



Thème 5 – Bilan du groupe de travail Instrumentations technologiques dans l'enseignement des mathématiques

Responsables

Jean-Baptiste Lagrange, *IUFM de Reims et DIDIREM Université Paris 7, France*

Méziane Aider, *Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène, Algérie*

Avec la collaboration de

Teresa Assude, Ghislaine Gueudet, André Boileau, Alain Birebent et Ruhel Floris

La durée impartie aux groupes de travail était de 9 heures. Vingt communications étaient acceptées et 32 participants étaient inscrits. Compte tenu de la richesse des contributions, d'une certaine homogénéité des approches et questions abordées, les responsables du groupe ont écarté l'idée de sessions en parallèle. Ils ont cependant voulu permettre que la discussion se développe grâce à la mise en place de trois sous-groupes de discussion. Ainsi, environ 4 heures ont au total été consacrées à la présentation des 20 communications devant le groupe entier, les discussions en sous-groupe ont duré environ 3 heures et les 2 heures restantes ont permis d'avancer collectivement vers une synthèse.

Cette synthèse part d'une classification en deux grands groupes, sept contributions s'intéressant à la conception d'outils ou de formations et treize contributions à l'observation et à l'analyse d'usages.

Dans le premier groupe, la conception d'outils ou de formations est généralement orientée par une analyse didactique, mais la majorité des auteurs se centrent sur les potentialités des outils ou des formations plutôt que sur une étude d'usages effectifs.

Dans le second groupe, l'observation et l'analyse d'usages concernent une variété de situations parmi lesquelles la moitié sont basées sur l'Internet et l'autre sur des environnements «classiques». Ici, les potentialités sont confrontées aux usages effectifs et des cadres théoriques sont utilisés et développés pour cela.

Il faut noter que les usages et les théorisations associées ne sont pas absents des préoccupations des contributions du premier groupe, et que, pour partie, les contributions du second groupe s'intéressent à la dimension «conception» pour la mise en place de situations.

Conception de TICE et de formations utilisant les TICE

Quatre contributions s'intéressent à la conception et à la réalisation d'environnements. Ceux-ci sont très variés : support de cours en HTML, géométrie dynamique, système tutoriel d'apprentissage de la preuve, environnement d'apprentissage utilisant un noyau de calcul formel. L'orientation générale est l'utilisation de l'ordinateur pour offrir des modes de représentations nouveaux et des aides à la conjecture et à la preuve, permettant de mettre l'apprenant en situation de recherche. À travers le développement de nouveaux environnements, la question est posée de l'«interopé-

tabilité». Il s'agit en premier lieu de la capacité pour des environnements de même nature (par exemple en géométrie dynamique), d'échanger leurs données. Il s'agit aussi de l'intégration dans un même environnement, d'outils de nature différente (par exemple géométrie dynamique et calcul formel) de façon à permettre d'aborder un même problème dans des cadres différents.

La présentation de ces projets amène à préciser et à discuter les choix épistémologiques. Pourquoi par exemple concevoir et diffuser un nouveau logiciel de géométrie dynamique ? Quel modèle de connaissances géométriques et de leur apprentissage est sous-tendu ? Les projets amènent aussi à discuter des conditions de développement de ces environnements. La nécessité d'articuler le développement et la réflexion didactique sur les usages peut conduire à adopter une stratégie « itérative » en phases successives de conception, de réalisation, et d'expérimentation. Il est alors difficile de diffuser un logiciel qui évolue en continu et d'évaluer ses effets autrement que dans des conditions de laboratoire.

Trois contributions concernent la conception de formations didactiques en lien avec les technologies. Il peut s'agir de formations aux technologies, ou de formations par la mise en œuvre de technologies. Il s'agit dans les trois cas de dispositifs « longs » (une ou plusieurs années, avec un temps de formation très significatif). Les contributions montrent bien l'intérêt de ces dispositifs, qui justifie les investissements nécessaires à leur existence : les enseignants en formation peuvent acquérir des compétences technologiques, les mettre en œuvre pour la construction d'outils et de situation, expérimenter ces situations en classe. La durée permet de donner un caractère réflexif à ces formations. Il serait intéressant d'étudier les effets de tels dispositifs, en termes de représentation des mathématiques, de représentation du métier, de connaissances construites dans la formation (mathématique, didactique, TIC) et d'usages développés à l'issue des formations.

