



Sommaire

Introduction

Concepts et définitions

Historique

Réseaux sémantiques

Micromondes et métacognition



Perspectives de recherche

Conclusion

Bibliographie

Annexes

La paternité du concept de micromonde appartient à Seymour Papert⁵⁴ qui le définit dans son livre « Jaillissement de l'esprit » au début des années quatre-vingt. S'inspirant de la psychologie génétique de Jean Piaget⁵⁵, il crée un langage informatique « Logo » qui tel un « paysage naturel » doit permettre aux enfants d'expérimenter et ainsi de construire ou de modifier ses propres structures cognitives. A la suite de la parution de cet ouvrage, de nombreuses équipes de pédagogues et de chercheurs se lancent dans l'expérimentation et cherchent à valider les idées de S. Papert.

Les idées de S. Papert essaient et inspirent d'autres créateurs de micromondes :

- A la fin des années soixante-dix, Alan Kay & Adele Goldberg⁵⁶ membres du Learning Research Group au Xerox PARC (Xerox Palo Alto Research Center) imaginent un ordinateur portable personnel, une sorte d'ordinateur-carnet, muni d'un système d'exploitation spécifique qui doit permettre aux enfants d'explorer et de construire des mondes sortis de leur imagination, mais en relation avec des notions étudiées en classe. Le matériel destiné à l'usage des enfants, doit être robuste, portable, doté d'un écran à haute résolution graphique, d'interfaces agréables (utilisation de la souris et de menus) et d'un faible prix. En plus du système d'exploitation, les enfants doivent pouvoir disposer d'un traitement de texte, de logiciels de dessin, de communication, d'une encyclopédie intégrée et d'un langage de programmation qui doit leur permettre d'exprimer leurs idées et de construire de nouveaux outils logiciels. Ainsi, est né Smalltalk le premier langage de programmation orienté-objet. Par la suite, ces idées seront reprises par Apple avec son ordinateur personnel Mac Intosh associé à un système d'exploitation avec interface graphique (Mac OS : Mac Operating System) et le langage Small-

⁵⁴ Papert Seymour (1981), *Jaillissement de l'esprit, ordinateurs et apprentissages*, Flammarion, Paris, traduction de Mindstorms, children, computers & powerful ideas, Basic Books, New York, 1980.

⁵⁵ Piaget Jean (dir.) (1967), *Logique et connaissance scientifique*, Gallimard, coll. Encyclopédie de la Pléiade, Paris.

⁵⁶ Kay Alan, Goldberg Adele (1977), « Personal dynamic media », *IEEE Computer*, 10(3), pp 31-41.

cité dans :

Roschelle Jeremy , Kaput Jim , Stroup Walter and Kahn Ted (1998) : « Scaleable Integration of Educational Software: Exploring The Promise of Component Architectures », *Journal of Interactive Media in Education*, <http://www-jime.open.ac.uk/98/6/roschelle-01.html>

talk, initialement conçu pour les enfants, poursuivra sa route dans les milieux universitaires et industriels.

- Parmi les autres logiciels se réclamant des micromondes, nous pouvons citer en particulier, les logiciels de géométrie dynamique parfois appelés « imagiciels ». Ces logiciels permettent de construire des figures de géométrie et de les déformer aisément, ce qui permet de multiplier les études de cas, de déterminer les invariants et les propriétés géométriques des figures.

D'après Eric Bruillard⁵⁷, il apparaît que l'utilisation de micromondes liés ou non à un langage de programmation, peut conduire les apprenants à une réflexion plus explicite et mieux articulée sur leurs propres processus cognitifs et, en cela, affecter favorablement leur développement cognitif. Les langages informatiques, en eux-mêmes, n'ont pas de vertus éducatives particulières, mais ils respectent certaines contraintes ou intègrent certaines caractéristiques permettant de développer des activités qui sont intéressantes du point de vue éducatif. C'est bien dans des façons spécifiques d'exploiter les possibilités offertes par ces langages que l'on peut espérer développer des capacités souhaitées chez les apprenants, en particulier les capacités métacognitives.

Ainsi, en exhibant les liens entre micromondes et métacognition, l'auteur fait émerger une dialectique entre ces deux concepts.

Dans ce chapitre, après avoir passé en revue les concepts relatifs à la métacognition, nous aborderons trois domaines de l'informatique qui se réfèrent explicitement aux micromondes et en partie à leurs propriétés métacognitives : celui de la programmation en Logo, celui de la géométrie dynamique et celui des actions et projets de construction d'hypertextes ou hypermédias.

⁵⁷ Bruillard Eric (1999), *Enseignement sur mesure, Aspects historiques. EAO, tuteurs, micromondes, hypertextes*, UNESCO, Division de l'Enseignement Supérieur, <http://www.lid.jussieu.fr/formation/unesco/m3.2.1/M3214.html>

Les concepts de la métacognition

Participant à la rédaction d'un ouvrage collectif sur la métacognition et les pratiques pédagogiques, Anne-Marie Doly⁵⁸ nous brosse un tableau des connaissances actuelles sur la métacognition.

Le concept de métacognition apparaît aux Etats-Unis au début des années soixante-dix à travers des travaux sur la mémoire et plus particulièrement l'apprentissage de stratégies visant à améliorer la fonction de rappel.

J. H. Flavell, le fondateur du concept, dit de la métacognition qu'elle est la cognition sur la cognition, le terme cognition étant à prendre dans le sens actif, « connaître », plutôt que dans son résultat, la connaissance.

Le concept de la métacognition est également proche de la notion de prise de conscience qu'utilise Jean Piaget pour expliquer le développement de l'intelligence et plus précisément le passage de l'intelligence pratique (sensori-motrice) qui réussit sans savoir comment elle fait, à l'intelligence abstraite qui a la capacité de comprendre ce qu'elle fait.

Métacognition, réussite et échec scolaire

Les premiers travaux sur la métacognition mettent en évidence sa capacité à développer la maîtrise et le transfert des connaissances. Des travaux ultérieurs ont montré son influence positive dans la réussite scolaire. Corrélativement, des recherches sur des élèves en échec scolaire ont permis de constater que l'inefficacité des efforts de ces élèves était plus due à des déficiences sur le plan métacognitif que sur le plan cognitif. Ils ont des compétences et des connaissances mais ne savent pas les utiliser ou les transférer. Ces élèves en échec ne savent pas non plus mettre en œuvre les processus de contrôle qui permettent de corriger le déroulement d'une activité et aboutir à sa réussite. De plus, l'échec entretient un déficit de nature affective de ces élèves qui ont une image d'eux-mêmes dévalorisée ce qui renforce leur démotivation et freine d'autant leur esprit d'initiative et leur autonomisation.

⁵⁸ Doly Anne-Marie (1997), « Métacognition et médiation à l'école », in Grangeat Michel (& al), *La métacognition, une aide au travail des élèves*, ESF éditeur, coll. Pédagogies, Paris

Dans cette perspective, A.-M. Doly formule l'hypothèse que, pour apprendre, il ne suffit pas de faire pour savoir, il faut savoir comment on fait pour savoir et que cela s'apprend avec l'aide d'un médiateur éclairé.

Définitions

Les métaconnaissances portent soit sur des produits cognitifs, donc de nature déclarative, soit sur des processus cognitifs, donc de nature procédurale.

J. H. Flavell différencie les métaconnaissances déclaratives en quatre catégories :

1. Métaconnaissances sur soi-même et sur les personnes : par exemple penser que pour apprendre, il ne suffit pas de comprendre, que l'on a tendance à faire un certain type de fautes d'orthographe, que Pierre est plus fort que soi en calcul, que Paul apprend plus facilement ses leçons, etc.
2. Métaconnaissances sur les tâches : savoir que tous les mots d'un énoncé mathématique ont leur importance, que retenir l'esprit d'un texte est plus facile que d'en retenir la lettre, etc.
3. Métaconnaissances sur les stratégies : Ces connaissances, particulièrement importantes pour l'apprentissage et le développement de l'autonomie, portent sur les manières les plus efficaces de mener une activité à son but : savoir comment on fait pour apprendre une leçon, comment on fait un résumé, comment on « navigue » dans l'espace de résolution d'un problème, etc.
4. Métaconnaissances sur l'interaction entre les trois précédentes.

