

Le développement de laboratoires de mathématiques pour les élèves à besoin éducatifs particuliers : un défi à relever

Thierry Dias

Université de Lyon, Université Lyon 1, IUFM et LEPS, EA 41481

Résumé : Dans le cadre d'une recherche en cours, nous souhaitons développer des dispositifs d'enseignement s'appuyant sur la dimension expérimentale des mathématiques au sein de véritables "laboratoires de mathématiques" pour les élèves à besoin particulier. Nous espérons provoquer ainsi la mise en œuvre de situations d'apprentissages par l'élaboration d'un milieu spécifique. Dans ce texte, nous reviendrons sur les raisons qui nous conduisent à proposer des "laboratoires" dans l'enseignement spécialisé, puis nous présenterons quelques résultats issus de nos travaux.

Introduction

Le contexte de l'enseignement spécialisé impose des conditions didactiques spécifiques pour l'exercice du métier de professeur des écoles. Les obstacles à l'apprentissage des élèves y sont nombreux et leurs causes souvent difficiles à diagnostiquer. Les problèmes professionnels d'enseignement sont eux aussi très prégnants qu'ils concernent les savoirs, leur organisation ou leur fonctionnement en situation. Pour notre part, nous nous intéressons aux conditions didactiques qui favorisent l'accès aux connaissances des élèves en utilisant la dimension expérimentale des mathématiques grâce à la mise en œuvre de situations de recherche au sein des dispositifs de l'enseignement spécialisé français. C'est donc l'analyse du processus d'enseignement / apprentissage en situation qui représente notre principal objet d'étude.

Dans le cadre des difficultés d'enseignement rencontrées au sein de l'enseignement spécialisé, il peut paraître ambitieux de développer des situations dans lesquelles « règne » la démarche de résolution de problèmes en mathématiques tant on peut redouter la confrontation à la complexité. Dans nos travaux, nous avons cherché à déterminer sous quelles conditions il est possible de proposer des problèmes de recherche aux élèves en difficulté ou en situation de handicap, sans minorer pour autant les exigences d'apprentissage en termes de contenu mathématique et sans provoquer une déstabilisation des postures enseignantes.

Dans ce texte, nous présenterons tout d'abord notre problématique et la méthodologie de notre recherche. Dans un deuxième temps, nous proposons quatre éléments clés permettant de rendre compte de la difficulté d'enseigner auprès des publics spécifiques ; puis nous présentons les deux principaux invariants que nous avons pu dégager au cours de diverses expérimentations conduites dans le cadre de notre travail de thèse (Dias, 2008). Ceci nous permettra d'envisager les conditions et les contraintes susceptibles de permettre le développement de laboratoires mathématiques. Nous terminerons par la présentation d'une nouvelle recherche pour prolonger et approfondir nos travaux de recherche et travailler à leur diffusion auprès de différents publics.

1. Problématique et ancrages de la recherche

Notre postulat est le suivant : les élèves en difficulté sont capables d'entrer dans des situations significatives si l'on prend appui sur la dimension expérimentale des mathématiques et son effet de levier sur la dialectique enseignement / apprentissage (Dias, 2008). Nous misons également sur l'analyse des échanges langagiers dans le cadre de milieux d'apprentissages spécifiques : les laboratoires de mathématiques.

La recherche sur laquelle nous nous appuyons s'inscrit dans la suite des travaux que nous développons depuis plusieurs années dans le cadre de la thèse de Thierry DIAS (2008), mais également sur plusieurs travaux publiés (Dias, 2004 ; Dias et Durand-Guerrier, 2005 ; Dias, 2007 ; Durand-Guerrier 2005, 2006 ; Dias 2007 ; Durand-Guerrier & Heraud, 2006 ; Durand-Guerrier & Dias, 2007 ; Aldon et Durand-Guerrier, à paraître). En accord avec les travaux de Theis (2006), Conne (1999, 2003), ils mettent en évidence les potentialités pour les apprentissages mathématiques d'élèves ayant des troubles spécifiques cognitifs et/ou langagiers de situations de recherche mathématiques organisées de sorte que puisse s'instaurer une dialectique entre les objets sensibles et les objets théorique (Dias, 2008).

