

ILLUSTRATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR : ETAT DE L'ART**COMPUTER AIDED ILLUSTRATION : STATE OF THE ART**

Patrick BAUDELAIRE

TANGRAM, 17 rue de la Baume, 75008 PARIS

RESUME

Cet article présente un panorama des systèmes et logiciels d'*Illustration Assistée par Ordinateur* et en dégage les principales tendances techniques. Trois méthodes de production d'illustrations sont décrites : automatique, programmée et interactive. A partir d'une analyse des techniques de représentation et de génération graphiques, on étudie les principaux modèles fonctionnels appliqués à la conception de systèmes interactifs de production d'illustration.

SUMMARY

This paper presents a survey of systems and software for *Computer Aided Illustration* and characterizes the main technical trends. Three illustration production methods are described : automatic, programmed and interactive. Starting from an analysis of graphical data structures and generation techniques, user models applicable to the design of interactive illustration systems are studied.



COMPUTER AIDED ILLUSTRATION : STATE OF THE ART

1. Introduction

De la Conception Assistée par Ordinateur aux "nouvelles images", en passant par les "business graphics", on assiste depuis quelques années à un essor des applications de l'informatique graphique. Une des manifestations les plus marquantes de l'expansion de ce domaine d'applications est le développement des utilisations graphiques des micro-ordinateurs et des ordinateurs personnels.

Une des applications infographiques qui devrait rapidement trouver sa place dans la vie professionnelle quotidienne est la production d'illustrations de documents assistée par ordinateur, parallèlement à l'évolution en matière de préparation de texte informatisée (depuis le traitement de texte jusqu'à la photocomposition).

Cet article présente un panorama rapide de l'état de l'art des systèmes et logiciels d'illustration assistée par ordinateur (IAO dans la suite du texte) expérimentaux ou commerciaux, et en caractérise les principales tendances techniques et les concepts sous-jacents importants. Il est difficile d'être complet devant la prolifération des logiciels et des systèmes aux capacités très variées qui pourraient prétendre toucher de près ou de loin à l'IAO, d'autant que la bibliographie sur le sujet est très éparse et souvent de diffusion confidentielle, et que les publications sont en général de nature descriptive et portent peu sur les concepts. Sur le plan des publications et des colloques techniques, le sujet "Production de Documents" n'a acquis une certaine légitimité que depuis quelques années (1-4). Le sujet de l'IAO n'en reste encore qu'un thème mineur, mais il devrait prendre plus d'importance, compte-tenu des progrès impressionnants des ordinateurs graphiques personnels et des techniques d'impression, et de leur potentiel pour la production de documents dans l'entreprise.

2. Essai de définition

A défaut de pouvoir dresser un panorama qui puisse prétendre à l'exhaustivité, nous tenterons de circonscrire le sujet. Qu'est-ce qu'une illustration ? Il est clair que toute image, synthétique ou non, est potentiellement une illustration, et que l'assistance de l'ordinateur peut intervenir dans la création de nombreux types d'images.

Nous avons choisi de nous intéresser aux images ayant pour finalité de communiquer une idée graphiquement, qui ne visent pas explicitement à donner une vision réaliste d'un objet ou d'une scène tridimensionnelle, et qui sont destinées à être incorporées dans un texte (lui aussi produit avec l'assistance de l'ordinateur). Nous excluons donc de notre propos, toutes les images produites par modélisation d'un objet ou d'une scène tridimensionnelle, telles qu'elles sont utilisées pour la simulation de vol ou de conduite de véhicule, pour la présentation de vues d'architecture, pour la CAO de pièces mécaniques, de carrosseries, de fuselages. Nous ignorerons, d'une manière générale, toutes les images qui ont pour finalité la conception d'un objet ou la création d'une illusion perceptive dans l'espace.

Les images que nous considérons ici, sous le terme d'illustration, sont donc les images "en deux dimensions" qui regroupent ce qu'on appelle communément : diagrammes,

schémas, organigrammes, et dessins (faute d'un terme plus précis). Ce sont des collections de taches et de traits, noirs, blancs, grisés, tramés ou colorés, que l'on souhaite créer et imprimer à l'aide de l'ordinateur. La représentation d'un objet pourra y être stylisée, symbolique ou même réaliste (perspective), mais ne résultera pas d'une description interne tridimensionnelle.