L'aspect procédural de la métacognition concerne les facultés du sujet à contrôler et à réguler son activité, par exemple lorsqu'il résout un problème. Pour J. H. Flavell, la surveillance de l'activité s'exerce à travers des expériences métacognitives qui sont des prises de conscience du sujet sur son déroulement. Parmi les processus spécifiques qui permettent la gestion métacognitive d'une tâche, ont été repérées suivant un schéma chronologique :

- I. les opérations d'anticipation : planification et prévision,
- II. les opérations d'évaluation et de régulation : autoguidage,
- III. les opérations d'évaluation terminale des résultats obtenus.

Ce contrôle interne est un moyen de se guider seul et d'être autonome dans la gestion de ses apprentissages.

La saga Logo

Deux idées directrices initiales guident S. Papert lors de sa conception d'un micromonde basé sur un langage de programmation à destination des enfants, Logo :

1. Une loi qu'il considère comme fondamentale pour l'apprentissage : « N'importe quelle notion est facile à acquérir dès l'instant où l'on peut la rapprocher de modèles assimilés. »⁵⁹
2. Une adhésion au constructivisme piagétien à travers ce qu'il considère comme un exercice d'épistémologie génétique appliquée (la conception et l'utilisation de Logo): « Les lois de l'apprentissage doivent mettre en lumière comment les structures intellectuelles s'élaborent l'une à partir de l'autre et comment, elles acquièrent leur forme, à la fois logique et émotionnelle. »⁶⁰

Ancrage théorique

A y regarder de plus près, les conceptions de S. Papert ne recourent pas à celles de J. Piaget qu'en partie. Ce dernier préconise une construction des connaissances chez un sujet par un double mécanisme d'assimilation et d'accommodation alors que S. Papert ne met l'accent que sur le premier.

L'assimilation consiste à intégrer une nouvelle situation à un ensemble de situations auxquelles une conduite est déjà appliquée. Cette conception se rapproche de la théorie des schémas en psychologie cognitive.

Cependant devant une situation trop nouvelle ou plus difficile, il va devoir être nécessaire de modifier les instruments intellectuels dont nous disposons, les schémas (ou schèmes si nous utilisons le vocabulaire piagétien) ou même d'en construire de nouveaux. D'après J. Piaget, le développement des capacités cognitives et des connaissances d'une personne est lié aux processus d'assimilation et d'accommodation. On assiste à une évolution qui permet à l'individu d'accroître son pouvoir sur l'environnement. Cela lui permet le passage d'un état de moindre connaissance à un état de connaissances supérieure ou d'un certain état d'équilibre à un autre qui lui est supérieur. Ce pro-

⁵⁹ op. cit.S. : Papert (1981)

⁶⁰ op. cit.S. : Papert (1981)

cessus que J. Piaget nomme équilibration, constitue pour ce dernier le principal facteur qui explique le développement de l'intelligence.

A la suite de Gaston Bachelard⁶¹ citant F. Nietzsche « Tout ce qui est décisif ne naît que malgré. C'est aussi vrai dans le monde de la pensée que dans celui de l'action » et de Jean Piaget, s'est développé à partir des années soixante-dix le courant constructiviste des didactiques, en particulier celui des didactiques des mathématiques et des sciences. La situation-problème est devenue un standard des situations d'enseignement-apprentissage pour l'abord de notions nouvelles. Avec ses propositions de la théorie des situations en didactique des mathématiques, Guy Brousseau⁶² a été particulièrement actif dans ce domaine. Ses propositions plus structurées s'adaptent mieux aux conditions de l'enseignement en France que celles formulées par S. Papert bien qu'elles aient, en partie, le même « fond de commerce »⁶³ piagétien, G. Brousseau privilégiant le versant accommodation et S. Papert le versant assimilation de la théorie de J. Piaget.

Après cette parenthèse théorique, revenons au développement de Logo.

S. Papert, donc, s'appuie sur la conviction qu'une notion est facile à acquérir dès l'instant où on peut la rapprocher de modèles déjà assimilés. Il commence par examiner ce qu'il sait de ses propres cheminements intellectuels : Dès son plus jeune âge, S. Papert devient expert en engrenages : il prend plaisir à faire tourner les roues dentées qui le composent et à suivre les enchaînements de causes à effets qu'elles provoquent : telle roue tourne dans un sens, donc telle autre doit tourner dans tel autre sens et ainsi de suite... Il affirme que le fait d'avoir tant joué avec des différentiels l'a davantage ouvert aux mathématiques que tout ce qui lui a été enseigné à l'école primaire. En particulier, le modèle des engrenages lui permet de mieux apprendre les tables de multiplication ainsi que les équations à deux inconnues. Les engrenages, en tant qu'« objets pour penser avec », lui servent d'introduction aux systèmes formels. Ils les utilisent pour s'aider à devenir mathématicien.

Ce que les engrenages ne peuvent pas toujours faire, être source d'intérêt pour tous les enfants, l'ordinateur doit pouvoir le faire parce qu'il peut prendre des milliers de formes et servir à des milliers de fonctions. Pour cela, Pa-

⁶¹ Bachelard Gaston (1934), *Le nouvel esprit scientifique*, Presses Universitaires de France, 1934.

Cité dans : Berté Annie (1993), *Mathématique dynamique*, Nathan, coll. Pédagogie, Paris ; Brousseau Guy (1986), *Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques*, Thèse d'état de didactique des mathématiques, Université de Bordeaux 1, IREM.

⁶³ bases théoriques.

pert et son équipe développent un langage qui doit permettre aux enfants - car c'est à eux qu'il s'adresse en priorité - de communiquer avec l'ordinateur. Directement adapté de Lisp, langage phare de l'intelligence artificielle dans les années 70, il le nomme Logo afin de suggérer que ce langage est avant tout figuratif et, en second lieu seulement, quantitatif. En pratiquant Logo, c'est à dire en dessinant par l'intermédiaire d'une « tortue »⁶⁴ qui laisse une trace de son passage soit sur un écran informatique, soit sur le sol, en composant, en communiquant avec l'ordinateur, les enfants doivent acquérir, au-delà du simple jeu, toutes sortes d'acquisitions : ils accèdent aux notions de forme, de changement de forme (exploration des propriétés des figures géométriques) ainsi qu'à celles de processus ou de procédures (acquisition d'aptitudes cognitives). Nous retrouvons là deux arguments pour l'apprentissage précoce de la programmation avec Logo : d'abord, ce langage doit être un outil valable pour l'enseignement et l'apprentissage de toutes sortes de concepts de mathématiques et en particulier de géométrie. En second lieu, en programmant en Logo, les enfants peuvent acquérir d'importantes aptitudes métacognitives telles que : planifier une procédure pour arriver à une solution, diviser un problème en sous-problèmes ou corriger ses propres erreurs, aptitudes qu'ils doivent pouvoir transférer à d'autres situations et, pourquoi pas, dans d'autres disciplines.

Perspectives métacognitives de Logo

Deux thèmes majeurs charpentent son plan de recherche :

- la conviction que les enfants peuvent apprendre à se servir des ordinateurs et de main de maître ;
- la remarque que cet apprentissage peut modifier la façon dont ils aborderont le reste.

Il fait remarquer que notre culture est relativement pauvre en modèles de procédure systématique. Faute de stimulants et de matériaux conduisant à élaborer des modes de pensée puissants et concrets, les enfants sont contraints d'aborder les problèmes de systématisation de manière abstraite et par tâtonnements. L'ordinateur, de par la programmation, est riche de ses méthodes et sa pratique devrait permettre d'y suppléer.

⁶⁴ Le langage Logo ne se réduit pas à un ensemble de procédures graphiques liées au déplacement de la « tortue », mais c'est essentiellement sous cette forme que S. Papert l'a décrit et qu'il s'est répandu dans les pratiques éducatives.

Les modèles informatiques donnent une forme concrète à des domaines de la connaissance qui ont toujours paru intangibles et abstraits. Il en cite volontiers deux :

- apprendre à organiser sa pensée : il cite l'expérience de combinaison de paires de perles de couleurs différentes où il constate le fait que la plupart des enfants ne parviennent pas à effectuer ce travail de façon systématique avant la cinquième ou la sixième année d'école. Cette tâche peut être rapprochée de la programmation par boucles emboîtées. Il formule l'hypothèse que pour un enfant de culture informatique, ce petit jeu serait aussi concret que de marier couteaux et fourchettes en mettant le couvert.
- apprendre comment on apprend : beaucoup d'enfants sont bloqués dans l'acte d'apprendre parce que, pour eux, quand on apprend, c'est tout ou rien. On a compris ou pas. Mais quand on essaie de programmer un ordinateur, on n'y arrive presque jamais du premier coup. Et apprendre à programmer un ordinateur, c'est devenir habile à déceler où se nichent les erreurs et à y remédier. Ce pouvoir de l'ordinateur de modifier notre vision manichéenne de la réussite et de l'échec, est l'un des exemples d'usage possible de l'ordinateur comme « objet-pour-penser-avec ».

