

La dimension expérimentale en mathématique : mythe ou réalité ?

DIAS Thierry, formateur associé IUFM de Lyon, LIRDHIST Lyon 1, Lyon, France

Introduction et cadre théorique

Plus personne ne conteste aujourd'hui que le savoir tout autant que le doute sont les éléments constitutifs de la science. Il en va de même quant au rôle déterminant de l'expérimentation dans la construction des connaissances scientifiques. En revanche, la question de savoir si les mathématiques comportent ou non une dimension expérimentale reste ouverte et d'actualité. Dans notre travail de recherche, nous abordons cette question dans le cadre de l'étude des phénomènes de construction et de diffusion des savoirs scientifiques dans ce qui relève des disciplines elles-mêmes, à partir d'une initiation aux techniques et théories propres aux deux domaines que sont la didactique et l'épistémologie des sciences. Il s'agit aussi d'une étude des modèles de fonctionnement des connaissances en situation de résolution de problèmes.

Pour cette étude, nous faisons référence essentiellement à la notion de milieu didactique dans la théorie des situations didactiques (Brousseau, 1990, 1998). C'est le milieu dans ses dimensions matérielles (matières, instruments, organisation spatiale et temporelle) et symboliques avec lequel les élèves sont amenés à agir durant la situation d'enseignement qui constitue notre définition référente. Nous nous interrogerons plus précisément sur l'étude des conditions et des caractéristiques du milieu pouvant être considéré comme celui d'une situation expérimentale en référence aux travaux de Bloch (2001). A travers cela, il s'agit bien d'interroger encore les relations entre mathématiques et réalité qui se doivent d'être expérimentales, comme nous le rappelle Chevallard (2004) :

"En quelques décennies, l'idée a été expulsée de la mathématique scolaire qu'elle est un outil pour penser le réel... les objets sur lesquels éprouver une construction mathématique ont été peu ou prou chassés de l'univers culturel et intellectuel de l'enseignement, si bien qu'on entretient au mieux un commerce purement théorique, et non pas expérimental, avec les constructions mathématiques essentielles. Or l'absence d'expérience affecte le sens de la théorie".

Question de recherche

Une de nos hypothèses de recherche est que le savoir de l'élève (à la manière du savoir scientifique) se construit en interaction synergique entre les idées (développement d'hypothèses) sur l'action et le fonctionnement d'un objet ; et sur la formulation langagière. C'est dans ce contexte que nous nous posons la question de la dimension expérimentale au-delà de la construction des savoirs dans les disciplines scientifiques empiriques. En effet, le concept "d'expérience" bien que traditionnellement rattaché aux disciplines des sciences de la matière et du vivant, caractérise d'une façon plus générale la démarche scientifique celle qui consiste à *mettre des hypothèses à l'épreuve des faits* (Hacking, 1989). Il nous paraît ainsi légitime d'interroger la notion d'expérimentation tant dans sa dimension sémantique au sein des programmes d'enseignement que comme un processus intégré dans la construction et la diffusion des savoirs scientifiques.

Méthodologie

La question du rapport entre mathématiques et réalité est consistante en ce qui concerne l'enseignement de cette discipline comme nous le verrons d'une part, en rappelant que cette question a déjà été posée explicitement il y a près de cinquante ans, d'autre part en explorant la place faite à l'expérimentation en mathématique dans les programmes de l'enseignement primaire et secondaire français actuellement en cours. Nous essaierons dans un premier temps d'interroger la signification de l'expérience et de l'expérimentation au travers de la lecture de ces programmes. Dans une deuxième partie, nous essaierons d'apporter des éléments de réponses à la question centrale de notre étude : peut-on parler d'une confrontation à la réalité dans l'activité mathématique ? Nous nous appuierons pour cela sur l'étude comparée de deux démarches d'apprentissage provenant de disciplines différentes, afin de dégager un certain nombre de caractéristiques concernant le rapport à la réalité dans l'activité mathématique. Cette confrontation au réel étant envisagée au sein d'un processus d'expérimentation. Il sera alors question de déterminer les premiers apports de cette recherche en terme de caractérisation d'un milieu didactique de type expérimental.