Pour cette raison, nous préférons le terme IAO à celui de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) qui est associé à l'idée de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et de dessin industriel, et sous-entend la notion de modélisation d'un objet. D'autre part, la DAO suit des usages et des conventions de présentation spécifiques d'un métier et nécessite des grands formats d'impression (AO). Enfin, les utilisateurs de la DAO sont des ingénieurs et des dessinateurs industriels, tandis que ceux de l'IAO sont, à priori, tous les rédacteurs de documents.

3. L'illustration Assistée par Ordinateur

Quels sont les critères qui peuvent donner une classification utile des systèmes et logiciels d'IAO ? Nous proposons de faire porter notre analyse sur les points suivants.

(a) Le style de dessin produit : nous nous contentons d'une classification quelque peu simpliste opposant les notions extrêmes de dessin libre et de dessin construit. Un dessin construit se décompose de façon naturelle en "objets" graphiques élémentaires, se réduisant le plus souvent à des formes géométriques simples (lignes, cercles, polygones, etc) ou composites (par exemple: une maison faite d'un rectangle et d'un triangle). Le procédé de création d'un tel dessin s'appuie sur sa structuration intrinsèque et conduit à une technique de création par construction. Les diagrammes, organigrammes et autres schémas techniques, sont en général de ce type.

Par opposition, un dessin libre ne se prête pas à une décomposition naturelle en éléments géométriques ni à une structuration hiérarchique de tels éléments. Il n'y a pas d'intermédiaire entre l'interprétation visuelle globale du dessin dans sa totalité (ou dans ses grandes zones) qui révèle la signification générale du dessin, et le découpage en taches ou traits élémentaires dont les formes sont très variées et dont l'assemblage ne suit pas de règles simples ou systématiques.

Cette dichotomie se traduit plutôt par un continuum dont le dessin de DAO et de CAO peut représenter un extrême, tandis que le dessin d'art en est l'autre extrême, comme l'illustre le schéma suivant :

Fig. 1.



COMPUTER AIDED ILLUSTRATION : STATE OF THE ART

(b) L'intégration dans le processus de production de document : une autre caractéristique importante en IAO est le degré auquel la création et la production de l'illustration peuvent être intégrées à la création et à la production du texte du document. Cela va depuis la création et l'impression séparées du texte et de l'image (et donc le recours à la colle et aux ciseaux) ; à la création séparée (machines, écrans ou logiciels différents) avec impression combinée ; jusqu'à la production entièrement intégrée du texte et de l'image (visualisation simultanée, interfaces d'utilisation harmonisées, impression combinée). C'est peu dire qu'un très petit nombre de systèmes véritablement intégrés existent aujourd'hui.

(c) Le mode d'utilisation : c'est une autre caractéristique distinctive des systèmes d'IAO. Les modes d'utilisation de l'IAO peuvent se ranger dans trois catégories principales :

- les illustrations produites automatiquement, par calcul ;
- les illustrations produites par programme ;
- les illustrations créées *interactivement*.

Le cas le plus répandu, et le plus populaire, de *production d'illustrations par calcul* est celui de la visualisation de données numériques statistiques sous la forme de graphes aux formes les plus variées allant des courbes simples aux "barres" et aux "camemberts". Ce type d'application, recensé sous divers vocables tels que graphiques de gestion, graphiques d'aide à la décision, ou "business graphics", donne lieu à la commercialisation d'un grand nombre de produits, logiciels ou systèmes complets, dont les caractéristiques techniques et fonctionnelles sont en général très voisines (5). Ces logiciels ou systèmes permettent d'obtenir automatiquement une image, à partir d'un tableau de données numériques accompagné de directives qui spécifient l'aspect graphique du résultat et qui sont sélectionnées parmi des options pré-définies, souvent choisies à partir d'un menu.

