



Ressources en ligne et enseignement des mathématiques

Michèle Artigue, Ghislaine Gueudet

► To cite this version:

Michèle Artigue, Ghislaine Gueudet. Ressources en ligne et enseignement des mathématiques. Université d'été de Saint-Flour "Quelle place pour l'enseignement des mathématiques?", 2008, Saint-Flour, France. hal-00460364

HAL Id: hal-00460364

<https://hal.science/hal-00460364>

Submitted on 27 Feb 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ressources en ligne et enseignement des mathématiques

Michèle Artigue, Université Paris Diderot – Paris 7
Ghislaine Gueudet, IUFM Bretagne UBO, CREAD

I. Introduction

Il a d'abord été question de technologie dans cette université d'été à travers une réflexion sur les contenus de l'enseignement. Nous nous sommes interrogés sur la science informatique, le calcul formel, et leur place possible dans l'enseignement secondaire des mathématiques. Cet exposé se situe quant à lui, au sein d'une journée visant la réflexion sur les méthodes d'enseignement. Dans ce domaine, nul ne peut nier les changements profonds que les avancées technologiques et en particulier Internet induisent déjà sur les pratiques, qu'il s'agisse de celles des enseignants comme de celles des élèves. Il est clair aussi qu'il ne s'agit pas ici de simples phénomènes de modes mais du reflet, même s'il est atténué, d'évolutions profondes qui affectent nos sociétés. C'est ce qui a conduit le comité d'organisation de cette université d'été à inclure dans son programme une réflexion sur ressources en ligne et enseignement des mathématiques, que nous avons accepté d'initier, en nous appuyant sur nos expériences respectives dans ce domaine.

Un premier constat force l'attention : le décalage que l'on observe entre, d'une part, la difficulté persistante d'intégration des logiciels de mathématiques dans l'enseignement secondaire qu'il s'agisse des logiciels de calcul formel dont il a été amplement question dans cette université d'été mais aussi de logiciels conçus pour l'enseignement comme les logiciels de géométrie dynamique dont l'usage est promu depuis de nombreuses années par l'institution, et d'autre part, la multiplication exponentielle et la pénétration apparemment facile des ressources en ligne dans l'enseignement à la fois dans le travail de préparation hors classe de l'enseignant mais aussi, de plus en plus, dans les activités menées au sein de la classe. C'est une situation qui suscite à la fois espoirs et craintes et pose de multiples questions.

Dans le registre des espoirs, on peut bien sûr espérer que cette évolution technologique va bouleverser de façon positive les méthodes de travail des enseignants et les méthodes d'enseignement, permettre de rompre avec l'isolement du métier et favoriser des démarches collectives, aider à partager l'intelligence et les expertises, nourrir l'enseignement de ressources diverses et de qualité accessibles à tous, équilibrer les mécanismes usuels « top-down » de pilotage du système éducatif par des mécanismes « bottom-up », susciter chez les enseignants de mathématiques la curiosité et un intérêt renouvelé pour leur discipline.

Dans le registre des craintes, on peut craindre de voir se multiplier des ressources de qualité médiocre ou pire, qui ne fassent en rien progresser la qualité de l'enseignement des mathématiques et dont les enseignants feraient usage sans distance critique pour des raisons de facilité.

C'est cette situation qui avait motivé une réunion spéciale sur ces questions du comité scientifique des IREM ayant abouti à un fascicule Mathématiques en ligne coordonné par Gérard Kuntz en 2004, accessible sur le site des IREM¹. Les questions qui y étaient posées et que nous reproduisons ci-après sont très proches de celles que nous avons posées nous-mêmes dans la présentation de cet exposé et qui lui servent de trame :

¹ <http://csirem.univ-mlv.fr/Les-dossiers-du-CS/Mathenligne-Recueil.pdf>

- Comment expliquer l'intérêt des élèves, des enseignants pour les ressources en ligne ?
- Comment évaluer ce que les élèves apprennent avec des ressources en ligne utilisées en classe ?
- Comment ces nouvelles ressources peuvent-elles s'articuler avec des ressources plus traditionnelles, quelles mises en œuvre peuvent être efficaces en classe ?
- Quelles nouvelles formes de conception de ressources apparaissent avec les ressources en ligne, quelle doit être la place des enseignants, des IREM, dans ces processus ?

Depuis 2004, les sites dédiés aux mathématiques et à leur enseignement se sont multipliés, ils étaient selon Gérard Kuntz près de 5 millions en 2004, ils sont plus de 15 millions aujourd'hui, ce qui fait de la sélection critique dans cette masse d'information une question de plus en plus cruciale.

Nous aborderons ces questions dans l'exposé en conjuguant trois approches non indépendantes : la première centrée sur les élèves et l'influence de l'usage des ressources en ligne sur leur activité mathématique, sur leurs apprentissages ; la seconde centrée sur les enseignants, les usages qu'ils développent et les effets sur leurs pratiques de ces usages ; la troisième centrée sur la conception de ressources, et l'articulation entre usages et conception.

Nous allons également accorder une attention spécifique à ce que nous appelons des bases d'exercices en ligne (notées BEL par la suite), c'est-à-dire des ressources dont une part substantielle est constituée d'exercices interactifs destinés aux élèves. Elles ne s'y réduisent pas en général, offrant un environnement de travail incluant également des éléments de cours, divers systèmes d'aide, d'évaluation et de suivi de l'activité des élèves, voire des outils logiciels spécifiques.

Il y a à cela des raisons diverses. En tant que formateurs d'enseignants, nous sommes tous confrontés à un usage croissant de telles ressources dans les classes, à des demandes de formation les concernant. Elles font, dans le système éducatif, l'objet de discours contradictoires : certains en vantent les mérites et sont prêts à concevoir un enseignement qui les utiliserait massivement, d'autres voient dans les usages qui se développent une régression profonde. Ces dernières années, nous avons participé à différents projets les concernant et nous essaierons de tirer les leçons de ces expériences, de montrer aussi comment elles illustrent les rapports nouveaux et prometteurs entre conception et usages que les ressources en ligne mettent en place.

D'où le plan de cet exposé. Après cette introduction, nous présenterons et analyserons successivement deux projets menés l'un au collège, l'autre au lycée, avec des bases d'exercices en ligne, puis nous développerons une réflexion plus globale sur les rapports entre conception de ressources en ligne, usages et formation, et les perspectives qui se dessinent dans ce domaine.

II. Bases d'exercices en ligne et proportionnalité au collège

Nous présentons ici l'exemple d'un travail mené au sein d'un groupe de recherche INRP-IREM de Rennes-IUFM de Bretagne. Ce groupe, Hyperpro (Hypermédia et Proportionnalité), s'est penché sur les conséquences possibles pour les apprentissages de l'emploi d'une base d'exercices en ligne à propos du thème de la proportionnalité, aux niveaux CM2 et sixième. Il

a fonctionné de 2003 à 2005 et un rapport complet sur ses activités est disponible en ligne² ; par ailleurs, certains aspects évoqués ici sont présentés dans (Gueudet, 2007). L'objectif du groupe était d'analyser les apprentissages que de « jeunes » élèves pouvaient réaliser au cours d'une séquence ménageant un temps important de travail en autonomie (c'est à dire ici sans intervention de l'enseignant pour la classe entière) sur une base d'exercices en ligne. Ici, on voit d'emblée qu'on sort d'un *a priori* de type « exerciceur » : l'objectif n'est pas l'entraînement sur des techniques apprises précédemment, mais l'emploi d'une BEL comme support à la résolution de problèmes visant la construction de connaissances nouvelles.