Nous retrouvons le thème récurrent de l'enfant épistémologue et les préoccupations du courant de la métacognition.

Aux craintes de voir l'enfant adopter l'ordinateur comme modèle et d'adopter lui-même une pensée mécanique, il répond que, par la pratique de Logo, le sujet devient conscient de ce que peut, de ce qu'est la pensée mécanique et de ses limites. Programmer la Tortue exige que l'on réfléchisse d'abord sur la façon dont on ferait soi-même ce qu'on désire lui faire faire et qu'ensuite on tienne compte des possibilités de l'ordinateur pour la réalisation effective.

Cette stratégie qui consiste à partir du familier pour accéder à l'inconnu, permet de rencontrer quelques idées générales comme le plan d'exécution d'un projet ou la correction des erreurs.

L'organisation d'un projet

La géométrie Tortue a d'abord été construite pour que les enfants puissent lui trouver du sens, qu'ils voient en elle quelque chose qui s'accorde avec eux et soit en résonance avec leur perception de ce qui est important. S. Papert la définit comme une forme d'apprentissage *syntone* opposé à l'apprentissage dissocié. La géométrie Tortue s'apprend parce qu'elle est syntone. Elle offre un appui pour d'autres apprentissages parce qu'elle amène à utiliser de manière consciente et délibérée des stratégies d'apprentissage et des méthodes face aux problèmes rencontrés.

S. Papert se rapproche de Georges Polya, mathématicien américain, qui avance l'idée qu'on devrait enseigner les grandes lignes des principales façons d'aborder un problème, par exemple , en se demandant :

- si le problème peut se diviser en problèmes plus simples. Ce procédé est à rapprocher de l'analyse descendante en programmation structurée (dont Logo est l'un des langages représentatifs) associée à la notion de procédure. Par exemple, le programme MAISON peut être décomposé en procédures CARRE pour la représentation des murs et TRIANGLE pour le toit.
- si le problème peut se rapprocher d'un autre déjà résolu : Si l'on veut faire tracer un cercle à une Tortue, le moyen de s'en sortir est justement de rapprocher ce problème d'un autre similaire mais dont la solution est parfaitement connue : celui de décrire un cercle en marchant.

La correction des erreurs

S. Papert constate que les enfants opposent parfois une résistance délibérée à la recherche de "ce qui cloche" dans leur manière de s'y prendre. Au lieu de rechercher où "ça coince", l'enfant recommence tout. Parfois il renonce. Quand il s'entête, il reprend ses essais avec une persévérance admirable, mais à chaque fois il repart de zéro, et toujours, apparemment, dans l'espoir d' « avoir bon » du premier coup. C'est bien compréhensible, l'éthique scolaire a trop bien nettoyé la place, là où nous voyons un bon programme avec tout juste un petit défaut, l'enfant voit du faux, du mauvais, du nul. L'école enseigne que les fautes sont un mal. Résultat : elles sont un repoussoir, et l'idée ne viendrait pas de les regarder de près, de leur accorder un peu de réflexion. L'expérience de la programmation, plus que toute autre activité, amène les enfants à croire en cette philosophie.

En milieu Logo, les enfants comprennent que l'enseignant lui-même est toujours en train d'apprendre et que chacun de nous apprend par ses erreurs.

Le transfert des compétences

Ces stratégies que l'enfant met en œuvre dans la programmation sont-elles transférables lors de la pratique d'autres activités. S. Papert le suggère en citant quelques exemples :

Il relate l'expérience de Jenny (treize ans) :

« Maintenant, je sais pourquoi il y a des noms et des verbes ! », s'exclame t'elle. En essayant de faire réaliser des poèmes à son ordinateur, elle s'est retrouvée en train de classer elle-même les mots en catégories, parce qu'elle avait besoin de le faire pour poursuivre son objectif. Elle avait saisi là quelque chose de profond et chargé de signification. Elle n'avait pas seulement com-

pris la grammaire, elle avait plus encore modifié son rapport avec cette discipline. La grammaire était désormais sienne.

Nous retrouvons là un phénomène d'appropriation, de dévolution chère à G. Brousseau, remarquée dans le cadre de l'apprentissage (non provoqué) de la grammaire.

S. Papert décrit aussi l'apprentissage de la marche avec échasses de Michaël et Paul.

Michaël, c'est le costaud athlétique, pas très bon en classe, incapable d'écrire des programmes informatiques autres que linéaires. Paul, plus frêle, réussit bien à l'école et est capable de prouesses en programmation structurée. Placés tous les deux devant le même défi, apprendre à utiliser des échasses, Michaël y parvient, mais bien après Paul qui s'était construit mentalement un programme d'apprentissage modulaire pour lequel les causes d'échecs étaient bien plus faciles à repérer et à corriger. S. Papert pense que l'analogie de l'approche de Paul avec la programmation structurée est évidente et qu'il y eut transfert de cette activité à la marche avec échasses.

S. Papert décrit encore par le menu comment apprendre à jongler en utilisant un « pseudo-langage » proche du Logo. Il énonce un ensemble de procédures correspondant chacune à des actions élémentaires de l'art du jonglage. Pour lui, il est hors de doute que cette stratégie est très efficace, car elle facilite à l'extrême le dépistage des causes d'échec et leur élimination. Il n'hésite d'ailleurs pas à généraliser en proclamant que ce qui peut être fondamental pour l'intelligence humaine, comme pour l'intelligence artificielle, c'est le principe de modularité épistémologique. On a longuement débattu sur la question de savoir si la machine idéale, en matière d'intelligence artificielle, serait analogique ou numérique, et si le cerveau lui-même est analogique ou numérique. L'important, pour lui, n'est pas de savoir si le cerveau ou l'ordinateur fonctionne en discontinu, mais si les connaissances peuvent être modularisées. Il précise que le savoir est plus facile à transmettre, à assimiler et à reconstruire quand il peut être fractionné en « petites bouchées intelligibles ».

Les études de cas proposées par S. Papert sont séduisantes et mobilisatrices mais les expérimentations ultérieures de Logo ne permettent pas toujours de confirmer ses hypothèses.

Nous reprendrons ici un certain nombre de constats pertinents publiés dans un ouvrage de synthèse sur les expérimentations Logo dirigé par Jean-Luc Gurtner et Jean Retschitzky⁶⁵ en 1991.

⁶⁵ Gurtner Jean-Luc, Retschiski Jean (éds) (1991), *Logo et apprentissages*, Delachaux & Niestlé, Neuchâtel-Paris.

Expérimentations Logo

- Brigitte Denis⁶⁶ s'interroge sur les objectifs atteints par les apprenants à la suite des expériences LOGO : dans l'environnement Logo, les apprenants mettent en oeuvre des procédures de résolution de problème : ils décomposent leurs projets, formulent des hypothèses sur la manière de les réaliser, prédisent le résultat de leur action et les évaluent.

Mise en oeuvre de procédures de résolution de problèmes, coopération entre apprenants, ces comportements observés dans l'environnement Logo sont-ils transférables à d'autres situations ? Pas forcément, répond-elle. En effet, les résultats des recherches sur le transfert des capacités cognitives ont montré qu'il faut envisager cette possibilité avec prudence. Il est possible que les utilisateurs de Logo apprennent à résoudre des problèmes et que cette capacité s'actualise dans d'autres situations que Logo, mais ceci n'est qu'une hypothèse et elle n'est pas aisée à vérifier. Elle souligne, en outre, la difficulté de concevoir une épreuve qui mesurerait un éventuel transfert des conduites apprises en milieu Logo et rappelle que des individus ayant un stade de développement élevé, ne mettent pas forcément en oeuvre des stratégies de ce niveau.

- Lieven Verschaffel, Erik De Corte et Hilde Schrooten⁶⁷ auteurs font remarquer l'importance d'un quota minimum d'heures de pratiques en Logo. A leur avis, cinquante à soixante heures semblent être nécessaires. De plus il semble préférable que les différentes sessions Logo se suivent de près afin de ne pas consacrer trop de temps au rafraîchissement de ce que les élèves ont appris dans les sessions précédentes.