La place de l'expérimentation en mathématiques dans les programmes d'enseignement

Une brève apparition des travaux pratiques en mathématiques

La question de la dimension expérimentale en mathématiques n'est pas nouvelle chez les concepteurs de programmes comme Assude (2002) nous le rappelle en mettant en lumière un épisode un peu *oublié* de l'enseignement des mathématiques. En 1957, il fut en effet question d'une introduction généralisée de Travaux Pratiques dans les classes de Sixième et de Cinquième. Les extraits des Instructions officielles citées par l'auteur, témoignent d'une réponse positive à la question de la dimension expérimentale en mathématiques :

"Observation et expérimentation : s'agit-il vraiment d'aligner les mathématiques sur les autres disciplines ? Il n'est pas douteux qu'au départ, dans l'élaboration de toutes les sciences, les démarches intellectuelles sont de même ordre ; une discrimination intervient après, lorsque le mathématicien ayant créé des êtres de raison, va s'efforcer d'en étudier les propriétés. Mais son travail n'a de valeur profonde que si sa construction, toute abstraite qu'elle soit, prend solidement appui sur le réel, si elle est capable de le rejoindre et de s'y adapter dans une large mesure." (cité in Assude, 2002)

L'introduction des Travaux Pratiques en Mathématiques a été soutenue à l'époque par l'Association des Professeurs de Mathématiques et en particulier par son président Gilbert Walusinski, ainsi que par des mathématiciens de renom comme Maurice Fréchet ou Jean Leray.

Expérience et expérimentation dans les programmes français en cours

L'étude de la place de l'expérimentation à travers la lecture critique des instructions et programmes de mathématiques et de l'enseignement scientifique à l'école et au collège, vise à mettre en évidence la manière dont les concepteurs des programmes d'enseignement ont intégré ce point de vue notamment dans le cadre des préconisations relevant du champ des mathématiques.

Il apparaît désormais clairement qu'il faille mettre en évidence le rôle de la controverse scientifique même en mathématiques. Il pourra s'agir par exemple de la découverte des domaines de validité de certaines règles et ou définitions.

Les programmes de l'école maternelle : découvrir le monde

À l'école maternelle, les programmes¹ ne comportent pas de *chapitre* "mathématiques". Les compétences à développer dans cette discipline font partie d'un domaine intitulé : **découverte du monde**. On peut interpréter ce choix comme une volonté plus ou moins explicite de lier objets d'enseignement mathématiques et réalité environnante de l'élève. L'expérience dont il est question dans les programmes d'enseignement de l'école maternelle est d'abord qualifiée d'immédiate. Elle est présentée comme une phase ludique de tâtonnements, une démarche qui donne la priorité aux sensations précédant les perceptions. Toutes les expériences du sujet apprenant sont alors "proclamées" sources d'interrogation. C'est de leur récit a posteriori que doit naître leur structuration puis leur compréhension.

Par ailleurs, dès ce niveau d'apprentissage, on conseille particulièrement aux enseignants de développer des démarches de type "résolution de problème". Les situations d'apprentissage doivent donc comporter une part énigmatique ou pour le moins questionnante. Il est en effet envisageable que la seule sensation ne soit pas toujours source d'interrogation chez le jeune élève et qu'il faille donc chercher à la dépasser. L'enjeu de cet enseignement scientifique se situe dans le développement des compétences de l'élève à développer une nouvelle représentation du monde dans lequel il vit. Une représentation moins immédiate et moins subjective, s'appuyant sur des expériences personnelles sensibles expliquées et verbalisées donc par les échanges et l'entrée dans l'écrit

Les programmes de l'école élémentaire au cycle 2 : les mathématiques comme modèles

