

# EXPLICITER L'IMPLICITE : LE DÉFI PERMANENT DE LA CARTOGRAPHIE

par Jean-Philippe Grelot, Institut Géographique National

«La carte n'est pas le monde, mais le regard qu'un homme a un jour posé sur lui» (CARON 1982). Dans ce raccourci presque poétique est exprimée une donnée essentielle de la cartographie : la carte est un point de vue à un instant donné. Ce qui est vrai d'une carte matérielle l'est aussi de la carte mentale à laquelle on fait appel pour résoudre un problème. La cartographie a ainsi une vocation naturelle à être un moyen de fabriquer des bases de données localisées dont chaque utilisateur devra pouvoir tirer ce qui lui est utile non pas intrinsèquement, mais selon sa propre personnalité.

Des cartes classiques aux systèmes d'information géographique, nous verrons au long de cette communication comment la cartographie tente de répondre au défi du passage du signifiant au signifié, de l'implicite à l'explicite.

## ◆ Les cartes géométriques de la France

Du milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle à la fin du XX<sup>e</sup>, trois cartes de France ont été successivement établies en utilisant des méthodes géométriques. La présentation graphique a changé pour une meilleure lisibilité, tirant parti des évolutions techniques avec le passage de la gravure sur cuivre à la photographie et la photogravure, et de la monochromie à la polychromie. La précision géométrique des levers s'est améliorée et l'échelle a été augmentée en conséquence, passant du 1:86 400 au 1:80 000 puis au 1:25 000. Tout ceci est directement visible et conforme à nos esprits rationnels car directement relié à des évolutions techniques, avec un apport clair des sciences mathématiques et physiques.

Ce qui est moins perceptible, c'est le changement du contenu de la carte, des objets représentés, ou de ceux qui sont les mieux représentés. Il traduit pourtant le choix des concepteurs, de ce que les concepteurs trouvaient d'essentiel dans le paysage.

La carte de Cassini, au XVIII<sup>e</sup> siècle, est une carte administrative pour un état centralisateur. Elle est organisée sur un canevas géométrique de points de repère entre lesquels sont dessinés des éléments plus figuratifs que géométriquement corrects.

Instruite par les guerres d'Empire, la carte d'Etat-Major dressée au XIX<sup>e</sup> siècle montre les obstacles au tir de l'artilleur, aux chevauchées du cavalier, à la marche du fantassin. Les pentes, les marécages sont dessinés avec précision.

La carte de France au 1:25 000, de la fin de la première guerre mondiale à nos jours, met l'accent sur les agglomérations et les voies de communication, les

lieux de vie et d'échanges : la perspective est économique plutôt que militaire.

Toutes sont des cartes dites topographiques, dont l'objet est de représenter les objets concrets, fixes et durables existant à la surface du sol (CUENIN 1972). Les cartes topographiques prétendent à une certaine universalité, à une fonction de représentation «naturelle» des éléments visibles du paysage. D'où vient alors que l'on ait trois cartes à la facture si différente ? Encore s'agit-il du même pays, ce qui réduit l'effet de variations proprement culturelles. Les objets considérés comme les plus utiles sont représentés par des signes simples, les autres informations sont évoquées ; les premiers sont explicites, les secondes sont implicites. Le carré noir «est» une maison isolée, le ruban régulier «est» une route, la tache verte «est» un bois ; si la tache est bleue, c'est de l'eau. Ce sont des conventions, mais les signes sont si fortement connotés qu'on les considère comme des représentations naturelles.

Ce mécanisme fonctionne bien pour les objets simples. Lorsque le paysage à traduire n'est pas réductible en de telles entités élémentaires, on fait appel à un moyen détourné. La représentation du relief en est un exemple significatif. Ni les hachures, ni les courbes de niveau, ni même l'estompage ne sont directement observables sur le terrain. En passant du figuratif à l'abstrait, on demande au lecteur un effort mental de transposition ou de reconstitution : si la courbe de niveau est explicite sur la carte, le fait qu'elle figure le relief est implicite. On n'est plus dans le domaine des conventions «naturelles», comme en témoigne le phénomène de lecture inversée des reliefs lorsque la source d'éclairage n'est plus située au nord-ouest de l'image. La théorie de l'information fournit un cadre de formalisation et d'explication des phénomènes en jeu.