Dans la conclusion de leur article, Lieven Verschaffel, Erik de Corte et Hilde Schrooten semblent plus optimistes. : L'aptitude de la programmation peut-il avoir un impact sur les aptitudes cognitives des élèves de l'école élémentaire ? Sur la base d'études, certaines anciennes, d'autres plus récentes, ils estiment pouvoir donner une réponse modérée mais positive à cette question. Les résultats suggèrent en effet que l'apprentissage de la programmation en Logo peut aboutir à un transfert d'aptitudes cognitives générales à condition que l'initiation à Logo soit conduite dans un environnement didactique vigoureux et axé spécifiquement sur l'acquisition et le

⁶⁶ Denis Brigitte, « Peut-on évaluer les effets de Logo ? » in Gurtner Jean-Luc, Retschiski Jean (éds) (1991), op.cit...

⁶⁷ Verschaffel Lieven, De Corte Erik et Schrooten Hilde, « Transfert des stratégies cognitives par un système didactique basé sur Logo » in Gurtner Jean-Luc, Retschiski Jean (éds) (1991), op.cit..

transfert d'aptitudes cognitives. Même alors, les transferts obtenus sont principalement des transferts proches et spécifiques.

- Alex Blanchet⁶⁸ rappelle que les initiateurs de Logo ont nourri l'espoir que le travail de programmation allait permettre aux enfants de prendre conscience de leur manière de penser et les inciter à une réflexion sur leurs démarches cognitives.

Pour que le travail de programmation puisse avoir de tels effets, il propose deux conditions nécessaires :

1. La décomposition des figures imposées par la programmation doit correspondre à l'analyse que l'enfant peut faire dans des conditions naturelles, quand il se déplace dans l'espace : en décomposant les figures pour élaborer un programme, l'enfant se rend compte de sa propre manière de faire. Pour cela, il faut qu'entre les primitives de la tortue et les primitives spatiales utilisées par l'enfant, existent des correspondances étroites. Or, celles-ci sont loin d'être évidentes.
2. Quand ce n'est pas le cas, l'enfant se rend compte des différences qui distinguent sa propre manière d'organiser le travail de celle de la machine. Pour être mis en correspondance, il faut que ces styles soient suffisamment proches. Sinon, la programmation est simplement vue comme une manière particulière de travailler, plutôt rébarbative, ressemblant davantage à un exercice de mathématique imposé plutôt qu'à une manière naturelle de travailler.

Les auteurs précités ainsi que d'autres permettent de mettre en évidence un certain nombre de conditions favorables à une expérience Logo réussie.

Situations d'enseignement-apprentissage et Logo

Une des questions qui se pose est de savoir quels sont les types d'environnements pédagogiques, ou en d'autres termes, quelles sont les situations d'enseignement-apprentissage les plus propices à l'atteinte des objectifs visés par la pratique d'ateliers Logo.

T. Lemerise⁶⁹ propose trois types de projets, d'efficacité croissante :

⁶⁸ Blanchet Alex, « Pour un développement des objectifs métacognitifs de Logo », in Gurtner Jean-Luc, Retschiski Jean (éds) (1991), op.cit.

⁶⁹ Lemerise Tamara, « Projets libres, projets orientés ou projets structurés : contributions à la promotion et à l'évaluation d'habiletés spécifiques en Logo ? » in Gurtner Jean-Luc, Retschiski Jean (éds) (1991), op.cit.

- **Les projets libres** : Ils sont inspirés directement de la pratique de S. Papert. Les projets sont choisis par les enfants eux-mêmes en fonction de leurs idées. Les interventions du maître sont limitées aux demandes de l'enfant. En fin de projet, à un mini-sondage sur les apports de Logo, près de la moitié des élèves répondent : "Je ne sais pas" ou bien "Je n'ai rien appris". Ces propos traduisent, à leur façon, la perception suivante : quand il n'y a pas d'enseignement même au sens large, il n'y a pas d'apprentissage. Les réponses du type "je ne sais pas" rappellent que tout apprentissage centré sur l'action doit être accompagné d'un apprentissage ou d'un travail conceptuel habilitant les enfants à traduire en mots leur nouvelle compétence au niveau de l'action.
- **Les projets orientés** : Les critiques relatives à l'environnement précédent l'amène à proposer des objectifs concrets telle la création d'un damier ou d'un clavier de piano. Les enfants sont très réceptifs aux propositions mais T. Lemerise note que les enfants connaissant mal le b.a.-ba des caractéristiques procédurales, cela les limite grandement dans leur possibilité d'utilisation et d'organisation des procédures. Ce second environnement fait clairement ressortir que certaines habiletés élémentaires doivent être maîtrisées préalablement à toute utilisation de la procédure dans la résolution de tâches présentant un grain de complexité.
- **Les projets structurés** : Les projets proposés sont conçus de manière à favoriser la compréhension et la mémorisation d'un ou plusieurs concepts bien définis. Le résultat est que tous les enfants impliqués dans ce type de projet ont acquis des compétences de base en habileté procédurale comme définir, modifier, transformer, exporter et organiser des procédures.

Il est à noter que seul le cadre des projets structurés permet d'atteindre les objectifs visés par la pratique du Logo. L'avis de T. Lemerise rejoint celui formulé précédemment par L. Verschafflen, E. De Corte et H. Schrooten qui font part de la nécessité de conduire des actions Logo dans un environnement didactique vigoureux.

O. De Marcellus⁷⁰ partage cette opinion dans la mesure où il propose lui aussi des projets structurés aux élèves, mais des projets d'envergure comme la réalisation complète d'un jeu. Ces projets s'inscrivent, cette fois, non pas dans le cadre de projets individuels, mais dans celui de projets de classe. Son expérience pratique lui permet de proposer un vade-mecum du « bon » animateur Logo. Pour O. De Marcellus, il doit :

⁷⁰ De Marcellus Olivier, « Pédagogie active et projets de classe en Logowriter » in Gurtner Jean-Luc, Retschiski Jean (éds) (1991), op.cit..

Micromondes et métacognition

- Avoir des choses vraiment alléchantes à proposer (de vraies productions, c'est à dire perçues comme telles par les élèves). Cela rejoint les propositions de S. Papert dans le cadre socio-cognitif.
- Disposer d'un plan du micro-monde en question qui mène facilement d'une chose à l'autre (scénarios).
- Savoir clairement, dans chaque situation, ce qu'il va apporter et ce qu'il va demander aux élèves de fournir (scénarios et cahier d'élève).
- Savoir contrôler après coup ce que les élèves ont vraiment amené, ce qu'ils ont à peu près compris, ou si on leur a tout soufflé.
- Pouvoir prendre suffisamment de recul par rapport à la réalisation technique pour pouvoir faire réfléchir les élèves sur comment le projet fonctionne, relever le sens plus général des mécanismes expérimentés par rapport à l'informatique, leur faire prendre conscience de certaines démarches et concepts intellectuels, ce qui est l'objet de la métacognition.

Ces propositions s'éloignent de celles formulées initialement par S. Papert, à la suite de J. Piaget, mais les évaluations des apports de la programmation Logo, sous forme d'observations cliniques ou d'analyses statistiques, montrent qu'elles sont plus efficaces et permettent de mieux s'approcher des objectifs fixés, tant dans le domaine de la connaissance des mathématiques que dans celui des compétences métacognitives.

Une formule d'Olivier de Marcellus permet de résumer la situation : « Est-ce que Logo marche ? Nous constatons que oui, il marche si on lui donne des jambes pédagogiques ».

Les logiciels de géométrie dynamique

Les logiciels de géométrie dynamiques permettent de construire des figures de géométrie plane ou de géométrie dans l'espace sur un écran d'ordinateur. Un certain nombre d'outils accessibles dans un menu, sous forme textuelle, ou dans une barre d'icônes, sous forme graphique permettent l'inscription de concepts géométriques simples ou composés : point, segment de droite, droite, cercle, etc. et la construction ou la modification de figures géométriques par l'usage de méthodes : joindre, faire passer par, nommer, déplacer, etc. Par inscription, il faut entendre représentation physique sur l'écran de la même manière que l'article, le mémoire ou la thèse représentent des inscriptions des conceptions d'un universitaire.

L'ensemble des concepts et des méthodes disponibles dans un logiciel de géométrie plane constitue le micromonde associé au logiciel.