Dans la très grande majorité des cas, l'image est produite sous la forme d'une page imprimée en copie d'écran ou d'une diapositive. Il n'existe qu'un très petit nombre de systèmes intégrés, comme le STAR de XEROX (6) ou LISA de APPLE (7), qui permettent d'incorporer de tels graphiques directement dans un document.

D'autres domaines que les "business graphics" se prêtent bien à la visualisation automatisée d'information quantitative : la géographie, la cartographie, ainsi que toutes les disciplines où un phénomène ou le résultat d'un processus peut être formalisé par des équations. Cependant, l'intervention purement automatique de l'ordinateur pour produire une image ne se conçoit que dans le cadre restreint où la traduction graphique et visuelle de l'information à présenter suit des règles prédéfinies, comme cela peut être le cas pour des données numériques, statistiques, mathématiques, ou physiques. Elle s'applique donc à une certaine classe de dessins *construits*.

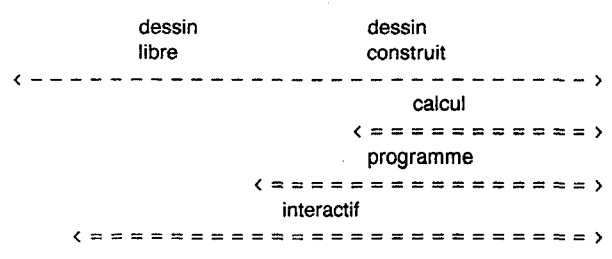
Dans des cas plus généraux d'illustration, l'intervention du "dessinateur" est nécessaire. Une première approche, inspirée par le souci d'intégrer le processus d'illustration dans celui, plus général, de production d'un document, conduit à la notion d'un

langage de description d'images. Les langages PIC (8) et IDEAL (9), développés à Bell Laboratories, et CGP (10), en sont trois exemples significatifs. Une des limites principales de cette méthode est qu'elle requiert de la part de l'utilisateur une certaine expérience ou une certaine aptitude à la programmation. D'autre part, les illustrations produites sont très "typées", soit par leur simplicité, soit par leur régularité de construction, comme on peut le vérifier sur les dessins illustrant les articles référencés (8-10). Il est certain que la méthode *programmée* de production d'illustration n'est appropriée que pour certains types de dessins *construits* se prêtant à une description *linéaire* avec un langage.

La méthode la plus générale, aussi bien sur le plan de la diversité des images que de l'accessibilité à un très grand nombre d'utilisateur, est sans doute la *création interactive* sur écran (11-17). Elle permet de construire toutes catégories de dessins, qu'ils soient libres, strictement construits ou entre les deux. D'autre part, elle est, en apparence, susceptible d'une variété de réalisation avec différents modes d'utilisation. Dans ce qui suit, nous étudions plus en détail ces systèmes interactifs, avec une approche d'analyse fonctionnelle cherchant à caractériser la conception de l'interface d'utilisation.

En conclusion de ce survol général, nous pouvons récapituler les méthodes d'IAO par le schéma suivant (note : il est ironique qu'un article sur l'IAO ne puisse pas lui même être un exemple plus frappant de l'utilisation de l'IAO, mais tels sont actuellement les moyens du bord...).

Fig. 2.



4. Les techniques de représentation et de génération graphiques

En préalable à une analyse fonctionnelle des méthodes interactives d'IAO, il est utile d'analyser les techniques pour, d'une part, *représenter* une image en tant que structure de données informatiques, et d'autre part, *générer* une image visible, c'est-à-dire l'afficher sur un écran ou l'imprimer sur du papier ou tout autre support permanent. Ces techniques ont, en effet, un impact direct sur la conception de l'interface d'utilisation.

a) Les techniques de génération graphique, que ce soit pour l'affichage ou l'impression, se résument, à quelques variations près, à deux méthodes principales :