## ◆ Théorie de l'information et cartographie

Certains phénomènes sont régis par des lois générales et la connaissance de quelques paramètres suffit à les décrire complètement. On peut même les prédire sans qu'ils aient été observés ou même qu'ils se soient déroulés : c'est ainsi que les lois de Képler permettent de calculer la trajectoire nominale d'un satellite avant son lancement, et de choisir son orbite.

D'autres phénomènes n'obéissent pas à des lois connues, et il faut les décrire de manière exhaustive, point à point. Ce sont eux qu'étudie la théorie de l'information, en les qualifiant de processus aléatoires ou de phénomènes aléatoires. Plus précisément, on

étudie simultanément le phénomène et l'image que s'en fait un observateur, image appelée représentation et définie comme état observable ; l'ensemble constitué par le phénomène et sa représentation est un système aléatoire (figure 1).

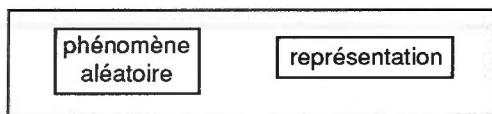


Figure 1 : Système aléatoire

Les représentations construites par l'observateur sont basées sur des lois, caractéristiques d'une classe de phénomènes et déterminées par:

- la nature des éventualités, c'est à dire des états observables;
- la nature des transitions entre les éventualités, dans l'espace et le temps;
- les probabilités attachées à ces transitions.

L'observation d'un phénomène est le choix d'une éventualité de la représentation, et corrélativement rejet des autres éventualités ; l'information acquise est alors réduction d'incertitude, puisque l'on a fixé un des états observables et éventuellement les transitions depuis les états antérieurs.

L'information est transmise par l'intermédiaire d'un code. Que le langage utilisé soit gestuel, parlé, graphique ou informatique, le message n'est compréhensible que si l'émetteur comme le receveur en connaissent le code. C'est pourquoi on ajoute le système de codage aux lois de la représentation, ainsi que le codeur effectuant l'enregistrement sur un support physique de données (figure 2).

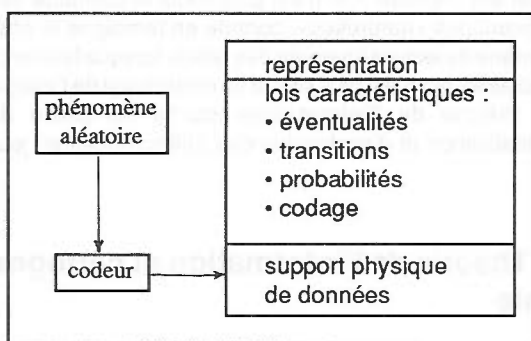


Figure 2 : Système d'information

Typiquement, la communication cartographique enchaîne trois systèmes d'information : celui de l'observateur du phénomène tiré du monde réel, celui du cartographe et celui du lecteur (figure 3).

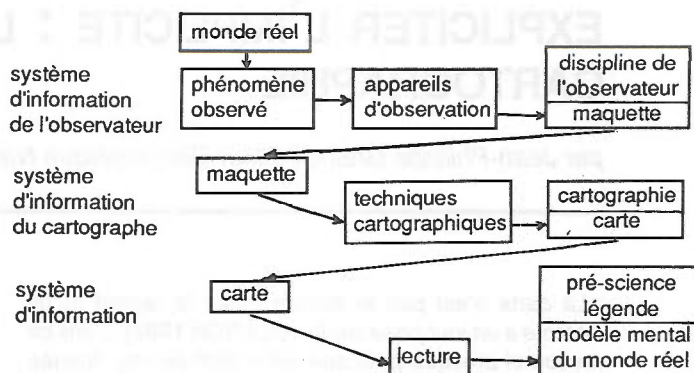


Figure 3 : La communication cartographique

Le but de la communication est de donner au lecteur une meilleure connaissance du monde réel, de lui faire acquérir un modèle mental correct. Cette préoccupation est un souci permanent de la conception cartographique, comme en témoigne la définition retenue par l'Association Cartographique Internationale (ACI 1973) : «La cartographie est l'ensemble des études et des opérations scientifiques, artistiques et techniques intervenant à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, en vue de l'élaboration de cartes, plans et autres modes d'expression, ainsi que dans leur utilisation».

