

Jean-Philippe GRELOT

**RESUME**

Mise sous forme numérique, la carte perd sa propriété essentielle de reflet de l'espace bidimensionnel. La lecture et l'analyse géographique s'en trouvent perturbées, alors que la micro-informatique met le dessin cartographique à portée de chacun. L'utilisateur doit exercer sa critique afin que les images qu'il crée deviennent des cartes signifiantes.

- CARTOGRAPHIE AUTOMATIQUE
- COMMUNICATION
- INTERPRETATION
- STRUCTURE DE DONNEES

**ABSTRACT**

Maps in computer-compatible form lose their main property of two-dimensional images. Reading and geographical analysis are therefore disrupted whereas micro-computers allow anyone cartographic design. Users have to apply critique to make their images become meaningful maps.

- AUTOMATED CARTOGRAPHY
- COMMUNICATION
- INTERPRETATION
- DATA STRUCTURES

**RIASSUNTO**

La carta geografica messa sotto forma numerica perde sua proprietà essenziale d'immagine dello spazio bidimensionale. La lettura e l'analisi geografica si trovano perturbate, mentre la micro-informatica mette il disegno cartografico alla portata di ciascuno. L'utilizzatore deve esercitare il suo criterio, affinché le immagini che crea diventino significative.

- CARTOGRAFIA AUTOMATICA
- COMUNICAZIONE
- INTERPRETAZIONE
- STRUTTURE DEI DATI

La cartographie n'aurait pu se répandre sans la révolution qui a accompagné les grandes découvertes mettant fin au Moyen-Age : en contribuant de manière déterminante à la transmission des savoirs, l'imprimerie a engendré la soif des connaissances. Les cartographes savent également ce qu'ils doivent à la découverte de la photographie au siècle dernier, utilisée pour figer une vue du monde ou pour assembler des planches dessinées. Moins spectaculaire parce que plus continues, d'autres évolutions ont touché la symbolique, rendant les objets cartographiques par des signes conventionnels se substituant aux dessins figuratifs, tandis que les règles graphiques et cartographiques se sont précisées, intégrant, les unes des notions sémiologiques et les autres des concepts mathématiques. La couleur a apporté un agrément supplémentaire tout en facilitant la lecture des cartes. De sorte que la carte semble bien placée pour participer activement à notre civilisation de communication par l'image.

Rupture technologique, l'informatique projette la carte dans un nouvel espace de représentation. Les descripteurs graphiques sont conservés pour la seule conversion des données numériques en images, et les données numériques elles-mêmes font appel à d'autres descripteurs qualifiés de géométriques, sémantiques ou topographiques. Cet univers de nombres est ordonné par des structures de données, qui tentent d'être des modèles décrivant les phénomènes géographiques.

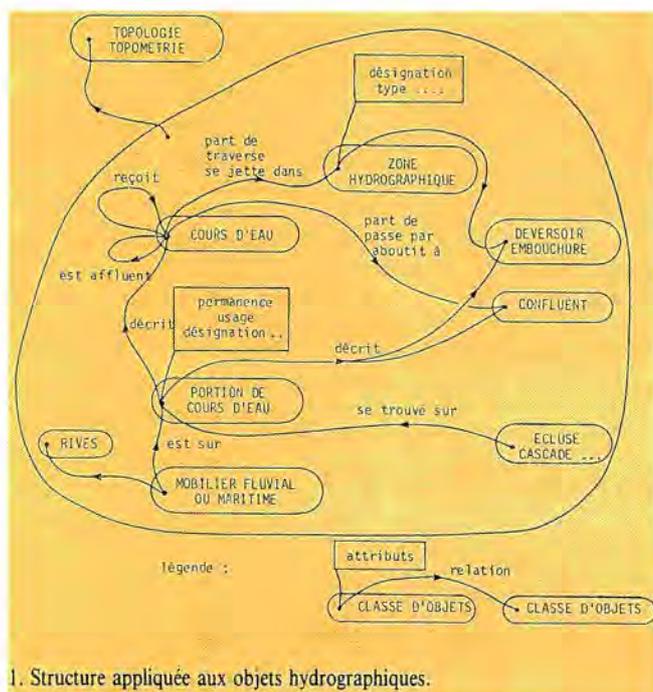
Ceci conduit à une approche nouvelle de l'information géographique et de sa traduction cartographique. Cependant, les contraintes actuelles des ordinateurs, et en particulier la linéarité — semblable à la lecture alphabétique — et le déterminisme de leur fonctionnement, l'absence de relations spatiales et d'isotropisme des modèles de données, les limites

matérielles et logicielles de tous ordres, mettent un obstacle à la perception de la carte comme espace libre de lecture. Véritablement, la carte s'évanouit, l'image se brise en un dédale où l'informaticien est roi. En reprenant le chemin de l'évolution, ce phénomène et ses conséquences seront montrés dans les lignes suivantes. Il n'y a pas de clé magique ouvrant la porte du dédale, il n'y a que quelques outils dont le bon usage ouvre des perspectives remarquables — qui dissimulent quelques crevasses sournoises.

