

## LA SYNTHÈSE D'IMAGE PAR ORDINATEUR

## COMPUTER IMAGE GENERATION

Michel LUCAS

Université de Nantes, Informatique, 2 rue de la Houssinière F-44072 Nantes Cedex (France)

**RESUME**

Un panorama des principaux problèmes de la synthèse d'image par ordinateur est dressé. Après avoir mis en valeur les liens qui unissent le traitement d'image et la synthèse d'image à travers une présentation des principaux traitements réalisés sur l'image numérique, un long développement est consacré à la présentation des particularités de l'infographie interactive. Les techniques de modélisation sont ensuite abordées, aussi bien sous leur aspect classique que dans les grandes lignes d'évolution que l'on peut prévoir. Le point est fait sur les techniques de visualisation. Un rapide survol de quelques secteurs particulièrement usagers de l'image de synthèse termine l'article.

## mots-clés:

infographie interactive, synthèse d'image, modélisation géométrique, domaines d'application.

**SUMMARY**

A survey of the main problems linked to computer image generation is given. Links between image processing and computer graphics are shown through a rapid presentation of some techniques for numerical image processing. Particular aspects of interactive computer graphics are drawn to the attention of the reader. Modelling techniques are discussed, as well as from the current state-of-the-art as from a prospective point of view. A quick glance to the current visualizing techniques is taken. The most important application domains are browsed in order to present those sectors which are the most image consuming to-day.

## key-words:

Interactive computer graphics, computer image generation, geometric modelling, application areas



## INTRODUCTION

L'homme s'est servi de tout temps de représentations graphiques pour transmettre des connaissances ou pour noter des situations dont il voulait garder le souvenir. L'utilisation des images se justifie par le fait que le contenu représenté peut être facilement compréhensible par de larges classes de personnes possédant une culture analogue.

On distingue deux étapes dans la vie d'une image:

- la création, qui consiste à choisir une correspondance entre un ensemble d'informations et les éléments d'un langage graphique. Ce langage est défini par un vocabulaire (éléments de base du graphisme) et une grammaire (règles de composition). Créer une image revient à définir un langage graphique (fonction de l'information à représenter), à analyser l'information à transcrire pour trouver les correspondances avec les éléments du langage, enfin à organiser les éléments en image.
- la lecture, qui consiste à comprendre la signification du message transmis. L'image est étudiée par la personne à qui elle est destinée. On peut reconnaître deux manières de procéder, suivant que la personne connaît a priori le système de signes utilisé (analyse de l'agencement des signes pour en extraire des informations), ou que le système de signes n'est pas connu à l'avance (reconnaissance des éléments de base de l'image, reconstitution du système de signes utilisé, enfin compréhension).

La création et la lecture de présentations graphiques sont des entreprises quelquefois longues et délicates, parfois très répétitives (analyse météorologique par exemple). Comme la nécessité de communiquer à l'aide de graphiques ou d'images est de plus en plus grande, en raison du flot d'informations à analyser et à transmettre, il était naturel que l'on se posât la question de l'utilisation de l'ordinateur pour la production de certains dessins. De plus, le travail en mode dialogué ayant montré toute sa richesse, le besoin d'introduire des données graphiquement s'est rapidement manifesté. On a ainsi distingué deux domaines d'activité:

- l'infographie, qui concerne la création des images (on dit plus couramment la synthèse d'image),
- le traitement d'image et la reconnaissance des

formes, qui concerne la lecture automatisée des images.

Cependant, ces deux domaines ont maintenant des points communs importants, et il faut les rapprocher pour les regrouper sous le terme générique de communication graphique avec un ordinateur.

## LIENS ENTRE SYNTHESE ET TRAITEMENT D'IMAGE

L'ordinateur est utilisé pour ses aptitudes à manipuler des codes. Les images devront donc être codées sous forme numérique (d'où le vocable courant d'image numérique). La représentation de base est une matrice de nombres, dont une représentation graphique sera donnée automatiquement par le dispositif de visualisation. A l'inverse, cette image numérique pourra être formée à partir de la transmission de valeurs à partir de périphériques spécialisés (caméras, capteurs divers) ou encore par le calcul (synthèse proprement dite). On distingue en général plusieurs types de traitement sur une image numérique:

- le codage, qui consiste à produire, à partir des informations à représenter, une structure codée permettant d'obtenir une transcription graphique sur le périphérique de visualisation,
- l'acquisition d'image, qui permet d'introduire dans la mémoire du calculateur une structure codée par le biais de périphériques spécialisés (caméras, tablettes),
- la transformation d'image, qui permet de passer d'une structure codée à une autre par usage de transformations géométriques, addition ou suppression de sous-ensembles codés et autres opérations sur les valeurs numériques,
- l'analyse, qui permet, à partir d'une structure codée, d'obtenir des renseignements d'ordre quantitatif (nombre d'éléments, barycentres, distances et longueurs diverses).
- la reconnaissance des formes, qui vise à établir une classification en séparant automatiquement les différents composants de l'image (segmentation, contours) et en les analysant. Cette classification permet alors de "retrouver" automatiquement le type des objets présents sur l'image,
- l'amélioration et la restauration d'image, qui vise à donner une apparence plus satisfaisante pour l'opérateur. Les principaux traitements sont l'amélioration des contrastes, l'élimination du flou et des distorsions géométriques.

Ces procédés sont utilisés aussi bien en synthèse qu'en traitement d'image, souvent sous des appellations différentes. Un exemple typique est celui de la reconnaissance des caractères, qui fait appel à des techniques différentes suivant qu'il s'agit de caractères saisis en cours d'écriture ou de caractères imprimés.

Historiquement, la différence entre infographie et traitement d'image était fondée sur le type des éléments graphiques qui étaient traités:

- dans le cadre de l'infographie, on s'intéressait surtout aux dessins au trait, c'est-à-dire les présentations graphiques à base de lignes (généralement des droites), avec éventuellement une notion d'épaisseur. Le matériel utilisé (traceurs de courbes, écrans à balayage cavalier) ne permettait pas de réaliser facilement des aplats. De plus, les appareils de communication (photostyles, tablettes graphiques), étaient très orientés vers la saisie de traits. Les opérations de traitement portaient donc essentiellement sur des dessins (abréviation de dessins au trait).
- dans le cadre de l'analyse d'image, l'objet élémentaire était l'image numérique, c'est-à-dire la matrice de points, chaque point étant susceptible d'être porteur d'une information différente des autres. L'entrée se faisait à l'aide de caméras ou autres dispositifs de numérisation, la restitution se faisant sur des surfaces de visualisation point par point. L'élément de base est alors la surface (ensemble de points voisins délimité en général par un contour), même si une activité classique consiste à retrouver le dessin par extraction des contours.

Un deuxième élément de différence était fondé sur la notion de dialogue:

- les techniques de l'infographie ont permis de passer de l'infographie passive (simple sortie sur les traceurs de courbes) à l'infographie interactive. Dans ce cadre, l'utilisateur entame un véritable dialogue avec la machine, donnant et recevant des informations sous forme graphique. Les temps de calcul sont relativement courts, quitte à simplifier l'image pour raccourcir les délais. Il y a donc symétrie entre acquisition et restitution.
- les techniques de traitement d'image ont demandé des temps de calcul très importants (techniques

de filtrage élaborées, complexité des méthodes de reconnaissance). Ainsi, généralement, un système de traitement d'images était conçu en mode essentiellement passif: une fois l'image acquise, le traitement se faisait en dehors de la présence de l'opérateur. Il n'y avait pas symétrie entre les opérations d'acquisition et de restitution des images.

Si les deux domaines se sont développés parallèlement pendant des années, l'apparition de terminaux de visualisation à balayage vidéo vers les années 1978 (commerciallement parlant) a provoqué une révolution dont les grandes lignes sont les suivantes:

- le cadre de l'infographie a débordé vers la synthèse d'images, conduisant les chercheurs à se préoccuper non plus seulement d'amélioration et de restauration de dessins, mais également d'image. En effet, le calcul conduit à certains défauts (aliassage, artefacts, effets d'escalier) que l'on cherche à faire disparaître,
- les systèmes de traitement d'image ont commencé à intégrer des techniques en mode dialogué, parce que les calculs ont pu être ramenés à des temps convenables (algorithmes meilleurs, puissance de calcul plus forte).