Une partie de l'étude est centrée sur la question des objets présents ou sous-jacents dans les situations d'apprentissages proposées aux élèves dans le cadre des laboratoires de mathématiques. Elle ne se limitera cependant pas à l'inventaire "aprioriste" de l'enseignant qui prépare le dispositif didactique dans un souci légitime d'adaptation des objets de savoirs aux connaissances de ses élèves. Pour ce faire, nous irons sur le terrain de la confrontation à la contingence afin d'observer les relations qui unissent les objets sensibles aux objets théoriques en construction notamment dans le cadre des processus de signification qui régissent leur présentation aux élèves. Nous proposons volontairement cette confrontation sur le terrain spécifique des difficultés d'apprentissage et de la situation de handicap (dans l'enseignement spécialisé) afin de tester le plus robustement possible nos hypothèses (présentées plus loin). C'est l'occasion d'observer in situ les liens entre la géométrie et le monde sensible, pour tenter d'approcher une réponse à la question concernant les liens entre mathématiques et « réalité », dans le sens où les mathématiques offrent des outils pour « agir dans le monde ».

Les dispositifs de l'ASH (adaptation et scolarisation des élèves handicapés) accueillant des élèves porteurs de troubles spécifiques du langage font l'objet d'une attention particulière concernant l'apprentissage des notions mathématiques dans nos travaux. Nos démarches d'enseignement privilégiant le langage dans les processus d'acquisition, l'accès aux connaissances dans le cas des élèves relevant de cette situation de handicap est particulièrement difficile. Le recours à des situations mathématiques nous semble ainsi relever d'un certain détour, d'une possible adaptation notamment parce que cette discipline n'est pas identifiée par les élèves comme responsable de leur difficulté.

Le contexte de l'ASH, par la spécificité de ses environnements didactique, pédagogique et sociétal, fournit un observatoire privilégié pour étudier les questions qui nous occupent ici relativement à l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Il permet en particulier de jouer sur un effet de loupe dans le sens où les difficultés rencontrées sont en quelque sorte exacerbées. L'effet loupe du contexte tient vraisemblablement à la stigmatisation des difficultés d'apprentissage (en regard de l'écologie générale des dispositifs ASH : orientation des élèves, formation des enseignants) ou pour le moins mis en lumière du fait de leur représentativité statistique (proportion plus importante d'élèves en difficulté d'apprentissage, mais aussi d'enseignants en difficulté d'enseignement). Il soulève notamment la question de l'adaptation des situations d'enseignement, à un public, dont les difficultés d'apprentissage sont reconnues par l'institution, et qui pour autant, au regard de cette même institution, n'en est pas moins susceptible de pouvoir développer des apprentissages en conformité relative avec les programmes officiels. Une tentation est alors grande de proposer aux élèves un travail d'apprentissage de techniques et de règles, faisant l'économie d'un travail d'appropriation de leur signification. C'est le pari inverse qui motive nos travaux : celui de la possibilité d'accéder à la signification des notions mathématiques et aux techniques et règles associées.

2. Méthodologie de la recherche

La méthodologie que nous mettons en œuvre dans nos recherches ne se rapproche ni de l'inférence, ni de la déduction mais relève plutôt d'une forme d'abduction : les hypothèses formulées sont fondées théoriquement mais c'est l'expérimentation et ses inattendus qui permettent l'avancée de la recherche conduisant progressivement à la stabilisation des connaissances par la mise en évidence d'invariants. Cette méthodologie relève du processus d'hypothèse dans la démarche scientifique. Elle débute par un questionnement relatif à un phénomène (didactique) robuste et étonnant, dont l'hypothèse explicative renvoie à notre objet d'étude : la dimension expérimentale des mathématiques, son milieu associé (le laboratoire) et sa fonction de levier dans la dialectique enseignement / apprentissage. La recherche consiste en une exploration en regard d'une problématique didactique conduisant à la stabilisation d'une connaissance au service de compétences professionnelles.

Trois hypothèses de recherche sont sous-jacentes à nos travaux :

La constitution d'un milieu d'apprentissage de type « laboratoire » permet une médiation entre les objets théoriques et sensibles, par l'action, la formulation et la validation telles que définies par Brousseau (1998);

La confrontation à la réalité de la classe doit s'opérer dans un milieu robuste et résistant (en terme d'enseignement et d'apprentissage), un milieu de type expérimental déterminant dans la production de la preuve didactique (Bloch, 2002) ;

La recherche d'un dispositif pédagogique et didactique robuste doit avoir pour finalité la modification des pratiques enseignantes quel qu'en soit le contexte, ce qui nécessite son extension notamment à la formation, et relève en ce sens de l'Ingénierie didactique au sens d'Artigue (1990).

