

*Voici un article qui pourrait figurer dans la rubrique « Mathématiques en environnement informatique ». Il est issu d'un mémoire de maîtrise de mathématiques<sup>(1)</sup> d'un jeune enseignant (29 ans) en tout début de carrière (il enseigne depuis trois ans). Il a en projet un mémoire de DEA sur des systèmes informatiques d'apprentissage des structures additives. Notre collègue a observé une classe de collègue travaillant en environnement informatique. Ses remarques nous ont vivement intéressés. Elles n'ont rien de définitif. Mais le regard qu'il porte sur cette classe souligne la distance qui sépare les discours officiels sur les TICE des réalités de terrain...*

*Bienvenue à notre jeune collègue parmi les auteurs d'articles du BV.*

G. Kuntz

## Les TICE entre discours officiels et réalités de terrain

Rémi Boulle

### Introduction

Les indications des textes officiels sur l'introduction des Technologies de l'Information et de la Communication dans l'enseignement (notées TICE dans la suite) nous guident *de facto* vers la pratique d'un enseignement expérimental des mathématiques, un enseignement où conceptualisation et perception ne font qu'un.

En effet, on peut lire dans les programmes officiels : « l'informatique, devenue aujourd'hui absolument incontournable, permet de rechercher et d'observer des lois expérimentales dans deux champs naturels d'application interne des mathématiques : les nombres et les figures du plan et de l'espace. Cette possibilité d'expérimenter, classiquement plus propre aux autres disciplines, doit ouvrir largement la dialectique entre l'observation et la démonstration, et, sans doute à terme, changer profondément la nature de l'enseignement ».

Plus loin on peut lire « un des apports majeurs de l'informatique réside aussi dans la puissance de simulation des ordinateurs ; la simulation est ainsi devenue une pratique scientifique majeure ». Les mathématiques scolaires s'orientent ainsi vers des mathématiques expérimentales.

L'obligation devient presque contractuelle lorsque l'on peut lire dans les publications de l'inspection générale de mathématiques [7] les répartitions horaires suivantes :

- une heure par quinzaine dans les classes de sixièmes et de cinquièmes.
- une par semaine en quatrième et troisième.
- une heure hebdomadaire en Première L (heure de demi-classe).
- une heure et demie par quinzaine en Seconde (heure de module).
- une heure par quinzaine en première et terminale S et ES.

(1) Le texte du mémoire est disponible chez l'auteur ([remi.boulle@ac-toulouse.fr](mailto:remi.boulle@ac-toulouse.fr))

Ainsi, l'intégration d'environnements informatiques (notés EI dans la suite) est présentée comme un impératif de progrès pédagogiques et comme étant enfin le vecteur d'une rénovation pédagogique profonde tant poursuivie.

L'utilisation des EI dans l'enseignement rencontre l'enthousiasme des concepteurs des programmes et de certains professeurs. Cet enthousiasme est également partagé par la plupart des élèves.

Nous assistons ainsi à une sorte de fuite en avant vers le tout TICE. Au risque de caricaturer, la problématique dominante dans l'enseignement pourrait se résumer ainsi : « Puisqu'il le faut, quand et comment faire des TICE avec ce programme? ». Afin d'accomplir cet inéluctable dessein, les ressources disponibles ne manquent pas. Énormément de sites Internet (officiels ou non) et d'ouvrages proposent une mise en scène, une théâtralisation des principaux points du programme vus au travers du prisme des TICE.

Cependant, cette fuite en avant ne tolère que peu de prise de recul. Elle fait l'économie d'une véritable réflexion. Si l'on souhaite introduire de manière rationnelle, et non passionnelle, un objet technique dans l'enseignement comme un environnement informatique, il est clair que cela présuppose un important travail complexe et subtil.

### Questions récurrentes et centrales.

Cette économie de réflexion en amont risque, à terme, d'avoir de très lourdes conséquences sur le système éducatif et, bien entendu, sur les apprenants et, de manière rétroactive, sur les objets d'enseignement. Quelle va être la place des mathématiques dans la société actuelle ? Quels apprentissages et méthodes d'apprentissage pour quelle société ?