COMPUTER AIDED ILLUSTRATION : STATE OF THE ART

- le *balayage* ("raster scanning") : l'image est construite comme un tableau rectangulaire de *pixels* qui sont présentés (pour l'affichage ou l'impression) dans un ordre systématique et prédéfini qui est indépendant du contenu de l'image. Le mode de présentation du tableau est généralement organisé ligne par ligne, l'exemple le plus commun étant l'affichage sur écran vidéo, selon les techniques de l'image de télévision. La génération par balayage est aussi utilisée pour l'impression dite sans impact : jet d'encre, laser et xérogaphie, magnétographie, etc. Dans le cas de l'affichage sur écran, la méthode de balayage suppose l'existence d'une *mémoire d'image* contenant le tableau de pixels.
- le *tracé* : l'image est construite comme une succession de *traits*, c'est-à-dire des vecteurs dont on a défini les caractéristiques géométriques (points extrêmes ou longueur et orientation) dans le système de coordonnées du médium final : écran d'affichage ou table de traçage. L'image visible est produite par tracé successif, sur l'écran ou sur le papier, des traits qui la composent.

L'évolution actuelle des techniques de génération graphique est très nettement en faveur de la technique de balayage, aussi bien pour l'affichage que pour l'impression, pour la plupart des applications graphiques. Son avantage évident est que sa capacité de restitution est adaptée à tous les types d'images.

b) Les techniques de représentation d'une image, sous la forme d'une structure de données, peuvent se ramener à deux grandes classes :

- une représentation *structurée*, où l'image est décrite en tant que collection d'objets disposés dans le plan. Ces objets sont, avant tout, définis géométriquement par leurs formes, tailles et positions : points, lignes, courbes (cercles, coniques, splines, etc), régions délimitées par des polygones ou des courbes, etc... Ils peuvent aussi être munis d'attributs de présentation : épaisseur ou rendu d'un trait, teinte, couleur ou texture d'une forme.

D'une manière générale, une représentation structurée vise à décrire la construction de l'image à partir d'éléments géométriques. Elle tend à dissocier, dans cette description, ce qui touche à la géométrie des éléments de ce qui touche à leur style de présentation graphique.

- une représentation *échantillonnée*, où l'image est simplement un tableau de pixels, dont le contenu ne reflète que le résultat de la construction de l'image. Les deux paramètres importants d'une représentation échantillonnée sont sa définition spatiale (la taille du tableau) et sa définition chromatique (le nombre de bits par pixels), critères de qualité visuelle de l'image.

Dans le contexte d'une application d'IAO, une comparaison de ces deux techniques de représentation conduit aux observations suivantes :

- une représentation structurée est pratiquement indépendante de l'échelle de l'image finale (affichée ou imprimée) ainsi que de sa définition spatiale. Par contre, un changement d'échelle ou l'adaptation à une définition d'affichage ou d'impression différente, est une opération en général difficile et source de dégradation sur une image échantillonnée.
- Les transformations géométriques, sur toute ou partie de l'image, sont possibles dans leur plus grande généralité (rotation, translation, homothétie, affinité, etc...) sur une représentation structurée. Elles sont difficiles à réaliser, sauf certains cas particuliers (opérations de symétrie sur des rectangles), sur des images échantillonnées.
- une représentation structurée produit, en général, une structure de données beaucoup plus compacte qu'une représentation échantillonnée.
- En contrepartie, une représentation échantillonnée présente la plus grande généralité dans l'aspect visuel de l'image. Elle est capable, dans certaines limites liées à sa définition spatiale et chromatique, de rendre une très grande variété de textures et de nuances, aussi bien dans le tracé des traits que dans des zones de couleur. D'autre part, c'est un mode de représentation directement compatible avec les images naturelles numérisées.

D'une manière générale, on en conclura qu'une représentation structurée, en vertu de son approche géométrique et constructive, permet une plus grande précision dans la création et la manipulation des dessins que l'on peut systématiquement décomposer en formes géométriques. Elle s'appliquera bien aux domaines du dessin construit. Une représentation échantillonnée sera préférable pour la création d'illustrations où la richesse et le rendu artistique priment. Elle s'appliquera mieux aux domaines du dessin libre.

