

# CHAPITRE 2

## COMMUNICATION GRAPHIQUE

### 2.1 INFOGRAPHIE

Par infographie, on entend l'ensemble des sujets et techniques liés à la génération, la représentation et la manipulation de quantités numériques pouvant s'interpréter graphiquement. Ce domaine recoupe l'informatique, la géométrie et les méthodes numériques. On peut classer les sujets du traitement graphique par ordinateur en deux catégories:

- i) la génération d'images et de dessins,
- ii) l'analyse d'images et la reconnaissance d'images.

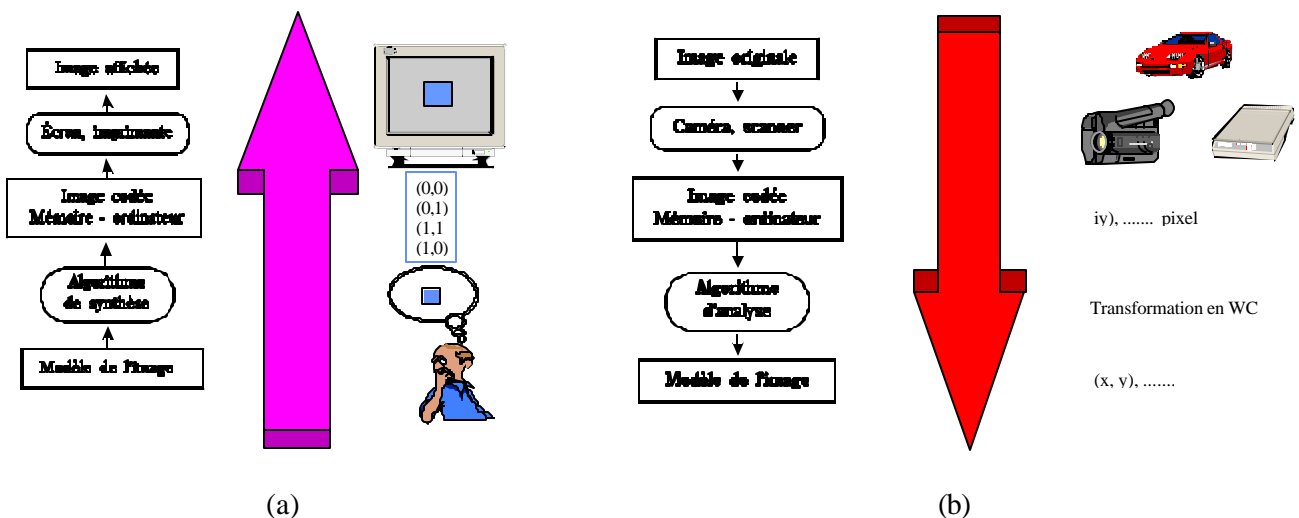


Figure 2.1 a) Infographie; b) traitement d'images.

Cette classification va en ordre croissant de difficulté et évidemment de complexité tout autant que dans le niveau de réalisme. Dans la dernière catégorie, la plus évoluée, on essaie essentiellement de reproduire de façon artificielle le sens de la vue avec une certaine forme d'intelligence. A titre d'exemple, on pourrait placer dans cette catégorie des problèmes de reconnaissance de signatures ou bien d'identification d'objets à partir de photographies ou de dessins.

Dans un autre exemple, on peut imaginer le problème de reconstituer un objet à partir d'une ou de plusieurs vues, c'est-à-dire à partir de vues de plan et des vues d'élévation de face et de côté. La première catégorie est la plus simple et consiste à produire des images ou dessins d'objets. Ceci inclut également la production de dessins ainsi que la simulation dans le temps de scènes simples.

Généralement cette division correspond aux images que l'on crée ou construit (dites de synthèse) et celles que l'on acquiert et que l'on traite et analyse. L'origine ou la provenance dans le premier cas est un modèle géométrique tandis que, dans le second, c'est une saisie analogique telle qu'une photographie ou des ultrasons. Dans les deux cas, un modèle numérique est élaboré pour fin de traitement et de restitution. Cette dernière étape peut se faire par traits ou bien par points pour un rendu plus réaliste.