Le groupe a débuté son travail en 2003 par l'examen des bases d'exercices disponibles, pour finalement retenir Mathenpoche³ (MEP), à l'initiative d'une des deux enseignantes de collège du groupe. Rappelons qu'à l'époque le logiciel était encore peu connu. Seul le niveau 6^e était complet et peu d'enseignants étaient inscrits comme utilisateurs réseau. Nous avons réalisé en 2003-2004 une pré-expérimentation avec les exercices disponibles, et uniquement en classe de 6^e, les exercices disponibles n'étant pas utilisables en CM2. Cette pré-expérimentation a mis en évidence la nécessité pour le groupe de se doter d'autres exercices, mieux adaptés à un objectif de construction de connaissances nouvelles, et aussi d'apporter des améliorations au scénario de classe. Nous allons présenter ci-dessous les choix que nous avons alors effectués, et exposer certains des résultats obtenus relatifs aux apprentissages des élèves.

II.1 Concevoir des exercices interactifs sur la proportionnalité

Nous avons conçu une série d'exercices (au total 30 exercices) de proportionnalité qui peuvent être traités dès la fin du CM2. Il s'agit de problèmes de proportionnalité, qui peuvent tous être résolus avec diverses procédures, non suggérées dans l'énoncé. Nous avons effectué un ensemble de choix spécifiques et, rétrospectivement, nous retenons en particulier ce qui suit :

- Les contraintes de structuration de MEP nous ont obligés à regrouper ces problèmes par 5 (dans la terminologie MEP, un « exercice » est un ensemble de 5 ou 10 « problèmes » ou « questions »). Ces regroupements ont été effectués selon des classes de problèmes qui ont été identifiées par les travaux de recherche sur le thème de la proportionnalité (Vergnaud 1997, Boissard et al. 1995) : problèmes de calcul d'une quatrième proportionnelle, problèmes de proportionnalité simple, composée, problèmes de proportionnalité double etc.
- Nous avons varié les contextes, et nous avons surtout été attentifs au fait de varier les grandeurs en jeu.
- Dans cette version de MEP, à la fin d'un exercice, seul le résultat numérique juste était fourni par le logiciel. Nous avons d'emblée voulu accompagner ce résultat d'un texte détaillant la résolution.
- Comme nous visions la diversification des procédures des élèves : procédures de linéarité, additive et multiplicative, et procédures faisant appel à un coefficient de proportionnalité, nous avons systématiquement proposé plusieurs solutions différentes pour un même problème.
- Nous avons laissé toujours ouverte la possibilité d'accéder à l'aide (qui est dans notre cas basée sur la résolution détaillée du premier problème de l'exercice), alors que dans la plupart des cas sur MEP l'aide ne s'affiche qu'en cas d'erreur de l'élève.

Nous avons effectué divers autres choix qui ne seront pas détaillés ici : choix d'introduire un exercice « intrus » (exercice qui n'est pas un exercice de proportionnalité) dans chaque ensemble de 5 problèmes, plutôt que de proposer un travail explicite sur « proportionnalité ou

² Sur le site de l'équipe de didactique des mathématiques de Rennes, <http://www.didmar.univ-rennes1.fr>.

³ <http://mathenpoche.sesamath.net>.

pas ? » ; choix de laisser la calculatrice toujours accessible... Ce que nous voulons souligner, c'est que le support en ligne, et le mode de fonctionnement des développeurs MEP nous a permis d'élaborer avec eux ces 30 exercices et leur environnement dans un laps de temps relativement bref (6 mois, entre juillet et décembre 2004, dont 4 mois pour l'élaboration des exercices et des aides par le groupe Hyperpro).

II.2 Un scénario spécifique

Le tableau ci-dessous présente le déroulement de la séquence expérimentale de proportionnalité en classe de sixième, qui comporte 9 séances d'une heure.

Tableau 1. Séquence de proportionnalité en classe de sixième avec MEP.

Séance 0	Première évaluation : état des lieux initial
Séance 1 prise en main du logiciel et du carnet de bord.	Travail sur ordinateur (toujours en binôme) avec <i>Recettes</i> , <i>Graphiques</i> et <i>Combien ?</i> accessible pour les élèves qui iraient vite. Présentation du carnet de bord et de son emploi.
Séance 2 machine	Travail sur ordinateur (<i>Recettes</i> , <i>Combien ?</i> , <i>Comparaison</i>)
Séance 3 machine	Travail sur ordinateur (<i>Recettes</i> , <i>Combien ?</i> , <i>Comparaison</i> , <i>Proportionnalité ou pas</i> , <i>Tableaux sans coefficient</i>)
Séance 4 machine	Travail sur ordinateur (<i>Recettes</i> , <i>Combien ?</i> , <i>Comparaison</i> , <i>A chacun son problème</i> , <i>Par heure</i> , <i>par jour</i> , <i>par semaine</i> , <i>Augmentation et réduction</i>).
Séance 5 préparation des échanges	Confection par groupes de quatre d'affiches sur les thèmes : « qu'est qu'un problème de proportionnalité ? » ; « a quoi sert un tableau de proportionnalité ? » ; « utiliser différentes procédures pour résoudre un problème de proportionnalité ».
Séance 6 échanges	Débat sur les affiches réalisées.
Séance 7	Evaluation : Etat des lieux final .
Séance 8	Synthèse (institutionnalisation).

Nous voulons souligner en particulier les choix de scénario suivants :

- Le travail des élèves sur l'ordinateur a toujours été organisé en binômes, afin d'encourager les échanges entre élèves. Nous avons pu assister à des échanges très intéressants entre les élèves, en termes de choix de procédure de résolution d'un problème mais aussi d'organisation du travail sur le logiciel.

- Des traces écrites ont été systématiquement associées au travail sur MEP, sous forme d'un carnet de bord, comportant une page par problème pour la rédaction de la solution. Précisons qu'il s'agissait là d'un choix extrême ; des expériences ultérieures nous ont montré qu'il valait mieux demander de rédiger une partie seulement des exercices.

- Une séance d'échange a été organisée pour mettre en commun le travail sur MEP avant institutionnalisation. Les élèves, en groupes de 4, constituaient des affiches sur un des thèmes mentionnés dans le tableau ci-dessus. Ils s'appuyaient pour constituer leur affiche sur leur carnet de bord rempli. Les élèves n'ayant pas tous rencontré les mêmes exercices, la réalisation d'affiche a permis une harmonisation préalable par des échanges dans les groupes d'élèves avant l'institutionnalisation. Elle a de plus constitué une autre forme d'articulation entre travail sur ordinateur et travail papier-crayon.

II.3 Quels comportements d'élèves, quels apprentissages ?

Nous avons en début d'expérimentation soumis aux élèves un test diagnostic initial ; nous avons également effectué un diagnostic final, avant la séance d'institutionnalisation. De plus nous avons recueilli les carnets de bord, les suivis informatiques des élèves, les affiches, les vidéos des séances d'échanges ; Enfin, deux binômes d'élèves ont été observés à chaque séance sur machine. L'analyse de ces données nous a fourni de nombreux résultats, nous en évoquons ici brièvement quelques uns.

