
TRAVAILLER AVEC MATHENPOCHE AUTREMENT ?

Groupe HYPERPRO
INRP-IUFM de Bretagne,
Irem de Rennes

Ce texte présente certains aspects du travail du groupe de recherche INRP-IUFM de Bretagne : « Hypermédia et proportionnalité », qui a fonctionné de Septembre 2003 à Juin 2005. Ce groupe était constitué de formateurs et maîtres-formateurs de l'IUFM, ainsi que d'enseignantes de collège. Son thème d'étude était les conséquences pour l'apprentissage de la proportionnalité de l'emploi d'une base d'exercices en ligne, aux niveaux CM2 et 6ème ; les enseignants du groupe ont retenu Mathenpoche (nous utiliserons désormais l'abréviation MEP).

Certains aspects du travail du groupe, relatifs aux apprentissages réalisés par les élèves, ont déjà été présentés dans (Gueudet, 2007). Nous revenons ici sur d'autres éléments, à un moment où l'évolution des exercices MEP et le développement de contenus pour le premier

degré sont particulièrement d'actualité, avec le large appel à contributions lancé sur le site Sésaprof¹. MEP a été choisie parmi d'autres bases d'exercices en ligne ; nous explicitons les critères de ce choix en partie 1. Notre objectif de travail en CM2 nous a conduits à élaborer une série d'exercices spécialement conçue pour cette classe, en association avec l'équipe des développeurs de MEP. Nous présentons en partie 2 les particularités de cette série. Enfin les expérimentations ont été réalisées avec un scénario qui diffère assez largement de ce qui est le plus souvent pratiqué en classe, mais que les enseignants du groupe ont trouvé intéressant. Les principaux aspects de ce scénario sont présentés et analysés en partie 3.

1 <http://sesaprof.sesamath.net/section-accueil/index.php>

I. Mathenpoche et les autres bases d'exercices

La première tâche de notre groupe était d'effectuer le choix réfléchi d'un hypermédia comportant une base d'exercices adaptée à l'apprentissage de la proportionnalité, au niveau CM2-6ème (pour des précisions sur la notion de base d'exercices, voir par exemple Cazes *et al.* 2006). Dans cette partie, nous présentons nos critères de choix.

Une première phase exploratoire nous a conduits à retenir les produits du tableau ci-dessous parmi ceux qui existaient à l'époque.

Parmi les produits cités dans ce tableau, certains ont été écartés d'emblée parce qu'ils ne convenaient pas au niveau auquel nous nous intéressons (WIMS, produits de l'IREM de Rennes) ; d'autres parce qu'ils semblaient peu adaptés à un usage en classe (ASP MAIF). Nous allons présenter maintenant les critères d'analyse qui nous ont permis de comparer les logiciels restants (en gras dans le tableau 1) et nous ont finalement conduits à retenir MEP.

Les grilles pour l'analyse des EIAH (Environnements Informatisés d'Apprentissage Humain) sont à la fois trop générales et trop sophistiquées pour les besoins que nous avons dans cette recherche (De Vries, 2001, Hu,

Trigano & Crozat, 2002). Une grille poursuivant un objectif semblable d'évaluation de bases d'exercices en ligne en mathématique a été développée depuis par l'Irem de Paris 7 (Artigue *et al.* 2006) ; elle n'existait encore au moment de notre choix en 2003.

Nous avons donc élaboré notre propre grille pour décrire les caractéristiques des ressources qui nous intéressent. Classiquement, cette grille distingue la *structure* de la ressource de son *contenu* :

- au niveau de la structure, nous avons choisi de séparer les critères qui concernent les choix didactiques (la *structure didactique* de la ressource) de ceux qui concernent les choix faits au niveau du logiciel lui-même (la *structure du logiciel* et ses *fonctionnalités*) ;
- au niveau du contenu, nous distinguons deux classes de critères : ceux qui concernent le *contenu de connaissance* (seul le contenu proportionnalité est pris en compte ici) et ceux qui décrivent les tâches proposées aux élèves (les *tâches et leur environnement*).

Pour chacune de ces quatre grandes rubriques, nous présentons les principaux critères qui nous ont servi à comparer les ressources et donnons des exemples de constats issus de la mise en œuvre de ces critères.

Tableau 1. Hypermédia pour la proportionnalité

En ligne accès libre	CD-Rom / licences facturés	En ligne accès restreint
Lilimath (collège) Lilimini (école) Mathenpoche 6ème	Chrysis SMAO (CM2 et 6ème) Génération 5 Les maths c'est facile CM2	MAIF rue des écoles ASP CM2 et 6ème
WIMS (collège)	CNED-IREM 4ème/adultes	CAM-IREM 5ème/adulte

LA STRUCTURE DIDACTIQUE

Cette première rubrique s'intéresse à la conception des processus d'enseignement et d'apprentissage qui est à l'origine des différents choix qui caractérisent le logiciel.

La nature des choix

- Les choix ont-ils un caractère explicite (ils se réfèrent explicitement à un modèle des processus d'enseignement et d'apprentissage) ou restent-ils implicites ?
- Les choix sont-ils spécifiques du contenu de connaissance ou non (choix généraux) ?