En définitive,

- la cartographie a pour objet de donner des informations sur des phénomènes localisés dont la description ne peut se faire que point à point;
- cette description est le choix d'un des états observables définis a priori;
- on cherche à construire, chez un lecteur, un modèle mental du monde réel.

Très clairement, la sélection d'un état observable est un passage à l'explicite. Mais que sont les états observables et comment la sélection s'opère-t-elle ?

### ◆ Les descripteurs cartographiques

La représentation cartographique de l'information géographique, qu'elle se fasse sous la forme graphique de la carte imprimée ou sous la forme numérique d'une base de données informatiques, est un choix. Il se manifeste par les descripteurs utilisés, qui déterminent au moins partiellement le système de codage et sont habituellement figurés dans la légende.

Les classes de descripteurs sont des ensembles indépendants de propriétés attachées aux objets ou aux relations entre les objets. Les descripteurs sont des clés

d'accès aux données lors de la lecture des cartes ou lors de l'interrogation des systèmes d'information géographique. Quatre classes de descripteurs sont nécessaires.

Les **descripteurs géométriques** définissent, au sein d'un système de représentation spatiale, les coordonnées des points, des lignes, des polygones, des surfaces ou des volumes qui constituent ou délimitent l'emprise des objets homogènes cartographiés ; l'homogénéité s'apprécie en référence à une taxonomie. Ces descripteurs indiquent également la manière dont on reconstruit la totalité des éléments géométriques lorsque l'on n'en connaît qu'un échantillonnage : c'est en particulier le cas des lignes, obtenues en effectuant entre les points sélectionnés une interpolation linéaire ou parfois parabolique.

La nature des objets est traduite par les **descripteurs sémantiques** retenus par le spécialiste qui conçoit la carte ; l'image que l'on peut s'en faire est la partie textuelle d'une légende. L'importance de ces descripteurs, et leur subjectivité, est souvent négligée ou même ignorée. En particulier, l'homogénéité des objets est celle admise par ces descripteurs : de fait, la discrétisation du monde, qui est en réalité relativement continu, induit une certaine hétérogénéité à l'intérieur de chaque objet cartographié, que l'on peut assimiler à une variabilité admise (KING 1984). Et si l'on reconnaît naturellement que la précision géométrique se dégrade lorsque l'échelle diminue, on est moins conscient du fait que la généralisation cartographique opère une sélection des objets qui accroît la variabilité à l'intérieur de chacun des objets concernés, et qu'il est nécessaire de modifier les descripteurs sémantiques pour prendre en compte cette dégradation de la précision taxonomique. Ce phénomène est malheureusement occulté par la terminologie que l'on emploie pour désigner les catégories sémantiques ; le même terme est ainsi utilisé quel que soit le degré de généralisation, souvent pour la simple raison que le symbole graphique est identique, quelle que soit l'échelle ; il en est ainsi des bois. A l'inverse, l'amélioration de la résolution spatiale des satellites d'observation, ou l'accroissement de l'échelle des prises de vues aériennes, ne répondent pas au seul souci d'une meilleure précision géométrique, mais facilitent la différenciation ou la discrimination des objets selon leur nature.

