



JOURNÉES NATIONALES A.P.M.E.P. GÉRARDMER 3-6 novembre 1999

Atelier JM16 FIGURES INTERACTIVES DANS LES DOCUMENTS (WORD, HTML, etc.) Marie-Louise et Serge HOCQUENGHEM¹

Figures dans Geoplan et Geospace

Introduction

Les logiciels de construction mathématique comme Geoplan ou Geospace, réalisés par le CREEM et diffusés par le CRDP de Champagne-Ardenne, permettent la création et la manipulation de "figures-Geoplan" ou "figures-Geospace". Ces figures sont constituées d'objets mathématiques, fixes ou variables. En simplifiant, on peut dire que la construction d'une figure se fait progressivement, en créant chaque nouvel objet à partir de ceux qui y sont déjà présents par des procédés fonctionnels explicites (correspondants aux items du menu de création).

Les variables libres, c'est-à-dire celles que l'utilisateur peut affecter à sa guise au clavier ou à la souris, sont des nombres ou des points. Chaque affectation de ces variables libres entraîne immédiatement celle de chacune des autres variables de la figure (variables liées) et permet une représentation graphique "dynamique" dans le plan (Geoplan) ou dans l'espace suivie d'une projection dans le plan (Geospace).

Description des figures

Rappelons que chaque figure est décrite par un texte de nature mathématique, indiquant les objets et comment ils sont construits. D'une certaine façon, ce texte est indépendant du logiciel puisqu'un être humain pourrait le lire et l'interpréter. On a une situation analogue à celle de l'algèbre, où, à partir de constantes et de variables, on construit des variables liées aux précédentes au moyen d'expressions, décrivant les calculs à effectuer. Mais en algèbre, les règles de syntaxe pour l'écriture des expressions sont (à peu près) universelles, alors qu'en géométrie ou en analyse, la description de la construction d'un objet mathématique à partir d'autres n'est pas entièrement formalisée. Ceci ne gêne pas tant que c'est l'homme qui interprète cette description. Par contre quand c'est un logiciel comme Geoplan il est plus simple d'imposer une syntaxe fixe que de tenter de rendre le logiciel capable de comprendre un langage mal formalisé (ce serait sans doute possible en partie, mais dépasserait les moyens

¹ Centre de Recherche et d'Expérimentation pour l'Enseignement des Mathématiques (CREEM), CNAM, Paris

dont dispose le CREEM). Ainsi, si la description des figures-Geoplan est compréhensible pour l'utilisateur car écrite en langage mathématique clair, la fabrication de cette description suit des règles très précises et contraignantes. C'est une des fonctions du logiciel que de fournir cette description à partir d'actions de créations d'objets grâce à un menu.

Figures et dessins

Chaque affectation des variables libres d'une figure-Geoplan permet de calculer les valeurs de tous les objets de cette figure. Cet ensemble de valeurs peut s'appeler la valeur (ou l'instance) correspondante de la figure. Une valeur de la figure permet de représenter les objets qui sont constitués de points (objets "dessinables"). On obtient ainsi un dessin de la figure. C'est aussi un des rôles de Geoplan que de fournir des moyens d'affecter les variables libres et de représenter physiquement le dessin.

Illustrations en mathématiques

Illustrations par des dessins

Les textes mathématiques destinés à l'enseignement sont abondamment illustrés. À part quelques cas où il s'agit de schémas (comme par exemple un diagramme de Venn ou un arbre combinatoire), la grande majorité de ces illustrations peuvent être considérées comme des dessins de figures au sens du paragraphe précédent. Jusqu'à récemment, ces dessins étaient réalisés "à la main", avec éventuellement l'aide d'outils physiques (compas, règle etc.) puis logiciels (logiciels de dessin). Une des possibilités très appréciée des logiciels de construction comme Geoplan ou Geospace a été de permettre de réaliser ces dessins à partir de figures (au sens décrit ci-dessus), de les copier et de les coller dans un document Word par exemple ou dans une page pour le Web. Le gros avantage, outre la simplicité pour l'utilisateur et la justesse du résultat, est de pouvoir choisir parmi l'infinité de dessins possibles un dessin approprié, représentatif de la figure, en faisant des essais par modification des valeurs des variables.