5. Analyse fonctionnelle des méthodes interactives

La clé de voute dans la conception de l'interface d'utilisation (ou "dialogue homme-machine") de tout système interactif est la notion de *modèle conceptuel* ("user model"). Le modèle conceptuel d'une interface est la représentation mentale qu'un utilisateur se fait du monde dans lequel il évolue à travers cette interface : les objets qu'il voit, les constructions qu'il manipule, les opérations qu'il déclenche, les résultats qu'il attend, en résumé, l'application qu'il contrôle. Tout système interactif de bonne qualité (c'est-à-dire : simple, efficace, au jeu de commande cohérent) repose sur un modèle conceptuel bien construit (16). Un système médiocre (c'est-à-dire : compliqué, au jeu de commande hétéroclite et décousu) souffre en général d'une absence de modèle conceptuel.



COMPUTER AIDED ILLUSTRATION : STATE OF THE ART

Que peut-on dire de la notion de modèle conceptuel dans le domaine de l'IAO ? Il nous semble que, par la nature même de l'application, les constituants d'un tel modèle sont doubles :

(1) Il y a d'une part, un modèle de construction qui concerne le procédé de création du dessin. De même que dans le domaine des techniques traditionnelles (encre, gouache, papier et toile), on peut identifier :

- le modèle du tracé et de la peinture, impliquant la création à main levée ;
- le modèle de la construction géométrique, où le dessin est composé comme un assemblage de formes élémentaires ou composites.

On retrouve dans cette séparation en deux modèles de construction, la même opposition qu'entre dessin libre et dessin construit esquissée plus haut.

(2) Il y a d'autre part, un modèle de représentation, qui dans une certaine mesure est lié à la technique informatique de représentation de l'image, mais aussi à l'influence des techniques traditionnelles. On peut clairement opposer :

- la représentation pointilliste, où l'image n'est envisagée que sous sa forme brute comme une collection de points colorés ;
- la représentation géométrique, où les composants élémentaires de l'image sont des formes géométriques (les taches ou les traits graphiques n'étant pas accessible à l'utilisateur).

Il y a un certain air de famille entre le modèle de construction et le modèle de représentation, mais ils ne font cependant pas double emploi. Comme on va le voir plus loin, ils peuvent s'associer en différentes combinaisons pour constituer le modèle conceptuel général. Mais ils ne sont pas non plus indépendants : toutes les combinaisons ne sont pas significatives. De plus, le *modèle* de représentation suppose la *technique* de représentation correspondante. Toutes ces considérations sont résumées dans le tableau suivant qui présente les trois modèles conceptuels principaux que nous proposons pour l'IAO interactive.

Fig. 3.

Technique de représentation	échantillonnée		structurée	
Modèle de représentation	pointilliste		géométrique	
Modèle de construction	trace et peinture	géométrie	trace et peinture	géométrie
Modèle conceptuel	PEINTURE	ENCRE + REGLE	?	DESSIN GEOMETRIQUE

Donnons quelques exemples pour illustrer ces concepts.

(a) PEINTURE : C'est le modèle sur lequel reposent les nombreux logiciels et systèmes de *palette électronique*. Il n'y a qu'une seule représentation de l'image, celle contenue dans une mémoire d'image. Les opérations de création et de manipulation de l'image combinent, entre autres :

- le tracé, le coloriage et l'effacement simulant l'action du crayon, du pinceau, de la brosse, de l'aérographe, etc ;
- le remplissage de régions ;
- le choix d'une palette de couleurs, de motifs, de texture ;
- la manipulation de tables de couleurs ("color-map") ;
- le mixage d'images vidéo ;
- le déplacement et la recopie de régions, en général de forme rectangulaire, parfois de forme arbitraire (notion de transparence) ;
- des transformations géométriques simples (symétrie, zoom) sur des régions rectangulaires, etc.

Ce mode d'utilisation est par excellence celui qui convient au dessin libre. Il permet une plus grande créativité graphique, mais il n'est pas recommandé à ceux qui manquent d'aptitudes artistiques. Les systèmes les plus répandus sont en général destinés moins à la production d'illustration de document qu'à l'audio-visuel, mais des logiciels sont maintenant disponibles sur des ordinateurs personnels (en particulier EASEL sur IBM-PC et MACPAINT sur MACINTOSH) destinés aux applications d'illustration.