Les relations entre les objets, qui sont plus qu'une vision particulière d'un ordonnancement géométrique, sont relatées par les **descripteurs topologiques**. Ces notions de liaison, de proximité, de contiguïté, d'intersection, d'inclusion ou d'exclusion sont fondamentales dans la lecture que tout un chacun fait d'une carte : «Ainsi de ceux qui croient le découvrir en le divisant, mon territoire. Quand mon territoire est bien autre chose que ces moutons, ces champs, ces demeures et ces montagnes, mais ce qui les domine et les noue» (Saint-Exupéry, Citadelle). Les descripteurs topologiques jouent un rôle essentiel dans la fonction de repérage, ou la précision géométrique apparaît tout à fait mineure.

La dernière des quatre classes de descripteurs est la plus familière aux cartographes : il s'agit en effet des **descripteurs graphiques**. Cette classe n'est pas la

dernière par son importance, puisque la transcription graphique est inévitable si l'on veut communiquer l'information géographique à un lecteur, ce qui reste la finalité de la cartographie. Mais elle peut être séparée des trois classes précédentes dans la mesure où elle relève d'un système de codage différent. En effet, l'information géographique numérique requiert les descripteurs géométriques, sémantiques et topologiques, alors que les descripteurs graphiques ne sont appelés que par l'acte cartographique qui va transcoder des données numériques en données analogiques soit sur une carte imprimée, soit sur une console de visualisation.

Pour un même phénomène donné, le domaine de définition des descripteurs peut varier d'un observateur à un autre. La première raison, déjà soulignée, est l'interprétation faite du phénomène, qui comporte une part de subjectivité. La seconde est due au passage par un modèle mental qui dépend à l'évidence du champ de connaissances de l'observateur ou du cartographe. La réalité existe indépendamment de tout modèle, auquel elle est transcendante : «*le principe de transcendance signifie que les modèles scientifiques ne sont pas asymptotiques à la Réalité, dont ils diffèrent non pas quantitativement mais qualitativement . Ce sont des projections de la Réalité dans notre intellect et aucune projection, aussi perfectionnée soit-elle, ne saurait décrire complètement l'objet qu'elle représente*» (NASLIN 1985).

## ◆ Les modèles cartographiques

La difficulté intrinsèque de rapprocher un objet d'un modèle est encore accrue lorsque l'objet n'est pas réductible à un assemblage de formes simples auxquels on peut porter un nom dépourvu d'ambiguïté : «*Méthode d'articulation, le langage, malgré son évidente inadéquation au regard de la logique, et bien qu'il intègre pêle-mêle et anachroniquement des états contradictoires de la connaissance, est centre de pouvoir cognitif. Tout objet non dénommable ou non intégrable à une proposition définitoire en langue demeure hors de prise d'une connaissance rationnelle et autre qu'intuitive*» (HAGEGE 1985).

Cette observation a une portée pratique considérable. Si la carte est un bon moyen de communication, c'est qu'elle combine d'une part des représentations implicites d'objets par des signes conventionnels, d'autre part des agencements implicites d'objets, agencements provoqués par la disposition relative de signes sur un plan. On «verra» ainsi si deux objets sont proches ou éloignés, adjacents ou disjoints : d'une façon générale, les descripteurs géométriques et sémantiques sont dans l'ordre de l'explicite, alors que les descripteurs topologiques sont dans l'ordre de l'implicite. Les descripteurs graphiques sont implicites si les signes sont conventionnels, mais deviennent d'autant plus explicites que les signes sont davantage connotés.

La modélisation ne peut connaître que des descripteurs explicites. On ne pourra ainsi retenir, dans les descripteurs topologiques, que ce que l'on parviendra à énoncer. Pour donner une idée du rôle de la

topologie dans la lecture de la carte, il suffit de dresser une liste des questions que se pose le lecteur (BOARD 1984):

- où est-ce ?
- qu'y a-t-il à cet endroit ?
- qu'y a-t-il autour ?
- quelles sont les relations entre tels objets ?
- où sont les objets de telle nature ?
- quelle quantité y a-t-il en tel lieu ?
- quelle distribution cela donne-t-il ?
- où en sont les limites ?
- où cela se reproduit-il ?
- est-ce lié à d'autres phénomènes ?