Illustrations par des figures

Les documents sur papier ou destinés à être imprimés ne peuvent accueillir que des dessins. Par contre, les documents destinés à être consultés sur ordinateur peuvent maintenant contenir des figures-Geoplan ou Geospace interactives. Avec une telle possibilité, les documents pédagogiques en mathématique prennent une autre dimension, permettant au lecteur d'explorer une situation, de conjecturer des résultats, en résumé de mener sa propre expérimentation ou une expérimentation guidée en agissant sur les variables de la figure et sur les paramètres de représentation (comme par exemple dans l'espace en faisant tourner l'objet) et aussi de faire de véritables constructions mathématiques. Bref, le document se transforme de manière saisissante au minimum en un véritable ensemble d'imagiciels mathématiques et peut aller jusqu'à devenir un didacticiel très évolué. Dans tous les cas, le résultat laisse une grande part de liberté à l'élève par l'interactivité des figures, tout en guidant son apprentissage par le texte et les exercices.

La facilité de création des documents

Documents standards

Le CREEM a cherché à fournir aux utilisateurs un moyen aussi simple que possible pour insérer des figures dans les documents de types standards. Comme le système Windows avait été choisi pour réaliser les dernières versions de Geoplan et de Geospace, à cause de sa généralisation dans l'enseignement secondaire et de sa compatibilité avec le DOS de

Microsoft, il s'est imposé pour cette nouvelle étape. Nous avons opté pour une technologie informatique puissante de Microsoft dénommée "Contrôle ActiveX". Nous ne décrivons pas en détail ici cette technologie mais il suffit de savoir qu'un contrôle ActiveX est en fait une application dont on peut insérer des instances dans des fenêtres placées dans certains documents (ceux qui prévoient cette insertion) comme les documents pour Word 97 ou plus, les documents html destinées à être lus par Internet Explorer 3 ou plus, les documents pour Excel ou Visual Basic.

Procédure simple d'insertion

Une instance du contrôle de Geoplan insérée dans un document se présente en fait à très peu de choses près comme un exemplaire de Geoplan, dans une fenêtre dont la taille est définie par l'auteur du document. La principale différence est que, pour des raisons évidentes de présentation et de lisibilité, les menus ne se voient que quand on double-clique sur la fenêtre. Tout comme dans Geoplan, l'utilisateur peut agir sur les variables avec la souris ou le clavier et il dispose de toutes les possibilités d'action sur une figure qu'offre Geoplan.

L'insertion se fait en utilisant le menu pour l'insertion de contrôles ActiveX qu'on trouve dans Word, Excel ou Front Page Express ou autres. Le dimensionnement se fait comme pour une image. La figure elle-même est décrite par un texte qui peut être fourni par Geoplan (il y a évidemment compatibilité) et chargé facilement à partir du disque par exemple.

Ainsi, il n'est maintenant pas plus difficile d'insérer une figure que d'insérer un dessin dans un document.

Légèreté des documents

Il est remarquable, mais tout à fait explicable, que la description textuelle d'une figure, y compris celle de l'affectation des variables, soit une forme extrêmement compacte de stockage de l'information graphique. Il suffit de voir la petitesse (quelques kilos octet) des fichiers créés par GeoplanW ou GeospacW pour en être convaincu. Cette concision se retrouve dans les figures insérées dans des documents, en particulier dans les documents HTML, où le temps de chargement devient rapidement rédhibitoire pour des documents contenant des images classiques. Ainsi, on peut compter en HTML environ 2 kilo-octets en moyenne par figure-Geoplan ou Geospace, autrement dit beaucoup moins qu'une image.

L'écriture des expressions mathématiques en html

Il faut signaler ici un problème que tous ceux qui créent des documents scientifiques ou a vocation pédagogique scientifique ont rencontré : l'écriture des "formules" sous forme dessinée (par opposition à l'écriture en ligne).

Les traitements de texte (comme Word) prévoient l'insertion de formules (champ Eq) et des systèmes existent pour faciliter cette insertion (par exemple Amath de A. Guillemot). Par contre, dans le cas des documents html, la situation n'est pas bonne. Classiquement, la méthode utilisée consiste à réaliser chaque formule sous forme d'une image et à charger toutes ces vignettes dans la page, ce qui est peu satisfaisant. Il existe bien des systèmes pour écrire directement dans la page html (comme EazyMath) ou des projets, mais actuellement à notre connaissance rien de bien opérationnel et facile à utiliser. Comme Geoplan et Geospace contiennent un système permettant d'écrire proprement les expressions (utilisé par exemple dans les rappels ou dans l'entrée d'expressions lors des créations d'objets), nous avons décidé de le mettre en service dans un contrôle ActiveX, dénommé EcritMath, qui est chargé d'écrire sous forme dessinée l'expression qu'on lui fournit écrite en ligne. Ce système est un peu rustique mais fonctionne parfaitement et est peu coûteux en place et en temps de réalisation de document.

