

La cartographie à l'ère des systèmes d'information géographique

Par Jean-Philippe GRELOT - Secrétaire général - Trésorier de l'Association Cartographique Internationale - Conférence d'ouverture de l'Assemblée Générale de l'Association Néerlandaise de Cartographie (34.12.93).

Résumé

A la fin des années 1980, les informaticiens, qui s'étaient trouvés à l'avant-garde des développements de la cartographie, ont perdu leur position sous l'effet de la démocratisation de l'informatique. Ceci peut être attribué à «l'effet Macintosh». Il en résulte un retour des entreprises de cartographie au cœur de leur savoir-faire professionnel : ce sont maintenant les cartographes eux-mêmes qui ont à développer leur champ professionnel, en utilisant toutes les ressources fournies par les nouvelles techniques informatiques. Mais si les cartographes veulent continuer à jouer un rôle majeur dans le domaine de l'information géographique, ils doivent définir et développer les éléments spécifiques de leur discipline : si la technique mobilise toutes les forces au détriment de la théorie, alors la discipline s'affaiblit et finit par être engloutie par un autre champ disciplinaire.

La tâche du cartographe est de transformer l'information spatiale de sa forme verbale, sociale et numérique, en une forme visuelle pour une réflexion visuelle ; cette visualisation pourvoit aux besoins de fonctions cognitives, de fonctions de communication, de fonctions d'aide à la décision et de fonctions sociales. Pour que les cartes remplissent effectivement ces fonctions, et avec désormais des outils informatiques, les cartographes doivent veiller à préserver la qualité des données en contrôlant l'étape de leur recueil, notamment pour assurer la cohérence de jeux de données hétérogènes tant en ce qui concerne leur géométrie que leur sémantique, leur actualité ou leur exhaustivité. Cet aspect fondamental du métier peut être qualifié d'ingénierie cartographique. La conception cartographique restera une autre activité essentielle, en vue de la communication correcte de l'information spatiale. Ces deux aspects resteront le domaine des cartographes si ceux-ci réussissent à donner une base conceptuelle à leur activité.

Nous sommes cartographes. Cela signifie que nous nous définissons nous-mêmes comme cartographes parce que nous nous occupons de cartographie, ou de systèmes d'information géographique. Nous avons des connaissances en cartographie, qu'il s'agisse de la conception des cartes, de leur fabrication ou de leur utilisation. Cartographe, cartographie, carte, système d'information géographique : ces quatre termes sont au cœur de nos activités quotidiennes, comme quatre points fixes. Mais autour de nous de profonds mouvements affectent la société :

l'économie, la technique, les métiers, les produits changent. Leurs changements nous touchent à un point tel que nous nous posons parfois la question : que devient la cartographie à l'ère des systèmes d'information géographique, que deviendra-t-elle dans les prochaines années ?

La technique et le métier

La théorie économique a introduit la notion de cycle de vie d'un produit ou d'une activité, en distinguant quatre phases successives : l'introduction, la croissance, la maturité et le déclin. La vitesse de croissance, la durée de la maturité, la vitesse du déclin dépendent de multiples facteurs, mais leur succession est inéluctable. La maturité correspond à une stabilité des techniques employées et du savoir-faire, donc des métiers. Le déclin est souvent lié à l'apparition d'un nouveau produit remplaçant l'ancien et conférant un meilleur rapport efficacité/coût par l'emploi de nouvelles techniques de fabrication et de nouveaux savoir-faire.

Il y a ainsi une raison presque naturelle, que l'on peut qualifier de darwinienne, à ce que le métier change lorsque la technique elle-même change. Et plus encore lorsque la technique principale d'un métier subit une mutation en profondeur par l'arrivée massive d'une technologie qui lui était étrangère. Comme sous l'effet d'une crue, le monde ancien est noyé ; mais le limon déposé rend le sol encore plus fertile à qui saura le cultiver.

La cartographie a longtemps été une branche de la géographie, les cartographes étaient des spécialistes parmi les géographes. L'émancipation des cartographes dans les années 1950 correspondait à la période de transformation des arts graphiques grâce à la production industrielle d'émulsions photosensibles variées.