L'examen des documents d'accompagnement dont nous avons pu disposer montre, pour tous les produits pris en compte, que les choix restent implicites et non spécifiques :

- SMAO CM2, par exemple, n'évoque que des notions pédagogiques générales (« aide individualisée », « pédagogie différenciée »,...);
- LILIMATH affiche l'objectif « introduire progressivement les concepts mathématiques ardues » sans expliciter le modèle d'apprentissage qui justifie ce choix ;
- MEP met surtout en avant les fonctionnalités du logiciel et le caractère collaboratif de la démarche, sans justifier les choix concernant les types d'exercices et d'aides, l'organisation des progressions...

Le scénario d'apprentissage

- Quelle est la « logique » sous-jacente à l'organisation de l'apprentissage dans le logiciel (que cette logique corresponde à des choix explicites ou implicites) ? Quelle est, en particulier, la place des problèmes dans cette logique ?

- Quel est le degré d'autonomie dans le parcours d'apprentissage permis par le scénario ?
- Le logiciel prévoit-il qu'un même exercice sera effectué plusieurs fois, c'est-à-dire, a-t-il une fonction d'exerciceur ?

Ces critères sont importants du point de vue du thème choisi et de l'objectif de la recherche.

— Le scénario le plus typé est celui de SMAO (CM2 et 6ème) calqué sur ce qui est supposé être le déroulement standard d'une séquence d'apprentissage avec quatre étapes proposées systématiquement : *la découverte, la leçon, les exercices, le jeu* ; ces étapes sont cependant proposées sous forme de menu sans ordre imposé.

— Dans MEP les élèves sont incités à refaire les exercices si leur score est insuffisant. Chaque exercice est doté de plusieurs jeux de valeurs, qui sont attribués aléatoirement. Ainsi l'élève peut recommencer de nombreuses fois sans rencontrer les mêmes valeurs numériques.

— Tous les logiciels examinés mettent en avant la « souplesse » du scénario d'apprentissage retenu et sa possible adaptation à des scénarios d'utilisation variés.

Le mode d'évaluation

- Comment sont validées les réponses ? Quelle est la précision du contenu du feedback ?
- La performance est-elle « mesurée » ? Si oui quels critères sont pris en compte ?

Il existe très peu de différences entre les logiciels du point de vue de ce critère.

— Les réponses aux exercices ou problèmes

 TRAVAILLER AVEC
 MATHENPOCHE AUTREMENT ?

sont toujours validées en terme de réussite/échec et cette validation fait l'objet d'un message plus ou moins neutre (avec jugement et/ou renforcement dans certains cas).

— Dans quelques rares cas, les messages d'échec évoquent la nature de l'erreur commise.

— Dans tous les logiciels, la mesure de la performance occupe une place centrale : score pour la série en cours affiché en permanence, bilans sous forme de notes, de pourcentages de réussite, de graphiques de progression,...

LA STRUCTURE DU LOGICIEL ET SES FONCTIONNALITES

La structure de la base d'exercices ou de problèmes

- La base est-elle structurée ? Quels sont les critères de classification utilisés ?
- Comment les élèves accèdent-ils aux exercices ou aux problèmes ?

L'examen des logiciels pour le thème qui nous intéresse (la proportionnalité) montre une différence très nette entre MEP et les autres.

— C'est le seul qui contienne une véritable structuration de l'ensemble des tâches proposées : pour le niveau 6ème par exemple, à l'intérieur du thème proportionnalité, sont proposées 3 séries qui elles-mêmes proposent plusieurs exercices (un exercice contenant un ensemble ordonné de questions ou de problèmes).

— Les critères retenus pour la structuration de la base d'exercices, dans MEP, sont explicites mais non argumentés ; le caractère implicite des choix didactiques, souligné précédemment, est ici très net. Aucune référence aux classes de problèmes identifiées comme pertinentes par les recherches en didactique

n'est faite ; la classification retenue semble correspondre à un ensemble de savoir-faire dont la pertinence du point de vue de l'apprentissage n'est pas défendue.

Pour ce qui est de l'accès aux exercices, celui-ci se fait dans MEP comme dans un manuel papier. Bien que certains titres indiquent une progression de la difficulté : « Prendre un bon départ », « Pour aller plus loin », on peut penser que les possibilités offertes par un hypermédia pourraient être plus souples.

Le mode de gestion et de suivi des parcours

- Quelle possibilité a l'élève de gérer son parcours dans la base d'exercices ou de problèmes ?
- Quelle possibilité a l'enseignant de gérer et de suivre le parcours de l'élève ?

L'intégration de fonctionnalités permettant à l'élève de gérer son parcours (choisir de faire ou refaire tel exercice, choisir un niveau de difficulté, visualiser ce qu'il a déjà fait,..) ne semble une préoccupation pour aucun des logiciels examinés ; l'accent est plutôt mis, ainsi que cela a déjà été souligné, sur les scores et les bilans de performance.

En ce qui concerne l'enseignant, en revanche, tous les logiciels contiennent des fonctionnalités de gestion et de suivi de parcours mais celles-ci varient beaucoup au niveau de leur efficacité.

— Les fonctionnalités les plus sophistiquées se trouvent sans conteste dans MEP : à la fois la définition des séquences et le suivi de l'avancement du travail par élève sont très performants.