Une image est considérée comme une approximation à un objet et contient plus ou moins d'informations et surtout, si celles-ci sont de nature géométrique ou physique. Soit la représentation d'un cube, l'information géométrique peut être restituée simplement par des traits reliant les sommets. Pour des informations concernant l'environnement (éclairage, etc..) ou bien la texture de la surface, alors une restitution par points est alors nécessaire.

## 2.2 GÉNÉRATION D'IMAGES

Dans la mesure où dans la conception assistée par ordinateur, on utilise la communication graphique comme moyen privilégié pour la transmission d'idées et d'informations, la matière de ce cours concerne le domaine de la génération d'images, c'est-à-dire la première catégorie.

Entendu dans ce sens, il s'agit d'abord d'automatiser le travail accompli traditionnellement par un dessinateur, ensuite de faciliter les divers aspects du travail de l'ingénieur en lui permettant d'exprimer et de communiquer graphiquement les données. On utilise couramment plusieurs expressions telles qu'infographie, graphisme par ordinateur et conception assistée par ordinateur.

L'infographie est cette spécialité du domaine de l'informatique concernant le développement de logiciels pour la production d'images par ordinateur. Le graphisme par ordinateur se situe à un niveau moins spécialisé et concerne l'utilisation de ces logiciels pour la création, la manipulation et la production d'images par des usagers. Finalement, la CAO allie ces deux sujets avec les disciplines du génie pour assister l'ingénieur dans son travail. On tentera de dégager dans ce texte une approche adaptée au domaine de l'ingénieur et qui s'insère dans le cadre général d'une démarche de solution de problèmes. Autrement dit, on envisage le graphisme par ordinateur comme un outil dans la solution de problèmes provenant d'applications pratiques plutôt que la tâche de développer de tels systèmes.

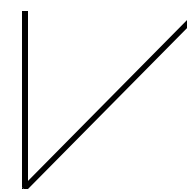
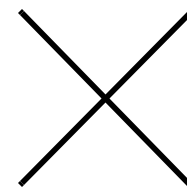
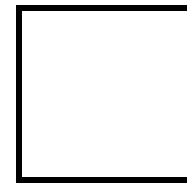
Pour illustrer, examinons les étapes dans cette démarche. En premier lieu, on identifie le procédé de modélisation par lequel un phénomène donné, par le moyen de quelques hypothèses simplificatrices, est remplacé par un modèle. Celui-ci est alors traduit ou mis sous forme d'équations. Généralement, et ceci dans une proportion à la hausse, cette étape se fait numériquement où les équations sont à leur tour remplacées par un système d'équations approchées. La solution est alors obtenue sous forme numérique, c'est-à-dire comme un ensemble de valeurs discrètes. Jusqu'à très récemment, la tâche de restaurer la solution sous une forme s'apparentant au problème initial se faisait manuellement. Typiquement, l'ingénieur décode cette solution et, dans un cadre de conventions établies, interprète les valeurs

numériques pour reconstituer une image de la solution. La forme de celle-ci est généralement un ou plusieurs graphes de fonctions montrant les variations de certaines variables en fonction d'autres.

Par exemple, on illustre la distribution de température ou bien la répartition de la concentration d'un polluant dans une rivière. Dans d'autres domaines, il s'agit de représenter le champ des lignes de courant ou des contraintes dans une pièce mécanique soumise à des efforts. Également, dans la préparation d'un problème d'éléments finis assez complexe, l'utilisateur doit avant de résoudre le système d'équations numériques vérifier visuellement la disposition des éléments. On note que dans l'expression communication graphique, on entend aussi bien des objets concrets tels que des pièces mécaniques que des objets abstraits tels que des champs, des fonctions ou des schémas.