Dans les années 1960, la réflexion théorique a avancé et a construit les fondements de la cartographie en tant que discipline. C'est de cette époque que datent les définitions établies par l'Association Cartographique Internationale :

«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» ; «Cartography is the art, science and technology of making maps, together with their study as

scientific documents and works of art. In this context maps may be regarded as including all types of maps, charts and sections, three-dimensional models and globes representing the earth or any heavenly body at any scale» [ACI 1973].

Ces définitions énumèrent des produits et des phases techniques de fabrication. On y cite l'utilisateur et l'utilisation des cartes, mais la carte est un produit fini soumis à l'utilisateur. A cause des techniques de fabrication, la carte est faite pour un ensemble plus ou moins homogène d'utilisateurs, pas pour un utilisateur unique.

La décennie 1970 voit apparaître les premiers systèmes informatiques. Ils visent à automatiser le dessin cartographique et des cartographes s'y intéressent, en nombre de plus en plus grand. Cependant, ces systèmes sont d'un accès difficile, et il faut être spécialiste en informatique pour en tirer un bon usage. Spécialiste en informatique bien plus qu'en cartographie : à cette époque où la technique est reine, les cartographes en tant que groupe partageant les valeurs de la discipline cartographique subissent un choc, comme bien d'autres professions. Leur leadership est soudain menacé, les informaticiens apparaissent comme le groupe professionnel appelé à détenir le pouvoir.

Un revirement s'opère à la fin des années 1980 avec une conséquence paradoxale assez rare dans l'évolution des métiers : alors que l'informatique poursuit son développement dans tous les secteurs, les informaticiens eux-mêmes sont touchés par le chômage. L'informatique s'est banalisée à une vitesse spectaculaire et est devenue outil commun bien plus que source d'un pouvoir hégémonique. Parmi d'autres facteurs, et en particulier des facteurs proprement économiques, c'est une des raisons qui ont conduit les entreprises à se recentrer et à faire de la définition de leur métier un axe majeur de leur stratégie.

L'historien ne tire ses conclusions qu'avec le recul de temps. Risquons malgré tout une conclusion de l'histoire récente de la cartographie : lorsque la technologie change, les cartographes s'intéressent d'abord à la technique ; lorsque la technologie est stable et se banalise, les cartographes s'intéressent à la discipline plus qu'à la technique et, mieux encore, développant le champ de la discipline en exploitant toutes les ressources de la technique.

Les changements technologiques

Depuis vingt ans, «*le cœur technique de la discipline s'est déplacé. Les arts graphiques, ou les techniques graphiques, allant jusqu'à la photogravure, représentaient une partie importante de l'enseignement. Mais les outils de dessin ou de gravure, les laboratoires photographiques sont appelés à disparaître prochainement. Le dessin s'effectue sur l'écran d'une station de travail interactive, la symbolisation et la décomposition en éléments d'impression sont calculés par l'ordinateur, la sortie des maquettes, des épreuves en petite quantité ou des films pour l'impression est réalisée par un périphérique spécialisé. C'est déjà toute une partie du savoir-faire qui se trouve ainsi inscrite dans les organes de commande de machines» [Grelot 1992a].*

Encore ce dessin assisté par ordinateur n'est-il qu'une partie de «*deux développements majeurs en plein essor, et complémentaires : la télédétection satellitaire (et l'ensemble des traitements d'image), et les systèmes d'information géographique intégrant la cartographie assistée par ordinateur et la gestion des bases de données (l'ensemble formant ce qu'on appelle la géomatique)» [Denègre 1992]. Au milieu des années 1980, on avait même introduit une différence entre les systèmes d'information géographique, ne traitant que des données cartographiques interprétées et mises en forme, et les systèmes intégrés d'information géographique, aptes également à traiter les images numériques fournies par les satellites d'observation de la terre. Si cette distinction n'a plus guère cours, c'est que les systèmes informatiques permettent de traiter les deux types de données, et ont ainsi quelque peu vidé de sa substance la querelle entre les tenants du monde vectoriel et ceux du monde maillé : seule compte maintenant l'information géolocalisée ou géoréférencée, quelle que soit sa forme. Il résulte d'ailleurs de ces changements que les frontières traditionnelles entre les professions de topo-cartographie, si tant est qu'elles aient été nettes, se déplacent ou s'estompent : de leur côté, les méthodes de lever par Global Positioning System bouleversent l'acquisition des données localisées autant que l'ordinateur a modifié le dessin cartographique.*