Ainsi, un pont très fort a été lancé entre les deux domaines. Par exemple, un des secteurs de recherche en synthèse d'image est la restitution de textures, un des domaines de recherche en analyse d'images est la reconnaissance des textures et leur modélisation. Il ne fait aucun doute qu'il y a ici un terrain commun, d'autres exemples étant donnés plus loin dans le texte.

#### L'INFOGRAPHIE INTERACTIVE

Les images (ou dessins) engendrés par ordinateur appartiennent à différentes catégories:

- l'image non figurative (ou abstraite) qui fait appel à l'arrangement de ses différents composants pour provoquer des réactions de nature esthétique par l'intermédiaire du sens de la vision. Ce type d'image est essentiellement employé dans les arts plastiques, mais également tout ce qui concerne la décoration au sens large (textiles, tapisseries, décors),
- l'image figurative, qui vise à donner une représentation parfois schématique ou stylisée d'éléments



reconnaissables car appartenant au monde réel (ou que l'on peut rapprocher du monde réel). C'est le moyen d'expression privilégié des techniques de conception assistée par ordinateur en architecture, génie civil, constructions navale, automobile ou aéronautique. L'objet en cours de conception peut être observé et des vérifications visuelles de ses caractéristiques réalisées au fur et à mesure de l'avancement du travail.

- la graphique, qui concerne la présentation d'informations à l'aide d'un système de signaux ou de symboles connus à l'avance. On cherche généralement à mettre en valeur les corrélations existant entre différentes composantes de l'information à traiter. La graphique fournit les règles de base de la constitution des graphiques d'affaires et de l'analyse graphique des données.

On peut s'intéresser à des séquences d'images, permettant d'illustrer l'évolution d'un phénomène en fonction d'un paramètre qui est très souvent le temps. Deux types de variation sont utilisés:

- variation discontinue de l'image, utilisée dans les montages audio-visuels,
- variation continue de l'image, soit dans le cadre du contrôle de processus en temps réel, soit dans le cadre de la conception de dessins animés ou de films publicitaires ou pédagogiques. On parle alors souvent d'image animée.

L'infographie interactive se caractérise par le fait que les images présentées sont des images "vivantes", c'est-à-dire susceptibles de modifications. L'image présentée sur un écran est le reflet de la situation d'un programme à un instant donné, situation pouvant être modifiée au gré de l'opérateur. Si la situation change, l'image doit changer également pour que l'opérateur puisse suivre l'évolution des traitements. Il faut donc disposer de moyens permettant de préciser les modifications de situation souhaitées. L'opérateur doit pouvoir entamer un véritable dialogue avec la machine.

Savoir exprimer ce dialogue, le mettre en oeuvre, ne sont pas des problèmes particuliers à l'infographie interactive. En effet, tout travail en mode dialogué fait appel à cet échange calculateur/opérateur. Certaines commandes habituelles (sélection dans un menu, introduction de valeurs alphanumériques) seront transcrites graphiquement, d'autres commandes

purement graphiques seront introduites (identification, introduction de dessins ou d'images).

Le but de l'infographie interactive est de fournir les moyens matériels et logiciels permettant de mener à bien une étude à l'aide d'une communication graphique avec un ordinateur.

#### LA MODELISATION DE L'IMAGE

Les opérations conduisant à produire une image peuvent se partager en trois groupes:

- la saisie de la scène dont on veut obtenir une image. Cette scène sera constituée d'un ensemble d'objets bi ou tridimensionnels. La complexité de cette scène (nombre d'objets, type des objets) aura de fortes répercussions sur les possibilités de visualisation.
- les calculs préparatoires à l'affichage, qui consistent essentiellement à mettre la scène en forme pour qu'une image puisse en être donnée. Les principaux calculs concernent le passage de l'espace à trois dimensions à celui de l'image (deux dimensions dans la majorité des cas), l'élimination des parties cachées ou encore l'interpolation entre objets.
- le coloriage des éléments, de manière à tenir compte aussi bien des couleurs portées par les objets que d'effets spéciaux ou des jeux de lumière.

Les plus grands progrès ont été accomplis dans les domaines du calcul et du coloriage, pour lesquels une bonne maîtrise a été acquise. Par contre, la saisie d'objets se fait encore difficilement, et une grande partie des recherches porte sur la possibilité d'automatiser la saisie de grandes scènes.