Des apprentissages sont visibles en ce qui concerne la variété des procédures : au fil des différents écrits, on observe que presque tous les élèves ont recours à des procédures de linéarité et à des procédures de type coefficient de proportionnalité selon les cas. Des progrès notables ont été accomplis sur l'emploi du tableau ; la moitié des élèves (26 sur 50) en construisent un correctement dans l'exercice de l'évaluation finale où ceci est demandé, et plus de la moitié (28 sur 50) a recours à un tableau comme outil dans d'autres exercices de cette évaluation. L'emploi du tableau a donné lieu à de longues discussions lors de la séance d'échanges. De même, des progrès ont été accomplis sur la reconnaissance d'une situation de proportionnalité ou de non-proportionnalité au fil des séances, notamment grâce au tableau.

Il ne s'agit pas ici d'affirmer que les élèves ont appris plus, ou mieux, en travaillant sur MEP qu'avec un travail papier-crayon de même nature ; nous n'avons pas élaboré notre expérimentation dans cet objectif. Le constat que nous faisons ici est simplement qu'il ont appris quelque chose. Nous avons examiné les suivis informatiques des élèves pour tenter de faire le lien entre leur parcours sur MEP et les apprentissages : aucun lien immédiat n'apparaît. De plus, les comportements sur MEP en terme de choix d'exercices, de temps consacré à la résolution d'un exercice donné, de relance d'un même exercice sont très variés, et l'analyse des données n'indique pas de lien clair entre comportement et apprentissages. L'analyse des carnets de bord et les observations en classe nous ont cependant permis de relever certaines spécificités associées au travail avec MEP.

- La possibilité de donner une première réponse fautive a permis dans de nombreux cas aux élèves de parvenir à un résultat juste, après une erreur. Ceci n'a cependant pas conduit à une généralisation de procédures de type essais/erreurs. Les élèves prennent peu le risque d'une réponse dont il ne sont pas sûrs, notamment sans doute à cause du travail en binôme (« Ne mets pas ça ! Tu vas nous faire avoir faux... » a été souvent entendu...).
- Les élèves n'ont pas cherché à recopier les solutions de MEP ;
- Il y a néanmoins des dangers : dans les carnets de bord, nous avons relevé des réponses justes associées des procédures erronées. Ceci peut être renforcé par le feedback « bonne réponse » de MEP, lorsque la valeur numérique est correcte ;
- Un certain nombre d'élèves (37 sur 50) ont utilisé en fait MEP comme un livre d'exercices. Même si MEP leur conseillait de recommencer, ils passaient à l'exercice suivant ; ils faisaient les exercices dans l'ordre, regardaient l'aide une fois au plus et, généralement, n'utilisaient pas les possibilités souples de navigation offertes. Ceci est peut-être dû à notre scénario et aux contraintes imposées par le carnet de bord en particulier. On peut alors s'interroger sur l'intérêt réel de ces séances organisées sur MEP par rapport à des séances papier-crayon. Les professeurs que nous avons interrogés, ont mis l'accent sur l'implication des élèves, soulignant qu'une telle implication aurait été inimaginable avec un travail similaire sur support papier. On peut penser que, même dans ce type d'utilisation, la nouveauté du support, la fréquence des interactions, la possibilité de travailler à son rythme ont contribué à créer cette implication et à la maintenir.

- D'autres élèves ont relancé les exercices lorsque MEP le leur conseillait (score strictement inférieur à 4 sur 5). Ces élèves ont fait au final moins d'exercices différents, et donc ont écrit moins dans les carnets de bord, mais ils ne semblent pas avoir réussi moins bien à l'évaluation finale.

II.4 Expérimentation de MEP en collège, que retenir ?

Le travail présenté ci-dessus amène des constats relatifs à chacune des trois dimensions que nous avons évoquées en introduction.

Nous avons noté de réels apprentissages des élèves. Nous retenons toutefois une nécessité de vigilance spécifique de l'enseignant lors du travail avec une BEL, pour contrôler les phénomènes du type « résultat juste avec procédure fausse » et en limiter les effets négatifs. Une BEL embarque son propre contrat didactique (Brousseau 1998). Elle peut envoyer un feed-back « félicitations » alors qu'une réponse juste résulte d'une procédure fausse (mais un professeur n'est pas non plus totalement à l'abri de ce type de malentendu !) ; elle est susceptible d'offrir des conseils sur un choix de parcours dans les exercices qui ne correspondent pas aux attentes de l'enseignant et lui semblent inadaptés. Au-delà des changements apportés dans l'économie du travail de l'élève, il faut prendre conscience du fait qu'une BEL, par les interactions didactiques qui y sont implémentées et le contrat didactique associé influence les comportements des élèves d'une manière spécifique. Il faut aussi être attentif aux détournements possibles qui peuvent intervenir dans l'usage, par rapport aux intentions mêmes des concepteurs, comme dans tout environnement didactique mais qui prennent ici des formes partiellement nouvelles du fait des caractéristiques des BEL.

La vigilance mentionnée ci-dessus amène à être attentif à des éléments relevant de la deuxième dimension que nous considérons ici : les usages de ressources en ligne.

Le recours à des BEL permet de varier les supports proposés aux élèves, ce qui semble contribuer à la relance de l'intérêt observée. Il s'agit bien de varier les supports, et non de travailler systématiquement sur une BEL. Cette variété doit aussi être pensée en termes d'association de BEL et autres supports, papier en particulier. Dans l'expérimentation du groupe Hyperpro, support papier et travail sur ordinateur étaient systématiquement associés, sous diverses formes : prise de notes pendant le travail sur ordinateur, production d'un écrit par groupe ensuite, institutionnalisation par l'enseignant faisant référence au travail sur ordinateur...

Par ailleurs, la dimension de conception de ressources est aussi clairement présente dans ce que nous avons exposé ci-dessus. Nous avons relaté comment notre constat initial de l'inadéquation des ressources disponibles avec notre projet a rapidement été suivi d'une conception spécifique d'exercices, en collaboration avec les développeurs de MEP. Les membres de l'association Sésamath sont demandeurs de telles collaborations comme en témoigne leur contribution récente au colloque DIDIREM (Sésamath, 2008). Sans aller jusqu'à un tel travail de conception, la possibilité d'intervention sur le contenu des bases d'exercices est, pour un utilisateur enseignant, réelle et elle constitue une spécificité importante de ces ressources dans le paysage des TICE. Dans certains cas (par exemple pour WIMS), la base possède un moteur de création d'exercices, mais, même en dehors de cette possibilité technique, la communication directe avec les concepteurs est généralement possible, et rapidement suivie de modifications.

Ce que nous avons présenté ici est une expérimentation ponctuelle, dans un environnement favorable. Nous allons maintenant évoquer une recherche qui concerne aussi les BEL mais est d'une toute autre nature.