La technologie ne se stabilise pas, car les performances des ordinateurs et de leurs mémoires continuent de s'améliorer significativement. La question n'est pas de savoir si tel traitement ou tel mode d'organisation sont possibles, mais quand ils le seront. «*Les progrès techniques sont plus rapides que jamais : ainsi à performances égales, le coût des matériels informatiques est divisé par deux chaque année, ce qui entraîne des changements significatifs dans les modes de travail» [Rhind 1993]. Et avec ce progrès apparaissent de nouveaux outils avant même que les précédents n'aient été assimilés, comme les systèmes d'information géographique de bureautique et les récents assistants informatiques nomades. Dans la suite logique de l'effet Macintosh, qui a mis un terme à la domination des informaticiens sur les systèmes d'information, l'ordinateur et l'informatique sont devenus des outils communs. En principe, une telle banalisation doit entraîner une harmonisation globale des produits et des méthodes, une standardisation portée par une réflexion théorique. Mais la rapidité de l'amélioration des performances maintient une instabilité qui perturbe l'établissement du corpus théorique, et les standards reconnus sont d'abord des standards de fait provenant de l'usage de quelques logiciels et de quelques jeux de données mondialement répandus : la carte mondiale numérique «*Digital Chart of the World» n'est pas seulement un ensemble de données sur la topographie du monde comme l'avait été la base de données World Data Base II, elle devient une «norme commerciale».**

«*Plus nous développons l'automatisation, plus nous créons les conditions de changements majeurs dans nos groupes professionnels. Nos techniciens ne deviendront pas tous des concepteurs de logiciels pour des systèmes à base de connaissances. Beaucoup seront utilisateurs de systèmes d'information géographique dans leurs diverses composantes : définition, mise en place, utilisation. Il auront à assurer la maintenance du système, dans un sens très large : remplacer les données obsolètes, installer de nouveaux équipements, de nouvelles connexions télématiques, de nouveaux logiciels de base, de nouveaux logi-*

ciels d'application» [Grelot 1992b]. Et à créer de nouveaux produits.

Si la technique mobilise tous les efforts au détriment de la théorie, alors la discipline s'affaiblit progressivement et finit par s'engloutir dans une autre discipline. Ça peut être un effet normal de l'évolution ; ce n'est regrettable que si la société a à en souffrir. On pourrait poser cela en termes de culture et de patrimoine culturel, mais regardons plutôt l'angle économique.

L'information géographique dans son contexte socio-économique

«La croissance des systèmes d'information géographique est spectaculaire, en raison du rôle de ceux-ci dans la gestion des territoires et dans de nombreux secteurs d'activités : agriculture, industrie, tourisme, environnement, transports, notamment la circulation automobile assistée par ordinateur» [Denègre 1992]. Le monde a pris conscience de la limitation des ressources et de la nécessité d'organiser leur exploitation et leur préservation. Les cartes décrivent l'espace et sont maintenant perçues comme des outils d'aide à la décision, elles sont sorties du monde universitaire pour servir la collectivité. Car «la recherche géographique d'aujourd'hui va bien au-delà des inventaires et constats du monde réel. On pourrait dire, à la limite, qu'elle a pour objet ce qui n'existe pas encore, c'est-à-dire la prévision du futur, et notamment celle des interactions homme-nature. Cette prévision, à court terme comme à long terme, s'élabore via des modèles de plus en plus perfectionnés, basés sur une double extrapolation : à la fois spatiale et temporelle, c'est-à-dire étendue à l'ensemble de la planète et au plus grand intervalle de temps possible» [Denègre 1992].

Les processus de décision s'accroissent, les moyens de communication ont transformé le monde en un village planétaire où tout est en mouvement : les informations comme les matières premières ou les produits, même en cours de fabrication. Encore faut-il maîtriser ces déplacements et leurs coûts. Les réseaux prennent une importance grandissante, leur construction comme leur gestion demandant qu'ils soient décrits par des données cartographiques.