— LILIMATH et GENERATION 5 permettent à l'enseignant d'intégrer ses propres

exercices mais les procédures semblent relativement lourdes.

Le niveau d'interactivité

- Existe-t-il des formes d'interactivité cognitive et didactique ?
- Quel est le niveau de l'interactivité ergonomique ?

Ce qui a été dit précédemment à propos du contenu des messages faisant suite à une erreur montre que l'interactivité la plus intéressante, celle qui conduirait le logiciel à prendre en compte le fonctionnement cognitif de l'élève, n'est pas présente dans les logiciels examinés. Quant à l'interactivité ergonomique, celle qui caractérise le fonctionnement de l'interface, la comparaison des logiciels fait apparaître, ici encore, une nette différence entre MEP et les autres, en particulier en termes de sobriété de l'interface.

LE CONTENU DE CONNAISSANCE

Une analyse systématique du contenu de connaissance devrait prendre en compte au moins les trois critères suivants :

- Quels savoirs sont mis en jeu dans le logiciel ? (Concepts, propriétés, méthodes.? Avec quelle organisation ?)
- A quel niveau de formalisation sont introduits ces savoirs ? (Registres, langages, formulations,?)
- Quelles compétences sont visées ? (Classes de problèmes, procédures privilégiées ?)

Par rapport aux objectifs de notre recherche, seuls des critères spécifiques de la proportionnalité ont été retenus. Ils sont au nombre de quatre.

Les grandeurs dans les exercices et les problèmes

Contrairement aux autres logiciels, SMAO propose de nombreuses tâches purement numériques : tableaux de nombres ou graphiques sans référence à une « situation de proportionnalité » et donc sans grandeurs ; ce choix est en contradiction avec les données théoriques actuelles concernant la compréhension de la notion à ce niveau (CM2/6ème), et avec les programmes.

La diversité et la nature des procédures évoquées

— Le rôle privilégié accordé au produit en croix dans LILIMATH (2 séries complètes dédiées à cette procédure avec entraînement systématique à « bien placer » les nombres) est un choix très discutable.

— La procédure consistant à passer par le coefficient de proportionnalité a tendance à être valorisée dans MEP (un ensemble d'exercices s'intitule « trouver le coefficient » et même un autre « tableaux sans coefficient » !) mais les procédures basées sur les propriétés de linéarité sont présentes et explicites comme telles.

La diversité et la nature des registres évoqués

La représentation graphique fait l'objet de plusieurs exercices dans SMAO et MEP (avec des tâches parfois discutables) mais n'est pas présente dans LILIMATH et GENERATION 5.

Les classes de problèmes et la nature des compétences visées

Nous avons déjà souligné le fait que seul MEP propose une base d'exercices vraiment

structurée mais, même dans le cas de ce logiciel, les compétences correspondantes soit ne sont pas très bien définies soit sont des savoir-faire dont la pertinence est discutable (par exemple pour l'exercice « trouver le coefficient »).

Une analyse des contenus liés à la proportionnalité dans MEP est présentée dans la brochure réalisée par un groupe de l'IREM de Rennes sur ce thème (Dubois *et al.* 2006).

LES TACHES ET LEUR ENVIRONNEMENT

La nature des tâches

- Quels sont les différents types de tâches qui figurent dans le logiciel ?
- Quelle est la place des problèmes dans l'ensemble des tâches proposées ?

— La première remarque que l'on peut faire concerne l'utilisation d'un large éventail de termes pour désigner les tâches figurant dans les logiciels examinés : *exercices* (le plus fréquent), *questions*, *problèmes*, *situations-problèmes*, *activités*, *jeux*. Il n'est pas certain que pour un même logiciel le sens attribué à ces différents termes soit compréhensible par les élèves (par exemple dans MEP un élève peut se demander pourquoi un *exercice* peut être soit un ensemble de *problèmes* soit un ensemble de *questions* - et inversement dans SMAO CM2 un élève peut se demander pourquoi dans *la rue des problèmes* il lui est proposé des *exercices*.).

— La question de la modélisation qui est au cœur de la compréhension de la proportionnalité est globalement peu prise en compte dans l'ensemble des tâches proposées (MEP au niveau 6ème allait très loin dans l'épuration

du contexte sémantique ; ce point semble avoir été revu dans les niveaux suivants).

L'articulation entre les tâches et la progression

- Comment est définie la difficulté des tâches ?
- Comment est définie la progression dans une séquence donnée ?

Dans tous les logiciels, la difficulté des tâches est d'abord définie par le choix des valeurs numériques et donc une mise en œuvre moins immédiate de la procédure attendue.

— MEP a systématisé ce critère pour la définition de la progression à l'intérieur des ensembles de tâches appelés « exercices » (avec souvent une introduction de décimaux en milieu de séquences).

— Les autres logiciels proposent quelques situations plus complexes du point de vue de la modélisation (sous des appellations comme *activités*, *problèmes pratiques* ou *jeux* par exemple) mais sans que les objectifs de celles-ci soient clairement identifiés.

L'environnement des tâches

- Cet environnement comporte-t-il des éléments d'aide ? De quelle nature ?
- Cet environnement comporte-t-il des éléments de savoir ? Si oui, quel est leur statut ?