Le vocabulaire diffère suivant les auteurs. Colette Laborde (& al)⁷¹, impliqués dans le développement et la recherche autour du logiciel Cabri, proposent les termes suivants : Pour clarifier le vocabulaire, ils ont décidé d'appeler objet géométrique un objet de la théorie et dessin une trace matérielle représentant cet objet. Ils soulignent qu'un même objet géométrique peut donner lieu à une infinité de dessins obtenus en faisant varier les variables considérées comme non pertinentes pour le problème à résoudre. Ainsi, la géométrie euclidienne enseignée vise à démontrer des théorèmes vrais quelle que soit la "taille" des dessins attachés à l'objet qu'ils représentent .

Logiciels de géométrie dynamique plane

En France, parmi les quatre logiciels de géométrie plane dont l'usage est préconisé par le Ministère de l'Éducation Nationale, Martine Amiot⁷² distingue deux catégories :

⁷¹ Laborde Colette, Chaachoua Hamid (1997), *Dessin, figure en géométrie et interface dans Cabri-géomètre*, EIAH, Laboratoire Leipzig, Grenoble, <http://www-cabri.imag.fr/EIAH/Recherche/Theme2.html>

⁷² Amiot Martine (1998), *Comparaison des logiciels de géométrie plane*, GRIM , IUFM Créteil, <http://sancerre.ac-idf.jussieu.fr/~maths/compa.htm>

1. Ceux qui permettent la création d'objets géométriques directement pour lesquels il est possible de poser des points sur l'écran d'un clic de souris, sans avoir besoin de les nommer préalablement. Les constructions à partir des objets de base se font en sélectionnant ces objets sur l'écran, dans la barre d'outils : Atelier de géométrie 2.0⁷³, Cabri II⁷⁴ et Calques 2⁷⁵.

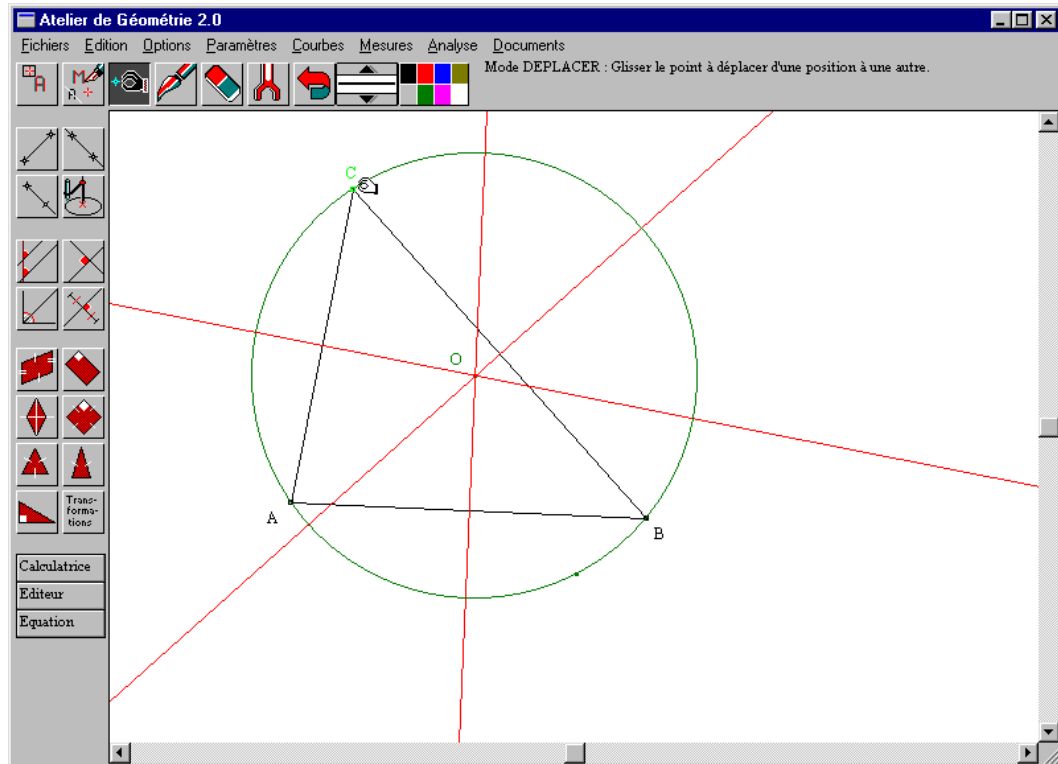


Figure 11 : Figure créée avec l'Atelier de géométrie 2.0

2. Celui pour lequel les points doivent être nommés au moment de leur création et pour lequel il est impossible de créer un objet utilisant des points non créés auparavant. Chaque objet doit être nommé : cette contrainte apporte rigueur et clarté dans leur gestion, mais induit aussi une certaine lourdeur : GéoplanW⁷⁶.

⁷³ TLC Edusoft - 132 bd Camélinat - 92247 MALAKOFF cedex

⁷⁴ Texas Instruments - service Cabri - BP 67 - 78141 VELIZY- VILLACOUBLAY cedex

⁷⁵ TOPIQUES Editions - 24 rue du 26ème B.C.P. - 54700 PONT A MOUSSON

⁷⁶ CRDP de Champagne Ardennes - 47 rue St-Simon - 51100 REIMS

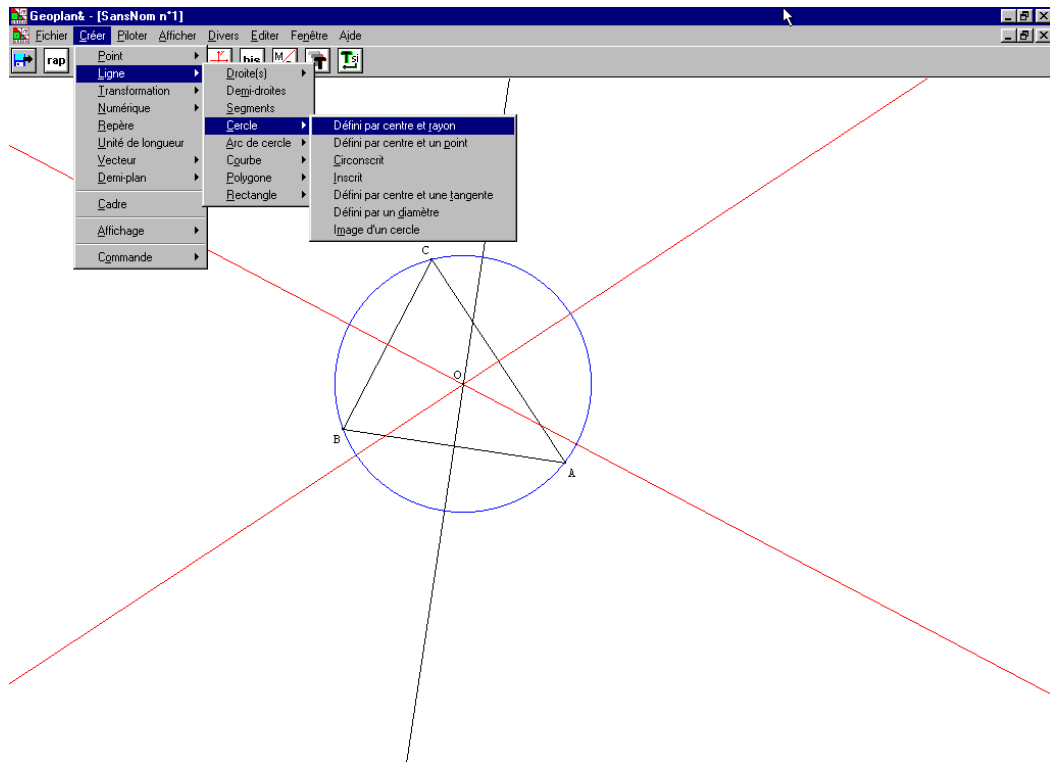


Figure 12 : Figure créée avec GéoplanW

Le développement de ces logiciels suscite de nombreuses recherches tant en informatique, qu'en didactique des mathématiques. L'équipe EIAH du Laboratoire Leibniz de Grenoble qui développe les différentes versions du logiciel Cabri est particulièrement active dans ce domaine.