Au cycle 2, les mathématiques "quittent" le domaine de la *découverte du monde*. Le programme² insiste beaucoup sur la nouveauté du *champ d'expériences* qu'elles procurent désormais à l'élève. Le *nouveau champ d'expérience* dont il est question semble résider dans la possibilité pour l'élève d'utiliser les mathématiques comme *modèles*. Cette activité de modélisation détermine la construction d'un *nouvel univers* pour l'élève. Ce dernier apprend ainsi à ne plus s'en tenir à une simple perception du monde. Les pratiques mathématiques sont ici identifiées par l'emploi de quelques outils très primitifs (*un crayon et une règle...*) Ceci détermine vraisemblablement un nouveau point de vue épistémologique : les objets mathématiques sont au service de la modélisation du réel et non plus seulement des outils aidant à la perception.

Les expériences à mener peuvent être envisagées sur des objets mathématiques et plus seulement sur des matériaux du réel. Ici se situe donc le principal changement en terme de sémantique du mot expérience, et de son utilisation dans le champ spécifique des mathématiques. L'expérimentation sur des objets non réels est envisageable afin de favoriser un questionnement lui même au service d'une meilleure représentation car enrichie par cette mise en mots qui permettra l'élaboration de premiers énoncés argumentatifs. Les étapes successives (essais/erreurs) qui jalonnent ce processus doivent conduire à des réponses *sans matériel*. Ce sont désormais les propriétés des objets qui doivent sous-tendre le questionnement de l'élève dans sa pratique mathématique. Cependant les textes insistent encore sur la nécessité de réaliser effectivement des expériences sur des objets réels. Cette démarche étant surtout destinée à étayer les difficultés rencontrées par les élèves dans la représentation des situations, mais aussi à contrôler les anticipations. L'activité dite mathématique n'est cependant pas seulement assimilée à de simples opérations de manipulation associées à leur verbalisation. Elle est qualifiée d'*intellectuelle* tout en continuant de prendre sa source dans des expériences questionnantes.

¹ Qu'apprend-on à l'école maternelle ? Les nouveaux programmes, CNDP/XO Editions, 2002

² Qu'apprend-on à l'école élémentaire ? Les nouveaux programmes, CNDP/XO Editions, 2002

Les programmes de l'école élémentaire au cycle 3 : la résolution de problèmes

Les programmes³ concernant le cycle 3 de l'école élémentaire mettent essentiellement l'accent sur la démarche d'apprentissage par résolution de problèmes. Elle est présentée comme l'activité centrale en mathématiques. Elle est au service de la production du sens des connaissances mathématiques. Ce point de vue s'accompagne d'un classement des mathématiques au sein d'un domaine plus général intitulé : **Education scientifique**. Ainsi les mathématiques semblent destinées à servir d'outils au service des autres domaines scientifiques eux-mêmes résolument orientés vers une démarche expérimentale⁴.

L'ensemble de ce texte concourt surtout à une volonté de désenclaver les mathématiques d'une abstraction et d'une formalisation dont elles sont souvent victimes. Il s'agit de convaincre les enseignants de l'école primaire que les compétences à acquérir dans cette discipline sont indispensables pour une bonne intégration des individus *dans la vie courante*. Ainsi les objets qui en sont les enjeux sont-ils énoncés comme en lien direct avec le réel : acquérir des connaissances en mathématiques permet d'améliorer la confrontation avec la réalité du monde et ses nombreuses situations problématiques.

Les programmes du collège : la démarche scientifique

Les programmes du collège pour la 6^o

Dans le texte officiel l'activité mathématique est à nouveau qualifiée de *véritable*, et ceci grâce à ses composantes d'incertitude et d'indécision (le vrai pouvant être ici assimilé au réel sensible dans tout ce qu'il comporte d'aléatoire et de surprenant). Cette activité est clairement définie dans l'énoncé suivant :

identifier un problème, conjecturer un résultat, expérimenter sur des exemples, bâtir une argumentation, mettre en forme une solution, contrôler les résultats obtenus et évaluer leur pertinence en fonction du problème étudié.