MEP et GENERATION 5 proposent systématiquement une aide. Outre des modalités d'accès différentes (seulement après une réponse erronée pour MEP), les deux logiciels diffèrent par la nature de l'aide proposée :

— Il s'agit du classique « coup de pouce » à la résolution pour GENERATION 5 mais qui a l'avantage d'être spécifique de l'exercice en cours.

— L'approche est plus originale dans MEP : une aide est proposée par *exercice* (ensemble de plusieurs tâches formant une séquence) ; elle consiste généralement en une tâche analogue à celles de la séquence et dont la résolution est déroulée progressivement (éventuellement avec plusieurs procédures).

Seul SMAO (dans la rubrique « leçon ») propose des éléments de savoir sous la forme de connaissances déclaratives (GENERATION 5 comporte aussi des rappels de cours mais il n'en n'existe pas pour la proportionnalité).

Cette analyse préalable nous a conduits sans trop d'hésitation à retenir MEP pour nos expérimentations. C'est clairement la base d'exercices de proportionnalité la plus aboutie pour le niveau 6ème ; cette base est organisée suivant des critères précis et explicites ; les tâches et les aides sont cohérentes ; les fonctionnalités sont pertinentes et l'ergonomie de l'interface est très bonne. Les choix didactiques sont peu argumentés et peu compatibles, pour certains, avec les données théoriques concernant l'apprentissage de la proportionnalité mais les autres logiciels ne sont pas plus pertinents de ce point de vue (avec même des choix très contestables pour certains).

La suite de notre collaboration avec l'équipe de MEP n'a fait que renforcer notre opinion sur la souplesse de ce produit et sa capacité d'évolution en temps réel. Celle-ci nous a permis d'élaborer la série dans laquelle nous avons tenté d'apporter des améliorations aux choix généralement faits, série que nous allons présenter maintenant.

II. Une série particulière : *Proportionnalité, liaison CM2-6ème*

Cette série d'exercices est initialement destinée aux élèves de CM2 ; c'est sa première spécificité. Elle est cependant accessible par le niveau 6ème, sous le titre « Liaison CM2-6ème », dans le chapitre « Proportionnalité ». Certains des choix que nous avons faits sont directement guidés par notre souhait de viser ce public *a priori*. Tout d'abord, le fait de limiter chaque « exercice » (ici nous utilisons la terminologie de MEP, nous avons souhaité introduire le terme de « fiche », mais celui-ci n'a semble-t-il pas réussi à s'imposer) à 5 problèmes. Pour les CM2, ceci nous semblait indispensable, sachant que dans le domaine de la proportionnalité, il s'agit de véritables « problèmes », et non de simples questions techniques. D'ailleurs même au niveau de 6ème, notre expérience avec certains exercices de 10 problèmes a montré une nette lassitude des élèves parvenus au problème 6 ou 7, d'autant que c'est en général à ce rang qu'apparaissent les nombres décimaux. Dans nos exercices, toujours en raison du public de CM2, il y a peu de nombres décimaux et ceux-ci restent extrêmement simples. De plus nous avons souhaité laisser la calculatrice toujours accessible, pour que les élèves ne soient pas arrêtés par des difficultés de calcul.

Naturellement, certains de nos choix spécifiques ne sont pas simplement dus à la différence de public visé. Nous allons les expliciter maintenant. Des détails sur cette série peuvent être trouvés sur les pages du groupe de l'IREM de Rennes dans le site de la commission Inter-IREM « ressources en ligne » (<http://cii.sesamath.net/rennes/index.php>). Ces pages comportent également des textes plus généraux sur les notions de classes de problèmes et de procédures pour les problèmes

de proportionnalité, destinés à accompagner les contenus MEP par des apports didactiques pour les professeurs.

Une organisation par classes de problèmes

En ce qui concerne la structure de la base de problèmes (ici : de la série concernée), nous avons choisi comme premier critère d'organisation les classes de problèmes de proportionnalité. Chaque exercice correspond à une catégorie, selon la classification de Vergnaud (1997), ou celle de l'IREM de Rennes (Boisnard *et al.* 1995). Voici la liste des exercices de la série, avec les catégories de problèmes retenues :

–Combien ?

Ces exercices portent sur le calcul d'une 4ème proportionnelle. Il y a toujours en jeu deux grandeurs, de natures différentes.

–Recettes

Ces exercices portent sur des recettes de cuisine. On demande de calculer les quantités nécessaires de un ou plusieurs ingrédients, en donnant soit la quantité d'un des ingrédients soit un nombre de personnes. Il s'agit bien pour nous d'une catégorie de problèmes spécifique. En effet, il y a souvent dans ces problèmes plus de deux grandeurs en jeu ; de plus certaines de ces grandeurs sont continues, et d'autres discrètes, et la grandeur « nombre de personnes » joue un rôle particulier.

–Comparaison

La tâche dans ces exercices est d'effectuer une comparaison, portant sur la rapidité. Les grandeurs en jeu sont donc des distances, et des durées.

–Augmentation, réduction

Ce sont des exercices de calcul d'une quatrième proportionnelle, avec deux grandeurs de même nature.