Il n'est pas question ici de tenter d'apporter une réponse à cette question si tant est que cela soit possible en un nombre fini de pages. Plus humblement, notre objectif est de présenter une expérimentation menée en classe ainsi que ses résultats. Une expérimentation d'introduction des TICE dans l'enseignement des mathématiques. Une expérimentation dans laquelle nous avons tenté de tenir compte des mises en garde précédentes. Pour cela, la grille d'analyse adoptée diffère sensiblement des incontournables où le bénéfice de l'introduction des TICE ne peut qu'aller de soi et où il est même érigé en hypothèse de travail.

À cet effet, nous présenterons dans une première partie les modalités pratiques de cette expérimentation avant de passer à une analyse globale de la situation dans une seconde partie. Dans une troisième partie nous présenterons un bilan et une analyse des questionnaires remis aux élèves. Nous tenterons pour finir de dégager quelques perspectives relatives à une introduction pédagogiquement *viable* des TICE dans l'enseignement des mathématiques scolaires.

## Une expérimentation

### Présentation

Cette expérimentation a été menée dans une classe de troisième de collège. Vu le faible effectif de la classe, 20 élèves, il y avait un seul élève par poste. Le poste du professeur était relié à un vidéo projecteur et son écran était donc visible, à tout moment, par tous les élèves. Nous étions donc clairement dans des conditions matérielles idéales.

De plus, les élèves ont plusieurs fois rencontré et utilisé l'outil informatique. Ils l'utilisent notamment en technologie dans le cadre, entre autres, du Brevet informatique et Internet (B2I) qui est censé offrir à tous les élèves sortant du collège un « socle de compétences » informatiques et Internet. D'autre part, les élèves ont déjà utilisé l'outil informatique en mathématiques les années précédentes. Ils ont donc quelques notions de base ainsi que des « compétences en acte » déjà validées.

L'expérimentation que nous avons menée s'est déroulée sur 4 séances.

### Arithmétique et tableur

Les deux premières séances étaient consacrées à des activités autour du PGCD. Il s'agissait à l'aide d'un tableur de résoudre les problèmes suivants :

- 1.« J'ai plus de 400 CD, mais moins de 450 ! En les regroupant par 2, par 3, par 4 ou même par 5, c'est toujours la même chose, il en reste toujours un seul ! ». Trouver le nombre de CD.
- 2.On dispose d'un rectangle dont les dimensions, exprimées en centimètres, sont 126 et 90. On désire paver ce rectangle avec des carrés de la façon suivante :
  - Tous les carrés doivent être identiques.
  - La longueur du côté de ces carrés doit être un nombre entier.
  - On souhaite utiliser le moins de carrés possibles.

Une fiche-élève a été distribuée. Elle comportait les deux problèmes précédents suivis de questions très progressives avant d'arriver à la résolution proprement dite du problème. Un exercice de réinvestissement a été proposé, pour le problème du pavage, avec d'autres dimensions, dans le cas d'un terrain de rugby.

Nous avons choisi d'utiliser un tableur car il permet de libérer les élèves des contraintes liées aux calculs. Après une analyse de la situation et la découverte des procédures et formules de calcul à mettre en œuvre, l'élève peut passer à la programmation de la feuille de calcul et obtenir les valeurs numériques cherchées. Comme nous pouvions nous y attendre, cette distinction entre les formules et les valeurs numériques, qui fait l'intérêt du tableur, a causé quelques difficultés chez certains élèves.

### Proportionnalité et tableur

Les deux séances suivantes avaient pour support pédagogique les notions inscrites au programme officiel des classes de troisième des collèges sur les fonctions linéaires et affines. Il s'agissait ici, dans un premier temps, de relier la notion de proportionnalité à celle de fonction linéaire.

Après un retour en classe sur la notion de proportionnalité et les tableaux de proportionnalité, il était question de programmer une feuille de calcul permettant de remplir automatiquement un tableau.