Lorsque l'on opère un codage numérique des objets cartographiques, on fait appel aux descripteurs géométriques, sémantiques et topologiques. Le codage s'effectue en trois étapes : définition d'un modèle de données, traduction en structure de données et enfin implantation des structures de stockage. Le modèle de données est une conceptualisation, une abstraction du phénomène observé ; elle incorpore le plus souvent les seules propriétés conçues comme faisant partie, ou étant proches, des applications projetées. La structure de données est une représentation du modèle, souvent traduite sous forme de diagrammes, de listes ou de tableaux conçus pour refléter l'enregistrement des données sous forme informatique. Les structures de stockage apportent des détails relatifs à l'écriture des données ; tributaires des matériels informatiques, elles peuvent varier sensiblement pour une même structure de données.

Ce qui nous intéresse ici, ce sont les modèles et les structures de données : revenons sur ces concepts.

Les modèles de données expriment les propriétés caractéristiques des objets géographiques considérés, en précisant le domaine de définition de leurs descripteurs géométriques, sémantiques et topologiques. Apparaissent ainsi la taille, la texture, la forme de chaque objet pris isolément, la régularité de ces facteurs pour cet objet ou pour l'ensemble des objets de même nature. Mais dans la conception du modèle, les relations entre les différents objets, qu'ils soient ou non de même nature, sont au moins aussi importantes que les caractéristiques des individus : on ne conçoit pas non plus un réseau hydrographique sans connaître la structure géomorphologique du relief ; il en est de même du tissu urbain et des voies de communication.

Les modèles de données ont souvent été assimilés aux structures de données. Cette rigidité est due à un manque de connaissances théoriques sur les données spatiales, conséquence de l'histoire de l'informatique. Il n'apparaissait pas nécessaire de rechercher des modélisations complexes de la réalité quand les ordinateurs étaient trop lents, trop faibles en mémoire, trop dénués de périphériques graphiques pour que l'on pût espérer en tirer des systèmes opérationnels. Cette étape conceptuelle est pourtant essentielle, car elle traduit une vision mais aussi une compréhension du phénomène observé. Comme elle ne saurait encore être universelle ni objective, on s'attachera à évaluer la qualité du résultat au moyen de quelques critères :

- l'exhaustivité, c'est-à-dire le plus ou moins grand nombre de phénomènes réels pris en compte par le modèle ;

- la robustesse, qui est l'aptitude à intégrer des cas particuliers ou à traiter les erreurs ;

- l'efficacité des structures de données résultantes en termes de compacité et de rapidité de traitement ;

- la facilité de génération de la base de données, exprimée comme la somme des travaux nécessaires pour mettre les données sous la forme exigée par le modèle, ce qui comprend le découpage en unités de stockage que l'on substitue au découpage en unités de saisie.

## ◆ Les structures de données

Pendant longtemps, le monde de la cartographie numérique s'est décomposé en deux groupes : le groupe des structures vectorielles d'une part, le groupe des structures maillées d'autre part. La rencontre ne pouvait se faire, car les matériels étaient trop différents et, informatique oblige, peu compatibles.

La cartographie vectorielle, où les objets sont décomposés en lignes ayant ou non des propriétés topologiques, est en fait issue directement du dessin assisté par ordinateur. Le mode de travail de base était en effet celui des traceurs à plumes, il fut ensuite celui des tables à numériser puis des premières consoles de visualisation. Les premières structures vectorielles, surnommées «*spaghetti*», ont depuis quelques années cédé la place aux structures hiérarchiques dérivées des modèles de graphes topologiques planaires. Ces structures sont utilisées dans tous les systèmes d'information géographique du commerce.

La cartographie maillée est issue de l'industrie graphique. Elle est d'ailleurs restée confinée au traitement d'image et à la restitution graphique. Toutefois, l'existence d'images satellitaires, accessibles à bon marché, pousse au développement de ces techniques, et à leur insertion dans des systèmes intégrés d'information géographique ; en préfiguration des images numériques acquises d'ici quelques années par les aéronefs, ces systèmes se préparent à recevoir les photographies aériennes numérisées.