Le coeur des techniques de synthèse d'image se trouve dans la notion de modèle. En effet, les opérations de calcul font passer d'un modèle à l'autre, les modèles étant choisis pour leur bonne adaptation à une application, un mode de calcul ou encore à la transmission d'informations. Trois étapes marquent la synthèse d'une image:

- constitution et traitement de la scène, modèle construit à partir d'objets élémentaires appelés primitives de description. Les traitements consistent à combiner les primitives entre elles, à user de transformations géométriques. Toutes ces opérations font rester dans l'espace de la scène.

- constitution d'une image numérique. Il s'agit essentiellement du passage du modèle de la scène au modèle de l'image. En fin de parcours, ce modèle sera constitué d'une matrice numérique.
- traitement de l'image numérique. Dans cette phase, le tableau original est traité de manière à obtenir une matrice dotée de propriétés nouvelles. C'est ainsi que l'on effectuera les traitements anti-aliasage ou les traitements de couleur (effets spéciaux, fausse couleur).

La modélisation des objets à visualiser ne comporte pas que la description des formes de ceux-ci (simple modélisation géométrique). Modéliser une scène revient à enchaîner les activités suivantes:

- utiliser un certain nombre de primitives de description, qui vont fortement marquer les techniques de calcul. C'est ainsi qu'en deux dimensions on fait usage d'ensembles de segments de droite, d'arcs de coniques (cercles, ellipses, paraboles, et hyperboles) ou encore de courbes plus complexes (polynômes, b-spline). En trois dimensions, la modélisation se fait à l'aide de segments de droite dans l'espace (fil-de-fer), de facettes polygonales planes (le modèle le plus courant aujourd'hui), de carreaux de surfaces gauches (morceaux de quadriques, surfaces de Bézier), ou encore par assemblage d'objets élémentaires tels que quelques solides de base (cubes, parallélépipèdes rectangles, sphères, cones,...). La donnée des valeurs des différents paramètres de définition et de la position dans l'espace permet de définir les objets formant la scène.
- combiner entre elles les primitives à l'aide d'opérations élémentaires. Les opérations les plus simples sont le placement des objets les uns par rapport aux autres, sans se soucier des relations spatiales pouvant exister (recouvrements). Pour des systèmes plus complexes, en particulier adaptés à la CAO, on utilise des opérations d'union, addition, intersection, différence etc..., qui permettent, à partir de règles géométriques rigoureuses de créer de nouveaux objets à partir des objets élémentaires. C'est le cas typique de la création des solides, pour lesquels les opérations sont définies de telle sorte que tout traitement combinant deux solides donne obligatoirement un nouveau solide. Ainsi, la cohérence de l'information est assurée.

- définir la structure de la scène et des objets qui la composent. Il faut mettre à jour les relations liant entre elles certains sous-ensembles de primitives, afin de pouvoir manipuler tout ou partie de la scène. Une structuration classique est fondée sur la notion d'arbre, qui permet de définir une hiérarchie de dépendance entre les divers éléments de la scène.

- éventuellement décrire l'évolution dans le temps, c'est-à-dire comment les différents éléments de la scène sont modifiés au fur et à mesure que le temps (simulé ou réel) s'écoule. Cette notion est bien entendu essentielle lorsque l'on réalise des dessins animés ou des films d'animation. Elle permet de calculer les valeurs des différents paramètres définissant les composantes de la scène (positions relatives, formes, couleurs) correspondant à un instant donné, en tenant compte des valeurs courantes. L'enchaînement de ces calculs permet d'obtenir la séquence d'images voulue.

- On peut distinguer trois axes d'évolution des techniques de modélisation:

- la nécessité de constituer des bases de données contenant de très grandes quantités d'information, avec des comportements très différents. C'est ainsi que pour la CAO, on doit construire de grands ensembles de données dont la caractéristique principale est une grande rapidité de changement dans le temps. Il est donc nécessaire de pouvoir définir des liens dynamiques entre les différents composants. Les systèmes de gestion de base de données actuels n'offrent pas la souplesse suffisante pour régler ce type de problème. De même, les systèmes de simulation destinés à l'apprentissage du pilotage nécessitent de grandes masses de données, qui sont par contre relativement statiques (un territoire n'est pas modifié profondément tous les jours). Il est nécessaire dans ce cas de prévoir des relations entre objets permettant d'extraire le plus rapidement possible les seules informations à présenter sur l'écran en temps réel. Ces informations sont en général de nature géométrique (contraintes de proximité, niveaux de détail) et ne sont pas encore bien intégrées dans les bases de données.

