutôt qu'aux sons, aux signes ou aux représentations qui y sont rattachés.
 - Le *langage* (la «parole», en français) fait référence à une pratique sociale de communication pour désigner des expériences partagées pour s'orienter à l'intérieur d'une même culture, plutôt qu'un instrument de transport du sens ou un véhicule des significations.
 - *Connaître ou se souvenir de quelque chose* fait référence à l'activation momentanée d'un répertoire de possibilités constituées à partir d'actions vécues dans leur globalité, plutôt que quelque chose (qu'on appellerait savoir) de réifié, d'entreposable, de repérable et de traitable à partir d'un entrepôt appelé mémoire.
 - La *mathématisation* décrit une pratique basée sur des conventions sociales plutôt que sur l'application d'une série de vérités éternelles et universellement applicables. Selon Davis et Hersh (1980), ceci vaudrait pour le contenu des mathématiques elles-mêmes.
 - Les *représentations* (internes) sont considérées comme des constructions individuelles émergeant à travers l'interaction sociale en tant qu'équilibre viable entre les intérêts et les contraintes d'une personne, plutôt qu'une correspondance terme à terme de réalités préexistantes ou de reconstruction isomorphe au monde tel qu'il est.
 - L'usage de *visualisations* et de *concrétisations* («*embodiments*»), en tant que moyens didactiques, dépend de conventions sociales partagées plutôt que d'une lecture ou d'une découverte de structures et de significations mathématiques intrinsèques.
 - L'*enseignement* désigne la tentative d'organiser un processus interactif de réflexion impliquant, de la part de l'enseignant, une différenciation conceptuelle continue et une réalisation d'activités avec les étudiants, c'est-à-dire l'établissement et le maintien d'une culture scolaire, plutôt que la transmission, l'introduction ou même la redécouverte d'un savoir objectif et préexistant (Bauersfeld, 1992*b*).
3. La notion d'acculturation est utilisée ici de façon métaphorique et ne sera pas employée ailleurs parce qu'elle sous-tend une culture donnée, établie et objective. Or, la culture d'une classe est un système social en émergence et non pas préétabli.
4. Les recommandations de ces auteurs pour «un nouveau modèle de la formation des maîtres» suivent le schéma de Berliner et favorisent une approche non théorique des «routines standardisées intégrant gestion et enseignement» sous l'appellation de «connaissances procédurales et non pas théoriques» (Kagan, 1992, p. 162). «On peut se demander si la théorie formelle est pertinente pour les enseignants à un moment donné de leur développement professionnel» (*Ibid.*, p. 163). Il n'est pas étonnant que le commentaire de Grossman (1992) qui a suivi contredise ce point de vue.

5. Il s'agit en effet de solutions classiques, de type «minimum-maximum», c'est-à-dire de solutions maximisant le maintien des processus de la classe tout en demandant un effort minimal de la part de l'enseignant.
6. Cet exemple n'est pas sans soulever un paradoxe quant à la présentation du langage mathématique ensembliste.
7. À quelques différences mineures près, toutes les *Bundes-Länder* ouest-allemandes gèrent encore de telles institutions centrales. Leurs tâches consistent principalement à préparer des programmes d'études pour les diverses matières et à former des «enseignants pour enseignants» c'est-à-dire des agents multiplificateurs.
8. Pour des adresses, une typologie et des études de cas, voir le numéro spécial (juin 1992) du périodique *Grundschule*, Westerman Verlag, Braunschweig, 24(6).
9. Depuis août 1988, j'ai partagé l'enseignement d'une classe du primaire en mathématiques avec une enseignante d'expérience. Nous avons débuté au premier jour de la première année pour terminer en juillet 1992 à la fin de la quatrième année. Nous avons modifié une grande quantité d'éléments du programme, particulièrement en géométrie, ainsi que dans l'organisation sociale.

RÉFÉRENCES

- Baruk, S. (1985). *L'âge du capitaine - De l'erreur en mathématique*. (Trad. allemande: *Wie alt ist der Kapitän*. Basel: Birkhauser 1989). Paris: Seuil.
- Bateson, G. (1984). *La nature et la pensée*. Paris: Seuil.
- Bauersfeld, H. (1978). Kommunikationsmuster im Mathematikunterricht - Eine Analyse am Beispiel der Handlungsverengung durch Answererwartung. In H. Bauersfeld (dir.), *Fallstudien und Analysen zum Mathematikunterricht* (p. 158-170). Auswahl, Reihe B, 95, Hannover: H. Schroedel Verlag.
- Bauersfeld, H. (1980). Hidden dimensions in the so-called reality of a mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 11, 23-29.
- Bauersfeld, H. (1988). Interaction, construction, and knowledge - Alternative perspectives for mathematics education. In D. A. Grouws et T. J. Cooney (dir.), *Perspectives on research on effective mathematics teaching* (p. 27-46). Reston, VA: Lawrence Erlbaum and the National Council of Teachers of Mathematics.
- Bauersfeld, H. (1991). Structuring the structures. In L. P. Steffe (dir.), *Constructivism and Education*. Hillsdale, NJ: Erlbaum (aussi Occasional paper 122, IDM, Université Bielefeld, octobre 1990).
- Bauersfeld, H. (1992a). Activity theory and radical constructivism - What do they have in common and how do they differ? *Cybernetics and Human Knowing*, 1, 2/3, 15-25.
- Bauersfeld, H. (1992b). Integrating theories for mathematics education. *For the learning of Mathematics*, 12(2), 19-28.
- Bauersfeld, H. (1993a). Die Tragedie der Grundschullehrerbildung. In H. Bauersfeld et R. Broome (dir.), *Bildung und Aufklärung - Studien zur Rationalität des Lehrens und Lernens* (p. 16-41). Münster: Wasmann Verlag.
- Bauersfeld, H. (1993b). Perspectives théoriques en didactique des mathématiques. Montréal: Université du Québec à Montréal, Cahier du CIRADE.
- Bauersfeld, H. et Lange, W. (1979). *Teachers centers - Literaturdokumentation zur Evaluation ihres Wirkens*. IDM: Schriftenreihe Dokumentation, 22, Bielefeld: IDM, Université Bielefeld.