D'une façon générale, l'abondance de documentation graphique analogique et l'état de la technique pousse vers des voies hybrides de scannage, avec numérisation des signaux ou conservation sous forme vidéo. Mais on n'obtient alors que des images de repérage, ou des pixels individuels, sans qu'il y ait regroupement en objets identifiables. Cet écueil est toutefois momentané : les recherches actuelles, qui font appel à diverses branches des mathématiques, déboucheront tôt ou tard sur les systèmes experts appropriés.

## ◆ L'interrogation des données

Le modèle de données incorpore les propriétés conçues comme étant proches des applications projetées, et ces propriétés sont traduites par les descripteurs

géométriques, sémantiques et topologiques retenus. C'est donc aussi par l'intermédiaire de ces descripteurs que devra passer le processus d'interrogation. Bien évidemment, puisque l'on a affaire à des données localisées, les descripteurs géométriques interviendront de manière privilégiée.

Mais l'interrogation ne se fait pas, ou pas seulement, en pointant un doigt sur un tableau d'assemblage, fût-il projeté sur un écran graphique. En fait, l'interrogation par les coordonnées est peu fréquente. Plus souvent, on interroge par le nom d'une région, d'une localité ou d'un détail géomorphologique, ou encore la dénomination d'une voie de communication.

On donne aussi une extension géographique à la zone recherchée. C'est une approche indirecte de la localisation, d'autant qu'on la situe parfois par rapport à un objet désigné : «le long de», «au nord de», «de part et d'autre de», etc. La totalité des objets n'est pas toujours intéressante : on effectue une sélection sur les attributs sémantiques, au moyen d'une définition en extension (liste de valeurs d'attributs) ou en compréhension (sous-ensemble du domaine de définition des attributs). En définitive, la demande ne se fait plus sous la forme «J'ai besoin de la feuille 2314 au 1:50 000», mais sous la forme «J'ai besoin de connaître le réseau routier accessible aux poids lourds dans un rayon de 10 kilomètres autour de Paris».

Le mode d'interrogation est plus proche de la finalité de l'utilisateur. Il demandait une carte comme il demande une voiture, alors que la voiture est en fait un moyen lui permettant d'aller d'un point à un autre. La demande est implicite, car on sait que l'on trouvera la réponse à la question posée en utilisant l'objet demandé, voiture ou carte. Cependant, comme la demande est implicite, l'objet contient beaucoup plus d'informations qu'il n'est nécessaire. La communication est inévitablement moins efficace, ce qui se traduit par une perte de temps : qui n'a jamais passé de longues minutes à rechercher le nom d'une localité sur une carte? Plus la demande est explicite, plus le résultat est proche de ce que l'on attendait.

## ◆ Du lecteur de carte à l'utilisateur de système d'information géographique

Le lecteur de la carte ne la lit pas en fonction du mode de représentation, il la lit en fonction de sa propre expérience, de ce qu'évoquent les signes qu'il perçoit, des modèles mentaux qu'il a acquis. La lecture d'une carte est une activité cognitive complexe. Le lecteur n'y est d'ailleurs guère aidé : seule la légende lui apporte quelques clés pour déchiffrer l'image qui lui est livrée.

La lecture d'un écran, ou l'utilisation d'un système d'information géographique, vont modifier profondément le mode de relation entre le lecteur et l'objet. D'abord parce que le périphérique de consultation a des limites auxquelles la carte ne nous a pas habitués : la taille, la résolution, voire les couleurs de l'écran, et l'absence d'une légende affichée en permanence. Ensuite parce que, comme nous l'avons vu, un système

informatique pousse à formuler des interrogations explicites : l'entrée dans le modèle mental se fait avant l'affichage, non plus après la prise en mains de la carte. De plus, on veut conserver le mode de recherche par approches successives, avec focalisation du champ visuel ou parcours rapide et isotrope sur la carte. Il s'ensuit que le système doit offrir deux modes de consultation : l'un par l'image, l'autre par les caractéristiques des objets géographiques. Ces caractéristiques comportent bien évidemment les relations entre les objets, et la consultation se fait alors sur une vue du modèle de données qui, d'une certaine façon, est lui-même une carte.