- l'apparition de nouveaux modèles géométriques, qui prennent une importance considérable de par les domaines d'application auxquels ils se rattachent.



Le cas le plus typique est celui de la définition d'objets tridimensionnels à partir de coupes successives. Ce procédé était bien connu, par exemple pour définir des terrains à partir de courbes de niveau. Il prend à l'heure actuelle une importance considérable en génie biomédical, à cause de l'usage de plus en plus intensif qui est fait d'appareils offrant en sortie des coupes (par exemple les scannographes). Dès lors, on voit apparaître de nouveaux procédés, tant pour extraire des images les contours des coupes, que pour reconstituer l'objet tridimensionnel pour pouvoir en donner une image aussi réaliste que possible. Une grande activité de recherche se fait jour, qui traite aussi bien des opérations de combinaison de volumes définis par des coupes (urbanisme, confection) que d'algorithmes spécialisés dans la visualisation de ces objets (soit par passage vers un autre modèle plus classique, soit par invention d'algorithmes appropriés. On peut noter ici l'étroite coopération qui doit lier les techniques de traitement d'image (acquisition et analyse) et celles de synthèse puisqu'un même modèle doit être utilisé. C'est un nouvel exemple du rapprochement des deux domaines.

- la recherche d'une modélisation moins mathématique, moins froide. On peut remarquer que jusqu'à aujourd'hui, pour des raisons évidentes de relative simplicité des calculs, les objets ont été décrits à l'aide de primitives géométriques très classiques, parfaitement définies. C'est ainsi que la plupart des objets visualisés ont des lignes très "modernes" c'est-à-dire extrêmement géométriques, avec peu de fantaisie. Cependant, les domaines d'application tels que l'urbanisme (pour la représentation de paysages) ou l'audio-visuel (tant pour le dessin animé que pour la recherche artistique) ne pouvaient se contenter de présentations aussi "informatisées", aussi "parfaites". Produire des images réalistes doit conduire à un aspect "naturel" à ce qui est montré. Il est remarquable de constater une évolution très marquée vers l'usage de modèles plus libres (au moins dans les apparences). Par exemple, pour définir une tache de couleur, on peut définir un contour à respecter et un mode de remplissage systématique, qui feront que chaque fois que cette tache sera construite par la machine, elle aura exactement le même aspect. On peut au contraire essayer de modifier l'apparence de cette tache lors de chaque présentation en introduisant un minimum

de hasard lors du coloriage: ne pas tout peindre, ne pas utiliser toujours les mêmes colorations. On peut enfin décider de ne pas fixer a priori la forme à remplir, et utiliser des procédés qui donnent l'apparence de ce que l'on cherche à approcher, mais que l'on ne maîtrise pas entièrement, (dont on ne peut pas prédire exactement ce qui va se passer). C'est le domaine d'excellence des courbes fractales proposées par B.Mandelbrot. Il s'agit de courbes dont les points sont calculables, ayant parfois des propriétés intéressantes (remplissage du plan au delà d'un certain ordre de calcul par exemple) et qui offrent des représentations relativement non ordonnées, offrant des apparences de naturel. Les résultats les plus magistraux concernent la simulation de développements biologiques (arbres, bourgeons, populations d'hydrées ou de coraux), la simulation de paysages (planètes, montagnes, paysages de bord de mer). Ainsi, après avoir acquis la maîtrise de ce que l'on sait représenter exactement en machine (cas de la CAO), on cherche à obtenir la maîtrise de ce que l'on ne sait pas modéliser mathématiquement. Il est probable que cette nouvelle voie va conduire à la production d'images réellement nouvelles, c'est-à-dire qui n'ont encore été jamais vues.