Usages des technologies

Certaines contributions se centrent plutôt sur l'élève et d'autres abordent la situation du professeur tentant d'intégrer les technologies à son enseignement. La discussion fait cependant apparaître de nombreuses convergences. En premier lieu, les participants sont d'accord pour souligner les fortes potentialités des technologies, telles qu'elles apparaissent notamment dans les situations présentées, pour un renforcement de la créativité des élèves, et donc de leurs apprentissages. Ils font aussi le constat que des usages spécifiques dans le cadre d'innovation ou d'ingénierie didactique révèlent bien ces potentialités, sans cependant garantir leur capacité à diffuser au-delà de l'innovation ou de l'expérimentation, ce qui est cohérent avec le peu d'intégration réelle des technologies malgré les incitations institutionnelles.

Certaines variables semblent à la fois importantes et difficiles à positionner dans la pratique :

- Les connaissances intervenant dans le milieu : elles sont généralement beaucoup plus abondantes avec la présence d'artefacts technologiques, ce que certains pointent comme un risque de « saturation » du milieu.
- La présence d'artefacts non technologiques : les techniques « traditionnelles » qui leur sont associées se voient facilement reconnaître une valeur épistémique, alors que celle-ci est beaucoup moins évidente pour les techniques instrumentées.

- L'équilibre entre ancien et nouveau : l'intégration d'un instrument impose nécessairement des changements, mais il est impossible de tout reconstruire.
- La nécessité, chez les élèves, d'un certain niveau de connaissances tant mathématiques que relatives à l'instrument, pour que l'utilisation soit pertinente et productive.

Comme il a été dit plus haut, un nombre significatif de contributions portent sur des activités en ligne : usages d'outils tels que bases d'exercices, tutoriels, forums. Elles répondent au fort développement de ces outils et usages, par comparaison avec la difficile intégration d'outils « classiques ». Les participants soulignent l'urgence de telles études didactiques pour tenter de prendre en compte ce développement qui pourrait notablement modifier les conditions de l'enseignement/apprentissage.

Une analyse 'en termes de potentialités et contraintes des outils en ligne est possible. Mais il est souligné que les enjeux vont au delà. Comme avec les environnements « classiques », l'élève peut être très actif sans que son activité prenne une dimension mathématique. De plus, le caractère « tutoriel » des environnements en ligne fait que la finalité même de l'activité peut être déplacée vers la recherche d'une conformité aux attentes du logiciel plutôt que d'une réponse mathématiquement fondée : « apprendre à avoir bon » plutôt que « apprendre des math ». Le comportement de « *scoring* », souvent observé, est une des manifestations de ce déplacement. Les usages d'outils en ligne posent donc de façon particulièrement aiguë la question du rapport entre l'activité de l'élève et l'apprentissage.

Ces outils peuvent être utilisés avec une implication variable de l'enseignant : par l'élève seul à son initiative, en « travail à la maison » plus ou moins contrôlé par l'enseignant, en classe sous la direction du professeur. Les questions concernent alors les possibilités qu'a l'enseignant d'intervenir. Peut-il enrichir le modèle d'apprentissage souvent « transmissif » à partir duquel l'environnement est conçu ? Peut-il le détourner ? Comment son intervention évolue-t-elle au cours des usages ? Comment ces possibilités varient-elles d'un environnement à l'autre ?

Approches théoriques

Comme il était dit dans l'introduction au thème, les cadres théoriques sont des outils pour rendre compte de la diversité et de la complexité des rapports des technologies avec l'enseignement/apprentissage des mathématiques. L'espace francophone se reconnaît plus volontiers dans certaines théorisations qui ont été très largement discutées dans le groupe de travail.

L'impact des technologies sur le milieu et sur le contrat didactique est assez largement pris en compte par les contributions. On reste cependant généralement encore assez loin d'une véritable analyse de « l'économie » des situations avec technologies qui tirerait pleinement parti de ces concepts.

Les notions de technique et d'institution issues de l'approche anthropologique sont aussi largement utilisées. Il est souvent observé que le niveau technologique¹ des praxéologies « instrumentées » serait important à prendre en compte. C'est à l'interface techniques/technologies que se

1 Reprenant une idée de Michèle Artigue, ce texte distingue « technologie » comme composante des praxéologies dans l'approche anthropologique et la « technologie » au sens courant.

joue l'apport épistémique des techniques, notamment quand des techniques instrumentées par le papier/crayon et par les nouveaux outils interagissent.