On peut dès lors observer que l'expérimentation est citée comme partie prenante de l'activité mathématique d'un élève. Le choix du mot *expérimentation* (et non pas de celui d'*expérience*) semble corrélé à la forte préconisation faite aux enseignants : *entraîner les élèves à la pratique d'une démarche scientifique*. L'enjeu de cette formation étant annoncée comme celle du citoyen et qui dépasse donc très largement celle de l'élève. Développer des compétences dans le domaine de l'expérimentation étant alors défini (toujours dans le texte officiel) comme l'apprentissage du raisonnement, de l'imagination et de l'analyse critique.

Programmes du collège : cycle central, 3^o

Les objectifs généraux et l'organisation de l'enseignement des mathématiques décrits pour le programme de 6^o demeurent identiques pour le cycle central du collège. Cependant, il faut noter qu'apparaît dans le texte officiel et à ce niveau, la notion **d'étude expérimentale**⁵. Il est ajouté qu'elles ne doivent pas être confondues avec les démonstrations. Cette dichotomie entre expérimentation et démonstration est énoncée comme une mise en garde : il faut distinguer conjecture et théorème. Les programmes du cycle central du collège font en effet une place importante à l'apprentissage de la démonstration. Or il reste primordial de privilégier le recours à la démarche expérimentale dans la construction des connaissances pour les élèves de cette classe d'âge. Il s'agit donc de mettre les élèves en situation d'utiliser deux démarches complémentaires : la démarche inductive s'appuyant pour partie sur l'expérimentation et la démarche déductive propre à la démonstration. L'expérimentation doit entraîner peu à peu

³ Qu'apprend-on à l'école élémentaire ? Les nouveaux programmes, CNDP/XO Editions, 2002

⁴ Documents d'application des programmes Mathématiques cycle 3 page 5 : L'articulation avec d'autres domaines de savoir.

⁵ les **études expérimentales** (calculs numériques, avec ou sans calculatrices, mesures, représentations à l'aide d'instruments de dessin, etc.) permettent d'émettre des conjectures et donnent du sens aux définitions et aux théorèmes.

l'élève vers la pratique d'une activité mathématique ne s'appuyant plus seulement sur la certitude des théorèmes, mais sur la formulation de conjectures, donc de l'apparition du doute.

Un court détour par les programmes⁶ de l'enseignement scientifique à l'école

Les bases de la pensée scientifique sont abordés dès l'école maternelle au sein de laquelle les élèves doivent apprendre à *dépasser leur expérience immédiate* en interrogeant les manipulations effectuées. À l'école élémentaire on demande aux enseignants de consolider les capacités à raisonner en élargissant le champ des expériences. Les élèves doivent dépasser leur expérience immédiate et leurs représentations initiales en se confrontant au réel et en établissant des relations entre les phénomènes. Il s'agit de mettre en œuvre la démarche d'investigation, une pratique de la science en tant qu'action, interrogation, investigation, expérimentation et construction collective. On peut ici⁷ constater le rapprochement assez incontestable avec la définition de l'activité mathématique faite auparavant : chercher, abstraire, raisonner et expliquer. Seule la notion de raisonnement semble en retrait dans les textes de l'enseignement scientifique. Elle semble assombrie pour partie par l'activité de manipulation qui reste un enjeu déterminant dans la démarche expérimentale telle qu'elle est définie en appui sur le projet "La main à la pâte". Dans ces deux champs disciplinaires, (mathématiques et sciences dites expérimentales) il est bien question d'initier les élèves à une activité de recherche. Celle-ci est ancrée sur des problèmes proposés dans des situations pour lesquelles un milieu spécifique est créé par l'enseignant. Ce milieu de type antagoniste sollicite l'observation, le questionnement, la modélisation et l'abstraction mais aussi le recours à l'utilisation de la langue. Il est en effet facteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres qui doivent provoquer un apprentissage par adaptation. L'expérimentation est une démarche privilégiée mais n'exclut pas le recours aux connaissances déjà instituées. La démarche d'investigation en sciences et celle de la résolution de problème en mathématiques sont présentées toutes les deux comme essentielles.

