

BERNARD CAPPONI

COLETTE LABORDE

**Cabri-Géomètre, un environnement pour l'apprentissage
de la géométrie élémentaire**

Publications de l'Institut de recherche mathématiques de Rennes, 1991, fascicule S6
« Vième école d'été de didactique des mathématiques et de l'informatique », , p. 220-222

http://www.numdam.org/item?id=PSMIR_1991__S6_220_0

© Département de mathématiques et informatique, université de Rennes,
1991, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la série « Publications mathématiques et informatiques de Rennes » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

THEME 7

Séminaire : "Cabri-Géomètre, un environnement pour l'apprentissage de la géométrie élémentaire"

par Bernard CAPPONI et Colette LABORDE

LSD2-IMAG, Université Joseph Fourier
B.P. 53 X 38041 GRENOBLE Cédex

1. CABRI-GEOMETRE EN TANT QUE CONSTITUANT DU MILIEU

1.1. - La notion de figure géométrique dans l'environnement Cabri

La présentation a porté sur les connaissances représentées à l'interface machine-utilisateur dans le cas de la médiation de la notion de figure par le logiciel Cabri-géomètre. La distinction entre dessin et figure introduite par Parzysz (1988) a été prolongée. La figure est un objet théorique qui joue le rôle de *réfèrent* donnant lieu à des descriptions dans divers langages et à des *dessins* dans un processus de matérialisation dans l'espace graphique. Le dessin est l'entité matérielle tracée sur du papier, du sable ou l'écran de l'ordinateur ou encore en reprenant les termes de Chevallard et Jullien (1991) une *expérience graphique*. Cependant comme dans toute expérience, le dessin donne lieu à des bruits que le mathématicien élimine de façon automatique : épaisseur du trait, imprécision du tracé,... Le travail géométrique porte sur un objet de pensée, un dessin idéalisé infiniment précis pour reprendre les termes de Arsac (1989), objet issu du dessin matérialisé par des opérations de pensée engageant déjà des connaissances géométriques.

D'autre part le dessin ne suffit pas à rendre compte de la figure comme il a déjà été dit plusieurs fois (cf. Duval, 1988) : un énoncé discursif accompagnant le dessin est nécessaire pour caractériser la figure à laquelle le dessin renvoie. En particulier, la variabilité des éléments d'une figure ne peut être exprimée par un dessin, le champ de variation de ces éléments n'est pas non plus explicité dans le dessin.

Les difficultés des élèves liées à cette dualité dessin figure ont été depuis longtemps mises en évidence : elles concernent notamment le passage du dessin matériel au dessin idéalisé, l'attraction perceptive de certains aspects du dessin empêchant une analyse géométrique adaptée à la solution du problème.(cf. en particulier Duval (1988))

Produire des dessins à l'écran de l'ordinateur nécessite un processus de communication avec le dispositif informatique. Ce processus de communication requiert dans certains logiciels une description. C'est le cas par exemple des logiciels de géométrie euclidienne fondés sur des procédures LOGO comme Euclide en France, ou encore Geometric Supposer aux USA ou Cabri-géomètre. Ces logiciels contribuent donc à l'instauration d'un milieu dans lequel la tâche de construction de figures géométriques requiert véritablement une description : produire un dessin à l'écran de l'ordinateur est en fait produire une description. En cela la situation est différente de celle de la géométrie papier crayon où si pour l'enseignant il s'agissait bien de produire une description satisfaisante, pour certains élèves il s'agissait de produire un tracé perceptivement satisfaisant.

Evidemment le type de description requis dépend des primitives du langage de communication et de ce point de vue les logiciels cités plus haut diffèrent. Les primitives de Cabri-géomètre rendent les descriptions dans cet environnement très proches des propriétés de la géométrie euclidienne servant à la construction de figures. D'autre part la variabilité est assurée ici par le "drag mode" (déplacement continu à l'aide de la souris d'un élément de base de la figure) qui permet de modifier continuellement le dessin à l'écran en conservant les propriétés données dans sa description ainsi que celles qui en découlent. En résumé la figure de Cabri est donc le résultat d'un processus de description (algorithme de construction) qui génère une classe de dessins ayant un ensemble de propriétés géométriques en commun. Les propriétés géométriques apparaissent donc comme les invariants dans le déplacement d'un dessin.