–A chacun son problème

Exercices de proportionnalité simple composée (c'est-à-dire dans lesquels il y a trois grandeurs, et deux relations de proportionnalité simple « enchaînées »).

–Par heure, par jour, par semaine

Exercices de proportionnalité double (c'est-à-dire dans lesquels il y a trois grandeurs, l'une étant le produit des deux autres). Il font tous appel à des durées mesurées en heures ou en jours ou en semaines.

Cette structuration pour un ensemble de problèmes proposés par une base d'exercices nous semble fondamentale. C'est elle qui doit permettre au logiciel de dépasser la simple fonction d'exerciceur. En effet, il ne s'agit plus de construire une compétence technique par un travail répété sur le même exercice, où seules les valeurs numériques changent.

Il ne s'agit pas d'affirmer que ce travail peut conduire un élève, sans intervention de l'enseignant, à identifier explicitement les classes de problèmes. Cependant l'élève qui travaille régulièrement sur plusieurs problèmes appartenant à la même classe constitue des références de situations auxquelles il peut se reporter lorsqu'il est confronté à un nouveau problème de la même classe. Il nous semble que c'est là que peut se situer réellement l'apport d'un logiciel de type base d'exercices.

Un problème intrus par exercice

Dans la plupart de nos exercices figure un problème « intrus », c'est-à-dire un problème qui n'est pas un problème de proportionnalité. Nous avons fait ce choix, inspiré du « Moniteur de mathématiques », plutôt que de proposer un problème de type « proportionnalité ou pas ». Ainsi par exemple, dans

l'exercice *Combien ?*, on trouve le problème suivant :

Combien ? (6N5S0ex1²), problème 4
2 ouvriers ont mis 10 h à monter une cuisine. Combien de temps auraient mis 4 ouvriers qui travaillent à la même vitesse pour monter la même cuisine ?

Ici il s'agit d'un problème de proportionnalité inverse, que les élèves réussissent tout de même correctement dans l'ensemble. Les quelques-uns qui se font « piéger » au premier essai rectifient le tir la deuxième fois. En revanche le problème intrus de l'exercice *Recettes* constitue un réel obstacle pour beaucoup d'élèves :

Recettes (6N5S0ex3), problème 3
Typhaine a mangé du cake fait par Emilie avec sa recette :
Des raisins secs, 600g de farine, 300g de sucre, 12 œufs.
Elle l'a trouvé beaucoup trop sucré.
Quelles quantités de farine et de sucre pourrait mettre Typhaine pour que le cake soit à son goût ?

Cet exercice est clairement « hors contrat ». Non seulement ce n'est pas un exercice de proportionnalité, mais surtout plusieurs réponses sont possibles. Ceci engendre chez les élèves des commentaires du type « Ben on peut répondre n'importe quoi alors ! ». Il est alors intéressant d'engager une discussion, pour se rendre compte que ce n'est pas tout à fait n'importe quoi...

Proposer plusieurs solutions

Ici selon nos critères d'analyse (partie 1), nous nous situons au niveau du contenu de connaissance, et plus précisément dans

les catégories « diversité des procédures », mais aussi « compétences visées ». En effet l'une des compétences que nous visons est la capacité de mettre en œuvre plusieurs types de procédures, de manière à pouvoir choisir la plus adaptée à un problème donné. Ainsi nous avons choisi de proposer autant que possible plusieurs solutions pour un même problème. En voici un exemple.

Combien (6N5S0ex1), problème 2
Aurélié achète a cm de ruban et paie b centimes d'euros.
Son amie Christine a besoin de c cm du même ruban. Combien va-t-elle payer ?

Le jeu de valeurs choisi pour cet exercice a été fixé de la manière suivante :

$$a = 3r \text{ avec } r = 5, 10 \text{ ou } 20$$

$$b = 2r$$

$$c = 3a$$

Et les solutions proposées sont :

Solution 1 : Pour un ruban 3 fois plus long Christine paiera 3 fois plus cher.
On remarque que $c \text{ cm} = 3 \times a \text{ cm}$, donc Christine paiera $3 \times b \text{ centimes} = p \text{ centimes d'euros}$.

Solution 2 : $a \text{ cm}$ de ruban coûtent $b \text{ centimes d'euros}$. Donc $a+a \text{ cm}$ coûtent $b+b \text{ centimes}$, et $a+a+a \text{ cm} = c \text{ cm}$ coûtent $b+b+b \text{ centimes} = p \text{ centimes d'euros}$.

Dans cet exemple les deux solutions font appel aux propriétés de linéarité : linéarité multiplicative dans la solution 1, et additive dans

2 Dans MEP le code attribué à un exercice comporte : le niveau de classe, le domaine (Numérique ou Géométrie), le numéro du chapitre, le numéro de la série d'exercices, le numéro de l'exercice dans la série.

solution 2. Naturellement, les autres types de procédures apparaissent dans les exercices de la série : valeur unitaire, coefficient de proportionnalité (rapport fonctionnel).