III. Le projet Région Ile-de-France

Ce second projet diffère sensiblement du précédent pour diverses raisons. Il se situe au lycée et non au collège ; le rôle des chercheurs est un rôle de suivi d'usages et d'évaluation, ils ne sont directement impliqués, ni dans le choix et la conception des ressources en ligne utilisées, ni dans celle des usages développés ; enfin il s'agit d'un projet bien plus large puisqu'il concerne toute une région et plusieurs milliers d'élèves. Ce projet a été, en effet, initié par la région Ile-de-France en 2003-2004 en partenariat avec les trois académies de la région parisienne. A travers lui, la région Ile-de-France avait pour ambition de soutenir l'accompagnement scolaire des élèves de milieux défavorisés en finançant leur abonnement à des ressources en ligne. Il s'agissait d'essayer de compenser le moindre accès de ces élèves aux différents systèmes payants de soutien scolaire auxquels les élèves et leurs familles ont si souvent recours en France. La région a choisi de cibler une discipline : les mathématiques, et un niveau : la classe de seconde. Le projet a fonctionné sur la base d'un appel d'offres auprès de fournisseurs de ressources en ligne, publics ou privés, les établissements volontaires pour participer à cette expérimentation choisissant les produits retenus. L'expérimentation, réservée d'abord aux lycées généraux et technologiques, a été étendue ensuite aux classes de seconde BEP des lycées professionnels. Il y a eu également un élargissement des logiciels considérés.

La région a souhaité un suivi universitaire de ce projet qui concernait dès la première année plus de 4000 élèves et environ 130 enseignants et s'est tournée pour cela vers l'IREM Paris 7. Ce suivi visait à préciser et comprendre :

- les potentialités et limites des ressources considérées pour l'accompagnement du travail scolaire des élèves,
- les usages effectifs des ressources sélectionnées par les enseignants et les élèves, et leur raison d'être,
- les conditions à réaliser pour permettre aux élèves et enseignants d'instrumenter efficacement ces outils et faire qu'ils deviennent des éléments de leur espace de travail.

Il était mené en collaboration avec les institutions académiques et complémentaire de leur propre action.

Pour ce suivi, nous avons travaillé suivant les trois pôles mentionnés au début de l'exposé : les élèves, les enseignants et les ressources. Pour les ressources, nous avons élaboré une grille multidimensionnelle qui nous a permis une première analyse par inspection⁴ des ressources, confrontée ensuite aux résultats des observations. Pour les élèves et les enseignants, nous leur avons soumis des questionnaires ; nous avons effectué des observations sur site (incluant des observations d'usage et des entretiens), et nous avons croisé les données des questionnaires et celles des observations. Dans la seconde phase, nous nous sommes centrés sur quelques établissements généraux et professionnels et nous avons aussi accordé une plus grande attention à l'observation des pratiques des enseignants. Nous ne rentrerons pas ici dans le détail de ce suivi et des analyses auxquelles il a conduit, nous bornant en essayer de tirer les leçons de cette expérience. Le lecteur intéressé pourra se référer aux rapports produits

⁴ Une évaluation par inspection est une évaluation qui s'effectue en simulant l'utilisation de la ressource, hors contexte réel d'usage.

accessibles en ligne sur le site de l'IREM Paris 7⁵, à (Artigue, 2006) ainsi qu'à l'ouvrage (Vandebrouck, 2008) dont plusieurs chapitres exploitent des données de cette expérimentation.

III.1 L'analyse des produits

Cette analyse par inspection s'est inspirée par divers travaux menés dans le domaine des EIAH (Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain), notamment ceux de Bastien et Scapin (1996), Hu, Trigano et Crozat (2001), Tricot et al. (2003). L'analyse y est organisée autour de trois critères :

- l'utilisabilité, c'est-à-dire la facilité d'utilisation, le fait que le logiciel permette d'apprendre ce qu'il est censé faire apprendre ;
- l'utilité, c'est-à-dire le fait que le logiciel permette d'apprendre ce qu'il est censé faire apprendre ;
- l'acceptabilité, c'est-à-dire sa compatibilité enfin avec les contraintes, les objectifs des apprenants et de l'institution de formation.

Dans la considération de ces trois critères cependant, l'analyse conjugue la perspective ergonomique familière aux chercheurs en EIAH avec une perspective mathématiques et didactique. La grille d'analyse qui en résulte est multidimensionnelle, structurée autour des 9 pôles suivants, à chaque pôle étant associés un certain nombre de critères et de questions qui guident l'inspection :

- Les aspects techniques de base
- L'interface
- La structure et la navigation
- La scénarisation didactique
- La personnalisation possible (côté enseignant et côté élève)
- Les documents et tâches proposés (forme, contenu, relations)
- Les outils mathématiques spécifiques
- Les interactions (aides, rétroactions...)
- L'évaluation et le suivi des élèves

Les résultats obtenus pour chaque ressource font ensuite l'objet d'une synthèse globale.

Qu'en est-il ressorti ? Nous résumons brièvement les résultats des analyses menées la première année concernant la ressource Paraschool. Pourquoi cette ressource ? La première année, quatre ressources ont été retenues suite à l'appel d'offre : Paraschool, une ressource proposée par le CNED et qui utilisait aussi la plateforme Paraschool, Maxicours, et les pages interactives Euler développées par l'académie de Versailles (dans la suite de l'étude les enseignants ont de plus utilisé MEP et WIMS). Parmi ces ressources, Paraschool est celle qui a été très majoritairement la plus utilisée, en grande partie du fait de la combativité commerciale de l'entreprise. Les années ultérieures, elle est restée la ressource majoritairement choisie dans les secondes générales, à l'exception de l'académie de Versailles, et la seule utilisée dans les lycées professionnels. Les lycées professionnels ont apprécié le fait de pouvoir l'utiliser non seulement en mathématiques mais aussi en sciences, voire même en français avec certains élèves, et ils ont jugé par ailleurs des ressources comme les pages interactives Euler ou WIMS inadaptées au public spécifique de LP. MEP, qui n'avait à l'époque développé au niveau seconde que le chapitre sur les fonctions, a été parfois utilisé, en complémentarité avec d'autres ressources.

⁵ <http://iremp7.math.jussieu.fr/projetregion.html>

En ce qui concerne Paraschool donc, les résultats de l'analyse montraient une technologie **utilisable** mais qui restait encore peu évoluée une scénarisation didactique classique : cours, savoir faire et exercices, une personnalisation limitée tant côté enseignant que côté élève. Les documents proposés étaient en général mathématiquement corrects, conformes au programme mais avec des formulations parfois peu claires et décalées par rapport aux standards institutionnels. Documents et tâches étaient en revanche peu innovants et profitaient relativement peu des possibilités technologiques de visualisation et d'animation. L'ensemble du programme était couvert mais l'éventail de tâches sur chaque thème était généralement limité ; il s'agissait de tâches fixes non paramétrées et la progressivité de celles-ci était à améliorer. Il faut souligner que la ressource ne se limitait pas à des tâches simples mais proposait aussi des tâches plus complexes. Ces tâches complexes étaient découpées en une succession de questions qui risquaient d'en faire perdre le fil ; un historique était accessible mais son fonctionnement peu ergonomique. On notait enfin l'absence d'outils mathématiques spécifiques hors calculatrice (pas de grapheur, de tableur, d'outil de géométrie dynamique ou de calcul formel). En l'absence d'analyseur syntaxique performant et de moteur de calcul formel, les types de réponses privilégiaient les QCM. Le nombre de réponses proposées variait entre 3 et 5 mais assez souvent, du fait d'éliminations faciles, le choix réel portait sur deux réponses. Des corrections, commentaires et des aides étaient systématiquement accessibles mais parfois contestables sur le plan mathématique ou du fait de ce que l'on pouvait anticiper du comportement des élèves, et l'analyse d'erreurs sommaire. Un tutorat était offert mais il n'y avait pas d'interaction possible entre élèves. Enfin, une évaluation et un suivi étaient accessibles à l'enseignant et l'élève. Il en résultait selon nous une **utilité** et une **acceptabilité** problématiques.