Comparaison de deux démarches d'apprentissage en utilisant l'expérimentation, en mathématiques et en sciences

Les savoirs et connaissances mathématiques peuvent constituer un moyen de maîtriser les phénomènes de la réalité grâce notamment au recours à l'expérimentation au sens de l'expérience-outil⁸ ou expérience-validation telle que la définit Coquidé (2003). Contrairement à ce qui se passe de plus en plus en sciences expérimentale, la dimension expérimentale en mathématiques est peu présente dans les classes et ce malgré les injonctions institutionnelles. Cependant un dispositif né "à la marge" du système éducatif, Maths en Jeans, existe depuis 1989 et fait de timides apparitions en classe, en lien avec des recherches qui sont conduites en didactique des maths pour l'intégration de situations de recherches en classes, en particulier au sein de la composante SIRC (situation de recherche en classe) de l'ERTé maths à modeler⁹.

⁶ Documents d'application des programmes, Enseigner les sciences à l'école, CNDP, 2002

⁷ Enseigner les sciences c'est permettre aux élèves de se construire un premier niveau de représentation objective par l'observation puis le raisonnement... L'enseignant(e) sélectionne une situation de départ qui focalise la curiosité des élèves, déclenche leurs questions... Il amène à sélectionner les questions qui se prêtent à une démarche constructive d'investigation prenant en compte le matériel disponible et débouchant sur la construction des savoir-faire, des connaissances et des repères culturels prévus par les programmes. Qu'apprend-on à l'école élémentaire, Les nouveaux programmes page 243.

⁸ Expérience-outil ou expérience-validation sont des expériences pour conceptualiser, modéliser; elles permettent de construire des concepts par la résolution de problèmes.

⁹ <http://www.leibniz-imag.fr/MAM/sirc.php/>

L'expérience "Maths en Jeans"¹⁰

MATH-en-JEANS inaugurerait en 1989 une nouvelle manière de faire des mathématiques (et de faire faire des mathématiques) en replaçant la démarche scientifique au cœur de l'activité mathématique, en faisant des savoirs mathématiques un enjeu de questionnement, d'enquête, de formulation, de recherche, de débat et de validation. Cette expérience menée d'abord dans l'enseignement secondaire, est basée sur un dispositif de jumelage d'établissements. L'enjeu principal et novateur étant de provoquer une attitude différente face au "*non-savoir*" : celle du chercheur et donc de la méthodologie de la recherche. Le rôle de l'enseignant devient alors celui de l'assistant (du chercheur donc de l'élève) au service de l'avancée des investigations expérimentales des élèves. Cet assistant "de luxe" peut donc consacrer toute sa vigilance et son savoir faire à l'aménagement d'un milieu riche et propice aux constructions des savoirs scientifiques. L'objectif premier de ces situations de recherche en classe est la production de réponses à des questions (Grenier, 2000). Les invariants de ces situations sont les éléments d'un triplet : question, conjecture, preuve. Le choix de la question initiale (l'énigme) est donc primordiale. Elle conditionne l'accès à des savoirs et connaissances mis en jeu dans les situations de recherche. Les objets mathématiques sont dans cette perspective, convoqués dans la formulation des conjectures, dans les tentatives de modélisation des énigmes mais aussi dans le maniement de la preuve. Les caractéristiques de la démarche expérimentale se retrouvent donc ici réunies, d'autant qu'il est très souvent permis aux élèves de mettre en acte leurs hypothèses par des activités manipulatoires sur du matériel apporté dans la situation ou construit par eux au cours de l'investigation. Ces types de situations permettent aux élèves d'évaluer seuls la réussite ou l'échec de leurs actions, de recommencer aussi souvent que cela s'avère nécessaire en prenant appui sur la pertinence ou non des démarches et stratégies mises en œuvre, et enfin, de formuler oralement un certain nombre d'hypothèses puis d'arguments. L'ensemble correspond assez bien aux caractéristiques d'une situation décrite dans la théorie des situations didactiques.