Des aides basées sur le premier problème de l'exercice

MEP propose la même aide pour tous les problèmes d'un exercice donné. Cette aide consiste le plus souvent en un problème de même type dont la résolution est exposée graduellement et en détail. Nous avons pu observer que les élèves rechignent à utiliser les aides. Ils semblent en particulier avoir du mal à se pencher sur un nouveau problème alors qu'ils sont en pleine résolution. Nous avons choisi de conserver ce principe de la même aide pour tous les problèmes d'un exercice, mais de baser cette aide sur le premier problème de l'exercice. Ainsi les élèves n'avaient pas à se pencher sur un nouveau problème ; ils pouvaient observer la résolution détaillée d'un problème qu'ils avaient déjà rencontré (ceci nous a amenés à fixer les valeurs numériques du premier problème de chaque exercice).

Les observations réalisées dans les classes montrent que ce choix est plutôt décevant. Les élèves sont ravis lorsqu'ils consultent l'aide pour le premier problème. Ensuite, à partir du deuxième problème, ils pensent qu'il y a une erreur. « Je ne comprends pas, j'ai fait l'aide, et c'est celle du premier problème ! ». Il nous semble à terme souhaitable de se diriger vers une aide à deux niveaux : des exposés généraux de méthodes, valables pour tout l'exercice d'une part ; et des conseils contextualisés au problème traité d'autre part. On pourrait aussi penser à mettre à la disposition des élèves dans le domaine de la proportionnalité des outils : graphiques ou tableaux

en particulier, leur permettant de représenter la situation.

Signalons par ailleurs que nous avons choisi d'avoir l'aide toujours accessible : en effet, comme nous l'avons dit les élèves n'ont pas une tendance excessive à consulter l'aide, c'est plutôt le contraire qui se produit. Donc son accessibilité permanente ne pose pas problème. En revanche, nous avons vu dans certains cas des élèves se tromper volontairement pour pouvoir consulter l'aide, et nous voulions éviter cette situation.

III. La séquence expérimentée

Nous avons expérimenté un enseignement de la proportionnalité utilisant MEP, et en particulier la série présentée en partie 2, dans quatre classes : deux classes de sixième, une classe de CM2, et une classe de CM1/CM2. Le scénario d'expérimentation, que l'on peut également considérer comme un scénario d'usage de MEP comporte neuf séances d'une heure (une séance par semaine) dont le contenu était celui du tableau ci-contre.

Nous approfondissons ici les spécificités du scénario retenu. La première particularité est bien sûr la présence d'élèves de CM2, et même de CM1. Les exercices choisis se sont révélés bien adaptés au niveau de CM2. Pour les CM1, il est nécessaire de se restreindre à certains exercices : *Combien ?*, *Recettes*, *Comparaison*, sont accessibles ; mais il faut éviter la proportionnalité double, ou simple composée. Les élèves de CM1 avec lesquels nous avons travaillé n'avaient pas encore vu la division. Il leur était donc difficile de percevoir les rapports entre certains nombres, et pratiquement impossible d'aborder des exercices de proportionnalité simple composée, par exemple. En revanche ces exercices spé-

Tableau 2 : déroulement de l'enseignement de proportionnalité avec MEP³.

	CM2	Sixième
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> , et <i>Combien ?</i> accessibles pour les élèves qui auront fini. Présentation du carnet de bord et de son emploi.	Travail sur ordinateur (toujours en binôme) avec <i>Recettes</i> , <i>Graphiques</i> et <i>Combien ?</i> accessibles 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>).	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>A chacun son problème</i> et <i>Par heure, par jour, par semaine</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, par jour, 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 ? » ; « utiliser différentes procédures pour résoudre un problème de proportionnalité ».	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).	

cifiquement conçus pour le CM2 peuvent tout à fait être proposés à des élèves de 6ème. Nous présentons maintenant les autres spécificités de ce scénario.

Un travail sur l'ordinateur toujours en binômes

Ce choix a été guidé d'une part par des impératifs matériels : nous ne disposons pas de postes informatiques suffisamment nom-

breux pour attribuer un poste à chaque élève. C'est souvent le cas dans les établissements scolaires. Mais nous avons pu observer plusieurs enseignants de collège qui préfèrent un travail individuel sur MEP. Ils séparent alors la classe en deux sous-groupes : l'un des sous-groupes travaille sur MEP, et l'autre sur papier, généralement sur des exercices proches (voir les scénarios proposés dans Dubois *et al.* 2006 pour les classes de 6ème et de 5ème). A la séance suivante on inverse les rôles.

Comme notre objectif était l'observation des effets sur les apprentissages du travail sur

³ Cet enseignement a été étudié du point de vue des apprentissages, pour les élèves de 6e dans Gueudet (2007). On trouvera dans cette référence les textes des évaluations initiale et finale, et un extrait de carnet de bord.

 TRAVAILLER AVEC
 MATHENPOCHE AUTREMENT ?

MEP, il était pour nous préférable de ne pas introduire un travail parallèle sur papier. Cependant, au-delà de cette contrainte, il nous semble intéressant de ménager des temps de travail en binôme sur MEP. 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. Les stratégies d'essai/erreur qui tenteraient un membre du binôme sont parfois découragées par l'autre. « Mais tu es sûr que c'est la bonne réponse ? Tu ne nous fais pas encore perdre des points ! » Ce genre de remarques, fréquemment entendues, incitent à une vérification, un contrôle des essais.