La situation présentait deux grandeurs proportionnelles avec deux valeurs numériques. Ces valeurs numériques, une fois placées dans le tableau, permettaient au tableur de le compléter automatiquement et d'afficher dans une cellule le coefficient de proportionnalité.

Ainsi un tableau correctement programmé permettait de traiter différentes situations en donnant, à chaque fois, une valeur particulière de ces grandeurs. Cette séance a été complétée, l'heure suivante, d'un compte rendu et d'une mise en commun en classe entière puis d'une phase d'institutionnalisation.

### Proportionnalité et graphique

Une fois l'objet « fonction linéaire » (considéré comme correspondance) dégagé à partir de la notion de proportionnalité et des tableaux précédents, le travail s'est orienté vers les représentations graphiques à l'aide du logiciel GeoplanW. Il était donc question ici de « dessiner » différents tableaux de proportionnalité.

Bien qu'il fût possible d'utiliser le tableur pour ce travail, il nous a semblé plus pertinent de choisir GeoplanW. En effet, ce logiciel permettait de modifier la pente de la droite et d'afficher en même temps les modifications concomitantes de l'équation de la droite.

Le but final de cette séance était de permettre aux élèves de passer du registre des formules algébriques au registre graphique et inversement. À partir d'une situation donnée par un énoncé, l'élève devait être capable de la modéliser à l'aide d'une fonction s'avérant être linéaire. L'élève devait être capable de trouver par le calcul et à l'aide du graphique les réponses aux questions posées. Lire graphiquement le coefficient de proportionnalité, discriminer différentes positions de droites connaissant les définitions fonctionnelles étaient parmi les objectifs de cette séance.

### Quelques remarques

Le dispositif adopté semble être en accord avec les spécifications de l'inspection générale de l'éducation nationale [8], nous pouvons lire :

« Pour une telle séance, il convient que les trois conditions suivantes soient remplies :

- la séquence informatique est simple et progressive de sorte que tous les élèves puissent effectivement travailler pendant la totalité de la séance et arriver à un résultat, même modeste ;
- la manipulation sur l'ordinateur est complétée par un travail mathématique écrit ; une conjecture est validée par une démonstration, un contre-exemple s'intègre dans la restitution ;
- un compte rendu de TP est demandé et corrigé par le professeur ».

Le but de ce dispositif n'était pas, comme nous l'avons dit, de voir comment optimiser une théâtralisation de certaines notions du programme via l'usage des TICE, mais de se placer en amont et d'observer quelques phénomènes didactiques

apparaissant dans le triangle élève, enseignant et environnement informatique (avec sa mathématique embarquée).

### Un questionnaire

Un questionnaire anonyme a été donné aux élèves quelque temps après ces séances de manière qu'ils puissent répondre en tentant de mettre en regard les apprentissages réalisés et la nature informatique de cette séquence. Les questions posées étaient alors les suivantes:

- Que pensez-vous de l'utilisation d'un ordinateur en classe? Points négatifs, points positifs.
- Que pensez-vous réellement apprendre par rapport à un cours « traditionnel » ?
- Qu'est-ce qui vous a bloqué lors de ces séances? Que faudrait-il améliorer?
- Vaut-il mieux une fiche d'accompagnement ou des instructions orales ?
- Avez-vous des remarques ?

### Analyse

Dans cette partie, nous allons tenter d'inventorier certains des phénomènes apparaissant lors de l'introduction d'un instrument technologique, ici un environnement informatique, dans l'enseignement des mathématiques scolaires. La plupart de ces phénomènes ont été identifiés par différentes études auxquelles le lecteur pourra se reporter à l'aide de la bibliographie finale.

### L'ordinateur comme écran technique

Comme nous pouvions nous y attendre, l'ordinateur, en important ses propres contraintes techniques, a joué comme écran au travail sur les concepts. On retrouve ici une confirmation expérimentale du fait qu'une présence continue de l'outil informatique est indispensable. En effet, cette présence continue de l'outil informatique permet d'éviter que les contraintes purement techniques ne fassent obstacle à la prise en main du problème.