**L'abstraction symbolique**

La carte est une image raisonnée. Elle n'est pas une représentation objective, elle recèle des choix faits par son auteur. Ces choix ont de multiples facettes techniques, culturelles et même idéologiques, ce qui explique leur évolution à travers les âges.

La facette idéologique amène à prendre des options fondamentales qui imposent au lecteur une vision du monde : ce sont les cartes T.O. du Moyen-Age où Jérusalem est le centre d'un monde limité par un cercle ; ce sont les cartes murales qui, après la défaite de 1870, inscrivirent aux murs des écoles l'Alsace et la Lorraine comme une plaie au flanc de la France ; ce sont les exercices de l'Atlas Stratégique (3) illustrant par l'emploi de projections appropriées telle ou telle considération de géopolitique. Le but est de faire passer une idée, parfois à l'insu du lecteur, en utilisant l'impact de l'image : c'est le principe repris par le slogan publicitaire de Paris-Match « le poids des mots, le choc des photos » ; mais les mots ne sont pas écrits, ils doivent surgir spontanément dans l'esprit du lecteur. Pour cela, on pousse à l'extrême la subjectivité de la représentation cartographique, comme le souligne G. Macchi : « Aucune carte ne convient à tous les usages, aucune représentation cartographique n'est véritablement objective. Savants, économistes, stratèges,



géologues, urbanistes, politiciens ou bureaucrates ont « leur » représentation du monde, de même que les artistes, les psychologues, les littéraires et quiconque peut et sait accéder aux moyens que la technologie met à sa disposition » (5).

La facette culturelle est plus subtile. Elle se traduit par la recherche du meilleur signe pour véhiculer une idée, pour suggérer un objet. Prenons l'exemple du relief. Jusqu'à la carte de Cassini au 18<sup>e</sup> siècle, on a représenté les montagnes par une vue perspective mise à l'emplacement de ces objets : on privilégie un point de vue, celui sans doute sous lequel la montagne a une forme particulièrement caractéristique. Avec la carte de l'Etat-Major, le 19<sup>e</sup> siècle scientifique évacue ce dessin d'artiste et le remplace par des hachures dont l'épaisseur varie selon la pente. Au 20<sup>e</sup> siècle, on allège la carte en ne dessinant que les courbes de niveau ; on s'aperçoit vite que l'illusion du relief ne transparait pas, et l'on ajoute un effet d'ombre, l'estompage. Un autre exemple est donné par les agglomérations et en particulier par les églises : la silhouette du village avec son clocher suffit à évoquer le bourg découvert au détour d'une colline, mais ne permet pas de calculer avec une précision suffisante les coordonnées de l'objectif fixé à l'artilleur. Aussi remplace-t-on peu à peu le portrait des objets par des signes conventionnels, signes figuratifs ou signes abstraits. Théoriquement, la stricte application des règles du langage graphique assure la justesse du choix. Mais on peut faire mieux, ce qui rend la carte plus efficace, en jouant sur les signes et sur l'objet qu'ils évoquent : « Toutes les connotations que véhicule un signe figuratif sont transférées sur l'objet. Les connotations sont des relations fuyantes, pas du tout universelles, difficiles à connaître, que le cartographe doit utiliser à l'exemple du publiciste

qui joue lucidement sur ce transfert de connotations du signifiant au signifié, mais qu'il doit aussi contenir de peur qu'elles ne le débordent » (1).

La technique a évolué au long des siècles avec des améliorations progressives et quelques sauts plus marquants. Ainsi, la gravure sur cuivre a succédé à la gravure sur bois, l'impression en couleurs a agrémenté les cartes topographiques et, au moment où des signes conventionnels géométriques relativement dénués de connotations symboliques devenaient d'un usage courant, le cartographe succombait aux charmes du mimétisme symbolique en dessinant les bois en vert et l'hydrographie en bleu. La couleur a surtout permis l'expression de la cartographie thématique, domaine essentiel de l'exercice de la créativité cartographique.