Ces hypothèses de recherche servent d'architecture à la conduite de l'étude qui se réalise dans une confrontation à la contingence non pas au titre d'une expérimentation dont le but se limiterait à valider les hypothèses proposées. Nous cherchons à exploiter les données recueillies dans nos divers protocoles pour réorienter le cheminement de nos travaux en fonction des phénomènes didactiques inattendus rencontrés. Ces "surprises didactiques" sont relatives à l'indétermination des concepts en jeu dans les situations qui sont mise à l'étude, mais sont aussi liées au contexte spécifique de l'enseignement spécialisé et des apprentissages qui s'y développent.

Les analyses s'appuient sur les données recueillies de manière classique en didactique des mathématiques : recueil de traces écrites ; photos des productions autres que les traces écrites ; enregistrement audio et vidéo de séances de classe, de formation, et également de travail en binômes ou en petit groupes hors classe ; réalisation d'entretiens. A côté des analyses des interactions langagières, une attention particulière est également portée à l'analyse des actions et des interactions sujets/objets, et à l'analyse de leur rôle dans le processus d'élaboration des connaissances, en particulier dans les phases de formulation et de validation.

3. De la difficulté d'enseigner auprès des "publics spécifiques"

Nous souhaitons présenter ici quatre éléments clés de l'activité enseignante qui renvoient à des problèmes didactiques spécifiques de l'enseignement spécialisé.

3.1. Le choix des démarches

Après plusieurs années d'expérience en formation initiale et continue des enseignants spécialisés, nous pouvons témoigner d'un certain nombre de difficultés exprimées de façon régulière. Elles témoignent de la complexité d'exercer le métier de professeur dans le contexte de l'enseignement spécialisé notamment par rapport au choix des démarches. Il est coûteux

pour les enseignants de "garder le cap" de certaines convictions pédagogiques et didactiques telles que la résolution de problèmes ou le conflit sociocognitif (pour n'en citer que deux qui nous semblent récurrentes). Par exemple, leurs élèves semblent plutôt friands d'activités automatisées qui puissent les rassurer, ce qui soulève une contradiction entre leurs intentions didactiques et la mise en œuvre réelle de leurs enseignements en classe. Il en est de même concernant les démarches qui mettent au premier plan la communication et les interactions (mises en commun, débats, situations de communication en mathématiques). Ces démarches sont parfois délicates au niveau du contrôle des situations, tant les relations entre les élèves sont affectées par des paramètres qui ne font pas partie du milieu des situations d'apprentissage. Enfin, s'il est bien acquis que le statut de l'erreur relève d'un cadre d'interprétation dépassant les caractéristiques psychologiques dans une vision plus systémique, l'erreur reste difficile à "utiliser" en classe. Les démarches proposant son intégration dans des situations d'apprentissage sont relativement délicates auprès d'élèves ayant un rapport douloureux à la régularité de l'échec.

3.2. L'avancée du temps didactique

Nous nous référons la notion de temps didactique à Chevallard (1991) et à Giroux et René de Cotret (2003), qui le définissent ainsi dans leur introduction :

"Le temps didactique est créé par l'introduction des objets de savoir à enseigner. Ainsi, le découpage du savoir en unités temporelles relève d'une organisation linéaire qui assure un certain ordonnancement des objets de savoirs à introduire, à étudier. Pour assurer l'avancement dans le savoir, un contenu introduit par l'enseignant doit apparaître nouveau aux élèves et cependant être relié à des savoirs connus de manière à ce qu'ils puissent établir un premier rapport sur lequel pourra s'appuyer l'enseignement. L'enseignant introduit donc des objets de savoir nouveaux pour lesquels les élèves doivent établir un rapport à partir de ce qu'ils connaissent déjà." (Giroux, René de Cotret, 2003)

Dans le contexte de l'enseignement spécialisé, la désynchronisation des temps d'enseignement et d'apprentissage est une des raisons des difficultés d'enseignement. La programmation établie par l'enseignant au niveau du milieu-projet (Margolinas, 2002), subit de nombreux aménagements lors de la confrontation à la réalité de la classe, ce qui le conduit à des modifications "in-situ". C'est l'ensemble de l'écologie générale de la présentation des savoirs qui s'en trouve alors modifiée puisque des boucles de remédiation / différenciation doivent être créées. Ce processus est connu dans l'enseignement dit "ordinaire", mais il est plus difficile à réguler dans l'enseignement spécialisé du fait de la grande diversité des connaissances et compétences des élèves d'une part, et d'autre part à cause d'un nombre important d'interactions imprévues dans le milieu en lien ou non avec les objets en jeu.

