

SITUATIONS D'APPRENTISSAGE MULTIMONDES DANS UN SYSTÈME HYPERMÉDIA SUR LA GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

Paulo PAVEL*, Marie Claire RIBEIRO POLA**

* Université du Maine, Le Mans, France

** Université Laval, Québec, Canada

INTRODUCTION

Ce texte décrit les travaux de recherche menés par les auteurs dans le cadre de leurs thèses de doctorat respectives : l'une en Informatique et l'autre en Technologie de l'Enseignement. Elles portent l'une et l'autre sur « l'informatisation » de l'enseignement de la Géométrie Descriptive. Nous nous concentrons sur ce qui a trait à la conception du système hypermédia, essentiellement du point de vue des situations d'apprentissage. Au préalable, nous esquissons le contenu traité par la géométrie descriptive, les principales difficultés rencontrées traditionnellement par les étudiants et les modifications induites par l'apport de l'informatique.

LA GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

La géométrie descriptive est une branche de la géométrie qui permet de représenter l'espace tridimensionnel sur deux dimensions à travers la double projection orthogonale des objets de l'espace (la méthode des projections ; Monge, 1799). La compréhension de ses concepts est fondamentale pour les ingénieurs et les architectes afin qu'ils puissent représenter leurs idées sous forme de projets et visualiser un ouvrage, un objet ou une machine au moyen de ces projets. En tant que discipline, la géométrie descriptive est souvent jugée très abstraite, sa compréhension est difficile et les étudiants éprouvent beaucoup de difficulté à l'apprendre.

Pour effectuer une projection, on doit suivre des conventions et obéir à des règles, mais limiter nos compétences à la seule projection, ce serait comme apprendre à écrire sans être capable de lire. Le relèvement (opération inverse à projeter) n'est pas objet d'enseignement dans l'enseignement traditionnel de la discipline géométrie descriptive. Dans notre recherche, nous avançons l'idée que le relèvement, processus plus complexe que la projection, est tout aussi important et que c'est un mécanisme nécessaire pour comprendre et manipuler l'espace¹.

1 « Nous connaissons probablement toutes les réponses concernant les projections, mais nous demeurons perplexes devant plusieurs questions ouvertes au sujet des relèvements. Il s'agit d'un

VISUALISATION SPATIALE

Selon Parzysz (1989), « les élèves ne voient pas dans l'espace » et c'est la raison profonde de la difficulté des élèves pour bien comprendre la géométrie dans l'espace. Avant de représenter l'espace ou de comprendre des représentations qu'on lui propose, l'élève doit avoir une perception spatiale qui, selon Baracs (1992) « n'est autre que la compréhension de notre espace tridimensionnel ». Une bonne maîtrise des opérations projectives est nécessaire à la réussite de l'apprentissage du dessin technique, aussi bien que de la géométrie descriptive. En cas de difficulté dans ce domaine, un apprentissage des opérations projectives est à entreprendre avant même la formation au dessin technique et à la géométrie descriptive.

L'utilisation de matériel concret et d'autres matériels facilitant la visualisation peut vraisemblablement contribuer de façon positive à la compréhension des concepts élémentaires de la discipline. L'ordinateur rend possible la visualisation des objets géométriques, des différentes perspectives et aussi des opérations qu'on peut faire avec eux. Il permet également d'offrir des rétroactions et favorise l'interaction entre le système d'apprentissage et l'apprenant en donnant un rôle actif à ce dernier.

D'après Rabardel (1992), « l'instrument modifie la nature des actions du sujet, non seulement parce que celui-ci va devoir agir sur l'instrument, mais aussi et surtout, parce qu'il va devoir agir avec l'instrument pour modifier le réel ». Rabardel (1992) montre aussi que les instruments peuvent contribuer à la structuration de la pensée géométrique et spatiale des étudiants. Il conclut en proposant la création et la conception d'instruments spécifiques exigeant des étudiants qui les utilisent, la construction et la manipulation de conceptualisations et de compétences dont l'acquisition est objet d'enseignement. Notre système poursuit cet objectif en créant des instruments logiciels de manipulation directe, de visualisation et de simulation des objets en 3D. On propose pour cela, l'implémentation d'un milieu pour l'analyse et la représentation des formes, qui utilise trois contextes sur l'écran de l'ordinateur :

- représentation plane (écriture et relèvement des épures) ;
- manipulation des représentations bidimensionnelles interactives ;
- visualisation d'objets et manipulation de ces représentations tridimensionnelles.

Ces contextes seront utilisés dans les diverses situations d'apprentissage selon les objectifs didactiques envisagés. Dans le cadre de son utilisation dans le milieu, la manipulation directe n'a pas seulement pour objet de rendre l'utilisation du système plus agréable, elle en constitue une partie intégrante (Balacheff & Shuterland, 1996). Ce milieu utilisera la transposition informatique des différentes techniques de représentation de l'espace : Perspective Cavalière ; Perspective axonométrique ; Perspective linéaire ; Descriptive.

SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

Les situations vont privilégier l'aspect constructiviste de l'apprentissage et tenir compte des niveaux d'apprentissage proposés par Van Hiele (1957) (identification-visualisation, analyse, déduction informelle, déduction formelle, rigueur) et résumés par Braconne (1980). L'étudiant aura l'occasion de découvrir les principes et les propriétés des objets géométriques de l'espace, d'établir des relations entre les éléments d'un objet géométrique de l'espace et de faire des dessins en utilisant le micromonde graphique Cabri Géomètre II (Laborde & Laborde, 1991) (Bellemain, 1992) conçu spécialement pour l'enseignement de la géométrie plane. Le micromonde sera intégré au système au moyen de liens logiciels externes, c'est-à-dire que l'étudiant va travailler sur Cabri Géomètre, mais qu'il va donner les réponses à des questions proposées dans le système. On peut dire que Cabri Géomètre sera une extension logicielle du système, mais qu'il sera complètement intégré, du point de vue didactique, dans les situations d'apprentissage.

Les Jeux de cadres

Selon Douady (1986), les Jeux de cadres sont les changements de cadres provoqués à l'initiative de l'enseignant à l'occasion de problèmes convenablement choisis, pour faire avancer les phases de recherche et évoluer les conceptions de l'élève. Un cadre est constitué d'objets, de relations entre ces objets, et des images mentales associées à ces objets et ces relations. Ces images jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement comme outil, des objets du cadre. Deux cadres peuvent comporter les mêmes objets et différer par les images mentales et la problématique développée.

L'idée de cadre rejoint celle de multimonde, qui se caractérise par la possibilité de pilotage de représentations multiples d'un même objet ou d'un même phénomène. Des modes d'action spécifiques sont attachés à chacun des mondes permettant d'en modifier un et de visualiser l'effet sur l'autre. L'observation et la manipulation favorisent ainsi la compréhension du fonctionnement des concepts dans divers domaines liés entre eux (Bruillard, 1997).

Quand on essaie de traduire ces concepts pour l'enseignement de la géométrie descriptive, on peut dire que l'étudiant joue tout le temps entre deux cadres bien définis : le cadre de la représentation de l'espace par l'axonométrie et le cadre la représentation de l'espace par l'épure (la méthode des projections, Monge, 1799). Les transformations effectuées sur une figure dans l'espace génèrent des transformations équivalentes dans le cadre axonométrique et dans le cadre de l'épure.

Les situations d'apprentissage du système suivent cette notion de multimonde. En voici un exemple :

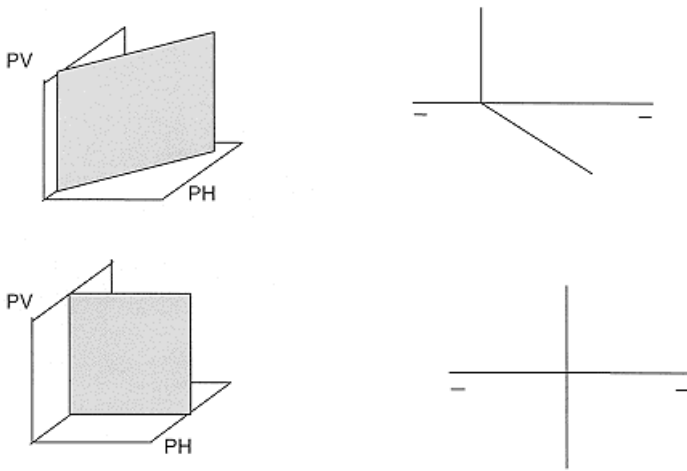


Figure 1. Jeux des cadres.

Deux types de plans sont représentés en axonométrie et par l'épure correspondante. Chacun d'entre eux a des caractéristiques bien définies par rapport aux plans de projection horizontal (PH) et vertical (PV). Les deux plans sont perpendiculaires au plan horizontal de projection, mais un seul est oblique par rapport au plan vertical de projection, l'autre est perpendiculaire à lui. Il est important pour l'élève d'acquérir la connaissance des caractéristiques des plans, pas seulement dans l'espace mais également sur l'épure.

L'interaction à partir des situations d'apprentissage

Le contenu de chaque situation d'apprentissage sera travaillé de la manière suivante :

- une introduction présentera le contexte dans lequel la connaissance abordée par la situation sera utilisée, en montrant son importance et sa nécessité ;
- dans certaines situations cette importance et cette nécessité seront déduites par l'élève à partir d'une activité ou d'un exercice de manipulation directe ou d'observation des animations ;
- nous souhaitons que l'élève, à partir des activités de manipulation directe, formule lui-même les concepts essentiels de la connaissance envisagée. S'il n'arrive pas à la formulation désirée, une animation lui sera offerte par le système, puis quelques questions, pour le guider dans la bonne direction afin d'arriver aux conclusions souhaitées. Nous adoptons là une démarche d'apprentissage par la découverte guidée. Après les activités, des exercices, avec rétroaction immédiate, seront proposés avec l'objectif de fixer la connaissance récemment acquise. En cas de mauvaise réponse, une explication et une activité supplémentaires seront offertes, « objets d'intervention » créés ad hoc selon une analyse didactique a priori.