L'état de l'art actuellement

Ce qui est disponible depuis Juin 1999

Une première version du système a été mise à la disposition des utilisateurs sur le serveur Web du CREEM :

<http://www.aid-creem.org/telechargement.html>

<http://www.aid-creem.org/installation.html>

Nous renvoyons les lecteurs intéressés aux pages de ce serveur pour les détails techniques et des exemples. Nous résumerons simplement ici les grandes lignes du procédé par exemple pour les figures-Geoplan.

Pour disposer de la possibilité de lire et de créer des documents contenant des figures, il faut avoir installé sur le PC le logiciel nécessaire. Une fois cette installation faite (le serveur du CREEM en donne la possibilité par téléchargement ou par installation automatique sous Internet Explorer 4 ou plus), la lecture des documents ne pose pas de problème. La construction de tels documents par l'utilisateur est relativement facile parce qu'alors le contrôle de Geoplan (qui s'appelle GP0.OCX) apparaît dans la liste des contrôles ActiveX disponibles dans Word ou dans Front Page par exemple.

Ce qui sera disponible au plus tard en juin 2000

Le système actuellement disponible est provisoire et un peu limité, mais fonctionne bien comme en témoignent un certain nombre de réalisations. L'objectif est d'améliorer les faiblesses constatées et de fournir de nouvelles possibilités tout en gardant la compatibilité avec la version diffusée.

Parmi les problèmes qui se posent, on trouve celui de la trace du travail de l'élève : comment celui-ci peut-il conserver le résultat de son travail ? Ce problème n'est pas simple et fait intervenir plusieurs niveaux, et en particulier un niveau technique assez pointu (problèmes d'impression, de sauvegarde d'état etc.).

D'autre part, si on veut créer de véritables activités mathématiques informatisées, il est nécessaire de pouvoir poser des exercices et de tester les réponses. Notre expérience dans ce domaine nous a montré que les figures-Geoplan et Geospace étaient de formidables moyens de communications entre l'élève et le logiciel car elles permettent aux premiers de répondre à des questions en fournissant des objets mathématiques. Il est donc nécessaire de fournir à ceux qui veulent créer de telles activités les moyens informatiques de faire des tests sur les objets construits (égalité de deux points, de deux cercles, de deux fonctions etc. avec possibilité de distinguer entre l'égalité des objets et celles de leurs valeurs actuelles). Le travail est en cours et sera bientôt disponible pour tous.

Remarques sur ce travail

Il est instructif de savoir que ce travail a été fait et est poursuivi (car il est loin d'être fini) par une équipe du CREEM, dont la totalité, à une exception près, est constituée de professeurs de mathématiques du secondaire, sans l'aide d'informaticiens (faute de moyens financiers), ni d'enseignants du supérieur de mathématiques (faute d'intérêt, d'ailleurs justifié par l'absence totale de reconnaissance, voire le mépris de la part des institutions et des collègues pour celui qui s'investirait dans ce domaine). Ces professeurs de lycée travaillent au CREEM en heures supplémentaires sauf pour l'un d'entre eux qui a une décharge partielle.

Ces conditions ralentissent beaucoup le travail et limitent énormément les ambitions, alors qu'un champ immense est accessible avec ces nouveaux outils informatiques disponibles. Il est en particulier nécessaire de choisir souvent un compromis entre la fabrication des outils, dévoreuse de temps et d'énergie et celle d'applications pédagogiques, souvent plus valorisante pour un enseignant. Il est malheureux que notre équipe qui a fait depuis longtemps la preuve

de sa compétence et de son dynamisme manque tellement de moyens à un moment où tout le monde, y compris les voix officielles, réclame des réalisations informatiques à but didactique nombreuses et de qualité. Par bonheur, certains collègues qui ne font pas partie de notre équipe se lancent dans la réalisation d'applications. C'est ainsi qu'on commence à voir sur le web des réalisations intéressantes utilisant les figures-Geoplan ou Geospace dans les pages HTML, et ceci aussi bien au niveau du collège que du lycée.