Ces ruptures dans l'avancée du temps didactique sont délicates à assumer pour un professionnel de l'éducation qui peut les interpréter comme une stagnation (voire une régression) des apprentissages dont il porte une part non négligeable de responsabilité. L'étirement temporel du défilé des objets de savoir pouvant devenir relativement incompatible avec les attentes didactiques du professeur, la conséquence peut être une forme d'accélération compensatrice se faisant au détriment des liens nécessaires à la construction de nouvelles connaissances. Dans tous les cas, c'est un motif d'insatisfaction professionnelle qui conduit à une déstabilisation ayant elle-même des répercussions dans le milieu de la situation d'apprentissage.

3.3. Le milieu pour la dévolution et la communication

Le contexte de l'enseignement spécialisé étant un terrain très sensible, il est de ce fait plus affecté par les difficultés d'apprentissage / enseignement ce qui modifie constamment les équilibres dans le milieu. La dynamique des interactions langagières, symboliques et cognitives y est particulièrement fragile, ce qui peut rendre l'enseignement plus "mouvementé" voire même "chaotique" (Conne, 1999). On peut notamment parler d'une grande sensibilité aux micro-événements (dans ou hors du milieu) qui provoquent de nombreuses perturbations par exemple lors des processus de signification. Des coupures à répétition peuvent en effet interrompre l'interprétation des signes (en référence au processus Peircien décrit auparavant) et conduire à des non-sens ou à un abandon de la tâche en cours faute de compréhension suffisante. Le contrôle du milieu pour une communication permettant l'expression des connaissances s'en trouve considérablement affecté et l'enseignant doit aménager régulièrement des liens qui refont les jonctions de sens nécessaires.

La question du milieu pour la dévolution est également un point critique dans le contexte de l'enseignement spécialisé. La dévolution étant une composante essentielle du contrat didactique, le milieu doit comporter les éléments qui permettent au mieux l'acceptation par les élèves de la responsabilité de l'engagement dans la situation. Compte tenu du profil des élèves dans certains dispositifs spéciaux, leur motivation peut être très diminuée du fait de leur parcours difficile voire douloureux au sein de l'institution scolaire. Le problème qui leur sera présenté doit être suffisamment signifiant pour qu'ils puissent l'investir, ses caractéristiques didactiques doivent être saillantes (degré d'autonomie dans les actions, production libre des connaissances) et le contexte approprié à l'âge et à leur niveau de connaissance. La préparation d'un tel milieu pour des situations d'apprentissage ne laisse pas beaucoup de place à l'improvisation. Un enseignant relativement expérimenté ou très bien formé devrait être davantage en réussite dans la constitution d'un tel milieu pour la dévolution.

3.4. La difficulté à manifester et constater des connaissances

Dans le modèle d'analyse du processus d'enseignement / apprentissage que nous utilisons, ce sont les adaptations des élèves aux rétroactions du milieu qui témoignent de la mise en acte des connaissances. Dans le contexte de l'enseignement spécialisé, les interactions avec le milieu (ses objets, ses acteurs) peuvent s'avérer relativement illisibles en étant soit absentes (par la non production de signes des élèves), soit "brouillées" par d'autres événements parasites. Ces productions seront donc difficiles à interpréter par le professeur :

- les signes produits ne sont pas toujours des mots (oral ou écrit) : ils sont difficiles à percevoir dans la classe pour des raisons d'impossibilité de contrôle de toutes les productions des élèves ;
- l'interprétation des signes produits est par essence délicate si l'on s'en réfère au modèle Peircien : le signe est en relation avec son objet de façon non transparente par un jeu d'interprétations ; un jeu qui dépend notamment de l'interprète (le professeur) et des conditions offertes par l'environnement de la classe.