Le projet Cabri-géomètre

Jean-Marie Laborde⁷⁷, à l'origine du projet dès les années quatre-vingts, nous en livre les grandes lignes : « Si le projet Cabri, d'un Cahier de Brouillon Informatique pour la théorie des graphes est né au début des années 80, au sein d'un groupe de théoriciens des graphes (Benzaken, Bouchet, Chein, Habib, Laborde,...) le démarrage à Grenoble de sa variante géométrique remonte au milieu des mêmes années, pour n'arriver qu'aujourd'hui à maturité. Ce qui montre que la constante de temps de projets de ce type est relativement grande. Le projet Cabri-géomètre a été renouvelé comme projet IMAG en 1994 et a vu en 1996 la commercialisation à grande échelle de la première

⁷⁷ Laborde Jean-Marie (& al) (1997), *Projet Cabri-géomètre : conception et réalisation de micromondes de manipulation directe d'objets abstraits*, EIAH, Laboratoire Leipzig, Grenoble, <http://www-cabri.imag.fr/EIAH/Recherche/Theme1.html>

calculatrice géométrique : la TI-92™, embarquant une version quasi complète de Cabri-géomètre. Cette intégration d'un logiciel d'origine académique (CNRS, UJF) dans un produit commercial de grande diffusion nous paraît d'une certaine importance quand nous faisons le décompte du nombre d'élèves et d'enseignants dont les pratiques en géométrie sont ou vont être profondément changées. De quelque centaine de milliers d'utilisateurs du logiciel sur ordinateur on passe à plusieurs millions, pour la version calculatrice de Cabri II.

Aujourd'hui le projet Cabri s'organise autour de plusieurs actions dont principalement, une réflexion sur l'évolution de Cabri pour la prise en compte explicite d'une plus grande partie des mathématiques, le projet d'un Cabri-géomètre intégrant explicitement la troisième dimension, le renouveau des recherches de type "Graph Drawing" autour de Cabri-graphs, et enfin les aspects communication inter-applications. »

Colette Laborde⁷⁸ se préoccupe de l'aspect didactique du développement du logiciel et l'exprime en ces termes : « L'enseignement usuel de la géométrie ignore les rapports entre objet géométrique et dessin en passant sous silence la distinction entre les deux, ou en faisant comme si un lien naturel les unissait. Il néglige la possibilité d'une lecture spatiale du dessin et ne considère que sa seule lecture géométrique, il méconnaît l'existence d'un processus d'interprétation d'un dessin : l'évidence perceptive y est naturellement et immédiatement interprétée en termes géométriques.

L'apparition de l'ordinateur et de logiciels de géométrie donne une nouvelle dimension aux rapports entre dessins et objets de la théorie. Ces logiciels ne fournissent pas seulement un dessin mais un ensemble de dessins à partir de la spécification d'un objet. De plus un dessin sur l'écran de l'ordinateur est le résultat d'un processus de communication avec le dispositif informatique. Un dessin n'est plus seulement une trace matérielle mais le processus qui donne lieu à la trace.

Nous faisons l'hypothèse que le rapport de l'élève à la géométrie s'en trouve modifié et que ce nouveau type de rapport peut être utilisé à des fins d'apprentissage de la géométrie. En particulier, il est fait l'hypothèse que l'apprentissage de la géométrie consiste en ses débuts à apprendre aux élèves, à contrôler les relations entre visuel et géométrique, à interpréter un dessin en termes géométriques, à associer un dessin à une ou des propriétés géométriques.

L'environnement Cabri-géomètre offre des possibilités d'organisation d'un milieu pour l'apprentissage de ce contrôle pour trois raisons :

⁷⁸ Laborde C. (& al) (1997), op. cit.

1. les phénomènes visuels prennent de l'importance de par la dimension dynamique du Cabri-dessin ;
2. ces phénomènes sont contrôlés par la théorie puisqu'ils sont le résultat d'une modélisation graphique d'un modèle analytique de propriétés géométriques ;
3. les possibilités sans fin de situations géométriques qui peuvent être visualisées avec un grand nombre d'objets et de façon précise.

Sur ce thème, deux études ont été entreprises, l'une en géométrie plane, l'autre en géométrie dans l'espace.

En géométrie plane, on cherche à identifier les processus en jeu dans les multiples aller et retours entre dessin et théorie dans la résolution d'un problème de géométrie par des élèves de collège, en particulier dans l'environnement Cabri-géomètre. Cet environnement offre un modèle de la géométrie dans lequel l'élève peut se livrer à des activités de conjecture et recevoir des rétroactions du logiciel qu'il interprète en fonction de ses connaissances. Il se livre à une véritable expérimentation sur le dessin dynamique tracé à l'écran, de façon à repérer des propriétés géométriques sous-jacentes au dessin. Les observations d'élèves ont montré que les élèves n'utilisent pas tous les types d'expérimentation possibles et qu'un apprentissage est nécessaire pour que les élèves sachent utiliser au mieux les possibilités d'expérimentation dans l'environnement. Un objectif des recherches est de déterminer les caractéristiques des situations qui permettent un tel apprentissage.

Les caractéristiques des problèmes à poser aux élèves jouent en effet un rôle crucial : ces problèmes doivent en particulier rendre coûteux les procédés empiriques et au contraire rendre efficace le recours aux savoirs géométriques. Le rôle joué par la reconnaissance visuelle d'invariants géométriques dans l'évolution de la solution a été confirmé par les premières expérimentations avec des élèves. Cette dimension visuelle est négligée par l'enseignement, elle peut être favorisée par les possibilités graphiques des ordinateurs. D'où l'importance de l'étude des processus cognitifs à l'oeuvre dans le passage du domaine spatio-graphique (dessin) au géométrique. »

Dans son texte, C. Laborde souligne que « l'étude des processus cognitifs en jeu dans les allers et retours entre dessin et géométrie a fait apparaître une catégorie non attendue d'invariants construits par les élèves dans la résolution de problèmes avec Cabri-géomètre, des invariants combinant de façon indissociable des invariants de type spatio-graphique et des invariants de type géométrique. ». D'après l'auteur, cette nouvelle catégorie d'invariants jouerait un rôle intermédiaire dans l'apprentissage de la géométrie au sens où l'on pourrait s'appuyer sur elle pour faire passer l'élève au plan théorique. Nous pouvons regretter que, du fait de la nature synthétique de l'article, l'auteur ne propose pas de cas d'espèce pour illustrer son propos.

Un projet de développement de Cabri, Cabri-Euclide, conduit par Nicolas Balacheff et Vanda Luengo⁷⁹, associe le logiciel de dessin dynamique à un environnement informatique d'aide à la démonstration qui, contrairement à d'autres logiciels du même type, est sensé laisser une certaine marge de manœuvre à son utilisateur.

La résolution d'un problème mathématique est rarement le résultat de la mise en oeuvre d'un processus linéaire permettant d'articuler entre eux théorèmes et hypothèses propres au problème pour produire une démonstration. Au contraire, elle apparaît comme le résultat d'un processus dans lequel sont élaborées dans une étroite interaction, des conjectures, des tentatives de preuve et des réfutations. C'est cette dialectique qui fournit les éléments nécessaires à l'élaboration d'une démonstration et permet à l'élève la construction d'une signification pour les contenus mathématiques qu'il manipule. Pourtant, les environnements d'apprentissage dédiés à la démonstration en mathématiques, qui constituent l'état de l'art, mettent en oeuvre une conception revenant à assimiler la résolution d'un problème au déroulement logique d'une démonstration.

Pour un problème de géométrie donné, l'élève peut construire la figure correspondante dans Cabri-géomètre et produire les énoncés qu'il souhaite dans le micromonde de preuve. Euclide analyse la structure de l'ensemble des énoncés et diagnostique s'il a ou non la structure d'une démonstration relativement à un énoncé donné comme conclusion, il peut évaluer un énoncé dans le cadre de la figure construite dans Cabri-géomètre et éventuellement le réfuter en produisant le dessin d'un contre-exemple. Il est à noter que les compétences de cet agent rationnel sont limitées à l'analyse de raisonnements directs simples (excluant donc, dans cette première approche, le raisonnement par l'absurde, par cas, ou par récurrence).

En tenant compte des enseignements des expériences Logo et des projets Cabri, en particulier en étant conscient :

- de la difficulté des transferts décontextualisés, d'une activité à une autre, d'une discipline à une autre, mais en constatant que ces transferts existent, par analogie, par la construction ou l'utilisation d'un schéma d'action,
- de la non-linéarité de la recherche de solution d'un problème, Le parcours de l'espace de solution, de l'énoncé à la solution finale étant bien souvent erratique,

⁷⁹ Balacheff Nicolas, Luengo Vanda, *Cabri-Euclide, un micomonde de preuve sur Cabri-géomètre*, EIAH, Laboratoire Leipzig, Grenoble,
<http://www-cabri.imag.fr/EIAH/Recherche/CabriEuclide.html>

Micromondes et métacognition

nous proposons l'étude d'une autre forme de micromonde, celles des hypertextes où, sous le contrôle de médiateurs experts, des élèves ou des étudiants construisent une base de donnée disciplinaire tout en réalisant eux-mêmes les liens entre les différents concepts ou notions de la discipline concernée.