«La nécessité de transformer les données en informations utiles n'a jamais été aussi grande et la carte et les produits cartographiques d'information spatiale qui s'y rapportent constituent le support idéal pour l'organisation, la présentation, la communication et l'utilisation d'un volume croissant d'informations devenues disponibles» [Taylor 1992]. C'est en étant reconnue comme un outil d'aide à la décision que l'information géographique a pleinement acquis une valeur économique et même commerciale. Des prévisions récentes sur le marché européen de l'information géographique tablaient sur un taux de croissance annuel situé entre 20 % et 25 % jusqu'en 1998 [Rhind 1993].

De telles perspectives sont encourageantes pour les cartographes. Disons qu'elles sont d'abord encourageantes pour le domaine général de la cartographie, qui est désormais traité comme un secteur de services parmi d'autres. Pour les sociétés de services, ce secteur devient un marché dans leur stratégie de diversification, et elles proposent aux consommateurs une diversité de prestations dans

un contexte de «concurrence effrénée dans la fourniture de données nécessaires aux systèmes d'information géographique et aux systèmes d'information sur les terres, dont certaines étaient conçues dans un but et sont exploitées pour d'autres usages. (...) La nature des entreprises de cartographie va se modifier sous l'effet des évolutions radicales engagées par la technologie, la fiscalité et la politique. La cartographie sera dorénavant traitée comme un produit de consommation acheté selon les nécessités du moment par les administrations ou par d'autres. Il est indispensable que les cartographes acceptent de ne pas avoir de privilèges pré-établis dans la fourniture de services. Il est indispensable qu'ils démontrent, de préférence en termes économiques de bénéfices procurés aux utilisateurs, que leurs services sont utiles à l'état et à l'ensemble de la population» [Rhind 1993].

Dans cette perspective, l'utilisateur devient central, non le producteur ni même la carte. Non seulement il faut lui fournir ce qui lui convient plutôt qu'essayer de le convaincre de s'adapter à ce qu'on veut bien lui proposer, mais encore il faut le lui fournir à la valeur d'usage qu'il aura estimée. Les cartes comme «fenêtres ouvertes sur le monde» sont désormais des fenêtres choisies par les utilisateurs plutôt que ce qui semblait des choix judicieux opérés par les seuls producteurs [Rhind 1993]. C'est à cette condition que le domaine cartographique sera un secteur économique mûr.

Il ne suffit pas de faire des cartes ou d'alimenter des systèmes d'information géographique : «l'information mise dans le système doit être éclairée par des idées et des concepts et par des questions telles que : à qui profitent les produits créés par les cartographes ?» [Taylor 1992]. Sans oublier que les utilisateurs des nouvelles technologies ne seront pas formés en cartographie.

Si les cartographes veulent jouer un rôle majeur dans le domaine de l'information géographique, il leur faut déterminer et développer les éléments spécifiques de leur discipline. «En 1984 (Taylor) et 1988 (Ormeling), la nécessité d'un nouveau programme d'enseignement cartographique fut admise. Le puissant impact de la technologie de l'information sur notre profession, et donc sur l'enseignement cartographique, fut reconnu et l'on réalisa que la plus grande défi pour la cartographie n'était pas d'apprendre de nouvelles techniques (SIG et cartographie assistée par ordinateur) mais de nouveaux concepts» [Ormeling 1992a].

Quelques concepts cartographiques d'avenir

Lors du séminaire «Teaching Surveying and Mapping Aspects of Visualisation and GIS» organisé en 1992 par la commission de l'Association Cartographique Internationale sur l'enseignement et la formation, deux points intéressants ont été notés parmi d'autres. Tout d'abord, «par le passé, les cartes étaient considérées comme l'aboutissement du processus cartographique, qui devait être suivi de l'interprétation par l'utilisateur de la carte quelque temps plus tard. Désormais le point focal s'est porté sur les données elles-mêmes. Ce n'est pas le dessin des données qui est important, mais la compréhension des relations spatiales entre les données» [Worth 1992]. Ensuite, «depuis 1967 les cartographes considèrent les cartes comme un moyen de transmission des informations spatiales ; cette