AIDE APPORTÉE AUX ÉLÈVES

En plus de l'aide classique existant normalement dans tous les systèmes, nous avons conçu un type d'aide au niveau référentiel théorique (comme un support théorique) sensible au contexte de l'activité courante, sous forme d'un livre électronique interactif avec des liens vers des objets multimédia pertinents. Le système aura un catalogue des polyèdres avec la possibilité de manipulation directe de ses images 3D, ensemble de toutes les informations et propriétés associées à ces polyèdres. La géométrie descriptive objective la représentation et l'étude des formes de l'espace. Ce catalogue est offert comme un « aide-mémoire » utile pour l'élève, une fois que son contenu aura été vu. Un glossaire de géométrie descriptive sera aussi à disposition des élèves.

La plus grande innovation en termes d'aide apportée aux élèves est la possibilité, à partir du système hypermédia, d'avoir l'assistance d'un professeur en téléprésence, directement à l'écran de l'élève. Cette possibilité ouvre la porte à la négociation avec le système, impossible dans l'actuel état de l'art des EIAO sans la participation directe d'un être humain via un système, ce que permet aussi l'enseignement à distance.

CONCLUSION

Notre intention, dans la conception de ce système, est de reproduire au mieux les scénarios d'interaction élève-professeur qui sont vécus habituellement dans une salle de classe de géométrie descriptive. Ainsi, à certains moments, le professeur a besoin de faire une démonstration pour élucider un concept ou une position particulière d'une forme dans l'espace pour aider l'élève à comprendre des procédés en épure au lieu de lui expliquer ou de lui montrer comme faire. En transposant ces scénarios au système, nous sommes arrivés à la conception d'objets d'intervention en plus des narrations, des boîtes de textes explicatifs, des liens hypertextes et de l'iconographie. À d'autres moments l'élève doit agir, découvrir, conclure et il pourra le faire en manipulant des représentations des formes de l'espace ou des épures avec Cabri ou avec des objets 3D implémentés en JAVA.

Les erreurs de l'élève seront considérées comme une opportunité supplémentaire pour lui d'apprendre, en révisant les concepts étudiés et pour éclaircir les doutes.

La participation du professeur est essentielle dans le système pour : faire le diagnostic didactique des connaissances de l'élève ; orienter le système pour qu'il propose des activités spécifiques à certains élèves en fonction de ce diagnostic ; attendre la demande de l'élève (l'initiative de l'intervention est toujours de l'élève) et négocier par téléprésence, ce qui revient à interagir par téléconférence avec l'élève.

Le professeur peut, à tout moment, demander au système des informations sur les élèves, sous forme d'un rapport, ou, en temps réel, pour l'aider dans son diagnostic et dans le choix de ses interventions par téléprésence.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Balacheff N., Sutherland R. (1996). « Epistemological domain of validity of microworlds, the case of Logo and Cabri-géomètre », in R. Lewis, P. Mendelshon (eds) *Lessons from learning* (IFIP Series, p. 137-150), North-Holland.
- Baracs, J. (1992). « Le développement de la perception spatiale à l'aide des projections », *Topologie Structurale-19*, p. 47, Université du Québec à Montréal, Montréal.
- Bellemain F. (1992). *Conception, réalisation et expérimentation d'un logiciel d'aide à l'enseignement de la géométrie : Cabri Géomètre*, Thèse de l'Université Joseph Fourier, Grenoble.
- Braconne A. (1980). *Compréhension de la démonstration en géométrie chez les professeurs et les élèves au secondaire*, Thèse de maîtrise présentée à la Faculté de Sciences de l'éducation, page 30, Université Laval, Québec.
- Bruillard É. (1997). *Les Machines à enseigner*, Hermès, Paris.
- Douady R. (1986). « Jeux de cadres et dialectique outil-objet », *Recherches des Mathématiques*, vol.7, n° 2, Grenoble : La pensée sauvage.
- Laborde C. & Laborde J. M. (1991). « Micromondes intelligents et environnement d'apprentissage », *Actes des XII^{èmes} Journées francophones sur l'informatique*.
- Monge G. (1799). *Géométrie Descriptive*, Boudouin, Imprimeur du Corps Législatif et de l'Institut National, l'an III de la République.
- Parzys B. (1989). *Représentations planes et enseignement de la géométrie de l'espace au lycée. Contribution à l'étude de la relation voir/savoir*, Thèse Université Paris VII.
- Rabardel P. (1992). « L'utilisation d'instruments est-elle une source de savoirs spatiaux ? », *Topologie Structurale*, 19, p. 20, Université du Québec à Montréal, Montréal.
- Van Hiele D.(1957). *The didactics of Geometry in the Lowest Class os Secondary School*, Doctoral dissertation, University of Ulreht.