Toutes ces cartes apparaissent comme des objets graphiques : on demeure dans le domaine analogique, le lecteur a une vision permanente de la carte-image, quelle que soit la technologie utilisée pour sa rédaction. Cette facilité disparaît avec la cartographie numérique, qui transforme la carte en fichiers amorphes, sans forme. Il ne s'agit pas là d'une simple transposition du mode analogique en mode numérique mais bien d'une mutation, c'est-à-dire d'un changement d'état accompagné de modifications essentielles. La plus palpable est ce que l'on pourrait appeler la *désymbolisation* : l'objet numérisé devient un ensemble de données doté d'une structure propre et qui existe indépendamment de toute symbolisation graphique.

### Les descripteurs et les structures de données

Il ne s'agit pas là d'une opération simple, car les paysages sont multiples, changeants et complexes, — ce qui fait leur charme mais complique leur description. Il s'ensuit un formalisme qui tente de clarifier les choses en les classifiant, en les décomposant en entités élémentaires à l'aide de *descripteurs* (4).

Les descripteurs géométriques définissent les coordonnées des points, des lignes ou des polygones qui constituent ou délimitent l'emprise des objets homogènes cartographiés ; l'homogénéité s'apprécie par référence à une légende, une taxonomie. La nature des objets est traduite par des descripteurs sémantiques retenus par le concepteur de la carte : l'image que l'on peut s'en faire est la partie textuelle d'une légende. Ces deux classes de descripteurs existent explicitement en cartographie graphique, encore que la sémantique passe par une interprétation du signe. 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 essentielles dans la démarche de lecture d'une carte, où elles sont pourtant uniquement implicites.

L'information doit les prendre en compte explicitement : l'ordinateur ne les retrouvera pas seul, et cependant l'utilisateur en a besoin. Le concepteur d'un système numérique d'information géographique est amené

à imaginer des structures de données qui rétablissent au mieux toutes les informations attendues ; il est de ce fait conduit à modéliser l'organisation logique du monde géographique, tâche palpitante et terriblement complexe.

Aux premiers temps — de l'information... — était le mode vectoriel, qui reproduisait le mode de tracé humain : tel objet, telles coordonnées, tel outil de dessin. La cartographie numérique n'était alors que dessin assisté par ordinateur. Cette structure fruste a été quelque peu améliorée par la suite, en conservant son principe de base. Un peu plus tard est venu le mode maillé : la carte est une image décomposée en une multitude de points formant une grille régulière, et l'on indique la nature sémantique de chacun des points ; c'est le principe de fonctionnement des tubes de téléviseurs.

Ces structures ne sont le fruit ni du hasard, ni de l'imagination des cartographes : elles ne sont que le reflet de l'utilisation rationnelle de périphériques graphiques de numérisation ou de tracé. Leurs insuffisances sont criantes, et ont conduit à l'élaboration de modèles plus complets, comme celui décrit par D. Piquet-Pellorce et F. Salge pour les objets hydrographiques (6).