attitude s'est traduite par l'attention donnée au moyen de communication et à l'adaptation de la carte de manière à l'adapter aux besoins de l'utilisateur. Cette adaptation a été rendue possible par la révolution informatique, qui a permis au cartographe de distinguer les fonctions de stockage et de représentation de la carte. Au contraire de nombreuses autres formes de communication, la cartographie fournit un processus qui ajoute de la valeur à différentes étapes : au niveau des détails de la carte, les symboles graphiques sont agrégés en formes ; au niveau de la perception globale de la carte, des tendances générales seront perçues ; à un autre niveau encore, la capacité heuristique de l'imagerie cartographique fera jaillir de nouvelles idées par un processus inductif» [Ormeling 1992b]. La donnée et la lecture analytique d'un côté, la carte et la compréhension synthétique de l'autre, comme une opposition entre le système d'information géographique et la cartographie ? Cela montre plutôt une constance dans le domaine d'intervention du cartographe.

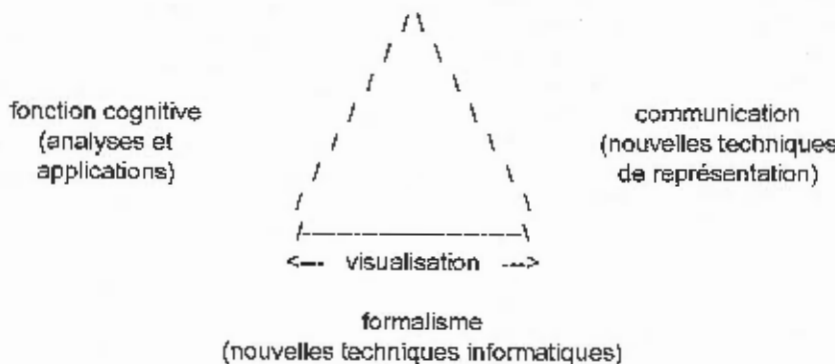
La carte est une abstraction de la réalité et ne représente pas la réalité elle-même [Taylor 1992]. «*Fondamentalement, le domaine de compétence du cartographe : interprétation des données et élaboration du produit, reste le même. Tant que l'information géographique aura besoin de messages visuels pour s'exprimer et tant que les facultés physiologiques et intellectuelles de l'utilisateur seront les mêmes, la formulation du message, les spécifications graphiques, la mise en forme du produit, l'esthétique ; en bref les bases de la cartographie générale seront toujours valables. L'ordinateur exécute à la place du cartographe mais, s'il libère la main du cartographe, il lui demande en contrepartie de concevoir et de mettre en place, d'emblée, tous les paramètres nécessaires à la mise en*

œuvre» [Weger 1992]. De plus en plus, le traitement sera fait informatiquement par un système expert auquel, on l'espère, les cartographes auront puissamment contribué. Il restera que quotidiennement, ils exerceront leur savoir sur les deux interfaces entre les systèmes cartographiques et le monde : à l'amont du système, la donnée ; à l'aval du système, la carte. La cartographie vise à produire des cartes, mais c'est par la compréhension du monde qui lui est nécessaire que le cartographe est amené à être expert en sa décomposition analytique, en données de base, par delà l'ensemble des phases de traitement.

Le rapport du groupe de travail de l'Association Cartographique Internationale chargé de définir les principaux défis théoriques de la cartographie, présenté lors de la 16^{ème} Conférence cartographique internationale en mai 1993 a retenu cinq axes majeurs : les fonctions des cartes, les processus spatiaux, le contexte social, le traitement des données numériques, le langage des cartes [Kanakubo 1993]. Nous nous concentrerons ici sur le premier axe, qui rejoint directement notre réflexion.

