

Dimanche 27 août 1989

Conférence : "Influence de l'informatique sur le savoir enseigné en mathématiques"

par Elisabeth GALLOU-DUMIEL

Université J. Fourier, GRENOBLE

Depuis son apparition l'informatique a suscité de grands espoirs concernant son apport dans l'enseignement des mathématiques. Actuellement ces espoirs sont sans commune mesure avec les réalisations effectives. Il semble malgré tout que l'utilisation de micro-ordinateurs soit associée à un grand changement qui est l'apparition d'une pratique scientifique plus expérimentale des mathématiques.

Nous allons étudier différents types d'influence de l'outil informatique dans l'enseignement des mathématiques.

1. Décomplexification réalisée par l'outil informatique

Cette décomplexification permet de transformer en tâches gérables par les étudiants des tâches qui ne l'étaient pas sans l'aide de l'outil informatique et donc permet:

- * soit de rendre possible de nouvelles approches pour certaines notions,
- * soit de permettre des résolutions de problèmes considérés auparavant comme trop difficiles.

Les travaux de Michèle ARTIGUE sont liés à la possibilité de réaliser une approche qualitative des équations différentielles en DEUG 1ère année grâce à l'utilisation de l'outil informatique. En effet celui-ci permet de donner, comme tâches gérables, aux étudiants débutants les tâches suivantes:

- * pour des champs de tangentes données, tracer des courbes compatibles,
- * compléter un tracé où figurent seulement quelques courbes solutions,
- * produire des tracés relatifs à une équation,
- * comparer des tracés correspondant à des équations voisines,
- * interpréter les bizarreries d'une courbe,
- * justifier des parties de tracés.

Nous voyons avec la liste des tâches indiquées que la décomplexification réalisée par l'outil informatique donne également des facilités pour le passage du cadre algébrique au cadre géométrique.

Nous voyons que cette décomplexification n'a pas seulement un rôle mécanique. Elle fait disparaître en partie l'effet du changement de cadre dans le passage de l'algèbre à la géométrie. Cette décomplexification avec aide à l'interaction entre différents cadres se voit aussi dans les travaux d'Isménia GUZMAN RETAMAL.

Nous remarquons que l'effet sur le savoir enseigné consiste en une extension du champs conceptuel des notions considérées et que l'ordinateur intervient comme structure de soutien cognitif pour l'apprenant.

II. Double rôle révélateur et analyseur de l'outil informatique.

L'élaboration d'un logiciel nécessite un double cheminement au cours d'une conception:

- * trajet le long des notions en jeu et des processus à mettre en œuvre,
- * recherche de tâches typiques.

Cette recherche oblige à théoriser des faits didactiques pour anticiper les démarches des élèves, leurs productions, et en particulier oblige à identifier objectifs et prérequis.

Nous voyons cette démarche dans l'atelier de Marie-Danielle FONTAINE, Régis GRAS, Annie LARHER dans le cas de courtes démonstrations en géométrie.

Un autre exemple nous est fourni par la banque d'exercices de Roger LEROUX.

Pour chaque thème (division, numération, opérations...) est fourni:

- * un "état des lieux",
- * une analyse de réponses à cet état des lieux,
- * des séquences de remédiation
- * des problèmes de prolongement,
- * une indication pour les exigences de fin CM2
- * une explication des choix didactiques effectués lors de l'élaboration

de cette banque.

Ce rôle révélateur et analyseur se retrouve également dans l'atelier de Isménia GUZMAN RETAMAL.

L'outil informatique est un outil didactique pour l'étude de certaines notions. En effet c'est la réalisation de séquences didactiques comportant des tâches gérables par l'élève grâce à l'utilisation de l'informatique qui permet en comparant l'analyse à priori et les résultats de l'expérimentation de dégager les difficultés relatives aux notions et d'expliquer les procédures et les conceptions des élèves.

On en voit des exemples dans nos travaux sur la symétrie orthogonale et dans les travaux de Célia HOYLES et Richard NOSS sur les parallélogrammes et dans ceux de Joel Hillel et Carolyn Kieran sur l'orientation.

Une mise en scène didactique réalisée grâce à l'ordinateur permet de faire remonter à la surface puis d'analyser les conceptions selon lesquelles les connaissances fonctionnent, d'analyser les obstacles et les processus de résolution.

De plus l'étude des nouvelles relations établies entre les constituants du système (maître, élève, savoir) du fait de l'insertion du micro - ordinateur montre les changements apportés au contrat didactique et peut permettre d'étudier mieux celui-ci. Ceci peut également modifier le savoir enseigné.

III. Réalisation de micro-mondes différents

Pour les logiciels permettant de réaliser des tracés de figures géométriques, les actions de tracé sont différentes de celles de la géométrie usuelle dans les conditions "papier crayon" qui sont celles de la règle et du compas.

Nous en avons un premier exemple : LOGO réduit à la fiche de langage utilisée pour l'apprentissage de la symétrie orthogonale oblige l'élève à mettre en œuvre la procédure de tracé par segments initialisés. Il s'agit d'un tracé sans lever le crayon de figures formées de segments juxtaposés en indiquant à chaque sommet la mesure et le sens de l'angle dont il faut tourner puis la

mesure de la longueur du côté à tracer. On constate dans cet exemple une forte restriction des actions de tracés possibles par rapport à celles de la géométrie de la règle et du compas.