Autant en ce qui concerne les techniques de coloriage on peut dire qu'une très bonne maîtrise est d'ores et déjà acquise, autant en ce qui concerne la saisie des données un effort immense reste à faire. En effet, cette opération est incomparablement plus difficile que la synthèse proprement dite:

- dans le cas de la synthèse, tout se passe comme si l'on réalisait une décomposition progressive d'informations parfois synthétiques (le modèle), pour arriver à l'information finale, atomisée, découpée, au niveau du pixel. Cette opération de décomposition est relativement simple, puisque toutes les informations nécessaires sont fournies. Le calcul consiste à retrouver puis dissocier les éléments de base. Ce type de travail est tout à fait élémentaire pour un ordinateur.
- dans le cas de la saisie, il faut au contraire, à partir d'un grand nombre d'informations, réaliser une synthèse de celles-ci afin de remonter au niveau du modèle. Ce mode de calcul est très délicat à programmer, même si les techniques associées à l'intelligence artificielle commencent à apporter un début de solution à ce type de problème.

A l'heure actuelle, la constitution de grandes banques de données géométriques se heurte à la difficulté d'automatiser le processus de saisie. Plusieurs voies sont explorées, qui visent aussi bien une saisie tridimensionnelle (par exemple à l'aide d'un rayon laser) que des saisies bidimensionnelles en utilisant plusieurs vues (images) d'un même objet. Il y a ici matière à rencontre entre la synthèse et le traitement d'image.

#### LA PRODUCTION DE L'IMAGE

Les images engendrées par ordinateur peuvent être classées en trois catégories:

- les graphiques de construction, qui permettent à une personne d'introduire des données sous forme graphique. Les graphiques de construction jouent un rôle essentiel lors de la saisie des objets. Ils ont été particulièrement développés dans le cadre de la CAO, à travers l'usage intensif des tablettes graphiques
- les graphiques de compréhension, qui permettent à l'opérateur de voir ce qui se passe dans la machine à partir des images construites par celle-ci. Les graphiques de compréhension doivent être calculés rapidement, de manière à permettre un mode de travail dialogué. Il peut alors arriver que pour faciliter les calculs on se contente de présentations approchées, peu finies, pour autant que la réflexion ne se trouve pas modifiée (trompée) par l'image. Une fois la structure générale de l'objet bien définie, l'opérateur demandera une présentation plus fouillée, plus détaillée, demandant plus de temps de calcul, se construisant éventuellement en dehors de sa présence.
- les graphiques de communication, documents finis destinés à être utilisés par d'autres personnes que celles qui les ont créés. Ces documents doivent en général être parfaits, répondre à des critères de présentation rigoureux. Il arrive souvent qu'ils soient préparés en mode dialogué, mais réalisés en mode non dialogué.

Ces différents graphiques sont utilisés pendant des phases différentes de la création d'image, parfois séparément, parfois simultanément. Par exemple, pour créer un film d'animation, le concepteur peut:

- créer des objets et des scènes avec des outils de construction. Ces graphiques serviront également pour modifier les objets, si le besoin se présente.
- préparer son animation en testant les séquences de film à partir d'une présentation relativement peu élaborée (par exemple en mode fil-de-fer), jusqu'à avoir réglé parfaitement l'enchaînement des mouvements et des déformations. Il utilise alors des outils de compréhension.
- construire le film proprement dit, qui bénéficiera des calculs les plus poussés afin de produire une image de la meilleure qualité. Le film est rangé dans la catégorie des graphiques de communication.

Il n'est pas question de passer en revue l'ensemble des techniques de visualisation. Elles sont trop nombreuses, spécifiques aux types de primitives de description et évoluent encore rapidement. Il n'est cependant pas possible de passer sous silence l'influence grandissante de la technologie. En effet, les progrès considérables réalisés dans le domaine de l'électronique, qui permettent d'offrir à des prix de plus en plus bas des puissances de calcul de plus en plus fortes, ont conduit à l'apparition de véritables machines à dessiner, qui proposent des traitements de plus en plus complexes. Donnons quelques exemples les plus caractéristiques d'évolution:

- le recours à des algorithmes d'élimination de parties cachées et de présentation réaliste faisant appel à des procédés qui avaient été délaissés quelques années auparavant, à cause de la forte puissance de calcul nécessaire. C'est ainsi que les techniques de suivi du rayon lumineux (ray casting) prennent une importance considérable aujourd'hui, alors qu'elles n'avaient été qu'effleurées précédemment. Il est remarquable de constater que cette technique est fondamentalement plus simple que toutes celles utilisées jusqu'alors. Seule la masse de calculs nécessaires avait empêché une utilisation commode.
- la frontière de plus en plus floue entre logiciel et matériel fait que les machines conçues aujourd'hui offrent de plus en plus de traitements incorporés dès la conception de la circuiterie. C'est ainsi qu'il n'est pratiquement plus possible de vendre de terminal de visualisation qui ne soit doté



d'un bon nombre de fonctions locales. Il devient tout à fait courant de voir des machines capables de traiter directement des scènes tridimensionnelles composées de plusieurs milliers de facettes planes, parfois en temps réel. Le prochain usage de circuits VLSI doit permettre à la fois d'abaisser encore les coûts, mais surtout de personnaliser les stations de travail en incluant des caractéristiques propres à une application donnée.