Par ailleurs, à propos de la question : « Faut-il recommencer ou non un exercice, lorsque la machine le suggère ? », nous avons noté à plusieurs reprises que lorsque l'un des membres du binôme est favorable à passer outre, et à continuer par d'autres exercices, cette opinion l'emporte. Ainsi le travail en binôme semble pouvoir constituer un moyen de dépasser des attitudes de travail répété sur le même exercice, typiques de la fonction d'exerciceur. Cette fonction peut certainement être utile ; mais elle ne convient pas à une situation de découverte de nouvelles notions, méthodes, ou propriétés avec le support de MEP.

Le carnet de bord : quelles traces écrites associer au travail avec MEP ?

Lorsque l'on travaille avec MEP, ou plus généralement avec un outil informatique, la question des traces écrites à demander aux élèves se pose. Différents choix sont possibles. On peut ne demander aucune trace écrite. Ou on peut proposer un travail écrit complémentaire, proche de ce qui a été fait sur MEP. On peut aussi demander aux élèves de prendre

quelques notes au brouillon, puis de rendre un problème rédigé issu de ce qui a été vu sur l'ordinateur. Les possibilités sont multiples ; l'objectif principal pour l'enseignant des traces écrites liées à MEP est la possibilité d'accès aux procédures des élèves, et à la nature de leurs éventuelles erreurs.

Ici nous avons fait un choix extrême : demander aux élèves d'écrire dans leur carnet de bord leur solution de chacun des problèmes qu'ils faisaient sur la machine. Les élèves savaient qu'ils devraient utiliser le carnet pour constituer les affiches de la séance de discussion ; ils savaient de plus qu'ils auraient droit au carnet pendant l'évaluation finale (séance 7, voir le tableau 2). Ceci les motivait pour le remplir (cependant ce remplissage s'est effectué de manière très inégale, selon les habitudes d'écriture dans la classe). De plus les élèves écrivaient dans leur carnet les éventuelles questions pour l'enseignant. Le carnet a joué un rôle important dans notre dispositif. D'une part il a permis à l'enseignant de suivre individuellement les parcours des élèves. Un tel suivi est possible dans MEP, en direct comme en différé ; mais il ne permet pas d'accéder aux procédures utilisées par les élèves, ni à la nature de leurs éventuelles erreurs. Les enseignants récupéraient les carnets en fin de séance, et les rendaient corrigés à la séance suivante (la semaine d'après). D'autre part, le carnet constitue pour l'élève une mémoire de son travail sur le logiciel. Or ici il était pour nous fondamental que les élèves disposent d'une telle mémoire : en effet ils ont rencontré de nombreux problèmes, sur un temps long, et nous souhaitons de plus que l'enseignant puisse s'appuyer sur ce qu'ils avaient rencontré pour construire son enseignement de proportionnalité. En dépit de tous ces avantages, après cette expérimentation nous ne recommanderions pas d'introduire sys-

tématiquement un carnet comme nous l'avons fait ici. En effet son emploi s'est révélé très lourd pour les élèves, qui devaient passer régulièrement de l'écran de l'ordinateur à la page de carnet. Lorsqu'ils validaient trop vite leur réponse dans MEP, le logiciel passait au problème suivant, et les élèves n'avaient plus accès au problème qu'ils devaient écrire dans le carnet. Mais même une fois cette difficulté surmontée, et au-delà des problèmes matériels liés à l'insuffisance de place autour de l'ordinateur, la tâche restait trop ardue. Découvrir un problème dans MEP, essayer de le résoudre, faire un éventuel essai de réponse, et dans le même temps écrire sa solution dans le carnet était une tâche trop lourde. Les élèves ont exprimé un réel enthousiasme lorsqu'ils sont parvenus à l'exercice « augmentation, réduction », qui suite à des difficultés techniques ne figurait pas dans le carnet. La question des traces écrites reste posée : il nous semble fondamental que le travail sur MEP se traduise par un écrit, moyen de communication avec l'enseignant mais aussi support pour la mémoire de l'élève.

La séance d'échanges : nécessité d'une mise en commun des expériences

Notre choix de départ ouvrait de nombreuses possibilités de parcours pour les élèves. Tous n'ont pas travaillé sur les mêmes exercices. Par exemple certains ont eu des tableaux à remplir, d'autres n'ont vu les tableaux que dans les aides de certains exercices. Les élèves peuvent aussi avoir effectué le même parcours, et retenu par exemple des procédures différentes. Ainsi la séance d'affiches et de discussion dans la classe autour de ces affiches remplit le rôle nécessaire de communication de ces expériences différentes, avant que le professeur n'effectue une synthèse (institutionnalisation). Nous avons vu, lors de

l'évaluation finale, que certains élèves avaient par exemple nettement progressé sur l'emploi de tableaux, alors qu'ils n'avaient pas travaillé sur les tableaux avec MEP. Or la synthèse de l'enseignant avait lieu après l'évaluation finale : c'est donc probablement la séance d'échanges qui leur a permis cette progression. Ainsi la communication du travail fait par les uns et les autres sur MEP remplit une fonction d'information, mais peut aussi permettre la diffusion de connaissances entre les élèves. La variété des parcours sur MEP enrichit alors les connaissances dans l'ensemble de la classe. Et les affiches sont évidemment une trace écrite importante pour la mémoire de ce qui s'est passé sur l'ordinateur.