Le projet "La main à la pâte"

Présentation de la méthode

La démarche préconisée par La main à la pâte privilégie la construction des connaissances par l'exploration, l'expérimentation et la discussion. C'est une pratique de la science en tant qu'action, interrogation, investigation, construction collective qui est visée et non pas l'apprentissage d'énoncés figés à mémoriser.¹¹

L'opération "la main à la pâte" est importée en France d'une expérience Nord Américaine menée à Chicago dans une banlieue défavorisée. L'application des principes cités plus haut ayant conduit à une réussite spectaculaire des apprentissages scientifiques dans le contexte spécifiquement américain. Vigoureusement soutenue par deux prix Nobel de physique et accompagnée par de substantiels crédits aux Etats Unis, cette expérience se traduit en France par une volonté forte de la noosphère d'en intégrer les enjeux dans les textes relatifs à l'enseignement des sciences à l'école primaire. Cette volonté des instances institutionnelles s'accompagne de nombreuses aides et ressources pour les enseignants. La démarche pédagogique préconisée est bâtie sur une charte en 10 principes. Le rôle de l'enseignant y est principalement orienté vers l'aménagement du milieu des situations proposées afin de solliciter une investigation dite *raisonnée*. Un milieu somme toute assez proche de celui décrit comme antagoniste par Fregona (1995) à propos du modèle de milieu adidactique décrit par

¹⁰ **Math-En-Jeans** : Méthode d'Apprentissage des Théories Mathématiques en Jumelant des Etablissements pour une Approche Nouvelle du Savoir : <http://www.mjc-andre.org/pages/amej/accueil.htm>

¹¹ <http://www.inrp.fr/lamap/>

Brousseau. En effet, il s'agit bien pour les élèves d'interagir avec lui dans les phases d'investigation comme dans celles d'expérimentation. Un contexte d'interaction qui concerne spécifiquement la tâche proposée à l'enfant, les ressources mises à sa disposition ainsi que les stratégies d'action qu'il peut mettre en oeuvre.

De quels objets scientifiques est-il question ?

Les principes fondateurs de la méthode énoncent clairement l'action d'expérimentation comme un incontournable dans le processus de construction des connaissances scientifiques. En revanche, il est légitime de s'interroger sur les objets de la recherche dont parlent les auteurs. En effet, ils sont d'abord cités comme des réalités concrètes et objectives (une chose palpable, un organisme vivant singulier) mais aussi comme des *phénomènes* (naturels, physiques). Puis, dans la description de l'activité de l'enfant, on envisage que l'objet d'investigation puisse aussi être une *question d'élève*. Une idée, un énoncé de conjecture étant alors assimilé à un objet appartenant au monde sensible. Ce questionnement initial est même présenté parfois comme la principale innovation par rapport à la démarche scientifique OHERIC¹² plus ancienne. , le démarquage résidant dans les places respectives de l'observation et de l'hypothèse.

Résultats et discussion : le statut de l'expérimentation dans les deux démarches scientifiques

