

**Alain Bois**

IREM des Pays de Loire

Centre du Mans

Clg des Quatre-Vents

72800 LE LUDE

[in.bois@wanadoo.fr](mailto:in.bois@wanadoo.fr)

**Jean-Louis Guillot**

IREM des Pays de Loire

Centre du Mans

Clg François Grudé

72160 CONNERRÉ

[jean-louis.guillot@wanadoo.fr](mailto:jean-louis.guillot@wanadoo.fr)

**Thème □ Outils de l'enseignement et de la formation.**

**Titre □ Environnements interactifs et enseignement des Mathématiques.**

**Résumé** □ Nous désirons relater le travail d'un groupe de recherche-action de l'IREM des Pays de Loire «Environnements Interactifs et Enseignement des Mathématiques». Notre problématique a été la suivante □ comment donner du sens à des activités Mathématiques au travers d'images mentales introduites par l'ordinateur, tant en ce qui concerne les champs algébrique que géométrique. Pour cela, au cours des dix dernières années nous avons fait évoluer nos produits logiciels afin que des élèves de collège aient à leur disposition des outils leur permettant de mieux visualiser leurs actions dans deux domaines □

- la résolution des équations du premier degré
- l'apprentissage de la démonstration

Notre action s'est aussi développée vers la construction des savoirs Mathématiques en créant un environnement Logo (écrit en Java), notre groupe a ainsi pu « remettre au goût du jour » ce langage auprès d'enfants de fin d'école primaire ou d'enfants en difficulté au collège.

## La résolution des équations du premier degré

Nous sommes partis du constat suivant : les élèves ont de plus en plus de difficultés face au calcul numérique. Peut-on alors faire émerger une heuristique d'élèves qui se trouvent confrontés à la recherche de méthodes pour résoudre une équation si on les libère des contraintes liées au calcul ?

Nous nous sommes ainsi posé la question de savoir quels outils (sous forme de boutons) nous devons fournir à l'élève pour qu'il focalise son attention sur les actions nécessaires à la recherche d'une solution. Dans un premier temps (langage de programmation Hypertalk), nous avons fourni à l'élève une équation - **objet** - et les boutons - **actions** - suivants : « Ajouter... », « Soustraire... », « Réduire », « Développer », « Multiplier par... » et « Diviser par... ». La syntaxe a son importance, les points de suspension signalent que cette action est suivie d'un questionnement.

L'expérimentation nous a permis de nous apercevoir que la liberté d'action laissée aux élèves entraînait des dérives que nous ne pouvions pas maîtriser sur le plan informatique.

Nous avons alors décidé de travailler sur des **boutons-actions** plus directifs mais dont le contenu déroulant variait avec le contenu de l'équation. Nous avons ajouté aussi au niveau de l'interface des aides de différents niveaux. Enfin, la révolution de l'Internet nous a obligés à réfléchir à la mise en ligne d'un cours complet sur l'apprentissage de la résolution des équations : nous avons ainsi développé des modules permettant la compréhension de ce qu'est

une équation, sur ce qui «**floue**» dans une équation (la valeur de l'inconnue, les valeurs des membres, la liaison entre ces trois variables que sont l'inconnue, le membre gauche et le membre droit), sur ce qu'est l'action de réduire et celle de développer.

Nous sommes conscients que ces «**images**» que nous fabriquons sur des notions abstraites risquent d'induire chez l'apprenant des idées fausses sur ce qu'est un calcul algébrique, puisque ces images sont souvent des images liées à des animations arithmétiques. Toutefois, **nous prenons le pari qu'il vaut mieux avancer à l'aide d'images qui se révéleront «**réductrices**» au cours de l'apprentissage que de bloquer l'apprentissage par une abstraction trop précoce.** Nous avons naturellement adjoint un module de recherches de solutions et aussi un module d'histoire des Mathématiques liée au sujet.

L'expérimentation en classe a permis de constater que les élèves naviguaient facilement entre ces modules et que l'apprentissage-papier se trouvait facilité après un passage sur Internet. Des collègues liés au groupe utilisent le site après avoir étudié «**sur le papier**» cette notion et utilise la partie «**résolveur**» comme point d'appui dans une auto-évaluation.

Nous allons travailler sur l'amélioration de l'interface (aide en ligne, nouvelles moutures de Java et compatibilité avec les nouveaux navigateurs). Nous ne sommes pas sûrs que le concept «**bouton-action**» soit forcément clair dans l'esprit des élèves, aussi nous réfléchissons à un mode d'actions très primitif sous forme d'actions-console ciblées sous forme de verbes «**AJOUTER** (équation, en cours d'étude, « **$x+3$** »). Cette présentation semble peut-être «**préhistorique**» sur le plan informatique, mais **il faut que l'élève soit conscient de ce qu'il demande et de sur quoi il agit.** La richesse de l'utilisation d'un langage comme Logo (voir notre expérience en fin de document) vient de ce que l'enfant (d)écrit ses actions, il a une démarche volontaire (que serait une tortue-Logo avec des boutons sur son corps, un jouet et plus un objet pour penser).