Ce concept de travail simultané sur plusieurs vues de la base de données traduit la présence, dans l'esprit du lecteur, de plusieurs modèles mentaux : par exemple, sa propre interprétation de la légende, sa connaissance en matière de relations spatiales, l'espace que lui rapporte la carte. Cela me paraît également une voie prometteuse dans l'approche cartographique des systèmes multimédia qui combinent des données numériques structurées, des images fixes ou enchaînées, des séquences sonores. La carte est un moyen privilégié de naviguer dans ces espaces de représentation, en leur donnant une charpente commune : la cartographie aurait-elle vocation à ériger des colonnes au temple de l'information et de la communication ?

Dans cet esprit, et sous l'acronyme de CARIATIDE pour Cartographie interactive traitant des injonctions par dualité d'écrans (**cartographic interactive dual editing**), un début de formalisation de l'accès multiple à une base de données a été entrepris à partir du concept de généralisation cartographique (**GRELOT 1987**). Les principes sont simples :

- stations de travail à plusieurs écrans soit physiques, soit virtuels;
- affichage de plusieurs vues de la base de données, permanentes ou fugaces par fenêtrage;
- et surtout transfert en temps réel des éléments introduits sur un écran vers les autres vues de la base de données avec les réinterprétations nécessaires selon ces vues.

En particulier, on peut ainsi accéder simultanément à une vue graphique de l'espace traité et au schéma conceptuel de la base de données. On sait que les structures de données usuelles, tant vectorielles que maillées, rendent pauvrement compte des relations spatiales qui lient les objets, et que les modèles qui tentent de les prendre en compte deviennent rapidement d'une complexité telle qu'elle peut contrarier le travail interactif en allongeant les temps de réponse. L'interconnexion des vues ouvre une voie pour étendre le domaine de définition des descripteurs géométriques et sémantiques et pour exploiter parallèlement les descripteurs géométriques et sémantiques et pour exploiter parallèlement les descripteurs topologiques en jouant sur les effets de dynamique du traitement interactif. Le principe est d'enrichir les objets d'attributs algorithmiques (géométrie analytique, algorithmique ou fractale, contours flous ; taxonomie probabiliste ; topologie algorithmique) mis en sommeil dont l'activation se déroule soit à l'affichage de la fenêtre sélectionnée,

soit par intervention spécifique du lecteur sur la vue graphique ou sur la vue conceptuelle de la base de données.

Il s'est agi jusqu'ici du passage de l'image vers le lecteur. Comme sur une carte, mieux même que sur une carte, on peut aller aussi du lecteur vers l'image. Il a toujours été possible d'ajouter manuellement des surcharges sur une carte, soit directement, soit sur un calque superposé. Les surcharges servent à la mise en valeur d'informations lues sur la carte, comme un toponyme que l'on souligne ou que l'on réécrit pour mieux le voir ; elles servent aussi à ajouter un type d'information extérieur à la carte, comme des aménagements ou un dispositif militaire. La différence entre la carte d'origine et les surcharges est nette, il n'y a pas de confusion possible.

Lorsque l'on passe de la carte au système d'information géographique, il en va tout différemment. La différence de graphisme entre l'information de base et les données en surcharge ne joue pas nécessairement ; plus fondamentalement encore, les données ajoutées sont incorporées dans la base de données, ou dans une base annexe. On peut alors les réutiliser, et c'est un grand avantage de ces systèmes. Mais il y faut aussi quelques précautions : puisque rien ne différencie a priori les données ajoutées des données antérieures, leur valeur qualitative ou quantitative, la précision de leur localisation sont implicitement identiques. Implicitement seulement : mais dans certains cas, il sera impératif de le constater, et d'adapter les actions en conséquence. D'une manière générale, on pose ainsi le problème du partage des responsabilités entre le fournisseur des données initiales et l'utilisateur qui incorpore des données complémentaires.