- assez curieusement, l'étude fine des algorithmes et des données se découvre une grande importance. Il y a là un paradoxe, dans la mesure où la présentation d'images extraordinaires pourrait faire croire que l'on sait tout très bien faire. Il n'en est rien, et les travaux sur la complexité des algorithmes graphiques et sur la complexité géométrique commencent seulement à prendre leur essor.
- enfin, de nouveaux supports de visualisation sont attendus. On note déjà la possibilité de disposer d'écrans avec une meilleure définition (1024\*1024, bientôt 2048\*2048 points). Il est tout à fait probable que des technologies différentes de la vidéo seront maîtrisées et fourniront de nouvelles possibilités d'expression.

#### LES GRANDS DOMAINES D'APPLICATION

La conception assistée par ordinateur est certainement le domaine qui a favorisé l'essor des techniques graphiques interactives, à tel point que l'on croit souvent que seules les présentations graphiques sont du ressort de ce domaine. Un grand usage est fait des différents types de graphiques. On peut noter une évolution vers un plus grand usage de l'image. Traditionnellement, les documents de travail sont constitués essentiellement de dessins au trait (plans divers). Les progrès réalisés dans la maîtrise des algorithmes de traitement des surfaces gauches et les possibilités d'affichage offertes par les écrans de télévision ont permis d'aborder des domaines nouveaux, pour lesquels l'image est indispensable: c'est le cas de l'urbanisme, pour les études d'insertion dans un site.

Les graphiques de communication sont encore constitués aujourd'hui, pour leur majeure partie, de plans normalisés. Un double mouvement est cependant perceptible:

- proposer des documents (lorsque c'est utile) qui soient fait de véritables images photographiques de l'objet. C'est ainsi que les grands systèmes de CAO offrent depuis peu la possibilité de présenter des images réalistes d'objets tridimensionnels, tels que des automobiles, des avions et autres bateaux. Il est évident que ces documents s'adressent plus à la clientèle qu'aux ingénieurs.

- transmettre le modèle informatique plutôt que les plans sur papier, de manière à gagner un temps précieux et d'éviter les erreurs de recopie. Il est très probable que les plans classiques, sous la forme de liasses de bleus, perdra peu à peu de son importance au profit de supports informatisés.

La bureautique connaît un développement rapide. L'image est amenée à jouer un rôle essentiel, en particulier dans les systèmes permettant d'éditer des documents comportant aussi bien du texte que des présentations graphiques. La possibilité de présenter graphiquement des situations données prend également une importance de plus en plus grande. Déjà les systèmes vendus à l'heure actuelle offrent des possibilités d'expression graphique tant en construction, compréhension que communication. Cependant, un secteur doit prendre une importance considérable: celui de l'analyse graphique des données, qui trouve un débouché aussi bien en cartographie qu'en graphique d'affaires (business graphics) ou en graphique d'aide à la décision. Une véritable révolution est en train de se produire, dans la mesure où le développement de la micro-informatique permet d'ores et déjà d'utiliser des techniques graphiques pour comprendre les données contenues dans un tableau 100\*100. La méthodologie de traitement de l'information développée par Jacques Bertin prend ici toute son importance, de par l'usage interactif que l'on peut faire des images représentant les données. Ainsi, des graphiques de traitement vont permettre à toute personne un tant soit peu familiarisée de traiter rapidement de grands ensembles de données, de proposer des hypothèses de corrélation ou non corrélation entre sous-ensembles, hypothèses traitées ensuite plus finement (éventuellement) à l'aide des méthodes d'analyse mathématique. Les graphiques de communication obtenus à l'aide de ces techniques sont alors des graphiques raisonnés, et non plus comme trop souvent à l'heure actuelle, un panorama des techniques les plus élaborées de la synthèse d'image ayant comme seul défaut une présentation fautive des données...