Ainsi, certains élèves n'avancent plus à cause d'une simple erreur de manipulation, ils ont cliqué sur une cellule préalablement verrouillée et ne comprennent donc pas la réaction du logiciel. Ce verrouillage de certaines cellules a été fait dans l'idée de faciliter la tâche aux élèves en limitant les risques d'erreurs et de modifications non-contrôlées du fichier source.

En ce qui concerne spécifiquement le tableur, les points suivants ont créé beaucoup d'obstacles :

- la différence entre les données numériques et les résultats calculés (en se référant à la ligne d'édition).
- l'effet de la recopie du contenu d'une cellule et en particulier celui de la recopie de formules (références absolues et relatives).

Certains élèves sont bloqués parce qu'ils ont simplement rentré la valeur numérique attendue dans une cellule au lieu de rentrer la formule. Dans ce cas précis, en recopiant vers le bas, une liste de zéros s'affiche. On ne peut pas dire que les élèves n'ont pas validé une partie de l'activité car ils ont su déterminer une valeur en

papier-crayon identique à celle attendue. Ils ne comprennent donc pas pourquoi cela ne marche plus et en viennent à utiliser d'autres moyens, qui sortent de la rationalité mathématique, pour que « ça marche ! ». Ici, il faut l'avouer, le résultat de cette expérimentation est plutôt décevant.

### Fossé numérique ou fossé conceptuel

Il est important de signaler une nouvelle manifestation du « fossé numérique ». Dans notre expérimentation, il est à noter que les élèves se trouvant du bon côté de ce fossé réalisent l'exercice sans problèmes. Ainsi trois élèves sur une classe de 20 ont terminé l'activité proposée en 15 minutes. Au lieu d'attendre, ils ont préféré avancer. La majorité des élèves a terminé dans les temps. Un écart dans les temps de réalisation, bien que courant dans une classe, se manifeste rarement avec une telle amplitude.

Peut-on au moins en conclure que l'activité a atteint son but pour ces quelques élèves ? *A priori*, ce n'est pas le cas. En effet, leur aisance dans les manipulations purement techniques de l'informatique semble loin de leur permettre de se consacrer aux concepts qui, nous l'avons vu, ne sont pas nécessairement triviaux. Leur aisance technique fonctionne ici aussi comme écran. Ils ont accompli la tâche attendue par l'enseignant. C'est ce que l'on attend d'eux. Ont-ils compris les notions mathématiques ? C'est une autre histoire !

Ainsi, avec [2] et [3], il apparaît qu'il est naïf de croire que le fait de s'affranchir des techniques permet de ne se consacrer, enfin, qu'aux concepts. Nous y reviendrons plus en détail ci-après.

En allant même plus loin, il semble que ce n'est pas l'activité informatique en soi qui serait « conceptualisante », mais la partie papier-crayon qui la suit. Ce passage final en papier-crayon serait ainsi une sorte de parachute conceptuel qui amortirait une certaine inefficacité de l'utilisation d'un EI.

Une conclusion d'ordre méthodologique s'impose. L'analyse d'une expérience d'introduction des TICE doit se méfier des hypothèses de travail suivantes :

- le bénéfice pédagogique de l'introduction des TICE ne peut qu'aller de soi quelles que soient les modalités techniques et la notion visée.
- la manipulation sur ordinateur doit être automatiquement complétée par un travail mathématique écrit (en effet, ce possible parachute conceptuel risque de masquer d'autres phénomènes à une analyse se voulant pertinente).

### Des doubles-références

Lors de l'utilisation d'un environnement informatique dans le cadre d'une activité mathématique, l'élève est confronté aux significations mathématiques scolaires et aux significations mathématiques résultant des contraintes du système informatique. Ces contraintes du système informatique sont le résultat des choix techniques du concepteur.

À titre d'illustration, considérons les logiciels dits de géométrie dynamique comme GeoplanW [5]. Une des spécificités de ces logiciels est qu'ils embarquent et gèrent des connaissances mathématiques. En effet, ils ne fournissent pas à

l'utilisateur un tracé inerte mais un tracé qui se comporte comme s'il était la représentation d'objets théoriques [6].