On en déduit un certain nombre de conséquences pour la conception des systèmes d'informations géographiques et pour les stations de travail, qui sont la passerelle entre le système d'information et l'utilisateur :

- Il faut faire cohabiter plusieurs vues de la base de données : des vues réelles et des vues virtuelles ou conceptuelles, sur lesquelles on effectue des opérations.

- Les données cartographiques proviennent de bases de données vectorielles structurées, d'images numériques ou d'images analogiques en mode vidéo : les images, mais aussi les modèles de données, doivent être compatibles.

- L'entité manipulée sur un écran est un objet, non un point ni un groupe de points. L'objet est explicite lorsqu'il provient d'une base vectorielle, il est implicite lorsqu'il est un amas de pixels dans une image ; pour en faire un objet explicite, il faut un opérateur très rapide d'extraction d'objet, voire même de reconnaissance d'objet.

- Il faut, à la demande, faire la distinction entre les données initiales et les données ajoutées en qualifiant, par exemple sur des attributs spécifiques, la précision

de localisation, la date de validité ou encore l'incertitude sur l'identification de l'objet.

L'utilisateur n'a guère à se soucier du modèle de données : ce qui lui importe, c'est l'éventail des applications que lui ouvre la station de travail ainsi que la façon dont il va travailler sur ce qui, pour lui, est d'abord une image : «*Les modèles numériques en sont encore aux balbutiements, ce qui prouve à contrario la puissance communicative des modèles graphiques. L'utilisateur, que l'on n'ose plus appeler lecteur, reçoit un produit malléable : le modèle de données fournit la capacité de traitement, il est cartographique ; l'expression finale est transcription graphique ; les opérations intermédiaires ne sont pas seulement d'ordre cartographique, elles sont plus généralement géographiques*» (FREITAG 1987).

De moins en moins objet graphique, la carte a de plus en plus une fonction de présentation active de données particulières pour un utilisateur et un usage déterminés : c'est précisément un passage d'une communication implicite à une communication explicite.

En ce sens, ce passage qui nous vient de la technique et qui accentue le rôle actif d'une représentation dessinée sur mesure, conduit à recommander d'inclure le terme «communication» dans la définition de la cartographie et de la carte, ainsi que le propose, entre autres, Christopher Board : «*Cartographie : l'organisation et la communication de données à caractère géographique sous forme graphique ou numérique ; cela peut inclure toutes les étapes allant de l'acquisition de données à leur présentation et à leur utilisation. Carte : une représentation holistique et une abstraction intellectuelle de la réalité géographique, conçue pour être communiquée en vue d'un ou plusieurs usages déterminés, transformant des données géographiques pertinentes en un produit final visuel, numérique ou tactile*» (BOARD 1989). ■

ACI 1973 : Dictionnaire multilingue des termes techniques de cartographie.

- BOARD Christopher 1984 : High order map using tasks : geographical lessons in danger of being forgotten, *Cartographica* vol 21 n° 1, pp 85-97

- BOARD Christopher 1989 : Working Group on Cartographic Definitions, *Report to ICA Executive Committee* for the period 1987-1989

- CARON Rémi 1982 : Cartographe c'est interpréter le monde, *Total information* 1982 n° 2, pp 36-40

- CUENIN René 1972 : *Cartographie générale* tome 1, Eyrolles

- FREITAG Ulrich 1987 : Do we need a new cartography, *13th ICA Conference*

- GRELOT Jean-Philippe 1987 : Les consoles de visualisation permettent-elles la communication cartographique ? *13th ICA Conference* vol. 1 pp 535-548

- HAGEGE Claude 1985 : *L'homme de paroles*, Fayard

- KING Dominique 1984 : Analyse de quelques concepts en cartographie des sols,

- Agronomie* 1984, n° 4, pp 461-472

- NASLIN P. 1985 : Physique et Métaphysique, *La Jaune et le Rouge* n° 402, pp 16-23