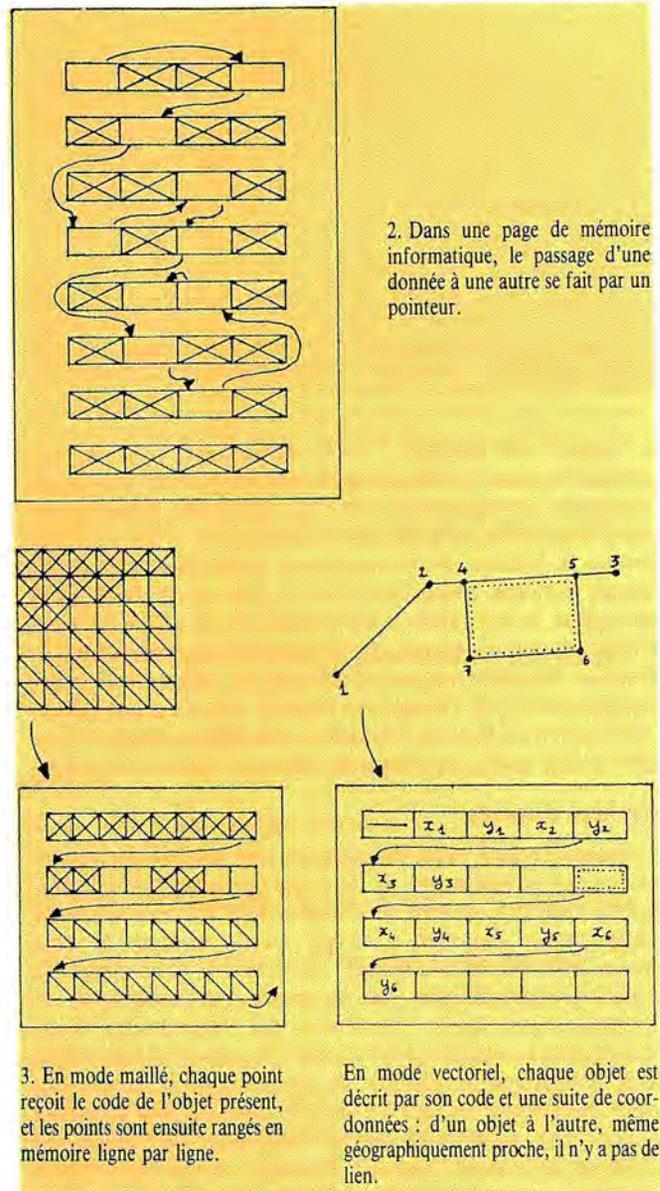
### Les contraintes de l'informatique

Malgré les récents perfectionnements, des contraintes importantes demeurent qui tiennent davantage à la lecture cartographique qu'à la description individuelle des objets recensés sur les cartes. Les deux premières contraintes appartiennent par essence à l'informatique : il s'agit du *déterminisme* et de la *linéarité* des traitements.

Le génie inventif de l'ordinateur est — actuellement — réduit à rien. L'ordinateur ne sait qu'exécuter des instructions créées par un être extérieur, il est un automate répétitif au comportement déterministe. Or la carte est une image propre à faire rêver ou plus prosaïquement à faire réfléchir. Elle établit des parallèles, elle engage l'analyse géographique, elle est source d'observations. Les cheminements de la conscience qui interroge une carte sont imprévisibles, donc indéterminés et difficiles à programmer.

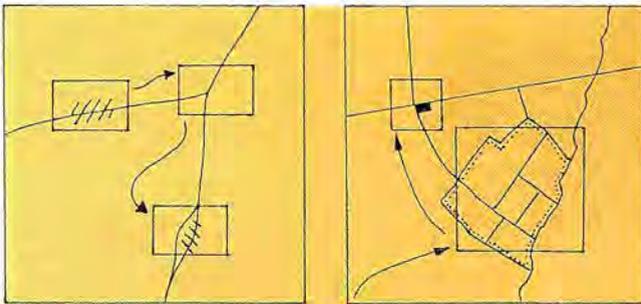
Les traitements sont pris au piège des structures de données. Le calcul informatique progresse de donnée en donnée, à condition toutefois qu'un moyen de passage, un chemin prenant la forme d'un pointeur (fig. 2) soit connu pour aller d'une donnée à une autre. Ce mode de travail est typiquement linéaire, comme la lecture de mots constitués par une succession de lettres et d'intervalles. Cependant, le chemin reliant une donnée à une autre n'existe pas toujours : la structure de données choisie privilégie certains modes d'accès pour lesquels elle incorpore des pointeurs explicites (fig. 3) ; hors de ces chemins, point de salut, la liberté de parcours se paie en temps de recherche et de calcul, lorsqu'un programme prend le relais pour construire le passage manquant.

La linéarité se retrouve dans l'enregistrement des données qui détruit l'*isotropisme* de la carte dans laquelle aucune direction de l'espace n'est a priori privilégiée.



L'espace bidimensionnel de la carte est réduit à un espace unidimensionnel, les objets et les points sont écrits les uns après les autres sans aucun respect pour leur proximité géographique.

Viennent s'ajouter à ces freins diverses *contraintes matérielles* et logicielles. L'œil qui lit une image peut instantanément passer d'une zone à une autre, qu'elles soient proches ou éloignées l'une de l'autre, et ceci dans toutes les directions ; il peut, simultanément ou non, modifier la taille de la zone observée, passant par exemple de l'ensemble de l'image à une aire d'un décimètre carré sélectionnée parce qu'elle présente telle tache de couleur, tel arrangement de textures ou d'orientations, puis se focalisant sur un détail ou un nom qui occupe un espace réduit à quelques millimètres carrés (fig. 4). Ce changement de niveau de lecture est opéré parce que les objets graphiques sont présents sur la carte et s'offrent



4. La lecture cartographique est un processus isotrope ... à trois niveaux d'appréhension.

au regard du lecteur ; c'est davantage une lecture immédiate, une action de type réflexe, qu'un processus volontaire et raisonné. Or les consoles graphiques interdisent cette liberté : sur un écran de 1 000 x 1 000 points, la lecture d'un toponyme n'est possible que si l'image affichée représente 5 cm x 5 cm de la carte, et la navigation instantanée d'un endroit à un autre ne peut se faire. A chaque niveau de lecture doit correspondre une sélection des informations à afficher et cette sélection est prédéterminée par l'auteur du logiciel, elle n'est pas laissée à l'initiative du lecteur. De même, les déplacements d'une zone à une autre s'effectuent selon un mode préétabli.