Ces résultats d'analyse n'ont rien d'enthousiasmant mais ils reflètent la réalité de Paraschool à l'époque, une ressource pour laquelle les concepteurs avaient voulu rapidement couvrir l'ensemble des niveaux scolaires et des disciplines, ce qui se traduisait de manière évidente au niveau de la qualité. Il faut souligner que, même si nos analyses ont été d'abord plutôt mal reçues, les concepteurs ont fait immédiatement des efforts pour prendre en compte les limites mises en évidence. Pour nombre d'entre elles, cependant, cela nécessitait des évolutions substantielles difficiles à réaliser à court terme.

III.2 L'observation des élèves

L'analyse par inspection faite nous a été très utile pour observer et analyser les usages effectifs mais elle ne pouvait s'y substituer. L'observation des élèves, les entretiens menés avec eux, ont montré dès la première année des régularités évidentes. Pendant les séances, les élèves étaient très généralement attentifs, concentrés sur ce qu'ils faisaient, lisaient commentaires et corrections et ne semblaient pas répondre au hasard. Ils apprenaient vite à se repérer dans les logiciels, à gérer leur parcours. Ils ne se laissaient pas piéger par les bons scores assez facilement obtenus et tenaient un discours très raisonnable sur les potentialités et limites qu'ils voyaient au travail avec ces ressources. Un des phénomènes les plus marquants dans ces observations a été pour nous la fréquence des interactions avec le logiciel : les actions se succédaient très rapidement et les élèves enchaînaient souvent très vite questions et exercices, abordant en une seule séance un nombre de tâches sans commune mesure avec celui qu'ils auraient abordé dans une séance ordinaire. La prédominance des réponses à choix multiple y contribuait certainement mais elle n'était pas seule en jeu. Par ailleurs, les élèves, si l'on ne les y incitait pas, ne prenaient pas de brouillon ; et ils allaient rarement voir le cours proposé. Ils s'arrêtaient peu dans la lecture de commentaires et d'explications. Les élèves faibles se laissaient tenter par ce que nous avons appelé le « scoring » (refaire le même exercice jusqu'à obtenir un bon score), ce qui, dans le cas de tâches fixes avec réponses par

QCM s'obtenait par simple mémorisation des bons choix, ou ne semblaient pas pouvoir tirer parti de l'interaction avec le produit et étaient très dépendants de l'enseignant. Majoritairement de plus, les élèves n'arrivaient pas forcément à réinvestir les réussites obtenues dans des exercices proches proposés ensuite en papier-crayon. Enfin, passé le premier contact avec la ressource, ils utilisaient très peu les possibilités d'usage hors classe qui leur étaient offertes, bien qu'une grande majorité ait accès à l'Internet à domicile.

III.3 Les attentes et pratiques des enseignants

Les premiers questionnaires avaient montré, du côté des enseignants, des attentes précises. Majoritairement, ils attendaient de l'utilisation de ces ressources une aide pour faire progresser les élèves en difficulté et pour gérer l'hétérogénéité des classes. Ils espéraient un accroissement de motivation de leurs élèves en mathématiques, le développement de leur autonomie. Certains, moins nombreux, mentionnaient également leur goût des technologies informatiques ou le désir de diversifier leurs méthodes pédagogiques. Ces attentes étaient prévisibles. Elles correspondaient au discours qui accompagnait la promotion de ces ressources, à l'esprit du projet, et plus généralement, elles étaient en phase avec ce que l'on sait des attentes majoritaires des enseignants vis-à-vis des TICE (Ruthven, 2007). Bien que les enseignants soient volontaires pour participer au projet, on voyait cependant formulée la crainte de se voir à terme supplanter par des machines. Certains manifestaient par ailleurs une vive hostilité à l'usage de produits commerciaux.

Les usages observés, eux, étaient concentrés sur les dispositifs scolaires usuels : modules et aide individualisée, et très majoritairement épisodiques. On notait un confort d'enseignement évident même si les enseignants étaient généralement très sollicités, mais des difficultés à articuler les séances avec ressources en ligne et l'enseignement usuel, à organiser les traces de ces séances, des difficultés aussi pour les enseignants à réellement profiter des possibilités d'individualisation et de suivi des usages offertes, et une exploration limitée en général des ressources utilisées.

III.4 Des questions et des évolutions

La première phase du projet a soulevé des questions multiples :

- sur les processus cognitifs en jeu dans l'activité mathématique avec ce type de ressource, où en particulier il s'agit bien plus souvent de reconnaître la réponse correcte que de la produire, et sur la difficulté à juger des effets cognitifs possibles par simple comparaison avec le fonctionnement dans l'environnement papier/crayon qui obéit à une économie très différente ;
- sur les types d'usage à privilégier : usages dans le cadre des dispositifs d'enseignement ordinaires ou usages hors classe, voire hors établissement, et sur les moyens de rendre effectifs ces derniers ;
- sur le degré de liberté à laisser aux élèves dans le choix des activités et dans leur ordre ;
- sur la façon de gérer l'articulation entre le travail dans ces environnements et en environnement papier/crayon, l'organisation d'un système de traces ;
- sur la façon plus généralement de constituer ces outils en composants de l'espace de travail de l'élève et de l'enseignant en complémentarité avec les outils usuels de cet espace.

Nous avons travaillé sur ces questions dans la deuxième phase du projet, en nous centrant sur quelques établissements dont des lycées professionnels, en impliquant des enseignants du

groupe TICE de l'IREM dans l'expérimentation pour explorer la possibilité et le coût d'autres types d'usages que ceux jusqu'ici observés, en élargissant les ressources considérées. Quelles dynamiques avons-nous observées ?

Au niveau des ressources d'abord, des dynamiques très différentes de celles auxquelles les autres environnements nous avaient habitués : l'attention portée par les développeurs aux avis des usagers et une réactivité très souvent impressionnante pour corriger des erreurs ou implémenter des suggestions quand cette implémentation n'engageait pas des modifications substantielles. Au-delà de l'enrichissement prévisible des bases d'exercices proposées, nous avons noté aussi des évolutions plus substantielles, différentes bien sûr d'une ressource à l'autre du fait de la diversité de leurs caractéristiques : introduction de tâches à données aléatoires lorsque ce n'était pas initialement le cas, ouverture des types de réponses proposés au-delà des seuls QCM, développement d'animations et visualisations, d'outils mathématiques spécifiques : outils de représentation graphique ou de tracé géométrique notamment (non nécessairement sous la forme de logiciels de géométrie dynamique dans ce dernier cas), création ou raffinement d'outils d'aide à la création ou l'adaptation d'exercices par les enseignants utilisateurs, enrichissement des possibilités de scénarisation des séances, amélioration des possibilités offertes au niveau du suivi du travail des élèves par les enseignants, des moyens de travail collaboratif... Comme on pouvait s'y attendre, c'est au niveau des analyses de réponses et des aides, que les évolutions sont les plus faibles et, même lorsque des efforts sont faits, ils sont rarement convaincants.