L'objet graphique est constitué de points et de lignes et, il faut distinguer deux aspects dans la génération d'une image. D'abord un aspect purement mécanique qui consiste à générer des déplacements d'un stylo ou d'un faisceau d'électrons qui reproduiront sur une surface d'affichage (table traçante, écran cathodique) ces points et ces lignes. Vu en détail, ceci constitue l'infographie, tandis que du point de vue des applications, ceci se ramène essentiellement à un langage graphique. Le second aspect est plus universel et consiste en un décodage de l'information ordonnée de façon séquentielle sous une forme rudimentaire, c'est-à-dire un tableau de valeurs numériques. Ce traitement auquel s'adjoint une structure de données plus ou moins complexe permet une réorganisation de l'information à partir d'un ordre séquentiel (informatique) et un ordre spatial (graphique). On résume la génération d'une image en trois étapes:

- i) La préparation de l'objet graphique sous forme de points dont les coordonnées sont calculées et stockées sous forme de valeurs numériques dans un tableau.
- ii) La structure des données, c'est à dire on établit les liens, entre ces points, afin de rendre le caractère spatial de l'ensemble.
- iii) La restitution à l'aide de fonctions et d'actions graphiques pour produire une image sur un support.



La provenance des objets graphiques ainsi que la manière de les produire sont assez diverses et ceci dépend de l'application. Cependant une fois informatisés, tous se ramènent à une même forme. Donc, que l'on traite de fonctions représentant des relations entre qualités abstraites, ou bien d'objets représentant des pièces (par des courbes et des surfaces), on utilisera la même démarche. Ceci permet une certaine généralité dans l'approche et dans la présentation de la matière.

Figure 2.2 Images différentes.

Dans la méthodologie élaborée on doit distinguer ces trois étapes, au moins implicitement ainsi que les tâches qui peuvent s'automatiser et celles qui relèvent de l'utilisateur. Pour illustrer, on considère quatre points constituant l'objet graphique. La base de données est alors très simple; il s'agit d'un tableau qui contient les coordonnées, c'est-à-dire:(0,0),(1,0),(0,1) et (1,1) par exemple. On peut envisager plusieurs structures de données qui résulteront en autant d'images différentes, telles qu'illustrées à la Figure 2.2. L'élaboration de la structure de données incombe à l'utilisateur tandis que la production de l'image peut être déléguée entièrement au système graphique.

### **2.3 L'INTERFACE HOMME-ORDINATEUR**

Si on imagine l'ordinateur comme une extension ou bien une annexe du cerveau humain, au même titre que les machines le sont pour les muscles, on doit alors envisager des moyens de communiquer avec celui-ci.

Imaginons à titre d'exemple, que l'on dispose d'un outil capable de créer ou simuler des situations physiques.

La simulation du comportement d'un modèle abstrait d'un phénomène physique, la réponse d'un circuit électrique par exemple, est réalisée par un programme. On peut alors dire qu'il existe dans le monde de l'ordinateur (ou bien d'un cerveau) un modèle qui fait l'approximation du phénomène. Le modèle peut se manifester à l'homme (ou au monde externe à l'ordinateur) de plusieurs façons.

On illustre avec un problème de balistique. La trajectoire d'un projectile est fidèlement modélisée par les équations du mouvement de Newton que l'on peut facilement résoudre numériquement. En exécutant un tel programme on simule dans le monde de l'ordinateur le phénomène balistique, c'est-à-dire le mouvement dans l'espace du projectile sous l'action de plusieurs forces. La trajectoire existe sous la forme de quelques caractéristiques tels les coordonnées, le vecteur vitesse, etc., en fonction du temps. Ces caractéristiques sont généralement communiquées à "l'observateur" par une suite de valeurs numériques. Cette information séquentielle est traitée par celui-ci qui la réordonne. À l'aide de certaines conventions, on dégage une relation entre les différentes valeurs. Dans cet exemple, on réordonne les valeurs en leur donnant une structure spatiale que l'observateur interprète mentalement comme une trajectoire qu'il aurait observée de ses propres yeux.

On distingue clairement deux étapes:

- i) la communication des caractéristiques du modèle simulé par ordinateur à l'homme,
- ii) le traitement par le cerveau, et la réorganisation de cette information pour créer une image du phénomène.