C'est dans cet esprit que nous élaborons le projet GéoWeb.

Le projet GéoWeb et les actions antérieures

Le projet GéoWeb s'inscrit dans une succession d'expérimentations pédagogiques de construction d'hypermédiats par des élèves de collège⁸⁰. Ces actions, réalisées entre 1996 et 1999, se sont développées dans deux champs disciplinaires : celui des Sciences de la Vie et de la Terre par la réalisation des projets HyperSanté ainsi que celui de la géométrie plane par le développement des bases de données HyperGéo.

La version 1996 d'HyperGéo a été associée à des travaux de recherches universitaires personnels en didactique des mathématiques⁸¹ et en ingénierie didactique centrée autour de réalisations informatiques⁸².

HyperSanté

Les actions HyperSanté financées par des moyens académiques départementaux⁸³ entre 1997 et 1999 ont permis à des élèves de cinquième et de quatrième de collège de réaliser un hypermédia sur les problèmes liés à la santé. Les objectifs pédagogiques de ces actions étaient centrés sur le développement de compétences disciplinaires en français, en SVT, en informatique et en recherche documentaire :

- en français : lecture et analyse de textes scientifiques, synthèse, écriture de rubriques ;
- en SVT : développement des connaissances sur les problèmes liés aux maladies, sur le corps humain, sur la nature et les conséquences des pollutions ainsi que de la consommation de produits toxiques ;

⁸⁰ Elèves du collège Victor Hugo de Harnes, dans l'ex-bassin minier du Pas-de-Calais, établissement classé en Zone d'Education Prioritaire (ZEP).

⁸¹ Chevalier Jean-Michel (1996), *La démonstration de géométrie au collège. Repères méthodologiques, expérimentation, évaluation*, Maîtrise de Sciences de l'Education, Unité de Didactique des Mathématiques, Université de Lille 3.

⁸² Chevalier Jean-Michel (1996), *Ateliers de mathématique et d'informatique au collège*, Maîtrise de Sciences de l'Education, Mémoire, Université de Lille 3.

⁸³ Projets d'Action Contractualisée, projets ZEP.

- en informatique : utilisation de logiciels de traitement de texte, de logiciel de dessin *bitmap*, techniques de numérisation ;
- en recherche documentaire : contact avec les professionnels de la santé, utilisation d'encyclopédie et d'outils de repérage (index, sommaire, thesaurus, etc.).

De par les interactions entre ces diverses disciplines et de par l'intégration d'éléments provenant de chacune d'elles en un document unique, ces actions HyperSanté ne se limitent pas à des acquisitions purement disciplinaires, elles peuvent être qualifiées d'actions réellement transdisciplinaires en un sens proche de celui émis par Jean-Paul Resweber⁸⁴ pour les recherches-actions. Chacune des activités pratiquées par les élèves dans une discipline sert les autres tout autant qu'elle-même.

Si nous en revenons à la technique hypertextuelle, le réseau construit est essentiellement du type réseau arborescent à niveaux hiérarchiques multiples⁸⁵ composés de liens organisationnels (suivant la typologie proposée par J. Rhéaume⁸⁶) réalisés manuellement.

⁸⁴ Suivant la typologie proposée par J.-P. Resweber :

- l'approche pluridisciplinaire mobilise un ensemble de disciplines ou de savoir-faire indépendamment les unes des autres,
- la démarche interdisciplinaire cherche à dégager des analogies et des isomorphismes,
- le travail transdisciplinaire débouche sur des productions communes qui transcendent les disciplines.

[Resweber Jean-Paul (1995), *La recherche-action*, Presses Universitaires de France, coll. Que sais-je ?, Paris]

⁸⁵ op. cit. (Beaufils 1991)

⁸⁶ op.cit. (Rhéaume 1993)

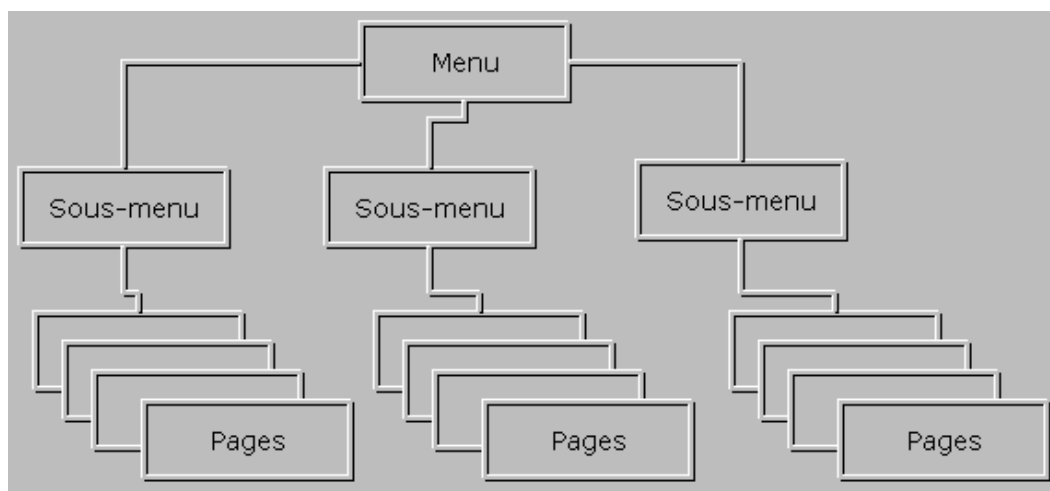


Figure 13 : Schéma structurel d'HyperSanté

Un nœud-père, le menu ou sommaire, donne accès à des nœuds-fils, les *sous-menus* ou *sous-sommaires* qui, eux-mêmes conduisent aux différentes pages d'une rubrique. Les boutons de navigation sur chaque page permettent une plus grande liberté de navigation, par exemple de revenir directement au sommaire, mais la structure d'ensemble reste très proche de celle d'un *ouvrage-papier* traditionnel et de ce fait ce type de document peut être qualifié de livre électronique.

A partir d'un menu initial ou sommaire, l'utilisateur atteint la première page de l'une des rubriques sélectionnées puis en utilisant les boutons de navigation, il peut parcourir les pages voisines (suivantes ou précédentes).

HyperGéo

Le projet GéoWeb s'appuie sur les actions pédagogiques antérieures HyperGéo. Menées entre 1996 et 1999, ces actions⁸⁷. ont bénéficié du soutien de l'institution scolaire par l'attribution de moyens spécifiques.

De par sa conception, le projet Hypergéo 1996 est proche des conceptions d'HyperSanté. L'organisation et les objectifs pédagogiques sont du même ordre. Le document est réalisé sous forme d'un fichier d'aide hypertexte Microsoft Windows. Ces fichiers d'aide sont habituellement utilisés comme notice « en ligne » d'autres logiciels. Hypergéo rassemble des rubriques de géométrie accessibles à partir de mots-clés appartenant soit à un sommaire, soit à d'autres rubriques. L'organisation du réseau hypertextuel est donc double :

⁸⁷ Projets d'Action Contractualisée, Projets ZEP, Projet FAP (Fond d'Aide Pédagogique).

elle comporte à la fois des liens organisationnels (liens issus du sommaire) ainsi que des liens référentiels (liens entre rubriques).