L'imagerie médicale connaît également un très grand essor. Plusieurs problèmes doivent être résolus:

- une automatisation de la saisie des images, qu'il s'agisse de coupes de scannographes ou de vues au microscope,
- une extraction automatique des principaux paramètres de l'image, par exemple les contours intéressants,
- la reconstitution de l'objet à partir d'une série d'images corrélées dans le temps ou l'espace,
- la visualisation appropriée à l'étude que veut en faire le médecin. En effet, suivant ce que celui-ci cherche, il peut être utile ou inutile de présenter des vues avec élimination de parties cachées (par exemple). Il peut arriver que l'emploi d'effets lumineux spéciaux (fausse couleur) soit plus efficace que la production d'une image plus ou moins réaliste.

Les activités touchant au secteur de l'audio-visuel au sens large (publicité, cinéma, télévision) font un usage de plus en plus grand des images de synthèse. C'est à travers les exigences de ce marché que les plus grands progrès sur les effets spéciaux et la qualité esthétique des images ont été réalisés. Ce secteur est moteur pour les recherches portant sur certaines améliorations à apporter aux images de synthèse, de manière à leur faire perdre leur "look" informatique et leur donner une apparence moins aseptisée. Nous avons déjà cité les procédés permettant d'engendrer des objets moins géométriques, des apparences plus proches de la nature. Citons encore la recherche de "défauts calculés", tels que l'introduction du flou dans les arrière-plans ou la présentation de traces laissées par les objets en mouvement, de manière à renforcer l'impression de voir des photos tout à fait réelles. Un des secteurs clés de cette recherche est l'étude des techniques de rendu du mouvement des être vivants, afin de leur faire perdre l'apparence actuelle, plus proche du robot. Peu à peu les déplacements se font comme si des acteurs en chair et en os les réalisaient.

Citons encore le secteur de l'aide au pilotage, dont l'objet essentiel est la formation des futurs pilotes d'avion, de bateau, d'hélicoptère et autre char de combat. Des machines très puissantes ont été construites à cet usage, qui permettent à l'apprenti pilote de travailler en temps réel.

D'autres secteurs sont en voie de développement rapide. Citons par exemple la vision par ordinateur, où là encore les spécialistes du traitement d'image et les spécialistes de la synthèse sont conduits à se rencontrer. En fait, tout domaine faisant usage de l'image fait ou fera appel à l'ordinateur.

#### CONCLUSION

En guise de conclusion, après ce rapide survol qui laisse dans l'ombre bien des problèmes liés à la synthèse d'image, nous parlerons des images réellement tridimensionnelles. On appelle abusivement aujourd'hui images tridimensionnelles des images parfaitement bidimensionnelles d'objets tridimensionnelles. Il existe déjà des dispositifs permettant d'obtenir des images dans l'espace à trois dimensions, en particulier à l'aide de rayons laser (par holographie ou autres techniques). La création directe de maquettes tridimensionnelles à partir de modèles géométriques se fait couramment dans l'industrie automobile. Il ne fait aucun doute que de nouveaux modes d'expression seront mis à la disposition des artistes et usagers de l'image à travers la maîtrise de ces procédés tridimensionnels, qui formeront peut être l'essentiel de la communication graphique de demain.

#### ELEMENTS DE BIBLIOGRAPHIE

Cet article est largement inspiré de deux publications que l'on trouvera dans un numéro spécial de "Sciences et Techniques" daté de Février 1984, et un numéro de "Datafrance" daté de Février 1984. Ces deux publications sont abondamment illustrées de photos en couleur.

- P. Morvan, M. Lucas, 'Images et ordinateur - Introduction à l'infographie interactive', Larousse, 1976
- M. Lucas et al, 'La réalisation des logiciels graphiques interactifs', Eyrolles, 1982
- Y. Gardan, M. Lucas, 'Techniques graphiques interactives et CAO', Hermès, 1983
- P. Morvan, M. Lucas, 'La visualisation graphique conversationnelle', Techniques de l'Ingénieur, 1981
- M. Lucas, 'Logiciels de programmation graphique', Techniques de l'Ingénieur, 1984
- J. Bertin, 'La graphique et le traitement graphique de l'information', Flammarion, 1979