Chaque objet peut être vu sous trois angles différents. En voici des exemples:

En géométrie théorique	En géométrie « pratique »	En géométrie dynamique
La droite (AB).	Il est possible de faire passer deux droites par deux gros points...	Les connaissances mathématiques embarquées par le logiciel impliquent l'unicité d'une droite passant par deux points.
Le point C appartient à la droite (AB).	L'élève coche tout simplement un point C qu'il dessine sur la droite (AB).	Par « glisser-déposer » du point C sur la droite (AB) on obtient une représentation identique à celle obtenue en papier/crayon mais le point n'est pas lié dynamiquement à la droite et le logiciel ne le verra pas comme un point de la droite.
Intersection de $(d)$ et $(d')$ .	Elle existe <i>de facto</i> .	Elle n'existe dans le logiciel que si elle est nommée.
Segment [IB] avec I milieu de [AB].	Là encore, ce segment existe de fait.	Il n'existe que s'il a été créé explicitement

En rapport plus direct avec notre expérimentation, ce phénomène s'est observé au travers des points suivants :

- traduire en formules compatibles avec la syntaxe interne du logiciel les calculs et la procédure opérés à la main. La logique de calcul du tableur (références, recopies et leur calcul automatique) échappe à beaucoup d'élèves.
- la différence, déjà évoquée ci-dessus, entre les données numériques et les résultats calculés.
- la dualité valeurs exactes et approchées (déjà présente lors de l'utilisation des calculatrices) est rendue plus complexe par les formats de cellules.

Le lecteur intéressé par l'utilisation des systèmes de calcul formel et des calculatrices symboliques pourra se reporter avec profit à [2].

## Des mathématiques techniques aux mathématiques expérimentales ?

### La fin des techniques ?

Comme nous l'avons vu, les nouvelles technologies sont présentées comme une possibilité de diminuer la part de la technique, des calculs, dans l'activité mathématique. Ainsi, la diminution des manipulations techniques est censée entraîner mécaniquement une augmentation du travail sur les concepts selon un principe de « vases communicants cognitifs ».

Cette vision erronée, contredite par l'expérience [3] et [2], néglige l'aspect structurant des techniques et des calculs. Signalons que cette vision est renforcée par la place de plus en plus isolée qu'occupe l'algèbre dans les mathématiques scolaires. Un isolement qui ne peut que contribuer à lui faire perdre du sens.

De plus, cette vision passe sous silence l'apparition de nouvelles techniques liées à l'utilisation d'un EI. Ces nouvelles techniques viennent s'ajouter aux techniques mathématiques habituelles pour donner une nouvelle dimension aux rapports qu'ont les élèves avec les objets mathématiques. Il devient donc important, non seulement d'intégrer les TICE, mais aussi d'analyser et d'intégrer ces nouvelles techniques. Les techniques sont structurantes et contribuent à la construction de savoirs.

### Des mathématiques expérimentales

En situation d'utilisation d'un environnement informatique, l'élève fait de multiples essais, sans se préoccuper de leur organisation ou de leur contrôle et espère qu'en un temps raisonnable, il finira bien par trouver quelque chose d'intéressant. Il a tendance à ne pas se soucier des rétroactions du logiciel.

En effet, l'interprétation de ces rétroactions a un « coût cognitif » [3] élevé. Ne pas le payer appauvrit l'exploration : lorsque la production du logiciel n'est pas conforme à leurs attentes et aux attentes pédagogiques de la situation, les élèves se contentent souvent de remarquer ce décalage et essaient autre chose au lieu d'en rechercher les raisons.

De plus, ce type d'expérimentation n'a que peu de rapports avec les types d'expériences rencontrés dans d'autres disciplines scientifiques. C'est un comportement de pêche bien éloigné des rôles plus constructifs attribués aux expériences : illustrer une théorie déjà construite, modifier une hypothèse dans une théorie existante, contribuer à élaborer divers modèles destinés à être illustrés par d'autres expériences, ...