En ce qui concerne les usages, on voit se stabiliser trois grands types d'usage qui correspondent chacun à une fonctionnalité bien spécifique donnée à la ressource en ligne : usages de « confort », de « remédiation », de « consolidation ». Dans l'usage de confort, il s'agit principalement d'assurer l' enrôlement des élèves dans une activité mathématique dans un contexte où cet enrôlement est d'ordinaire problématique. L'enjeu de qualité des relations sociales au sein de la classe est prioritaire sur les objectifs d'apprentissage et il y a, plus ou moins explicitée, la conviction que, même si l'activité mathématique des élèves n'est pas de grande qualité, elle est supérieure à ce qu'elle serait dans une séance ordinaire dans le même contexte. Nous avons observé de tels usages mais ils étaient très minoritaires. L'usage de remédiation est en cohérence avec les attentes exprimées dès le début par beaucoup d'enseignants concernant ces ressources en ligne. Il va cependant souvent conduire à des organisations didactiques différentes de celles initialement envisagées, les enseignants prenant conscience des limites évidentes des systèmes d'aides fournis par ces ressources et des difficultés que rencontrent les élèves les plus faibles à travailler de façon autonome avec elles. Ils préfèrent donc faire bénéficier ces élèves d'une interaction directe avec eux pendant que ceux qu'ils qualifient de moyens ou moyens-faibles travaillent avec les ressources de façon autonome ou quasi-autonome. Le dernier usage est l'usage de consolidation, généralement en demi-classe, associé à un programme de travail relativement long et diversifié. En revanche, malgré les efforts faits par certains enseignants, nous observerons, contrairement à nos attentes initiales, très peu d'usages hors classe organisés avec succès de façon durable. Pour ces séances, les enseignants progressivement développent des plans de travail. Malgré les possibilités offertes, la différenciation entre élèves ou groupes d'élèves reste limitée. Très souvent, le plan de travail est volontairement copieux et la seule différenciation est celle qui s'effectue de fait, chacun n'avançant pas au même rythme. Il y a également peu d'utilisation des possibilités de suivi. Les interactions entre enseignant et élèves, une fois la séance lancée, sont presque uniquement des interactions individuelles, même si cela oblige l'enseignant à se répéter de multiples fois. Elles sont essentiellement d'ordre mathématique et plus « productives » que « constructives » (Abboud-Blanchard et al. 2008). Elles visent à obtenir pendant le temps limité de cette interaction ce que Roditi (2008) appelle un succès d'étape. On note également des efforts faits pour prolonger dans l'environnement papier-crayon les

activités menées avec les ressources en ligne, l'introduction de tâches analogues et de QCM dans les évaluations mais, de façon générale, la gestion des traces et des bilans reste problématique. Les enseignants nous font part d'évolutions de comportement chez certains élèves, de progrès inattendus constatés. Les observations fines effectuées montrent effectivement des occasions d'apprentissage mais, vu le caractère épisodique des usages observés, il est difficile de délimiter l'influence exacte du travail avec les ressources en ligne.

Il ne s'agit ici que d'un exemple. Les résultats en sont conditionnés par le contexte, par les ressources utilisées, leur état de développement au moment de cette expérimentation, les scénarios d'usage mis en place. Ils montrent bien cependant, nous semble-t-il, comment peuvent se mettre en place et se stabiliser des usages de ces ressources avec des enseignants volontaires mais hors du premier cercle des concepteurs et développeurs, les potentialités et limites associées à ces usages. Pour conclure cette partie, nous voudrions souligner quelques points.

Le premier est le coût important du dépassement de ces dynamiques spontanées. Nous avons pu l'analyser à travers le suivi des animateurs IREM qui ont été impliqués dans la seconde phase de l'expérimentation et ont essayé de dépasser certaines des limites observées : coût de préparation des séances lorsque l'on ne se limite pas à l'énoncé des exercices mais que l'on explore systématiquement les interactions associées, lorsque l'on cherche à différencier le travail proposé aux élèves en fonction de leurs besoins, à promouvoir et accompagner des usages extra-scolaires, à tirer parti des données relatives aux suivis individuels des élèves. Nous avons pu observer la difficulté qu'il y a à trouver une organisation des traces qui soit compatible avec l'économie du travail avec la machine, et la facilité avec laquelle ces séances deviennent pour les élèves des moments à part qui n'entrent pas réellement dans la capitalisation des connaissances.

Le second concerne la distance qui sépare l'instrumentation et l'usage didactique de ces ressources par les enseignants de celle des outils technologiques que sont les logiciels de calcul formel ou de géométrie dynamique. Ces ressources en ligne sont en un sens rassurantes pour les enseignants, parce qu'elles proposent en général des tâches assez ordinaires, même si elles en renouvellent profondément les modes de résolution, mais aussi parce qu'elles embarquent un modèle d'interaction didactique lui aussi familier. Le modèle pédagogique est essentiellement de type transmissif et explicatif ; l'ostension (Salin 1999), bien outillée par des visualisations dynamiques, des animations, y joue un rôle très important. Malgré la haute technicité de ces environnements de travail, ils se retrouvent donc en un sens bien plus proches des environnements de travail usuels que ceux associés à l'usage de logiciels mathématiques, ils demandent moins de créativité didactique, ils sont moins déstabilisants. Ceci contribue sans aucun doute à leur rapide pénétration dans le système éducatif mais n'est pas sans soulever en retour de nombreuses questions pour qui cherche à améliorer le fonctionnement de ce système.

IV. Ressources en ligne : conception, usages et formation.

Comme annoncé dans l'introduction, nous allons dans cette partie généraliser notre approche car les ressources en ligne pour l'enseignement des mathématiques ne se limitent pas aux seules bases d'exercices en ligne. Ce qui frappe en effet dans ce domaine, c'est le foisonnement : sites nationaux, institutionnels ou issus de la recherche (Educnet, EducMath de l'INRP, Publirem, CultureMath⁶), sites régionaux comme les sites académiques, sites associatifs, sites personnels, sans même aller chercher au-delà de l'hexagone. Au cours de

⁶ <http://www.educnet.education.fr/>, <http://educmath.inrp.fr/Educmath>, <http://www.univ-irem.fr/index.php?module=Publirem&func=view>, <http://www.dma.ens.fr/culturemath/>

cette université d'été, même les mieux informés d'entre nous en ont peut-être découverts de nouveaux, comme cela a été le cas pour nous avec le site mis en place par l'INRIA pour soutenir la préparation de TPE liés aux sciences informatiques. Comment tirer parti de cette richesse pour l'enseignement des mathématiques ? Comment penser les rapports entre conception, usage et formation de façon productive aujourd'hui ? Ce sont ces questions que nous voudrions aborder maintenant.