Dans d'autres logiciels les tracés se font à partir de figures élémentaires (carrés, rectangles, cercles, ...). Alors les procédures liées aux décompositions des figures en figures élémentaires sont favorisées.

Avec CABRI, qui est mis en démonstration, le tracé se fait par menu à partir de propriétés géométriques. La particularité de ce logiciel est l'existence d'une déformation de la figure à partir d'un point de base qui permet d'accompagner le déplacement de ce point de constructions successives de la figure faites avec les choix réalisés dans le menu lors du tracé de la figure primitive.

A propos de la résolution de problèmes où intervient le théorème de Thalès j'ai montré que l'utilisation de cette déformation modifiait le rôle et le statut de la figure. En effet une figure étant constituée avec le menu à partir des indications de l'énoncé, l'élève a non pas une figure mais toutes celles obtenues avec la déformation et il fait sa démonstration en s'appuyant sur plusieurs d'entre elles. La figure joue un rôle de support modifiable en cours de résolution. On remarque aussi cette modification du rôle de la figure avec d'autres logiciels tel que Mac Draw grâce à la possibilité d'isoler des éléments de la figure. La modification du statut de la figure et de son rôle lors d'une résolution de problème apparaît également dans le logiciel d'aide à la résolution de problème de l'équipe de Rennes. Nous en voyons un autre exemple dans les travaux de Frank Bellemain et Salima Tahri concernant une expérience d'enseignement de notions géométriques avec CABRI. La présence de micro-mondes différents pose le problème du réinvestissement des connaissances lors du passage d'un micro-monde à un autre et plus précisément lors du retour à la géométrie traditionnelle. D'après des travaux réalisés déjà cités (Gallou-Dumiel, Hillel, Hoyles, Kieran, Noss) non seulement les connaissances acquises au sujet d'une notion géométrique dans un micro-monde bien adapté à cette notion sont transférable lors du retour au cadre de la géométrie traditionnelle mais l'appropriation de nouvelles connaissances au sujet de la notion considérée dans ce cadre de la géométrie traditionnelle est facilitée.

L'influence de l'informatique sur le savoir enseigné en géométrie repose sur la réalisation de micro-mondes différents de celui de la géométrie de la règle et du compas et de la confrontation par l'élève de ces différents micro-mondes et la transposition des savoirs acquis dans un micro-monde à un autre.

IV. Développement d'une activité de formulation et de validation de conjectures.

Le rôle de servant joué par le micro-ordinateur donne plus de facilité à l'élève pour modifier des figures ou les décomposer en éléments de figures, pour procéder à des vérifications graphiques, pour effectuer des calculs, pour relier des équations et des courbes (équations différentielles, fonctions). Cependant le développement d'une activité de conjectures n'est pas seulement lié à cet aspect du micro-ordinateur. Ce développement est lié également à la modification du contrat didactique apportée par l'utilisation de l'informatique.

Dans le logiciel d'aide à la résolution de problème de l'équipe de Rennes, des questions sont posées à l'élève concernant sa capacité à prouver certains éléments de la démonstration.

Pour les résolutions de problèmes où intervient le théorème de Thalès avec CABRI, une figure est fournie et il est demandé à l'élève de réaliser une déformation à partir d'un point de base bien spécifié.

Il faut bien remarquer qu'il ne s'agit pas de susciter des manipulations au hasard.

Le choix des questions, le choix du point de base, respectivement dans les deux cas cités, permettent de mettre en évidence les différents aspects du problème, d'isoler certains éléments. Ces choix sont par ailleurs réalisés à partir d'une étude didactique.

Les spécificités du micro-ordinateur exploitées à partir d'une analyse des capacités nécessaires aux différentes étapes de la résolution de problème paraissent bien adaptées pour amener l'élève à la découverte des invariants, des spécificités du problème et à émettre des conjectures.

Une démarche similaire est présente dans les recherches actuelles en matière de tuteurs intelligents.

Nous donnons comme exemple le projet HYPERCABRI (Capponi, Dagdilelis, C. Laborde, J-M. Laborde, Strasser).

Il s'agit, ici, de créer une pile du logiciel HyperCard amenée à piloter de façon intelligente la succession des étapes nécessaires à la découverte et à la mise en oeuvre des propriétés nécessaires à la construction d'un carré.

Dans le cas où il y a interaction entre les cadres algébriques et géométriques (équations différentielles, fonctions, théorème de Thalès) la formulation de conjectures dans un cadre ayant des conséquences dans un autre cadre est favorisée.

Pour la validation de ces conjectures un premier contrôle peut la plupart du temps être réalisée grâce à l'ordinateur.

Cela est rendu possible en particulier par les facilités liées aux représentations graphiques et à un nouveau statut du cadre graphique au point de vue de la preuve.

CONCLUSION

L'influence de l'informatique sur le savoir enseigné semble passer d'une part par une décomplexification par la variété des représentations pour les notions mathématiques avec des outils et des fonctionnalités différentes et la possibilité de les traiter presque simultanément ce qui a pour effet de développer une activité de conjecture. Les effets produits sont ici une extension du champs conceptuel des notions avec simultanément une mise en évidence de leur essence.

D'autre part, dans le cadre des travaux de recherche, l'utilisation de l'informatique permet par des réalisations de séquences didactiques de faire remonter à la surface les conceptions selon lesquelles des connaissances fonctionnent, des stratégies des élèves ce qui peut permettre de réaliser de nouvelles ingénieries concernant l'apprentissage de notions mathématiques.