Les répercussions de cette attitude sur la rationalité mathématique et les règles de débat en mathématiques semblent bien réelles. De plus l'introduction d'EI dans les situations d'apprentissage bouleverse les situations didactiques existantes et attendues par les élèves. Il impose à l'enseignant un travail très important de remise en cause et de conception.

Un nouvel enseignement intégrant les TICE reste entièrement à concevoir.



## Réactions d'élèves

Nous allons présenter ici quelques réactions d'élèves lues à travers le questionnaire évoqué précédemment.

### La machine travaille pour nous

Les premières réactions relevées à travers ce questionnaire sont « c'est plus facile », « on comprend mieux ». Sont-ce les mathématiques qui sont mieux expliquées via un EI ou plutôt est-ce l'activité en elle-même qui est plus simple que les activités usuelles en papier-crayon ? De plus, cet aspect facilitateur de l'utilisation d'un EI n'est-il pas une conséquence du principe d'économie de logique ? En effet, un élève dit : « c'est l'ordinateur qui travaille ». Comment faire en sorte que les élèves soient en véritable activité ? L'activité proposée ne se ramène-t-elle pas à un simple activisme guidé par la traditionnelle fiche ? Où est le travail sur les concepts ? Malgré l'usage d'outils qui « libèrent » du calcul, il n'est pas vraiment fait...

### Une autre mathématique

Dès le début du dépouillement des réponses au questionnaire, il apparaît une remarque récurrente. Pour beaucoup de réponses, l'utilisation d'un environnement informatique est moins l'occasion de faire, autrement, des mathématiques que de pratiquer une autre mathématique. Le décalage avec une mathématique du papier-crayon est régulièrement évoqué. En effet, avec un environnement informatique, les élèves se retrouvent affranchis des habiletés manipulatoires requises en environnement papier-crayon.

On trouve qu'il est « dur de passer de l'informatique à l'écrit » et qu'il y a des points « comme le calcul qui n'est pas facile quand on repasse sur le papier ». Il apparaît plusieurs fois que « l'ordinateur pense pour vous », « sur une feuille, c'est beaucoup plus dur et plus long ». Cependant, « quand on reprend le cours sur feuille, il y a un décalage » et « on devrait faire les contrôles sur ordinateur ». Ceci nous conduit à penser que, pour les élèves, la mathématique enseignée via un EI est distincte de la mathématique scolaire. De plus, cette distinction s'applique jusque dans les critères d'évaluations dans la mesure où certains élèves en viennent à évoquer une évaluation sur informatique des compétences acquises en ... informatique. Les élèves se retrouvent ainsi face à une autre mathématique.

D'autre part, l'utilisation d'un environnement informatique facilite la relation pédagogique. Ainsi, d'après certains questionnaires « on est plus captivés, on ne se ridiculise pas devant les autres ». On retrouve là l'enthousiasme à l'idée d'aller en salle informatique.

Il est clair que cet enthousiasme n'est pas nécessairement lié à l'idée d'aller faire des mathématiques. Cependant, le fait de ne pas se « ridiculiser » devant les autres va nous permettre d'ouvrir une perspective pour la conception d'EI performants sur le plan pédagogique que nous développerons plus bas.

### Des ordinateurs incompetents

On peut lire qu'il faudrait « *plus d'ordinateurs competents pour mieux comprendre* ». Ainsi cette individualisation de la relation pédagogique induite par l'utilisation d'un EI se fait dans un seul sens. L'élève se retrouve seul face à un système avec lequel il interagit. On ne peut pas vraiment parler de relation pédagogique car le système n'interagit avec l'élève que pour lui signaler des erreurs techniques ou des commandes erronées. Nous reviendrons sur cette notion d'ordinateur compétent plus bas.

### Quelques pistes possibles

Avant d'aller plus en avant, rappelons qu'une présence continue de l'outil informatique semble indispensable de manière à resserrer le fossé numérique et réduire les obstacles purement techniques à une utilisation profitable pédagogiquement. Dans une classe homogène face à l'outil informatique, l'activité pourrait retrouver de son sens mathématique et éventuellement conceptuel.

### La solitude numérique

L'élève est seul face à un environnement informatique. Lors d'une séance avec un EI, l'élève perçoit le professeur non comme un expert dans sa matière mais en tant qu'expert sur le plan technique.