IV.1 Développement de ressources en ligne pour l'enseignement, exemples

Pour ce faire, nous allons tout d'abord élargir le champ des ressources que nous considérons. Nous pouvons sortir de notre système français car nous ne sommes pas les seuls à nous poser ces questions et à essayer d'avancer. Tirer parti des avancées technologiques et en particulier des possibilités offertes par Internet est, comme le montre bien l'étude ICMI sur la technologie en cours⁷, un enjeu crucial encore plus pour les pays en voie de développement ou émergents que pour le nôtre. Et ce n'est pas un hasard si on y observe des actions de grande ampleur, portées par les gouvernements dans la durée et avec des budgets importants. Nous pourrions citer divers exemples : le projet *Enciclomedia* au Mexique, les projets *Enlacs* et *Comenius* au Chili (pour rester à notre échelle, nous n'évoquerons ni l'Inde, ni la Chine). Ce dernier projet⁸ piloté scientifiquement par l'Université de Santiago montre bien, nous semble-t-il, comment par l'interaction entre le développement de ressources en ligne pour les enseignants, l'équipement des établissements et l'accompagnement progressif sur le terrain de leur exploitation, l'enrichissement des ressources nourri par cette expérience, l'essaimage patient à partir des noyaux constitués, des avancées substantielles ont pu être réalisées dans un terrain difficile, sur une période de 12 ans grâce à une continuité et une cohérence de la politique. Aujourd'hui, les effets se traduisent au niveau des évaluations nationales, les élèves des établissements impliqués ayant des résultats significativement supérieurs à ceux des autres établissements. Ce qu'il est aussi important de souligner dans les projets que l'on voit se développer, c'est l'existence de meta-structures qui aident les enseignants à faire face à l'explosion de l'information et des ressources, ne laissant pas à leur seule charge la sélection des ressources de qualité, donnant aussi des moyens pour capitaliser les avancées dans tel ou tel domaine et surmonter l'éclatement. C'est par exemple l'ambition du projet européen *Intergeo*⁹ dans le domaine de la géométrie. C'est aussi l'un des objectifs mis en avant dans le rapport de la mission e-Educ (« Pour le développement du numérique à l'école », mai 2008), qui propose en particulier la mise en place d'une plate-forme nationale d'identification et de présentation des ressources et des usages. De telles meta-structures sont certainement nécessaires. Mais la recherche nous montre également qu'il faut aller au-delà, avec un réel changement de perspective sur la conception, et sur l'articulation entre usages et conception.

IV.2 Conception de ressources, un changement de perspective

Il est certainement important que les inspecteurs, les chercheurs, les formateurs conçoivent des ressources comportant des contenus mathématiques dont la qualité a été évaluée. Il faut cependant prendre en compte le fait que, généralement, ces ressources seront modifiées,

⁷ Cette étude, ICMI Study 17 intitulée : « *Digital technologies in mathematics education : rethinking the terrain* », a pour ambition de revisiter, vingt ans après, la première étude sur ce thème menée par la commission en 1985 et rééditée sous les auspices de l'UNESCO en 1992 (Cornu & Ralston, 1992). L'ouvrage qui en est issu paraîtra chez Springer en 2009.

⁸ Voir le site web du projet : www.comenius.usach.cl/enlacsmatematica.

⁹ <http://www.inter2geo.eu>

adaptées par les enseignants qui les mettront en œuvre dans leurs classes. Un mouvement naturel, pour accompagner le développement de mise en œuvre pertinentes, est d'accompagner les contenus disciplinaires de scénarios d'usage dont l'efficacité a été avérée. C'est ainsi que de plus en plus de ressources intègrent des conseils de mise en œuvre, voire des scénarios détaillés. Cette tendance a été observée par des chercheurs aux Etats-Unis (Remillard 2005), spécialistes du curriculum material (ressources pédagogiques), qui notent un passage de « material speaking through the teacher » (c'est à dire s'adressant aux élèves à travers le professeur) à du « material speaking to the teacher » (s'adressant au professeur) Mais un scénario d'usage mis en ligne devient lui aussi une ressource, qui va donner lieu à des adaptations. L'un des intérêts majeurs des ressources en ligne est en effet leur souplesse d'évolution, les possibilités offertes par le réseau de réelle participation des professeurs aux processus de conception. Cette participation peut prendre diverses formes.

Les ressources conçues aux sein des associations d'enseignants rencontrent aujourd'hui un réel succès : c'est le cas en mathématiques avec l'association Sésamath, dont le site enregistre en 2008 un million de visiteurs par mois ; mais également dans d'autres disciplines, par exemple en français (Weblettrés, 250 000 visiteurs par mois), ou en histoire-géographie (les Clionautes, 110 000 visiteurs par mois). L'existence même de ces associations témoigne bien des nouvelles possibilités de mutualisation, de collaboration, qu'offre l'Internet aux professeurs. Mais ce que nous retenons surtout ici, c'est que les ressources qu'elles offrent sont en constante évolution : enrichies de nouvelles propositions, mais surtout des apports des utilisateurs.

Les ressources en ligne induisent, nous semble-t-il ainsi, un nécessaire changement de perspective sur les rapports entre conception et usage. Une ressource en ligne doit pouvoir évoluer, pour intégrer les apports des utilisateurs et, en un sens, tout utilisateur doit également être considéré comme un concepteur potentiel. On passe ainsi d'une tradition de ressources conçues *pour* les enseignants à des ressources conçues *avec* ceux-ci.

Adopter cette perspective signifie en particulier développer des formations qui visent à soutenir la conception de ressources par les enseignants eux-mêmes. De telles formations ont été mises en œuvre pour des professeurs de mathématiques en particulier dans le cadre des projets SFoDEM (Guin et al. 2008) et plus récemment Pairform@nce¹⁰ (Gueudet et Trouche, atelier UE 2008). Dans les deux cas, il s'agit de projets de formation continue, visant l'intégration d'outils TICE, et basés sur un principe de conception collaborative de séquences de classes par des équipes d'enseignants. Ces équipes sont accompagnées par un ou des formateurs, avec certains temps de formation en présence, complétés par des échanges et la mise à disposition d'informations et outils à distance via une plate-forme. Pairform@nce a de plus la spécificité de proposer des parcours de formation : structures présentées sur une plate-forme nationale, qui pourront donner lieu à des formations dans les académies, par des formateurs qui ne sont pas les concepteurs du parcours. Le travail pionnier au sein de SFoDEM a montré la richesse potentielle du principe de conception collaborative de séquences ; il a également identifié la nécessité de fournir aux enseignants stagiaires une *assistance méthodologique* (Guin et Trouche 2008) pour soutenir les processus de conception, et la collaboration. Il nous semble qu'une telle approche de la formation, en cohérence avec les spécificités des ressources en ligne, doit être développée.

V. Conclusion

Dans cet exposé consacré aux ressources en ligne et s'adressant à des formateurs, nous nous sommes d'abord intéressées à un type particulier de ressources : ce que nous avons nommé les

¹⁰ <http://www.pairformance.education.fr/>

BEL. En nous appuyant sur des expériences et recherches auxquelles nous avons participé dans ce domaine, nous avons essayé de montrer certaines caractéristiques de ces ressources et les effets qui en résultent sur le fonctionnement cognitif des élèves, et de décrire les usages didactiques que nous en avons observé dans les classes. Ils ont fourni des moyens méthodologiques pour analyser les ressources, s'interroger sur leur utilité, utilisabilité et acceptabilité, ils nous permettent de mieux comprendre les raisons d'être des usages constatés, leurs potentialités et leurs limites. Ces travaux sont cependant encore limités quantitativement et qualitativement. Ils sont aussi datés par rapport à des objets qui, comme nous l'avons souligné, sont en rapide évolution. Ce qu'ils ont aussi mis clairement en évidence, c'est un changement dans la philosophie même sous-tendant l'idée de ressource et dans les rapports entre concepteurs et utilisateurs. Une ressource y semble systématiquement conçue comme un objet destiné à évoluer, dans une dynamique qui va faire interagir concepteurs et usagers. Il s'agit donc moins de proposer d'emblée l'objet le plus abouti possible que de proposer un objet qui soit à la fois suffisamment abouti, et susceptible de permettre l'échange fructueux, d'amorcer la dynamique évolutive. Il s'agit de profiter de la multiplicité des retours d'usage qu'autorise la technologie en un temps court et de la facilité qu'il y a à implémenter certaines au moins des modifications suggérées. Il s'agit aussi de construire les partenariats qui vont pouvoir donner lieu à des évolutions productives.