(b) ENCRE + REGLE : Ce modèle est peu fréquemment utilisé. Il est suivi dans le système expérimental MARKUP sur la station XEROX ALTO (11). La représentation unique de l'image est échantillonnée. Le tracé de ligne simule l'utilisation d'une règle : le tracé et l'effacement se fait à main levée mais "l'encre" ne s'inscrit que sur le réseau horizontal, vertical ou diagonal d'une grille régulière qui garantit donc que les lignes soient droites et les intersections nettes. On obtient ainsi des dessins qui ont l'apparence régulière de dessins construits, mais où on ne manipule pas directement les formes géométriques.

(c) DESSIN GEOMETRIQUE : C'est le modèle le plus courant, qui se rapproche de celui de la CAO et de la DAO. Le dessin est représenté (en plus de la mémoire d'image éventuelle) par une structure de données organisée hiérarchiquement en objets géométriques simples ou composites. Les objets simples (lignes, polygones, splines) sont définis par les coordonnées de leurs points caractéristiques (extrémités de ligne, sommets de polygones, points de contrôle de spline, etc). Ils sont construits soit par désignation directe de ces points, soit par tracé suivi de lissage, soit par effet "rubber band".

La caractéristique principale, sur le plan de la manipulation de l'image est que ces objets sont effacés, transformés, déplacés ou recopiés après une simple *désignation de l'objet*.



COMPUTER AIDED ILLUSTRATION : STATE OF THE ART

Le vétéran de ces systèmes date d'il y a vingt ans (12). Des logiciels plus récents ont été développés pour les stations de travail à écran "bitmap" tels que l'ALTO (13) et le PERQ (14), ainsi que pour des ordinateurs individuels (15).

(d) DESSIN GEOMETRIQUE AVEC GABARIT : C'est une variation du modèle précédent, réalisée par exemple sur le STAR (17) et LISA (7). Le dessin est construit à partir de gabarits ("template") disponibles dans un catalogue à partir duquel ils sont copiés, et munis de points de contrôle permettant de les positionner dans le dessin et de les mettre à la bonne dimension.

Bibliographie

- (1) J. Nievergelt, G. Coray, J.-D. Nicoud et A.C. Shaw (eds.), Document Preparation Systems, North-Holland, 1982.
- (2) Int. Conf. on Research and Trends in Document Preparation Systems, Swiss Institute of Technology, Lausanne, Février 1981.
- (3) ACM Symposium on Text Manipulation, Portland, Juin 1981.
- (4) Journées INRIA sur la Manipulation de Documents, Rennes, Mai 1983.
- (5) C. Machover (editor), Computerized Slide Making, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 3, No 4, Juillet 1983.
- (6) J. Seybold, The XEROX Star, The Seybold Report on Word Processing, Vol. 4, No 5, Mai 1981.
- (7) G. Williams, The Lisa Computer System, Byte, Février 1983.
- (8) B.W. Kernighan, PIC - a language for Typesetting Graphics, Software-Practice and Experience, Vol. 12, No 1, 1982.
- (9) C.J. Van Wyk, A language for Typesetting Graphics, Stanford University, 1980.
- (10) M.P. Barnett et B.H. Barnett, Computer Graphics and Electronic Composition, TYCON Corporation, 1982.
- (11) W. Newman, MARKUP manual, ALTO User's Handbook, XEROX PARC, 1979.
- (12) I.E. Sutherland, SKETCHPAD : a Man-Machine Graphical Communication System, MIT Lincoln Lab, 1965.
- (13) P. Baudelaire, DRAW Manual, ALTO User's Handbook, XEROX PARC, 1979.
- (14) D. Guise, DP Command Set, Carnegie Mellon University, 1983.
- (15) R. Jadrnicek, Computer Aided Design, Byte, Janvier 1984.
- (16) D. Smith, C. Irly, R. Kimball, B. Verplank et E. Harslem, Designing the Star User Interface, Byte, Avril 1982.
- (17) D.E. Lipkie, S.R. Evans, J.K. Newlin et R.L. Weissman, Star Graphics : an Object-Oriented Implementation, SIGGRAPH'82, ACM Computer Graphics, Vol. 16, No 3, Juillet 1982.