En suivant Conne (1999), l'activité des élèves ne doit pas être assimilée ou confondue avec les traces qu'ils en donnent à voir par leur pratique notamment au sein des phases d'actions et de formulations. Dans certains contextes de l'enseignement spécialisé cette différence entre les traces de l'activité des élèves et leurs connaissances peut être accentuée pour plusieurs raisons. Certains élèves ne révèlent qu'une petite partie de leurs connaissances pour éviter de prendre le risque d'une trop grande exposition à l'échec, ceci pouvant conduire l'enseignant à une sous-évaluation de leurs capacités. D'autres ne sont pas à même de produire les signes nécessaires à la restitution de leurs connaissances (c'est le cas particulièrement avec les élèves souffrant de

troubles sévères du langage). Enfin certains élèves manifestent un grand nombre de connaissances "en vrac" dont une faible partie est appropriée à la situation ce qui rend l'évaluation difficile pour l'enseignant.

4. Un dispositif d'accompagnement et d'expérimentation

Nous avons mis en place, depuis 2004, au sein de l'académie de Lyon un dispositif de type "rallye mathématiques" auquel participent depuis six ans une cinquantaine de classes ou dispositifs de l'enseignement spécialisés volontaires. A travers ce projet, nous avons pu questionner et analyser les pratiques d'enseignement mises en œuvre dans les classes participantes et étudier comment elles prennent en compte la dimension expérimentale des mathématiques et la médiation langagière qui lui est associée. Nous avons commencé à étudier le rôle du langage dans ses dimensions interactionnelles en situation de classe notamment dans le cas des élèves présentant des troubles spécifiques du langage, afin de comprendre comment il permet l'accès aux connaissances scientifiques. Les différentes expérimentations conduites nous ont permis de stabiliser les conditions d'un milieu spécifique pour favoriser le recours à la dimension expérimentale (Dias 2008, AOSTE). Il nous a permis également de dégager un certain nombre d'invariants (Dias, 2009) dont nous présentons ci-dessous les deux principaux : l'antagonisme du milieu et la médiation langagière.

4.1. L'antagonisme du milieu

Dans le milieu matériel de nos situations de recherche, il est souvent apporté des objets destinés à la modélisation. Ces représentations des objets mathématiques jouent selon nous le rôle d'instruments puisqu'ils comportent deux dimensions :

- celle de l'artefact puisqu'ils instrumentent l'activité des élèves en les plaçant dans le champ de la géométrie plane de part leur fonction de représentation des polygones,
- et celle de l'opérationnalité du fait de leurs articulations qui permettent de les assembler entre eux selon certaines règles relatives à deux domaines de la géométrie, celle du plan et celle de l'espace.

Leur présence dans le milieu favorise la dévolution du problème, mais fournit aussi très rapidement des rétroactions problématiques vécues comme des surprises pour les élèves. Nous pouvons de ce fait considérer ce type de réponses comme une des caractéristiques de l'antagonisme du milieu.

La deuxième caractéristique de l'antagonisme du milieu tient selon nous du rapport aux objets mathématiques dans leur dimension sémiotique au sein de la situation. La géométrie dans l'espace est par exemple un domaine relativement peu investi dans les situations d'enseignement à l'école, et notamment en fin de cycle primaire. Les activités proposées en dehors d'un support plan sont plus difficiles à trouver dans la littérature d'accompagnement pédagogique, ce qui ne construit pas un rapport de type expérimental ou sensible aux objets de cette branche des mathématiques. Dans la situation de recherche des polyèdres réguliers telle que nous l'avons proposée, le rapport aux objets polyèdres est différent dans sa dimension sémiotique. Nous proposons en effet des signes variés pour les représenter ou pour les définir :

- des objets plans pour les décrire ou les comparer ;
- des objets dans l'espace pour les montrer, les représenter ;
- des mots pour les nommer, pour communiquer à leur propos ;
- des propositions conditionnelles pour les définir.

Ce type de rapport à des objets de savoir est riche puisqu'il permet de nombreux liens entre les connaissances, mais il demeure cependant complexe et hors contrat didactique traditionnel. Il peut être considéré comme un élément de l'antagonisme du milieu puisqu'il propose des problèmes à résoudre aux élèves qui, pour s'y adapter, doivent construire les processus de signification permettant d'interpréter : passer du signe à l'objet et réciproquement.