La comparaison de ces deux "dispositifs pédagogiques" que sont la résolution d'un problème de recherche en mathématique et la démarche d'investigation en sciences nous conduit à la l'analyse suivante. S'inspirant d'objectifs et d'approches similaires, les deux dispositifs pédagogiques diffèrent pourtant sur quelques points essentiels. On peut citer notamment des divergences concernant le cadrage du questionnement scientifique, mais aussi sur la nature des objets de la recherche. En revanche, ces deux démarches se rejoignent concernant le rôle assigné à l'expérimentation. Le recours à une phase expérimentale fait en effet partie intégrante du processus de construction des connaissances dans un cas comme dans l'autre. Les milieux dans lesquels prennent place les situations sont organisés et constitués pour provoquer le recours à l'usage de l'hypothèse, de la conjecture. Ce questionnement engendre alors une phase d'action qui se caractérise par le développement de pratiques expérimentales. Les connaissances en jeu dans les situations proposées sont insuffisantes a priori pour une résolution rapide du problème. Les élèves doivent utiliser tous les paramètres du milieu pour construire des protocoles dont ils peuvent espérer obtenir des résultats. Les éléments qui servent à la création de ces protocoles expérimentaux sont de plusieurs natures. Il s'agit tout d'abord du partage des connaissances entre chaque "chercheur" de l'équipe, ce qui implique pour l'enseignant de favoriser les interactions verbales. Ces moments de débats et d'argumentation, d'abord spontanés puis plus construits car plus cadrés (lors des préparations de colloque ou autres rencontres) permettent à chaque élève de dépasser son propre niveau de compétence, de connaissances. Un deuxième élément du milieu est le recours à l'essai, la tentative représentée par la conception d'une expérience matérielle ou symbolique comme modélisation de l'hypothèse ou de la conjecture formulée. La garantie de l'aboutissement de cette série d'actions et de manipulations s'appuie sur un autre élément du milieu : les savoirs et connaissances de l'enseignant. Certes ce dernier est cantonné dans un rôle de témoin, mais sa principale mission est de garantir l'avancée du temps didactique. Il sert donc de rétroaction permanente avec les équipes de chercheurs et permet l'accès progressif aux savoirs en construction. On peut remarquer ici une différence notable entre l'expérience Math-en-Jeans qui va jusqu'à concevoir que les savoirs en jeu ne sont pas préexistants à la recherche avec la position des savoirs scientifiques "déjà là" dans les séquences modulaires de la démarche "Main à la pâte". Le dernier élément constitutif d'un milieu de type expérimental tel qu'il est

¹² OHERIC : Observation, Hypothèse, Expérience, Résultats, Interprétation, Conclusion

suggéré dans les deux dispositifs est le statut donné à la preuve. Dans la démarche d'investigation c'est l'enseignant qui assure la médiation au savoir scientifique. Il endosse personnellement la connaissance ou fait appel à un élément extérieur (scientifique local ou ouvrage documentaire). Ainsi peut on dire que les expériences ne sont pas des preuves expérimentales d'une hypothèse émise mais il s'agit peut être d'entrer dans un processus de construction d'une preuve. Les connaissances découvertes sont plutôt soumises à une validation externe et différée. En mathématiques les élèves impliqués dans une situation de recherche type Math-en-Jeans sont eux aussi en mesure de mener des expérimentations. Ils utilisent pour ce faire un matériel de type symbolique ou même réel et palpable. Les expériences conduites tentent d'apporter des preuves locales aux conjectures émises. Ces preuves de type expérimentales sont fortement contextualisées dans un domaine de validité restreint, elles sont donc évidemment éloignées d'un processus de démonstration.

Conclusion

En réponse à la question initiale de cette étude, il semble que la principale différence entre mathématiques et sciences de l'empirie¹³ se situe plus au niveau de la nature des objets sur lesquels portent les expérimentations que sur la dimension expérimentale de chacune de ces disciplines. Les démarches d'appropriation des savoirs scientifiques (préconisées ou mises en œuvre) utilisant le recours expérimental ne se cantonnent pas au seul champ des sciences empiriques (idem), les mathématiques n'en sont pas exemptes. Les textes des programmes d'enseignement présentés laissent à penser que les objets d'enseignement scientifiques sont réels et sensibles donc manipulables ou observables avec des instruments; alors qu'en mathématiques les expériences se font sur des idées et par la formulation de conjectures. Certes cette analyse peut paraître simpliste, mais elle témoigne d'une certaine robustesse historique tendant à la *monumentalisation* (Chevallard, 2004) :

Ce processus de monumentalisation perturbe l'épistémologie scolaire des mathématiques en modifiant l'idée de ce qu'elles sont, et change la pratique dans les classes en expulsant le souci de les faire apparaître comme outil d'intervention sur le réel.