## L'apprentissage de la démonstration «Géoclé»

Notre démarche est là encore plus ambitieuse puisque l'objet de notre travail est de réaliser une aide à la démonstration en géométrie.

L'idée première nous est venue lorsque est apparu dans les années quatre-vingt-dix un environnement basé sur une interface graphique, un hypertexte et un langage orienté-objet (Hypercard et Hypertalk). Nous avons monté aussitôt un paquet de cartes-problèmes sur lesquels l'hypertexte renvoyait à une base de données de connaissances, elle-même reliée à des images Cabri. La non-portabilité des nos cartes sur des matériels PC nous a obligé à repenser ce problème, nous avons alors développé au collège de Connerré un travail-papier pour nous rendre compte de la validité de notre approche tout en mettant au point notre produit informatique.

Dans son développement actuel, Géoclé est un «**micro-monde**» de figures-clés, de mots-clés et de phrases clés de Géométrie (de la 6<sup>ème</sup> à la 4<sup>ème</sup>). Ces objets sont organisés dans une base de données (consultable à l'aide d'un navigateur compatible avec Javascript et Java). Les éléments de base sont formés par **80 cartes** (au format «Jeu de 52 cartes»). Chaque carte identifie «physiquement» une **définition** ou une **propriété**. Le **texte** des propriétés est construit sur le modèle «Si ... alors...» et celui des définitions avec «...est...». Une **figure codée** (hypothèse en vert et conclusion en rouge) est dessinée sur chaque carte. Les **mots-clés** des phrases sont colorés de la même façon. À chaque carte sont également associées des **phrases de reformulation** qui peuvent être reprises en «Copié-collé». Une **figure déformable** (type cabrijava) est consultable à la demande (bouton à presser). Cette figure est une reprise de la carte, contextualisée. Elle contribue fortement à la construction du sens de toute la carte.

Les élèves reçoivent les cartes papier (rangées dans une enveloppe ou collées dans le cahier de cours) au fur et à mesure de la construction conceptuelle en cours. Ils se constituent

progressivement à partir de la 6<sup>ème</sup> une véritable boîte à outils. L'intérêt majeur de cet environnement papier-ordinateur est d'aider l'élève à se construire **les images mentales multiples** associant mots, phrases-clés, reformulations, images fixes (photos), images déformables (film) qui sont les premiers matériaux indispensables dans l'apprentissage de la démonstration. Le premier travail de l'élève est en effet de construire autour de ses **premières perceptions** figées (le carré vert, le parallélogramme jaune, le losange bleu ... bien posés), les **vrais concepts** avec tous leurs attributs significatifs (le parallélogramme vu par exemple comme quatre points formant deux segments de même milieu).

Au fur et à mesure que les concepts produits en classe sont mémorisés, on demande aux élèves de justifier lors de la résolution des problèmes chaque pas du raisonnement déductif en citant (récitant, reformulant ...) la «**carte**» utilisée.

Pour faciliter l'apprentissage, la résolution des problèmes, et la rédaction des démonstrations, Géoclé permet les recherches de cartes par leçons, par définitions, par propriétés, ou suivant les mots clés figurant en données ou en conclusions (pour chacun des trois niveaux 6<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup>). On peut également choisir les cartes que l'on veut consulter ensemble, sauvegarder ou imprimer ... Il suffit de les cocher, elles seront mémorisées dans le calepin.

## **L'expérimentation LOGO**

Grâce à un travail énorme de programmation en Java d'un élève ingénieur de l'ENSIM, Emmanuel Guillot, nous disposons d'un langage Logo implantable sur toutes les machines de l'Éducation Nationale. Nous avons pu retravailler avec des élèves de CM2 ou des élèves en difficulté en sixième. Notre pratique pédagogique est celle du projet : nous fournissons à l'élève une feuille avec une liste de mots nouveaux à expérimenter et des projets (dessins) à

réaliser. Par essai-erreur, l'apprenant est amené à progresser, l'enseignant est un facilitateur-observeur.

L'enthousiasme des enfants reste le même que dans les années quatre-vingt et les apprentissages sont solides, le problème toujours en attente est celui des transferts de connaissances. En effet, si l'enfant comprend **par l'action** que l'angle de la diagonale d'un carré et d'un côté est de 45 degrés, lorsqu'il se trouve à vouloir construire cette même figure avec un rapporteur, il ne se souvient plus de cette connaissance. Ça n'est même pas l'objet-rapporteur qui le bloque (une gestuelle maladroite), c'est l'angle en tant que tel. L'angle du rapporteur est lié à un nombre, alors que dans Logo, c'est le nombre qui est lié à l'action□ plus ce nombre est grand, plus la tortue tourne.

Nous avons par ailleurs montré à des animateurs de l'IREM que Logo pouvait être utilisé dans beaucoup de domaines (fractales, analyse, modélisation, arithmétique ....) .

Nous nous proposons d'intervenir lors d'un atelier pendant lequel nous pourrions montrer nos activités et notre site internet.