La notion de figure médiée par Cabri est donc de nature différente de celle de l'environnement papier crayon. Aux caractéristiques déjà citées ajoutons l'existence dans Cabri d'un double statut possible pour les points : soit ils sont libres (et on peut les bouger avec la souris dans le drag mode), soit ils sont résultats d'une construction et ils sont dépendants et ne peuvent être saisis par la souris. Dans Cabri apparaît donc la notion de degré de liberté d'une figure.

1.2. - Interactions élève logiciel

Les connaissances engagées par l'élève dans la résolution de problèmes dans l'environnement Cabri sont différentes de celles d'un environnement papier crayon; en particulier l'accent est mis sur les aspects fonctionnels des relations géométriques : par exemple une droite perpendiculaire dépend de deux arguments, la direction à laquelle elle est perpendiculaire et un point par lequel elle passe. De ce fait le point qui est un objet de base essentiel dans la géométrie de Cabri joue un rôle fondamental dans les descriptions à donner au logiciel pour construire une figure. Les aspects analytiques de la géométrie sont privilégiés, en cela Cabri peut constituer un milieu favorisant l'apprentissage de ces aspects qui ne sont pas spontanés chez les élèves de collège.

Le déplacement continu offre une possibilité de rétroactions du logiciel à des constructions de l'élève : un dessin perceptivement correct mais non fondé sur une description utilisant des propriétés géométriques (dessin au jugé) ne résiste pas au drag mode : si l'on déplace un de ses éléments libres, il se déforme et ne conserve pas les propriétés qu'il vérifiait apparemment au départ. Le logiciel offre ainsi des possibilités d'invalidation d'une figure dont Margolinas (1989) a montré l'intérêt par rapport à une évaluation exercée par l'enseignant : les rétroactions du milieu apparaissent comme objectivement liées à la situation à l'élève et sont moteurs de la poursuite d'une recherche d'une solution plus satisfaisante. D'autre part un nouveau contrat doit être mis en place en classe à propos des conditions nécessaires auxquelles doit satisfaire une construction correcte.

Enfin, signalons que si l'initiation à Cabri est rapide compte tenu de la convivialité de l'interface, la pleine utilisation de ses fonctionnalités et l'interprétation fine des modifications d'un dessin lors de son déplacement nécessite une appropriation du milieu qui n'est pas immédiate, elle se construit en même temps que les élèves ont à résoudre des problèmes dans ce milieu. A la dénomination de Boero (1989) "domaine d'expérience" nous voudrions proposer en reflet la dénomination de "domaine d'expérimentation" : un milieu est efficace en tant que domaine d'expérimentation s'il est aussi un domaine d'expérience dans lequel les expérimentations prennent sens. Nous faisons l'hypothèse que ces deux aspects d'un logiciel comme Cabri se construisent chez l'élève en interaction.

2. HYPERCARRÉ : UN PROTOTYPE DE TUTEUR INTELLIGENT

Hypercarré est un prototype qui sert à l'étude de l'intégration de Cabri-géomètre dans un environnement de type tuteur. Cabri-géomètre est un élément du tuteur, celui dans lequel l'élève réalise une construction géométrique. Une tâche est proposée à l'élève, la dévolution du problème et la gestion de la situation du côté de l'enseignant est prise en charge par une pile d'hypercard. Une description détaillée de ce prototype est fournie par Laborde et Sträßer (Laborde J.M. Sträßer R. 90).

2.1. Un prototype

Hypercarré est un prototype de tuteur, c'est à dire que des choix très réducteurs ont été faits. C'est davantage un objet d'étude qu'un produit fini et utilisable à des fins d'enseignement.

L'objectif de ce prototype est double : du côté informatique il s'agit d'étudier une gestion de l'interaction entre Cabri-géomètre et "l'extérieur", notamment les conditions de récupération des informations sur une construction réalisée dans le micromonde pour l'évaluer et gérer ainsi les décisions à prendre dans le pilotage. Du côté de la didactique il s'agit d'étudier des contraintes de la gestion automatique d'une situation a-didactique, notamment au niveau des implicites et des prises de décision.