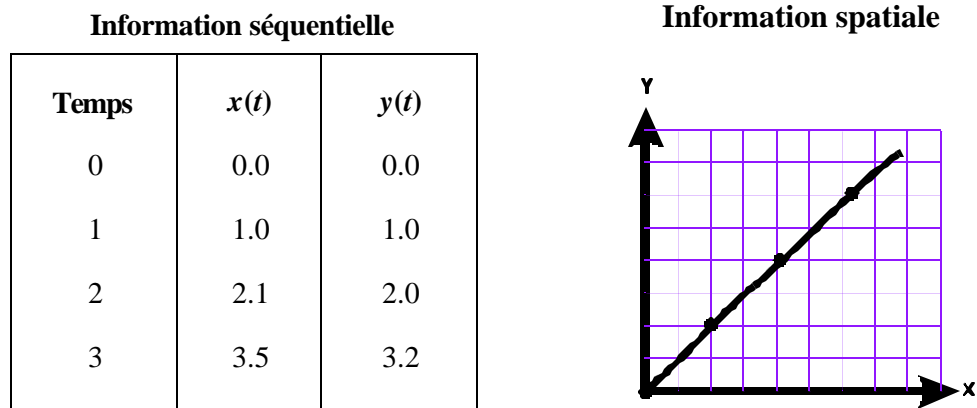


Figure 2.3 Lien entre une information séquentielle et une information spatiale.

Ce procédé peut s'avérer lent et fastidieux et parfois franchement impossible. Peut-on faciliter et accélérer cette démarche? Et ce évidemment à un moindre coût. Par ce dernier facteur on entend l'ensemble des coûts de l'opération comprenant l'investissement des machines et du logiciel, et surtout l'investissement du temps nécessaire pour l'apprentissage de ces méthodes.

Historiquement, dans les premiers temps du développement d'une nouvelle technologie, on adapte l'homme à la machine. Ceci pour des raisons bien évidentes de coûts et de moyens disponibles. Cependant, à mesure que l'usage se répand, il est nécessaire de déplacer l'interface plus près de l'homme. Simplement parce que la majorité des usagers potentiels n'ont pas la capacité ou la volonté de fournir l'effort d'adaptation exigé par des machines de la première ou même de la seconde génération. Pour illustrer, prenons un exemple relativement récent, le développement des ordinateurs programmables avant la généralisation des compilateurs. On peut facilement affirmer que l'utilisation courante de l'ordinateur ne serait pas aussi répandue si on devait utiliser un langage machine. Ou bien si les calculs étaient communiqués en binaire. Avec les compilateurs et les processeurs, l'interface a été déplacée vers l'utilisateur.

Ceci a nécessité:

- i) des machines plus puissantes,
- ii) le développement de logiciel, de compilateurs,
- iii) l'apprentissage de ceux-ci.

En rétrospective, l'ensemble s'est avéré rentable. Avec le graphisme par ordinateur, nous nous trouvons à une étape de développement très semblable. Avec les projets relativement ambitieux qui sont couramment abordés dans l'industrie, l'ingénieur se trouve face à un problème essentiellement de communication homme-machine. L'utilisateur reçoit de l'ordinateur des nombres alors qu'il a simulé des déplacements, des températures, des déformations, etc. Idéalement, il voudrait recevoir des images de ces phénomènes.

En deuxième lieu, la quantité d'informations pour des problèmes moins complexes est énorme et l'usager ne peut pas lire et interpréter ces informations assez rapidement. La nature de cette tâche se prête bien à une mécanisation par un logiciel qui traduirait ces informations numériques (séquentielles) sous forme graphique (spatiale).

## 2.4 CANAUX DE COMMUNICATION

L'homme possède cinq sens: le goût, le toucher, l'odorat, l'ouïe et la vue. A toutes fins pratiques, et en omettant certaines applications extrêmement particulières, seul le sens de la vue nous concerne dans la liaison ordinateur-homme. L'oeil est sans aucun doute le canal avec la plus haute capacité vers le cerveau humain. En effet on estime la capacité totale de ce canal de l'ordre de 28 à 42 millions de bits par seconde.

Il est généralement sous-utilisé. Ainsi lorsqu'on communique par écrit, c'est-à-dire par des messages codés, on peut lire entre 600 et 720 mots/minute ce qui revient en moyenne à 48 à 72 millions de bits par minute, un débit à peu près un facteur de 50 fois moindre que la capacité de ce canal. Mais ceci n'est pas tout, on doit tenir compte comment cette information est ensuite traitée.