Cette distinction s'accroît avec le projet d'enseignement des sciences intitulé "La main à la pâte" dont les intentions empiriques s'affichent très clairement. On peut cependant remarquer que le statut des objets mathématiques reste relativement peu déterminé dans les programmes étudiés et ce même au niveau de l'enseignement du second degré. Ainsi, même si les activités de type expérimental sont possibles en mathématiques, la question principale concerne bien le statut des objets et les relations entre mathématiques et réalité (Gonseth, 1974). Il reste à débattre sur le rôle de l'expérience dans l'enseignement des mathématiques comme médiateur nécessaire au dialogue du sujet avec les objets. En classe, ce dialogue est rendu visible dans la pratique mathématicienne du sujet par des mises en mots et en actes et dans les nombreux allers retours objet réel/théorique. Nous faisons l'hypothèse que cet espace de signification est de type expérimental puisqu'il s'agit pour le sujet de questionner le *réel* à partir d'une théorie en construction issue d'expériences sensibles problématiques permettant de faire des prédictions sur le *réel*. Un *réel* dont il est clair qu'il est évidemment *construit* par le professeur, ou le chercheur, qui organise la situation. Des travaux de recherche en cours autour des solides de Platon mettent à l'épreuve cette hypothèse.

¹³ Gilles-Gaston GRANGER dans son ouvrage "La science et les sciences" propose une dichotomie entre les sciences formelles (mathématiques) et les sciences de l'empirie fondées sur l'expérimentation.

Références

- ASSUDE Teresa, 2002, "Travaux pratiques au collège ? Conditions et contraintes d'émergence et de vie d'un dispositif", in M. Bridenne (eds) *Nouveaux dispositifs d'enseignement en mathématiques dans les collèges et les lycées*, IREM de Dijon.
- BLOCH Isabelle, 2001, "Différents niveaux de modèles de milieu dans la théorie des situations", *Actes de la 11ème école d'été de Didactique des Mathématiques*, La Pensée Sauvage.
- BROUSSEAU Guy, 1990, "Le contrat didactique : le milieu", *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Grenoble, La pensée sauvage, Vol. 9.3, pp. 309-336
- BROUSSEAU Guy, 1998, *Théorie des situations didactiques*, Grenoble, La pensée sauvage
- CAVAILLES Jean, 1994, *Œuvres complètes de philosophie des sciences*, B. Huisman éd., Paris, Hermann
- CHEVALLARD Yves, 2004, "Pour une nouvelle épistémologie scolaire", *cahiers pédagogiques*, Paris, CRAP, n°427, pp. 34-36.
- COQUIDE Maryline, 2003, "Le rapport expérimental au vivant", *Actes du séminaire de travail du PREMST*, IUFM de Lyon
- CONNE François, 1999, "Faire des maths, faire faire des maths, regarder ce que ça donne", in *Le cognitif en didactique des mathématiques*, Les Presses de l'Université de Montréal
- DIAS Thierry, DURAND-GUERRIER Viviane, (à paraître) "Expérimenter pour apprendre en mathématiques", *Repères IREM*, Metz, Topiques, n°60
- FREGONA Dilma, 1995, *Les figures planes comme " milieu " dans l'enseignement de la géométrie: interactions, contrats et transpositions didactiques*, Thèse de l'Université de Bordeaux I, diffusion LADIST Bordeaux.
- GONSETH Ferdinand, *Les Mathématiques et la réalité. Essai sur la méthode axiomatique*, Paris, Albert Blanchard, 1974.
- GRENIER Denise, PAYAN Charles, 2002, "Situations de recherches en classe : essai de caractérisation et proposition de modélisation", *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2002*.
- HACKING Ian, 1989, *Concevoir et expérimenter*, Paris, Christian Bourgeois