Ce changement de perspective, qui concerne les ressources en ligne de façon générale et non seulement les BEL, nous semble essentiel, pour prendre en compte les mutations induites par le numérique. Pour une ressource en ligne, la conception doit être pensée comme un processus continu, pouvant intégrer l'expérience des utilisateurs. Ce changement de point de vue demande une réflexion spécifique qui engage largement les acteurs de plusieurs champs de recherche (Baron et al. 2007) et de l'éducation. Mais la conception de ressources par les professeurs, conception collaborative en particulier, doit être accompagnée par une assistance méthodologique appropriée.

Au cours de cette conférence comme dans nos travaux de recherche, nous avons ainsi élargi notre regard, initialement porté sur des bases d'exercices en ligne, pour considérer plus généralement l'ensemble des ressources en ligne disponibles pour un professeur de mathématiques. La frontière entre numérique et non numérique n'est pas clairement tracée ; la plupart des ressources papier utilisées dans l'enseignement ont été conçues sous forme de fichiers, qui peuvent donner lieu à une mise en ligne. Ce simple constat conduit à prendre en compte, encore plus largement, toutes les ressources disponibles pour les professeurs de mathématiques. Un professeur a recours à un ensemble de ressources variées : sites web, logiciels, mais aussi manuel papier, sans oublier les copies d'élèves... Il cherche des ressources, les sélectionne, les associe, les met en œuvre en classe, les révisé pour une mise en œuvre ultérieure etc. Cette activité, qui se déroule hors classe comme en classe, est centrale pour les enseignants ; nous la nommons *travail documentaire* (Gueudet et Trouche, à paraître). Les phénomènes spécifiques induits par les ressources en ligne sont mieux compris si on regarde comment ces ressources s'articulent avec d'autres au sein de ce travail documentaire. Ainsi un enseignant qui dispose d'un tableau blanc interactif développera-t-il probablement des usages spécifiques de ressources en ligne, avec éventuellement même le recours à un manuel numérique, associé ou non à un manuel papier. Dans les établissements qui bénéficient déjà d'Environnements Numériques de Travail, les professeurs peuvent collecter et corriger des fichiers produits par des élèves, par exemple sur un tableau.

Nous n'avons évoqué ici que quelques travaux, achevés ou en cours, à propos de ressources en ligne. Ceux-ci doivent être poursuivis et développés, pour prendre en compte les nouveaux modes d'interaction entre enseignants et ressources, et permettre en particulier la proposition de formations adaptées.

Références

- Abboud-Blanchard, M., Cazes, C ; Vandebrouck, F. (2008). Une base d'exercices en ligne dans la classe : l'analyse de l'activité des enseignants. In F. Vandebrouck, (Dir.) *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp.319-344). Toulouse : Octarès éditions.
- Artigue M. (2006). L'utilisation de ressources en ligne pour l'enseignement des mathématiques au lycée : du suivi d'une expérimentation régionale à un objet de recherche. In N. Bednarz & al. (Eds.), *Actes du Colloque EMF 2006*, Université de Sherbrooke (à paraître).
- Baron, M., Guin, D., Trouche, L. (dir.) (2007). Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage : conception et usages, regards croisés. Paris : Hermès.
- Bastien C., Scapin D. (1996). Critères ergonomiques pour l'évaluation des interfaces homme-machine. Rapport de recherche. INRIA.
- Boisnard D., Houdebine J., Julo J., Kerboeuf M.-P., Merri M. (1995). La proportionnalité et ses problèmes, Hachette éducation, Paris.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Groupe TICE IREM Paris 7 (2005). Suivi d'une expérimentation de ressources en ligne : le projet Ile de France. Communication au Colloque *Espaces Numériques de Travail et Enseignement des Mathématiques*. Cergy, mai 2005.
- Gueudet, G. (2007). Emploi de Mathenpoche et apprentissage, Repères IREM 66, 5-25.
- Gueudet, G., Trouche, L. (2008). Des parcours de formation continue pour soutenir l'intégration des TICE : le projet Pairform@nce, Université d'été de mathématiques, Saint-Flour.
- Gueudet G., Trouche L. (à paraître). Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Education et didactique*.
- Guin D., Joab M., Trouche L. (Dir.) (2008). Conception collaborative de ressources pour l'enseignement des mathématiques, l'expérience du SFoDEM, INRP et IREM (Université Montpellier 2).
- Guin, D., Trouche, L. (2008). Un assistant méthodologique pour étayer le travail documentaire des professeurs : le cédérom SFoDEM 2007. Co-édition Repères IREM 72 et Educmath, dossier mutualisation
http://educmath.inrp.fr/Educmath/lectures/dossier_mutualisation/.
- Hu O., Trigano P., Crozat S. (2001). Une aide à l'évaluation de logiciels multimédias de formation. In, E. Delozanne, P. Jacoboni (Dirs), *Interaction Homme Machine pour la Formation et l'Apprentissage Humain. Sciences et Techniques Educatives*. Vol. 8 (n°3-4).
- Mission e-Éduc (2008). *Pour le développement du numérique à l'école, rapport de la mission e-Éduc*, ministère de l'éducation nationale,
http://media.education.gouv.fr/file/2008/24/5/Pour_le_developpement_du_numerique_a_l_ecole_27245.pdf
- Remillard, J.T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75(2), 211-246.

Roditi E. (2008). Des pratiques enseignantes à la fois contraintes et personnelles, et pourtant cohérentes. In F. Vandebrouck, (Dir.) *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 73-93). Toulouse : Octarès éditions.

Ruthven K. (2007). Teachers, Technologies and the Structure of Schooling. In, D. Pitta-Oantazi & G. Philippou (Eds), *Proceedings of CERME 5*, pp. 52-67. Cyprus University Editions.

Salin, M.-H. (1999). Pratiques ostensives des enseignants, in G. Lemoyne et F. Conne (Dir.) *Le cognitif en didactique des mathématiques* (pp.327-352). Les presses de l'Université de Montréal.

Sésamath (2008). Questions de Sésamath pour un dialogue avec les chercheurs en didactique, *Communication pour le colloque DIDIREM*, Paris, <http://www.didirem.math.jussieu.fr/colloque2008/groupe1-3.htm>

Tricot A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amile, A., Lutz, G. Morcillo, A. (2003). Utilité, Utilisabilité, Acceptabilité. *Communication au Colloque EIAH*. Strasbourg.

Vandebrouck F. (Dir.) (2008). *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse : Octarès éditions.

Vergnaud G. (Dir.) (1997). *Le Moniteur de Mathématiques : résolution de problèmes Niveau 2-3 (CM1 - CM2) Cycle 3*, Nathan, Paris.