La notion d'institution permet de rendre compte de la multiplication des services éducatifs, qui selon l'une des contributions, serait une expansion d'un phénomène déjà existant, celui de la pluralité des institutions d'enseignement dans lesquelles l'élève apprend : un logiciel tutoriel fermé offre par exemple un environnement d'apprentissage qui a sa légitimité propre : choix d'une progression, de notations, de modes d'apprentissage et d'évaluation. Il peut être complémentaire ou en concurrence avec l'environnement de la classe où le professeur est « maître à bord ».

L'approche instrumentale est largement utilisée pour analyser l'activité de l'élève. En géométrie dynamique, par exemple, le « déplacement » est considéré comme un artefact qui peut être instrumenté par l'élève pour statuer sur la validité d'une propriété d'une figure géométrique et donc il est important de se préoccuper des genèses instrumentales relatives à cet artefact et de créer des situations pour cela. La notion de « distance instrumentale » permet de rendre compte des différences de fonctionnement entre un outil technologique et l'environnement mathématique habituel. Dans le cas du tableur, la distance est plus importante qu'il n'y paraît, ce qui est une des causes de l'écart entre les potentialités du tableur et sa difficile intégration. Qualitativement, elle permet de concevoir le type de genèse qui serait nécessaire chez les élèves pour que les potentialités s'actualisent.

Du point de vue de l'enseignant, il existe une double dimension instrumentale : celle de sa prise en compte des genèses instrumentales des élèves et celle de sa propre genèse. Des indicateurs permettent de caractériser des modes de gestion des genèses des élèves : initiation, exploration, renforcement et symbiose instrumentale. Les genèses des enseignants doivent articuler la construction de ces modes de gestion et le développement de leurs propres schèmes d'utilisation des technologies. Dans cette articulation, la prise de conscience des besoins en instrumentation de l'activité mathématique et de l'apprentissage joue un grand rôle.

L'observation de classes « ordinaires » montre que l'activité de l'enseignant ne peut s'interpréter en séparant les différentes dimensions des usages des technologies et de la professionnalité car elles interagissent fortement. D'où la proposition que fait une des contributions d'un modèle « holistique » pour comparer l'activité de deux professeurs enseignant dans la même section. Une perspective pour un travail théorique serait d'étudier comment des modèles peuvent rendre compte de la complémentarité d'approches théoriques de l'apprentissage instrumenté, notamment celles dont il vient d'être question, et aussi d'approches de l'activité de l'enseignant (« double approche »).

La question d'une approche instrumentale des usages des environnements en ligne est posée. Les contributeurs considèrent généralement des « phénomènes d'instrumentation », c'est-à-dire des phénomènes liés au fait que l'activité mathématique des élèves est déclinée dans un environnement informatique et que les élèves adaptent cette activité à l'environnement au cours des usages. Il reste sans doute à cerner les objets que l'approche instrumentale permettrait d'analyser. Il est notamment proposé de voir comme une genèse instrumentale l'appropriation par l'élève d'une base d'exercice. La stratégie essai/erreur participerait d'un essai d'instrumentalisation du feedback de l'ordinateur, plus ou moins pilotée par des connaissances mathématiques. Les stratégies de « *scoring* » seraient aussi des instrumentalisations où l'élève construit des connaissances tactiques ou relatives au contrat implicite sur lequel les feedbacks sont basés, mais où le lien avec

les connaissances mathématiques est problématique. Il semble plus difficile, dans l'état actuel, de caractériser des instrumentations.

Conclusion

Le nombre et la richesse des contributions ainsi que l'intensité de la discussion dans le groupe de travail montre que l'étude didactique des usages des technologies est un secteur vivant et productif dans l'espace francophone.

Il est bien sûr à regretter que la grande majorité des contributions soit issue d'une zone géographique limitée par les parallèles 43° N et 52° N alors que le français se parle jusqu'à latitude 50° S. Comme en témoignent les contributions reçues à la prochaine étude de la CIEM (17th ICMI study, «*Digital Technologies, Rethinking the terrain*»), les espoirs et réalisations liées aux technologies dans l'enseignement des Mathématiques sont loin d'être limités aux pays de cette zone, certains pays «émergents» ayant fait le choix de miser sur les technologies pour élargir et améliorer l'enseignement. Il semble que ce soit peu le cas parmi ces pays dans l'espace francophone. Souhaitons que les échanges dans le groupe soient une aide et un encouragement pour les participants de ces pays à développer des expérimentations adaptées.

À côté des nombreux lieux d'échanges sur les travaux de recherche dans notre domaine, il existe un espace francophone qui se caractérise non par des technologies spécifiques, mais par une compréhension plus aisée des contextes et des cadres théoriques. Le travail réalisé dans le groupe montre que cet espace est fort utile.