L'ordinateur, en tant qu'attracteur de l'attention de l'apprenant, faisant écran aux conceptualisations possibles, l'élève risque de voir dans une activité intégrant l'informatique un simple jeu de technique informatique. L'institutionnalisation, délivrée par le professeur pourra ainsi sembler déconnectée du parcours didactique de l'élève lors de la séance. En effet, il est amené à surmonter divers obstacles techniques qui accaparent toute son attention.

### Une véritable relation pédagogique

La nécessité exprimée par des élèves d'avoir un « ordinateur plus compétent » confirme qu'une activité utilisant un EI doit être « individualisée » par rapport à chaque élève. En l'état actuel d'avancement des EI, leur utilisation semble viable pédagogiquement dans le cadre d'activités ciblées comme le soutien ou des recherches exploratoires guidées. Dans ce dernier cas, en groupe classe, le professeur peut projeter l'écran de son ordinateur pour faciliter l'élaboration collective de conjectures qui seront confirmées ou infirmées par un raisonnement mathématique.

Un nouveau type d'enseignement est à concevoir suite à l'intégration massive des TICE. Le statut de la preuve dans l'enseignement est ainsi remis en question. En effet, lorsque perception et conceptualisation tendent à ne faire qu'un, que devient la notion de vérité dans les mathématiques scolaires ? Lorsque la place de l'expérience, en utilisation des TICE, est celle évoquée ci-dessus, comment un nouvel objet de savoir mathématique peut-il se positionner ?

## Vers des EI intelligents

Face aux éléments évoqués ci-dessus, il semble nécessaire d'accompagner cette individualisation du rapport apprenant/machine d'une véritable relation pédagogique. En effet, de manière idéale, un environnement informatique doit « apprendre l'apprenant ».

Comme nous ne savons pas programmer des systèmes « intelligents », nous pouvons dans un premier temps cibler notre travail de conception sur la réalisation d'activités informatiques ciblées sur une compétence particulière. Il importe ainsi d'avoir à sa disposition un inventaire clair et précis des différentes compétences attendues et enseignées à nos élèves. Les grilles d'évaluation nationales peuvent en constituer un point de départ.

Pour des activités plus générales et « multi-compétences » comme c'est le cas de la plupart des activités proposées en papier/crayon, il importe de faire en sorte qu'il s'instaure une véritable interaction entre l'apprenant et l'EI et pas seulement un simple feed-back du type « juste ou faux ».

Dans un premier temps, des langages comme MathML [1] peuvent permettre d'écrire des mathématiques comme on les rencontre dans le cadre scolaire et dans les manuels. Ceci peut ainsi favoriser cette interaction en faisant au moins coïncider les notations entre les mathématiques scolaires et les mathématiques embarquées dans les logiciels. Mais ce n'est pas là la condition de viabilité pédagogique d'un environnement informatique dans l'enseignement.

Une piste complémentaire de celle consistant à créer une véritable interaction consisterait à s'écarter de l'effort de modélisation de la relation enseignant/apprenant. En effet cet effort se concentre sur la réalisation d'un modèle informatique de la relation pédagogique fortement centralisée. C'est, en particulier, ce qui se produit lors de l'utilisation d'environnements informatiques en situation de classe où cette centralisation se matérialise soit par l'enseignant lui-même, soit par la fiche d'accompagnement que doivent suivre les élèves à la lettre.

Ainsi, une alternative en cours d'étude est d'élaborer un environnement informatique disposant de plusieurs « agents » spécialisés, cette spécialisation s'opérant selon les types de compétences didactiques ou pédagogiques nécessaires. Afin de ne pas arriver à un simple découpage de cette centralisation, il est important que ces agents soient capables de coopérer et de coordonner leurs actions pour fournir le meilleur appui possible à l'apprentissage. Le projet Baghera [10] prend en compte les obstacles cognitifs ci-dessus et s'inscrit dans cette démarche. Comme le précisent Pesty, Webber et Balacheff, « cette dernière approche suggère de repenser la globalité d'un EI comme un ensemble de composants élémentaires en interaction les uns avec les autres ».

