

Groupe de Recherche Hypermédia et proportionnalité

3. Comment analyser les caractéristiques d'une base de problèmes pour l'enseignement de la proportionnalité ?

Après avoir arrêté le thème et le niveau scolaire concernés par la recherche (la proportionnalité au niveau CM2/6^{ème}), il restait à choisir l'hypermédia qui serait utilisé pour l'expérimentation. Le premier critère qui s'est imposé est celui d'un produit qui accorde une place centrale à la résolution de problèmes. Ce critère s'impose non seulement en raison du thème et du niveau choisis mais aussi en raison de la procédure expérimentale envisagée : une phase de travail "en autonomie" relativement longue.

PREMIÈRE APPROCHE DES LOGICIELS DISPONIBLES

Ce sont donc des hypermédiés comportant *une base de problèmes de proportionnalité conséquente* qui ont été privilégiés dès le départ. Une première phase exploratoire nous a conduits à dresser le bilan suivant des produits existants :

en ligne accès libre	CD-Rom/licences facturés	en ligne accès restreint
Lilimath (collège) Lilimini (école) MathEnPoche 6 ^{ème}	Chrysis SMAO CM2 & 6 ^{ème} Génération 5 Les maths c'est facile CM2	<i>MAIF/Ruedesécoles ASP CM2 & 6^{ème}</i>
Wims collège - cycle central	<i>CNED - IREM 4^{ème} / adultes</i>	<i>CAM - IREM 5^{ème} / adultes</i>

Trois produits sont cités dans ce tableau bien qu'ils apparaissent d'emblée ne pas convenir pour l'expérimentation envisagée :

- les deux produits conçus par l'IREM de Rennes qui sont de véritables bases de problèmes pour l'apprentissage de la proportionnalité mais à des niveaux différents de ceux retenus (il s'agit en outre de produits soit payants soit à accès restreint et qui ne sont pas adaptables) ;
- le produit ASP (Assistance Scolaire Personnalisée) proposé par la MAIF en partenariat avec Ruedesécoles qui se situe plus dans une orientation de type "ressources en ligne" (pour un usage assez spécifique au départ et en accès restreint même si l'utilisation en classe est aussi évoquée dans les documents de présentation).

WIMS (WWW Interactive Multipurpose Server) apparaît aussi un peu à part dans ce tableau d'ensemble car il s'agit d'un produit "ouvert" permettant de contribuer à la constitution d'une base très large d'exercices par une démarche de mutualisation. Ce logiciel a été initialement conçu pour un usage dans l'enseignement supérieur (fabrication rapide de "fiches de TD" à partir de la base proposée). La structure du logiciel comme son interface sont marquées par cette origine et paraissent peu adaptées, a priori, pour des élèves du niveau auquel nous nous intéressons. En outre, bien que des exercices de proportionnalité figurent déjà dans la base, d'abord ils sont peu nombreux, ensuite ils concernent plutôt les niveaux 5^{ème}/4^{ème} du collège.

UNE GRILLE D'ANALYSE POUR AFFINER LES CRITÈRES

Les grilles pour l'analyse des EIAH (Environnements Informatisés d'Apprentissage Humain) sont soit trop générales (par exemple : De Vries, 2001) soit trop sophistiquées pour les besoins que nous avons dans cette recherche (par exemple : Hu, Trigano & Crozat, 2001). Nous avons donc élaboré notre propre grille pour décrire les caractéristiques des ressources disponibles, grille dont la structure peut être représentée de la manière suivante (il s'agit seulement ici de décrire les caractéristiques de la ressources ; dans un second temps il faudra bien entendu aussi tenir compte du scénario d'utilisation associé).

Caractéristiques d'une ressource en ligne

Structure	Structure didactique
	Structure du logiciel
Contenu	Contenu de connaissance
	Les tâches et leur environnement

Les principales rubriques du tableau peuvent être décrites de la manière suivante :

★ 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. Cette structure didactique peut être approchée à partir de trois critères principaux :

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 (pour le domaine qui nous intéresse une comparaison peut être faite avec le *Moniteur de mathématiques* dont le document d'accompagnement explicite et argumente chacun des choix effectué en référence à un modèle d'apprentissage - celui des "champs conceptuels" de G. Vergnaud) :

- SMAO CM2, par exemple, n'évoque que des notions pédagogiques générales ("aide individualisée", "pédagogie différenciée",...);

- LILIMATH affiche l'objectif "introduire progressivement les concepts mathématiques ardu" sans expliciter le modèle d'apprentissage qui justifie ce choix ;
- MATHENPOCHE 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 6^{ème}) 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.
- Les autres logiciels sont construits autour d'une logique de type "base d'exercices ou de problèmes" ; des catégories et des sous-catégories d'exercices ou de problèmes sont proposées, le dernier niveau correspondant toujours à une série, plus ou moins longue, qui constitue la base de l'évaluation.
- Dans Mathenpoche, comme dans WIMS, 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 (depuis l'élève travaillant seul et hors du cadre scolaire jusqu'à la prise en main totale par l'enseignant dans le cadre d'une séquence qu'il a conçue).

Le mode d'évaluation

- Comment sont validées les réponses ? Quelle précision dans le contenu du feed-back ?
- 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 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 FONCTIONNALITÉS

A priori la structure du logiciel devrait découler directement de la structure didactique retenue. Dans les faits, on sait que le produit final est autant le résultat des contraintes techniques et de la manière de concevoir un environnement informatisé que des options didactiques choisies.

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 MATHENPOCHE et les autres.