La troisième caractéristique de l'antagonisme du milieu concerne les acteurs et leurs interactions dans le jeu proposé. Ces interactions se font dans le cadre d'une confrontation des connaissances mise en acte dans les actions et formulations permettant de résoudre le problème posé. On peut qualifier ces échanges de conflits de type sociocognitif (symétriques ou dissymétriques selon le niveau de connaissances de chacun des acteurs) puisqu'ils permettent, par des régulations et négociations successives, de confronter des points de vue, des hypothèses et des résultats. En considérant les actions, les formulations et les interactions des élèves comme des éléments constitutifs du milieu, leur qualification d'antagonisme est permise puisque ces interactions se déroulent dans un cadre didactique bien défini. Il s'agit de résoudre une question scientifique pour laquelle la collaboration, la co-construction exige un débat d'idées, un partage des connaissances acquises mais nécessite aussi une validation des propositions qu'elles paraissent consensuelles ou non.

4.2. La médiation langagière

Pour l'enseignant, intégrer la dimension expérimentale des mathématiques signifie qu'il soit à même de proposer dans le milieu de la situation à la fois des possibilités matérielles d'anticipation et de confrontation au réel, mais aussi des conditions propices aux échanges langagiers sans lesquels le processus d'apprentissage n'est pas permis. Le tout sera possible avec un accompagnement rapproché du professeur qui garantit la réussite de cette adaptation de son enseignement. Il est en effet peu probable que la seule mise à disposition des élèves des matériaux soit suffisante dans le cadre spécifique de l'enseignement spécialisé pour lequel les relances positives et rassurantes (tout en restant bien entendu questionnantes) restent nécessaires. Ces deux types de médiation, langagière et instrumentale, ont des répercussions sur la conceptualisation et sur la construction du langage comme nous l'avons observé à plusieurs reprises.

Proposer des situations de recherche à ses élèves caractérise un type d'enseignement, celui de "déposer" dans le milieu un certain nombre d'obstacles au sens de Bachelard afin de mettre en scène une situation qui fait sens. Notons alors que cette mise en scène didactique s'appuie nécessairement sur la connaissance de la difficulté relative des tâches cognitives proposées, sur le répertoire des procédures disponibles ainsi que des représentations possibles. Dès lors, une adaptation possible réside dans l'aide à la conceptualisation, il s'agit ainsi de favoriser la production de signes lors de l'activité des élèves. Cette dernière étant trop souvent limitée à des traces écrites, il est très délicat pour le professeur d'en analyser les fondements et ainsi de remonter aux sources des difficultés de ses élèves. Chacun sait que la mise en mots (à l'oral) par les élèves est alors une phase déterminante en situation d'apprentissage, surtout lorsqu'elle accompagne une activité d'investigation qui nécessite la formulation d'hypothèses de résolution par exemple, ou la confrontation d'idées par la comparaison de procédures.

Cependant, prendre en compte la dimension expérimentale dans l'enseignement des mathématiques ne se limite pas à susciter des activités langagières dans le cadre de la formulation. Il s'agit aussi de développer en parallèle du langage oral, une production graphique et/ou symbolique lors d'une autre phase d'apprentissage : celle de la validation. Le recours à l'utilisation et à la construction de modèles permet aux élèves de confronter leurs premières élaborations théoriques à la réalité sensible. Ils produisent alors des représentations

très utiles à un enseignant soucieux de comprendre les procédures de ses élèves. En effet, la phase de validation ne se réduit pas à une mise en rapport des découvertes des élèves avec un savoir mathématique déjà là. Elle s'affirme davantage dans le va-et-vient nécessaire entre la réalité (sensible ou symbolique) et la théorie en cours d'élaboration dans un contexte de recherche de preuve ou d'expérimentation d'une hypothèse. Il faut alors noter à nouveau que le maître, lors de ces situations, a un rôle dynamique puissant à jouer surtout lorsque l'élève se trouve face à un obstacle qu'il n'arrive pas à surmonter.

5. Vers les laboratoires de mathématiques

L'idée des laboratoires de mathématiques pour l'enseignement n'est pas très récente puisqu'elle apparaît il y a plus d'un siècle dans une déclaration d'Emile Borel au musée pédagogique intitulée "Les exercices pratiques de mathématiques dans l'enseignement secondaire" (Borel, 1904).

En pleine réforme de l'enseignement secondaire (réforme des lycées de 1902), Emile Borel fait un discours qui s'appuie sur une certaine conception des mathématiques et de leur enseignement. Il prône en effet une approche intuitionniste (ou constructiviste) des mathématiques aux côtés de Kronecker et Poincaré, une approche dans laquelle les objets ne peuvent se satisfaire d'une démonstration théorique ou axiomatique, ils doivent être exhibés par une construction.