### Synthèse d'image

Malgré tout, l'informatique est un outil puissant au service du cartographe. A côté des consoles graphiques, il existe tout une gamme de traceurs dont les performances graphiques n'ont rien à envier au dessinateur le plus habile. Par synthèse d'image, on cherche, sans obérer la précision scientifique de la carte, à jouer sur la symbolisation pour produire un document dont l'esthétique améliorera l'efficacité. En respectant les règles de la sémiologie graphique, le cartographe dispose d'un robot dessinateur propre à exécuter, dans un laps de temps réduit, une tâche qui aurait nécessité des centaines d'heures de travail manuel. Plusieurs essais deviennent possibles avant de parvenir au résultat que l'on conservera.

Mais qui effectue la synthèse d'image, qui la juge ? Les micro-ordinateurs quittent l'atelier du cartographe pour se répandre, emportant sur leurs disquettes des cartes sans image, fichiers géographiques mystérieux que tout utilisateur peut incorporer à ses données statistiques. Le

néophyte accède à la technologie, ce qui réalise une partie du vœu de Macchi ; il a la faculté de produire des images que l'on ne saurait cependant nommer cartes. Non pas que leur présentation ne les en rendent pas dignes : certes, l'indication d'un titre, la disposition d'une légende, tous ces éléments secondaires qui construisent un cadre autour d'une carte, seront de plus en plus réduits pour laisser la totalité de l'écran à l'espace géographique. Mais une carte bien conçue établit une synergie entre un phénomène localisé et sa représentation, ce qui demande un savoir et le temps de la réflexion. Un savoir pour choisir une représentation graphique, adaptée à la nature du phénomène, aux moyens techniques de réalisation, au public attendu. Une réflexion pour digérer la spatialisation de ce que l'on représente : les structures des données géographiques, réduites à un univers mono-dimensionnel, dans lesquelles on injecte un tableau tout aussi linéaire d'indicateurs statistiques ou sémantiques, vont tout à coup s'afficher et emplir l'espace, et l'image ne peut exister avant cet affichage. Pour devenir carte, elle doit être interprétée par son créateur, que la lecture amène souvent à ajuster ses choix de représentation.

### Conclusion

La cartographie numérique est ainsi au coeur d'un paradoxe. Elle est carte sans image par l'anéantissement de la composition spatiale des objets à laquelle s'ajoute l'action déterministe du cartographe informaticien qui contraint le lecteur et limite drastiquement son intervention. Elle est aussi image sans carte lorsque le créateur amalgame toutes sortes de données géométriques, statistiques, graphiques, par le jeu libre de logiciels qui n'ont pas été conçus comme inter-agissant entre eux.

Cette dialectique est une autre forme de la démarcation entre l'aspect cognitif, la compréhension du monde, le signifié d'une part, et l'aspect visuel, la communication, le signifiant d'autre part. Et le savoir du cartographe-géographe réside précisément dans le passage de l'un à l'autre.

Un jour, bien sûr, ce savoir sera engrangé dans un système expert. Pour l'heure, tout cartographe doit être conscient que « la carte n'est pas le monde, elle n'est que le regard qu'un homme a un jour posé sur lui » (2) ; face à un système presse-bouton, il faut garder un œil critique sur la trilogie données-traitement-représentation. Sans quoi, nos boîtes noires pourraient bien devenir des boîtes de Pandore.

### Références bibliographiques

- CARON R., 1980, « La forme du signe », *Bulletin d'information de l'I.G.N.*, n°80/1.  
 CARON R., 1980, « Les choix du cartographe », *Cartes et Figures de la Terre*, Centre Georges Pompidou - CCI.  
 CHALIAND G. et RAGEAU J.P., 1983, *Atlas Stratégique*, Paris, Librairie Fayard.  
 GRELOT J.Ph., 1985, « Information géographique et cartographie numérique », *Bulletin du Comité Français de Cartographie*, n°103.  
 MACCHI G., 1980, « L'image impossible », *Cartes et Figures de la Terre*, Centre Georges Pompidou - CCI.  
 PIQUET-PELLORCE D. et SALGE F., 1985, « Les projets de bases de données topographiques et géographiques à l'Institut Géographique National : problèmes et solutions techniques. », *Actes de la Convention Informatique 1985*.