IV. Conclusion

Nous avons retenu MEP parce qu'il apparaissait, pour la proportionnalité, comme le plus abouti des logiciels disponibles. En dépit de ces qualités, nous avons quelques critiques à formuler sur le produit, critiques que nous avons exposées en partie 1. Nous avons tenté, en élaborant une série, d'échapper aux défauts repérés. Malgré cet effort, cette série est encore critiquable à bien des égards, comme nous l'avons dit en partie 2. Il est important que des enseignants s'engagent activement dans le développement de contenus MEP, dans l'amélioration de contenus existants. Mais il est également fondamental de mener une réflexion sur les scénarios d'usage associés à MEP. Ce sont ces scénarios qui vont permettre à un enseignant de tirer profit d'un logiciel auquel il n'adhère pas totalement. Les caractéristiques du scénario doivent tenir compte des défauts repérés, et permettre de surmonter les difficultés qui en résultent.

Nous avons testé ici un scénario particulier, qui a ses points forts et ses limites

**TRAVAILLER AVEC
MATHENPOCHE AUTREMENT ?**

comme nous l'avons dit en partie 3. De nombreux autres scénarios ont été proposés depuis : on peut en trouver par exemple sur le site de l'IREM de Lorraine (http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/maths/irem/Mep/Mep_sequenceex.htm). Il nous semble que cet effort de propositions et de réflexion doit être poursuivi. Il ne s'agit pas d'aboutir à une unique façon de faire, qui serait « la bonne

façon », mais d'enrichir les pratiques en classe par des échanges au sein d'une large communauté. Il nous semble également qu'au-delà des propositions de séquences, il s'agit de proposer des formations continues adéquates, en particulier en accompagnant les stagiaires dans la production de leurs propres séquences (Artigue & Gueudet 2008, Gueudet & Trouche 2008).

Membres du groupe Hyperpro :

Chantal Baty, collège de Cleunay, Ghislaine Gueudet, IUFM Bretagne, Hélène Hili, IUFM Bretagne, Jean Julo, Université Rennes 1, Erik Kermorvant, IUFM de Bretagne, Annick Le Poche, collège de Pacé, Brigitte Thomas, IUFM de Bretagne et Ecole Bourgchevreuil, Cesson-Sévigné, Jean-François Lucas, IUFM de Bretagne et Ecole de la Chapelle des Fougeretz, Mireille Sicard, IUFM de Bretagne.

En 2003-2004 : Micheline Lesquivit était membre du groupe jusqu'à la rentrée 2004, elle a ensuite été remplacée par Brigitte Thomas.

Le support informatique du travail du groupe a existé grâce au soutien de l'association Sésamath et en particulier à l'implication bénévole de François Loric du collège de Ploërmel. Nous tenons à le remercier.

Bibliographie

- Artigue, M., Bardini, C., Behaj, D., Cazes, C., Eckert, M., Gelis, J.-M., Haspekian, M., Lucas, D., Missenard, D., Souchart, L. (2006). *Analyse de ressources en ligne pour l'accompagnement scolaire en mathématiques*, rapport de recherche, <http://iremp7.math.jussieu.fr/projetregion.html> (consulté le 15 mai 2008).
- Artigue, M., Gueudet, G. (2008). Ressources en ligne et enseignement des mathématiques. Conférence à l'Université d'été de mathématiques, Saint-Flour, http://www3.ac-clermont.fr/pedago/maths/pages/UE2008/prog_UE_2008.htm (consulté le 15 décembre 2008).
- Boisnard, D., Houdebine, J., Julo, J., Kerboeuf, M.-P., Merri, M. (1994). *La proportionnalité et ses problèmes*, Hachette éducation, Paris.
- Cazes, C., Gueudet, G., Hersant, M., Vandebrouck, F. (2006). Utilisation de bases d'exercices en ligne. Quelles conséquences pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ? In Houdement, C. & Castela, C. (dir.) *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2005*, (pp. 177-212) IREM Paris 7 et ARDM.
- De Vries, E. (2001). Les logiciels d'apprentissage : panoplie ou éventail ? *Revue Française de pédagogie*, n°137, 105-116.
- Dubois, M.-C., Gueudet, G., Julo, J., Le Bihan, C., Loric, F., Panaget, S. (2005). *Multimédia et proportionnalité. MathEnPoche : des séquences des analyses*. IREM de Rennes.
- 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, http://www3.ac-clermont.fr/pedago/maths/pages/UE2008/prog_UE_2008.htm. (consulté le 15 décembre 2008).
- Hu, O. Trigano, P., Crozat, S. (2002). Une aide à l'évaluation des logiciels multimédias de formation in E. Delozanne, P. Jacobini (ed.) *Interaction homme-machine pour la formation et l'apprentissage humain*, numéro spécial de la Revue Sciences et Technologies Educatives vol 8 n°3-4.
- Vergnaud, G. (dir.) (1997). *Le Moniteur de Mathématiques : résolution de problèmes Niveau 2-3 (CM1 - CM2) Cycle 3*, Nathan, Paris.