"L'élève comprendra qu'il est sans doute excellent de bien raisonner, mais qu'un raisonnement juste ne conduit à des résultats exacts que si le point de départ est lui-même exact ; qu'il faut, par suite, ne pas croire aveuglément à tout raisonnement, à toute démonstration d'apparence scientifique, mais se dire toujours que la conclusion n'a de valeur qu'autant que les données ont été scrupuleusement vérifiées par l'expérience." (Borel, 1904, p. 61)

C'est ce qui fonde son idée de laboratoires de mathématiques qu'il présente dans la deuxième partie de son allocution. Dans la première, il cherche à montrer l'intérêt, le rôle, et la nécessité des exercices pratiques qui permettent d'introduire "plus de vie et de sens du réel" dans l'enseignement mathématique. Il y décrit les enjeux mais aussi les contraintes institutionnelles qui ne manqueront pas de voir le jour dans un tel programme d'enseignement :

"L'organisation de ces exercices pratiques d'arpentage et de Cosmographie se heurtera quelquefois à des difficultés administratives. Il faut du beau temps pour l'arpentage, du soleil dans certains cas pour la Cosmographie, une nuit étoilée dans une autre occasion, etc. Or, les nuages n'ont pas des mœurs très administratives ; ils ne se prêteront pas toujours à l'horaire des classes, dont la belle ordonnance fait l'orgueil de l'antichambre de M. le Proviseur. Il pourra être utile de déplacer une classe de latin pour observer une éclipse, ou de retarder l'heure du coucher pour voir une occultation d'étoile par la Lune. " (Borel, 1904, p. 58)

Son argumentation pour la création de véritables laboratoires de mathématiques tient essentiellement dans sa volonté de faire faire des mathématiques à des élèves qui ne dissocient jamais la théorie d'une pratique en lien avec le réel. Il ne s'agit pas de rivaliser avec certains laboratoires de physique nécessitant parfois des instrumentations coûteuses, mais plutôt de se rapprocher de l'atelier du menuisier "des modèles simples, construits par les élèves eux-mêmes, avec du bois, du carton, du fil, de la ficelle, etc.". De ce fait, c'est même une conception relativement avant-gardiste d'un enseignement pluridisciplinaire qui est proposé au sein de ces laboratoires. Les professeurs provenant des diverses disciplines scientifiques pouvant être amenés à intervenir en fonction des sujets d'études et des objets qui les sous-tendent. Nous sommes proches des objectifs des itinéraires de découvertes ou des

travaux pratiques encadrés pour lesquels l'ambition dépassait celle des apprentissages des élèves pour atteindre les relations interprofessionnelles.

Dans le prolongement de nos travaux sur la dimension expérimentale comme levier pour le processus d'enseignement / apprentissage, nous poursuivons l'objectif du développement de laboratoires mathématiques pour les élèves à besoins éducatifs particuliers et pour la formation initiale et continue des enseignants. Nous faisons en effet l'hypothèse que la création d'un milieu spécifique de type « laboratoire » pour l'enseignement et l'apprentissage permet de créer les conditions d'une diffusion des résultats de recherche déjà obtenus sur les médiations entre objets sensibles et théoriques dans le cadre des mathématiques. Ceci en particulier en s'appuyant sur les invariants que nous avons déjà dégagés (cf. paragraphe 4. Des premiers résultats ont déjà été obtenus ; nous ne pouvons les développer ici faute de place.

Cela devrait également nous permettre de continuer l'étude amorcée sur les objets de savoirs mathématiques en jeu dans les situations d'apprentissage / enseignement grâce à une analyse détaillée du milieu de type "laboratoire".

L'un des enjeux de notre recherche est aussi l'étude de la possibilité de la création des conditions pour un regard différent sur la pratique et l'activité mathématiques des élèves dans un cadre bien défini : celui de la résolution de problèmes de recherche. Il s'agit de comprendre ainsi le processus à l'œuvre dans la dialectique enseignement / apprentissage. Il nous paraît fondamental de trouver les paramètres qui permettent le maintien des équilibres à la fois dans la relation aux savoirs des élèves de l'enseignement spécialisé et dans l'exercice du métier pour les enseignants.