2.2. une tâche relative au milieu

La tâche proposée à l'élève dans le cadre de Hypercarré est la construction d'un carré. Cabri-géomètre a déjà été décrit comme un milieu pour l'enseignement de la géométrie dans la première partie. Nous considérons que la tâche donnée à l'élève est caractéristique de ce milieu. En effet celle-ci a été choisie de façon que l'objet cercle soit un outil de résolution du problème car dans la tâche de construction du carré, sous réserve de rendre indisponible la construction directe d'une bissectrice, toutes les procédures nécessitent l'utilisation d'un cercle défini par son centre et un point du cercle pour le report d'une longueur. C'est une conception du cercle comme ensemble de points équidistants du centre qui doit être opératoire dans cette situation. Artigue et Robinet ont montré que cette conception était peu présente chez des élèves de la fin de l'école élémentaire (Artigue M & Robinet J

82) et nous faisons l'hypothèse que pour des élèves de cinquième il subsiste des difficultés importantes à ce niveau.

2.3. modèle de l'élève

La décision que prend le tuteur est reliée à un modèle de l'élève. On prend dans la construction réalisée par l'élève des indices pour remonter au modèle. Le choix de ces indices doit être pertinent et constitue un élément problématique de la construction du tuteur. On se trouve alors ramené à répondre par exemple à des questions du type :

-qu'est ce qu'un carré?

-quels indices repérer pour savoir si l'élève sait qu'un carré a un angle droit, des côtés égaux ?

-quel prise en charge des intentions de l'élève dans la construction ?

2.4. validation et évaluation

Le tuteur s'appuie sur un jeu de relais entre la validation et l'évaluation. En effet la validation relève du micromonde comme nous l'avons déjà décrit plus haut alors que l'évaluation relève du tuteur.

Cette évaluation du tuteur se situe à deux niveaux :

un niveau invisible (pour l'élève) où il y a recueil des informations sur la figure pour la prise de décision et un niveau visible constitué par les messages fournis à l'élève sur sa construction. Enfin la dévolution de l'évaluation se fait par un retour vers la validation. On peut résumer ce jeu de relais à l'aide du schéma suivant :

2.5. Expérimentation

L'expérimentation d'Hypercarré avec des élèves de cinquième a mis en évidence une prise en compte insuffisante des intentions de l'élève. En effet même si la réalisation de l'élève est partielle, le tuteur doit recevoir des informations plus fines que celles que nous avons prévues dans ce prototype. Nous achevons actuellement un deuxième prototype qui devrait permettre une meilleure adéquation entre les intentions de l'élève et l'évaluation du tuteur.

3. REFERENCES

- Arsac G., 1989, La construction du concept de figure chez des élèves de 12 ans, *Actes de la 13^{ème} conférence PME*, Paris, Artigue M., Rogalski J., Vergnaud G. (eds), pp. 85-92
- Artigue M., Robinet J. 1982, Conceptions du cercle chez les enfants de l'école élémentaire. *Recherches en didactiques des mathématiques* 3.1 ; 5-64.
- Baulac Y., Bellemain F., Laborde J.-M.(1988): *Cabri géomètre, un logiciel d'aide à l'apprentissage de la géométrie*, logiciel et manuel d'utilisation, Cedric-Nathan, Paris 1988.
- Boero P., Alphabétisation mathématique pour tous : expériences et problèmes, *Actes de la 13^{ème} conférence PME*, Paris, Artigue M., Rogalski J., Vergnaud G. (eds),
- Chevallard Y., Jullien M., 1991, Autour de l'enseignement de la géométrie au collège, *Petit x*, IREM de Grenoble, n° 27, pp. 41-76
- Duval R., 1988, Pour une approche cognitive des problèmes de géométrie en termes de congruence, *Annales de didactique et de sciences cognitives*, Université Louis Pasteur et IREM, Strasbourg, Vol. 1, pp. 57-74
- Laborde J.M. Sträßer R. 1990 A Microworld of geometry for guided discovery learning . *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* , 5, 171-190.
- Margolinas C., 1989, *Le point de vue de la validation : essai de synthèse et d'analyse en didactique des mathématiques*, Thèse de l'université Joseph Fourier, Grenoble
- Parzysz B., 1988, Knowing versus seeing, Problems of the plane representation of space geometry figures, *Educational Studies in Mathematics*, 19.1, pp. 79-92