- Bredo, E. et McDermott, R. P. (1992). Teaching, relating, and learning. *Educational Researcher*, 21(5), 31-35.
- Britzman, D. P. (1986). Cultural myths in the making of a teacher: Biography and social structure in teacher education. *Harvard Educational Review*, 56(4), 442-472.
- Brown, S. I. et Walter, M. I. (1990). *The art of problem posing*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bruner, J. S. (1983). *Child's talk - Learning to use language*. Oxford, GB: Oxford University Press.
- Bruner, J. et Haste, H. (1987). *Making sense - The child's construction of the world*. Londres: Methuen.
- Bruner, J. S. (1984). Vygotsky's zone of proximal development: The hidden agenda. In B. Rogoff et J. V. Wertsch (dir.), *Children's learning in the zone of proximal development* (p. 93-97). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Bruner, J. S. (1990). *Acts of meaning. The Jerusalem-Harvard lectures*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Burton, L. (1984). *Thinking things thought - Problem solving in mathematics*. Oxford, GB: Basil Blackwell.
- Davis, P. J. et Hersh, R. (1980). *The mathematical experience*. Basel, CH: Birkhäuser.
- Driver, R. P. (1973). *The representation of conceptual frameworks in young adolescent science students*. Thèse de doctorat, Université d'Illinois, Urbana/Champaign, Illinois.
- Erlwanger, S. H. (1974). *Case studies of childrens' conceptions of mathematics*. Thèse de doctorat, Université d'Illinois, Urbana/Champaign, Illinois.
- Feyerabend, P. (1991). *Three dialogues on knowledge*. Oxford, GB: Basil Blackwell.
- Grossman, P. L. (1992). Why models matter: An alternate view on professional growth in teaching. *Review of Educational Research*, 62(2), 171-179.
- Hoetker, J. et Ahlbrand, W. P. (1969). The persistence of the recitation. *American Educational Research Journal*, 6(2), 145-167.
- Kagan, D. M. (1992). Professional growth among preservice and beginning teachers. *Review of Educational Research*, 62(2), 129-169.
- Lange, J. de (1987). *Mathematics insight and meaning*. Thèse de doctorat, OW et OC, Rijksuniversiteit, Utrecht, Pays-Bas.
- Lorenz, J.-H. (1991). *Stoerungen beim mathematiklernen*. Untersuchungen zum Mathematikunterricht, Band 16, IDM Universität Bielefeld, Köln: Aulis Verlag, Deubner.
- Luria, A. R. (1979). *The making of the mind - A personal account of Soviet psychology*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Mason, J., Burton, L. et Stacey, K. (1982). *Thinking mathematically*. Londres, GB: Addison-Wesley.
- Mottershead, L. (1978). *Sources of mathematical discovery*. Oxford, GB: Basil Blackwell.
- Newman, D., Griffin, P. et Cole, M. (1989). *The construction zone: working for cognitive change in schools*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Putnam, R. T., Lampert, M. et Peterson, P. L. (1990). Alternative perspectives on knowing mathematics in elementary schools. In C. B. Cazden (dir.), *Review of Research in Education*, 16, 57-150.
- Reynolds, A. (1992). What is competent beginning teaching? A review of the literature. *Review of Educational Research*, 62(1), 1-35.
- Shirk, G. B. (1972). *An examination of conceptual frameworks of beginning mathematics teachers*. Thèse de doctorat, Université d'Illinois, Urbana/Champaign, Illinois.
- Shuard, H. et Rothery, A. (1984). *Children reading mathematics*. Londres, GB: John Murray.
- Siegal, M. (1991). *Knowing children - Experiments in conversation and cognition*. Hove, Sussex: Erlbaum.

- Streefland, L. (1991). *Fractions in realistic mathematics education. A paradigm of developmental research*. Dordrecht, NL: Kluwer.
- Treffers, A. (1991). Meeting innumeracy in primary school. *Educational Studies in Mathematics*, 22(4), 333-352.
- Whorf, B. L. (1956). Language, thought, and reality. In J. B. Carroll (dir.), *Selected writings from Benjamin Lee Whorf*. Cambridge, MA: M.I.T. Press.