Dans cette perspective, nous mettons en place (à partir de septembre 2008) un projet de recherche en partenariat entre l'IUFM de l'académie de Lyon et le laboratoire LEPS, EA 4148 de l'Université Claude Bernard Lyon 1. Un volet important de la recherche consistera à créer des ressources didactiques et pédagogiques au profit de la formation initiale et continue des enseignants. Ainsi, le projet de création d'un laboratoire de mathématiques au sein de l'IUFM de Lyon, à la lumière de l'instrumentarium didactique de la haute école de Bruxelles, pourra permettre le développement d'ingénieries didactiques au service de la diffusion des situations didactiques permettant la mise en œuvre d'une démarche expérimentale dans la classe de mathématique.

Bibliographie

- Aldon, G. et Durand-Guerrier, V. (à paraître). La dimension expérimentale dans les problèmes de recherche en mathématiques, dans *Actes du Colloque de la CIEAM*, Budapest, 2007.
- ARTIGUE, M. (1990). Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **9.3**, 281-308.
- Bkouche, R. (2008). Des laboratoires de mathématiques, *Repères IREM*, n°70.
- BLOCH, I. (2002). Différents niveaux de modèles de milieu dans la théorie des situations : recherche d'une dialectique scientifique entre analyses théoriques et contingence, dans *Actes de la 11e Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, Dorier Ed. 125-139.
- Borel, E. (1904). *Les exercices pratiques de mathématiques dans l'enseignement secondaire*, conférence faite le 3 mars 1904 au musée pédagogique.
- Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique : le milieu, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **9.3**, 309-336.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*, Grenoble, La pensée sauvage.
- Bruner, J.S. (1983). Le rôle des interactions de tutelle dans la résolution de problèmes, dans *Le développement de l'enfant savoir faire savoir dire*, 261-280, PUF, Paris.
- Conne, F. (1999). Faire des maths, faire faire des maths, regarder ce que ça donne, dans *Le cognitif en didactique des mathématiques*, Les Presses de l'Université de Montréal.
- Dias, T. (2009). La dimension expérimentale des mathématiques : un exemple avec la situation des polyèdres, *Grand N*, **83**, 63-83.
- Dias, T. (2007). Expérimentation en Mathématiques dans le contexte de l'enseignement spécialisé, Etude des apports d'un dispositif de type "rallye" mathématiques, *Actes du colloque de la COPIRELEM*, Troyes 2007.
- Dias, T. (2004). *Le recours à l'expérience dans la construction des connaissances mathématiques*, mémoire de DEA/MASTER, Université Lyon 1.
- Dias, T. (à paraître), L'apprentissage de la géométrie dans la scolarité obligatoire : une dialectique entre objets sensibles et objets théoriques. L'apport du contexte de l'ASH (Adaptation et scolarisation des élèves handicapés) : un environnement didactique spécifique et éclairant, dans *Actes de la 14ème école d'été de didactique des mathématiques*, I. Bloch, F. Conne, La pensée sauvage.
- Dias, T., et Durand-Guerrier, V. (2005), Expérimenter pour apprendre en mathématiques, *Repères IREM*, **60**, 61-78.
- Durand-Guerrier, V. (2006), Les enjeux épistémologiques et didactiques de la prise en compte de la dimension expérimentale en mathématiques à l'école élémentaire, *Actes du colloque de la COPIRELEM*, Dourdan 2006.
- Durand-Guerrier, V. et Heraud, J-L. (2007). Définition et règle, le mythe de la transparence en géométrie, dans *Interactions verbales, didactiques et apprentissages*, Presses Universitaires de Franche Comté.
- Kahane, J.P. (2002). *Commission de réflexion sur l'enseignement des mathématiques, Présentation des rapports et recommandations*, CNDP et Odile Jacob.

- Perrin, D. (2006). L'expérimentation en mathématiques, dans *actes de la COPIRELEM*, Dourdan 2006.
- Sensevy, G. et al. (2007). *Agir ensemble, l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, Editions Presses Universitaires de Rennes.
- Theis, L. & Martin v. (2006). Les adaptations aux besoins de l'élève en difficulté de l'enseignement des mathématiques. dans *Changements dans la société : un défi pour l'enseignement des mathématiques, Actes du colloque de la commission internationale d'étude sur l'étude de l'amélioration de l'enseignement des mathématiques*, Srni, République Tchèque, 274-280.