- C'est le seul qui contienne une véritable structuration de l'ensemble des tâches proposées : pour le niveau 6^{ème} 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*).
- Dans ce logiciel, l'unité des catégories et sous-catégories de tâches est transparente (tableau descriptif précis) et compréhensible pour un enseignant ; en revanche, il n'est pas du tout certain que les menus proposés soient compréhensibles par les élèves.
- Les critères retenus pour la structuration de la base d'exercices, dans ce logiciel, 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 argumentée.

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 MATHENPOCHE : à la fois la définition des séquences et le suivi de l'avancement du travail par élève sont très performants.
- LILIMATH et GÉNÉRATION 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 MATHENPOCHE et les autres (une grille spécifique comme celle élaborée par l'INRIA serait utile ici pour objectiver ce qui n'est ici qu'une appréciation globale).

- C'est d'abord la sobriété de l'interface qui caractérise MATHENPOCHE, surtout en le comparant aux logiciels du commerce (SMAO et GÉNÉRATION 5).
- Par rapport à LILIMATH, ce sont surtout des critères de fiabilité et de "fluidité" qui font la différence.

L'axe « structure » que nous avons fini de détailler ici peut convenir à l'analyse de tout logiciel de type « base de problème ». En revanche, pour l'axe « contenu » que nous allons aborder maintenant, se pose une question d'échelle. Le contenu d'un logiciel complet, comme Mathenpoche, qui couvre désormais l'intégralité des classes de sixième et de cinquième, ne sera pas analysé de la même manière qu'une sous-partie de ce même logiciel consacrée à un domaine restreint. Nous nous situons ici uniquement dans ce second cas de figure, puisque nous avons d'emblée fait le choix de nous restreindre à la proportionnalité.

★ **LE CONTENU DE CONNAISSANCE**

Nous donnerons seulement ici quelques éléments de comparaison entre les logiciels. Une analyse systématique du contenu de connaissance, qui n'a pas été menée dans le cadre de cette étude, devrait prendre en compte au moins les trois critères suivants :

Quels savoirs sont mis en jeu dans le logiciel ? Quelle est l'organisation de ces savoirs ?

- Quels concepts, propriétés, méthodes,....?

•

A quel niveau de formalisation sont introduits ces savoirs ?

- Quels registres, langages, formulations,....?

Quelles compétences sont visées ?

- Quelles classes de problèmes et quelles procédures sont privilégiées ?

Le premier point qui a retenu notre attention est le rôle accordé aux 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 contraction avec les données théoriques actuelles concernant la compréhension de la notion à ce niveau (CM2/6^{ème}).

Un deuxième point concerne la diversité des procédures et la manière dont elles sont explicitées dans les aides dans les solutions.

- 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 MATHENPOCHE (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 explicitées comme telles.

Un troisième point à souligner porte sur la diversité des registres.

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

Enfin, quatrième point, la question des classes de problèmes et des compétences visées.

Nous avons déjà souligné le fait que seul MATHENPOCHE 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").

Il est clair que cette question des classes de problèmes est à la fois la plus importante pour l'apprentissage de la proportionnalité à ce niveau scolaire et la plus difficile (les logiciels de type base d'exercices ou de problèmes ont au moins le mérite de la poser clairement).

★ **LES TACHES ET LEUR ENVIRONNEMENT**

Le quatrième ensemble de critères que nous souhaitons prendre en compte dans la comparaison des produits à notre disposition concerne les tâches proposées et les environnements construits autour de ces tâches (aides, outils,...).

La nature des tâches

- Quelle 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 MATHENPOCHE 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*...).
- Aucun des logiciels ne semble avoir défini explicitement des types de tâches correspondant à des objectifs et des activités cognitives différenciés.
- 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 (MATHENPOCHE peut-être plus que les autres logiciels va très loin dans l'épuration du contexte sémantique donnant à certains énoncés un caractère hermétique et parfois surréaliste).

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.

- MATHENPOCHE 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 ?

MATHENPOCHE et GENERATION 5 proposent systématiquement une aide. Outre des modalités d'accès différentes (seulement après une réponse erronée pour MATHEPOCHE), 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 MATHENPOCHE : une aide est proposée par *exercice* (ensemble de plusieurs tâches formant une séquence) ; elle consiste 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 existe pas pour la proportionnalité).

LE CHOIX DU LOGICIEL

Cette analyse préalable nous a conduit sans trop d'hésitation à retenir MATHENPOCHE pour nos expérimentations :

- C'est clairement la base d'exercices ou de problèmes de proportionnalité la plus aboutie pour le niveau 6^{ème} (le niveau CM2 étant en cours de réalisation) ; 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).
- Le fait qu'il s'agisse d'un produit proposé en ligne et en accès libre ne constitue pas le critère déterminant mais il a aussi été pris en compte ; surtout, le fait qu'il s'agisse d'un produit évolutif, pouvant intégrer rapidement toutes les critiques et les suggestions nous a semblé un atout important (LILIMATH a certaines caractéristiques communes avec MATHENPOCHE mais n'est plus actualisé et commence à "dater").
- Enfin, du point de vue du scénario d'utilisation envisagé pour l'expérimentation, c'est très nettement le logiciel qui paraissait le mieux adapté :
 - possibilité de choisir un sous-ensemble de la base assez large pour permettre aux élèves de travailler sur une durée relativement longue ;
 - possibilité pour l'enseignant d'accéder à des données nombreuses et précises sur le travail des élèves ;
 - fiabilité du produit du point de vue du fonctionnement en réseau et en ligne.