Ce projet s'inscrit dans cette problématique qui considère, au plan théorique, qu'un processus éducatif est le produit de la collaboration entre des « agents » didactiques et pédagogiques spécialisés et, au plan technologique, qui exploite les concepts et les méthodes de l'approche multi-agents de la conception de systèmes logiciels.

Les résultats de ces travaux en cours, pour ne citer que ceux-là, pourraient ainsi contribuer à fournir de nouvelles interfaces logicielles permettant de sortir l'utilisation de l'informatique en situation de classe de sa bulle numérique.

Mais, actuellement, il n'y a pas d'EI vraiment pertinent et opérationnel et il incombe clairement à l'enseignant d'apporter cette part indispensable d'intelligence sans laquelle ces activités n'ont ni intérêt ni efficacité.

### Une bibliographie :

[1] Les notations mathématiques sur l'Internet avec le langage MathML qui est une extension de HTML : <http://www.w3.org/MathML> (utilisable sous les navigateurs libres Mozilla ou Netscape à partir de la version 7). La page MathML de mozilla : <http://www.mozilla.org/projects/mathml/>

[2] Dominique Guin et Luc Trouche (coord. par) (2002). *Calculatrices symboliques, transformer un outil en un instrument du travail mathématique : un problème mathématique*. Grenoble. La pensée sauvage éditions.

[3] Jean-Baptiste Lagrange (2000). Document pour l'habilitation à diriger des recherches – Paris VII – *Approche didactique et cognitive d'un instrument technologique dans l'enseignement. Le cas du calcul formel en lycée*. Encore téléchargeable à la date d'écriture de cet article sur : [http://www.maths.univ-rennes1.fr/~lagrange/Hdr\\_jbl.pdf](http://www.maths.univ-rennes1.fr/~lagrange/Hdr_jbl.pdf)

[4] Jean Sallantin, Jean-Jacques Szczeciniarz (1999). *Le Concept de preuve à la lumière de l'intelligence artificielle*. Presses Universitaires de France ; (Nouvelle encyclopédie Diderot).

[5] Les sites web du CREEM, les concepteurs de GeoplanW et de GeoplanJ : <http://www2.cnam.fr/creem/> et <http://www2.cnam.fr/creem/nouveausite/index.html>

[6] Colette Laborde (1999). *L'activité instrumentée par des logiciels de géométrie dynamique*. In Actes de la X<sup>e</sup> école d'été en didactique des mathématiques.

[7] Inspection générale de l'Éducation nationale – groupe des mathématiques. « *Une proposition minimale d'équipement informatique d'un lycée* » et « *Une proposition minimale d'équipement informatique d'un collège* ». Les titres précis des documents sont : « *Équipement d'un collège pour l'utilisation des TICE en mathématiques* » et « *Propositions minimales d'équipements informatique pour l'utilisation des TICE dans la mise en œuvre des nouveaux programmes de mathématiques au lycée*. » Disponibles sur : <http://www.eduscol.education.fr/D0015/default.htm>

[8] *Les technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement des mathématiques au collège et au lycée*, texte rédigé par le groupe des mathématiques de l'Inspection générale de l'Éducation nationale. Disponible sur : <http://www.eduscol.education.fr/D0015/LLPHAG02.htm>

[9] *Un peu d'arithmétique (avec l'aide d'un tableur)*. Disponible sur <http://www.ac-reunion.fr/pedagogie/icosaweb/RsrcPeda/Troisiem/Docs/prgms/page00.htm>

[10] N. Balacheff, S. Pesty, C. Webber. *BAGHERA, une architecture multi-agent pour l'apprentissage humain*, Rapport interne du Laboratoire Leibniz-IMAG, octobre 2001.

### Pour prolonger la réflexion

Si vous avez des expériences à faire partager, des remarques ou des critiques, n'hésitez surtout pas à me contacter : [remi.bouille@ac-toulouse.fr](mailto:remi.bouille@ac-toulouse.fr)