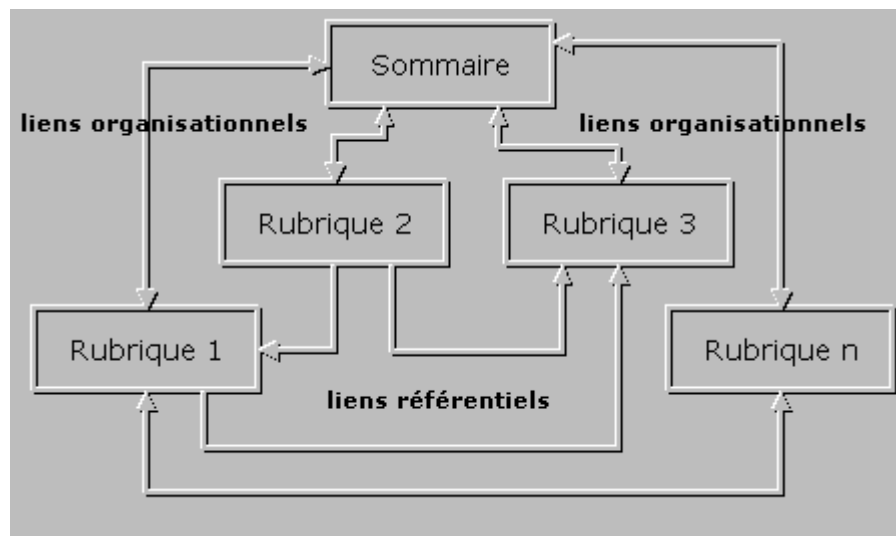


Figure 14 : Schéma structurel d'HyperGéo 96

Sous l'impulsion d'un Inspecteur de l'Éducation Nationale en poste dans la circonscription primaire, la version 1997 sera le fruit d'une collaboration entre enseignants et élèves de l'école primaire et du collège. Par suite de contraintes institutionnelles, les élèves du primaire et du secondaire travailleront séparément et le résultat sera un assemblage des deux parties.

Ce projet ne différera du précédent que dans la forme, suite à l'usage d'un nouveau logiciel de conception d'hypermédias : Hyperpage de la société canadienne LM Soft.

Inspirées par un bref article du Centre Régional de Documentation Pédagogique Midi-Pyrénées de Toulouse⁸⁸, les versions 1998 et 1999 évolueront sensiblement dans leur conception par la prise en compte d'un concept central de la problématique de la didactique des mathématiques : la situation-problème.

Les élèves sont amenés à élaborer ou à compléter des rubriques à partir d'énoncés de problèmes. Les liens établis entre les mots-clés d'un énoncé et les rubriques correspondantes sont associés à une heuristique de recherche de solution du problème. Ainsi, une connaissance explicite (par les élèves) d'un mécanisme de résolution de problème est recherchée. En réalisant des liens et, si nécessaire, en créant ou en complétant des rubriques, les élèves tissent le réseau-espace de solutions associé au problème à résoudre.

⁸⁸ CNDP, CRDP Midi-Pyrénées (1994), « La compréhension d'énoncés » in *Hypertextes-hypermédias. Applications pédagogiques*, Toulouse, p 67.

GéoWeb

Succédant aux actions HyperGéo, GéoWeb est un projet de réalisation d'une base de données hypertexte de géométrie sous la forme d'un site Web par des élèves de collège. Un premier prototype a été réalisé en 1999.

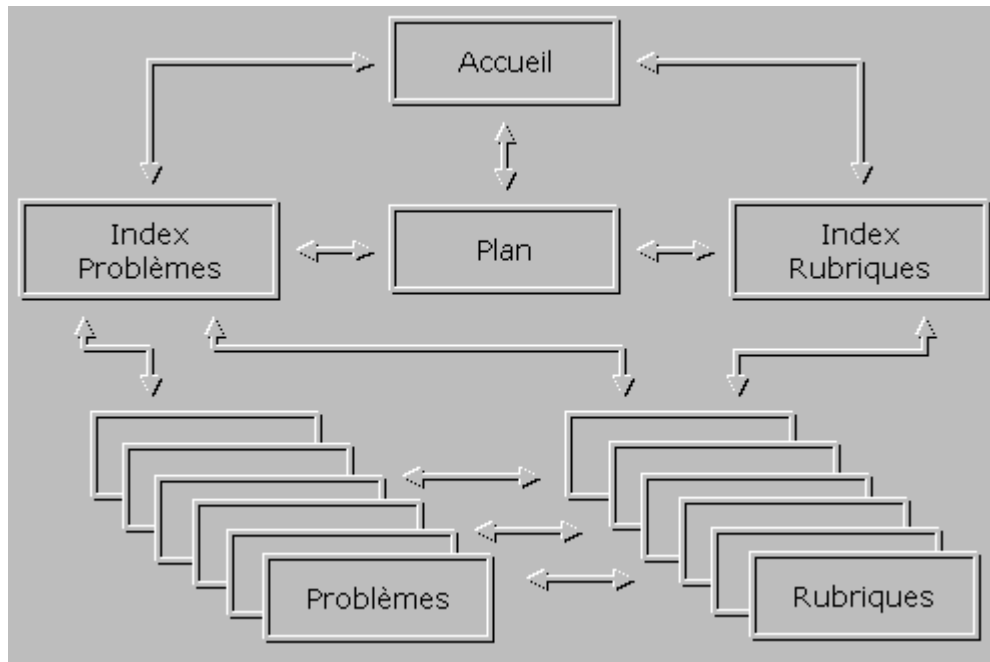


Figure 15 : Schéma structurel de GéoWeb

Nous rappelons les principaux objectifs pédagogiques de ce projet :

- Objectifs disciplinaires : meilleure connaissance des notions de la géométrie et des schémas de démonstration par la construction et l'exploration d'un micromonde, progrès dans l'analyse d'énoncés, utilisation adéquate des connecteurs logiques, développement des compétences liées à l'utilisation des outils des TIC.
- Objectifs transdisciplinaires et métacognitifs : initiation aux techniques de recherche documentaire, connaissance explicite de méthodes de résolution de problème, étude de l'analogie entre la démonstration en mathématique et la rhétorique de l'argumentation.
- Objectifs sociaux : pratique de la coopération par le travail en binômes, développement de l'autonomie : premiers pas vers des pratiques d'autoformation.

Ainsi, ce projet reprend et étend les objectifs pédagogiques des précédents, HyperSanté et HyperGéo. En outre, il ouvre des perspectives vers une coopération étendue inter-établissements d'enseignement par l'usage du réseau Internet.

Micromondes et métacognition

Le scénario et les activités pédagogiques prévues sont synthétisées dans le tableau suivant :

Scénario	Activité papier/crayon	Activité informatique
<p><u>phase 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sélection par binôme d'un énoncé de problème de géométrie dont la solution n'est pas évidente, « qui pose problème ». • Repérage des mots-clés de l'énoncé (termes de la géométrie). • Première tentative de résolution. • Saisie informatique (texte, figure géométrique) 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de manuels, annales d'examen spécialisées. • Rédaction de la fiche de recherche « problème » • Rédaction de la fiche « résolution du problème » 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'un traitement de textes avec correcteur orthographique et grammatical. • Utilisation d'un logiciel de dessin géométrique (vectoriel) • Utilisation d'un logiciel de dessin bitmap pour la conversion des dessins en un format compatible avec le Web (JPEG, GIF)
<p><u>phase 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Recherche documentaire individuelle d'énoncés mathématiques en rapport avec chaque mot-clé sélectionné. • Repérage dans les énoncés de la structure d'inférence (si/alors). Réécriture. • Saisie informatique (texte, figure géométrique) • Saisie informatique de la rubrique 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de manuels, recueils et encyclopédies spécialisées. • Rédaction de la fiche de recherche « rubrique » centrée sur le mot-clé, constituée d'énoncés mathématiques et de figures de géométrie.. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'un traitement de textes avec correcteur orthographique et grammatical. • Utilisation d'un logiciel de dessin géométrique (vectoriel) • Utilisation d'un logiciel de dessin bitmap
<p><u>phase 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mise en commun des travaux effectués. • Nouvelle tentative de résolution du problème 	<ul style="list-style-type: none"> • Rédaction (suite) de la fiche « résolution du problème » 	

Scénario	Activité papier/crayon	Activité informatique
<p><u>phase 4</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Etablissement des liens hypertextes entre les mots-clés de l'énoncé du problème et chaque rubrique. • Repérage des mots-clés dans les énoncés de chaque rubrique. • Prévision/réalisation de nouvelles rubriques (pour les binômes les plus avancés). 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de manuels, recueils et encyclopédies spécialisées. • Rédaction de la fiche de recherche « rubrique » centrée sur le mot-clé, constituée d'énoncés mathématiques et de figures de géométrie.. 	<ul style="list-style-type: none"> • Intégration des textes et images dans des pages HTML (format de page des documents Web) • Etablissement des liens problème/rubriques et rubriques/rubriques.

Ce projet a été très récemment retenu dans le cadre des « Projets de Recherche-Innovation » par l'Institut Universitaire de Formation des Maîtres du Nord-Pas-de-Calais.

Le lecteur trouvera en annexe une copie du projet déposé.