Des études récentes en neuropsychologie du cerveau ont permis de découvrir l'organisation et le caractère des diverses fonctions du cerveau. On sait que le cerveau est divisé, en gros, en deux lobes, gauche et droit, et que cette latéralisation correspond également à une structuration des diverses fonctions. Par des expériences sur des patients dont l'une ou l'autre de ses parties du cerveau était atteinte, on a pu déceler l'incapacité de certaines fonctions. Il apparaît que les fonctions de la parole, l'écriture, et la compréhension sont localisées dans la partie gauche du cerveau. On a localisé dans cette partie également les fonctions pour l'accomplissement de l'arithmétique, le raisonnement logique, etc. Par ailleurs, la partie droite semble posséder les capacités de reconnaissance de formes et de reconstruction spatiale et autres fonctions de nature géométrique.

Cette spécialisation du cerveau apparaît vers l'âge de 5 ans. Il semble que la redondance initiale permette la survie en cas d'accidents à un jeune âge. Mais celle-ci devient superflue alors que les demandes auprès du cerveau augmentent. Par ailleurs, il serait peut-être difficile d'imaginer un cerveau adulte à deux parties, fonctionnant en parallèle, avec des modes d'interprétation différents, et peut-être même en contradiction.

Il existe deux modes distincts de fonctionnement du cerveau, selon l'hémisphère. Dans le côté gauche, le cerveau travaille avec une structure permettant de retenir des symboles, les *reconnaître* et établir des liens entre ceux-ci. Par exemple, les symboles du père, de la mère et les liens de parenté. Dans le côté droit l'organisation est entièrement différente et les symboles ne sont pas verbaux. Le cerveau *synthétise* de façon interne, sans symbole, un modèle avec les bonnes relations entre les différents éléments.

Ainsi pour un dessin on peut identifier des éléments qui peuvent être des points, des surfaces, des couleurs. Le cerveau prend ces éléments que lui communique l'oeil et les reconstruit avec les relations spatiales. Il peut les mémoriser, les comparer, les reconnaître, comme dans le cas de visages ou de scènes.

Cette spécialisation illustre clairement la mauvaise utilisation de données chiffrées pour représenter des formes. Prenons le cas d'un programme d'ordinateur qui calculerait, par exemple, un cube. Il communique le résultat de son calcul, c'est-à-dire les coordonnées des sommets, via l'imprimante.

(0,0,0)	(1,1,0)
(0,0,1)	(1,1,1)
(0,1,1)	(1,0,0)
(0,1,0)	(1,0,1)

L'oeil lit ces données, les communique à la partie gauche du cerveau qui les interprète comme les coordonnées d'un cube. La partie droite synthétise le modèle d'un cube. On note deux inconvénients: la lenteur de la lecture d'abord. Ensuite, la nécessité de traiter l'information symbolique pour produire une information à caractère spatial. Avec l'outil informatique on contourne ces inconvénients en communiquant directement avec la bonne partie du cerveau. Ils génèrent une image dont l'oeil communiquera les éléments directement au cerveau.

## 2.5 MODES GRAPHIQUE ET SYMBOLIQUE

Il est bien entendu que la communication d'information doit utiliser le médium le mieux adapté à l'utilisation qu'on veut en faire. Ainsi il est généralement admis que l'usage de ces modes ne peut être simultané et qu'ils s'inhibent mutuellement. Cette interférence serait à l'origine de la latéralisation du cerveau. Ainsi, lors de la lecture d'un tableau de données, on obtient une information quantitative exacte. Cependant, aucune information sur les tendances n'est perceptible sur les dérivées, ou l'ensemble. Par contre, le mode graphique communique ces caractéristiques très bien et très rapidement. Cependant l'information n'est plus quantitative, et la valeur des quantités est perdue, et même faussée par des effets tridimensionnels ou en perspective.

Il est entendu que la bonne utilisation du canal graphique dépend de la quantité et du niveau de réalisme de l'image.