Dans son chapitre sur la fonction des cartes, Ulrich Freitag rappelle que «*le rôle de la cartographie est de transformer l'information spatiale de sa forme littérale, sociale ou numérique en une forme visuelle pour une pensée visuelle*», et il exprime les quatre fonctions dévolues aux cartes dans ce but [Freitag 1993] :

- a) la **fonction cognitive** englobe tous les traitements, toutes les opérations et tous les modèles qui créent ou accroissent la connaissance spatiale : l'analyse de la carte, les transformations, la généralisation, les simulations, les animations, etc. ;



- b) la **fonction de communication** englobe tous les processus et les opérations de transmission de connaissances spatiales d'un cartographe vers un utilisateur de la carte : communication pédagogique, communication universitaire, communication administrative ;
- c) la **fonction d'aide à la décision** comprend tous les processus et les opérations qui, basées sur l'évaluation d'un phénomène localisé, résultent en des décisions et des actions localisées : navigation, planification spatiale, démonstration.
- d) la **fonction sociale** comprend tous les processus qui se traduisent en comportements ou en actions de la société : fonction professionnelle (statut du cartographe, formation professionnelle, expertise, éthique professionnelle, revenu), fonction de contrôle (pouvoir social, pouvoir juridique), fonction culturelle.

Il estime que «*l'informatique graphique, particulièrement pour les cartes, devient de plus en plus importante en tant qu'outil des décisions spatiales, parce que le traitement visuel de l'information et les processus cognitifs visuels sont encore les moyens les plus rapides de traiter des informations localisées complexes*». Il définit trois domaines de recherche pour que les systèmes d'information géographique donnent les performances que l'on attend de systèmes cartographiques :

- a) «*la recherche dans le domaine de l'organisation de l'espace doit définir les types de distributions, de relations, de développements et de hiérarchies de l'espace*» ;
- b) «*la recherche dans le domaine cognitif visuel doit explorer les relations entre perception, attention, motivation, mémoire, connaissance et résolution de*

- problème par l'utilisation d'images naturelles et d'images graphiques» ;
- c) «la recherche en modélisation graphique doit explorer la structure des graphiques dans les modèles cartographiques, établir une hiérarchie des différents niveaux ou tâches de la modélisation graphique, et définir enfin une séquence de règles pour obtenir les meilleures représentations graphiques pour un objectif déterminé».

La majeure partie de ces propos traite des cartes comme mécanismes de représentation, dont certains auteurs pensent que «cela semble le principal, sinon le seul, avenir de la cartographie» [Rhind 1993]. Le premier métier du cartographe, la **visualisation cartographique**, demeure, avec toute la richesse que comporte le champ de la visualisation comme combinaison des fonctions cognitive, d'aide à la décision et de communication définies par Ulrich Freitag, selon le schéma conceptuel proposé par Fraser Taylor [Taylor 1992] :

Mais les cartes sont aussi des points d'accès à d'autres informations : «la carte a toujours été un moyen de navigation, mais elle peut revêtir une importance fondamentale en aidant à «naviguer» sur une mer de plus en plus agitée de nouvelles données et informations couvrant une grande variété de thèmes qui, autrefois, n'avaient pas été jugés d'une importance capitale pour la cartographie» [Taylor 1992]. Si l'on reconnaît, ou mieux si l'on demande, aux cartographes d'avoir une compétence définitive sur l'expression visuelle des données localisées, alors il peut leur revenir de prendre une compétence décisive sur l'organisation et la combinaison des données.

Il ne s'agit pas de demander aux cartographes de supplanter leurs collègues des disciplines soeurs dans la collecte de données, mais simplement de partir d'un constat : les données localisées seront de plus en plus abondantes, mais elles seront hétérogènes. Hétérogènes dans toutes leurs caractéristiques techniques : géométrie, sémantique, actualité, exhaustivité, organisation. Nous avons vu précédemment que les données collectées pour un usage seront nécessairement exploitées pour un usage totalement différent ; elles seront éventuellement réorganisées et recalculées, et probablement croisées avec d'autres sources.

Les données seront hétérogènes dans leur géométrie car elles auront été recueillies avec des précisions diverses, sans que leurs manipulations successives garantissent que perdre la connaissance ni même la valeur de la précision ; l'ordinateur indiquera des chiffres faussement significatifs. Pour peu que les référentiels géométriques ne soient pas identiques, les discordances seront amplifiées. Et le contrôle visuel ne sera plus là pour prévenir les accidents : «dans des mains inexpérimentées, de tels désaccords pourraient causer des erreurs fatales au sens strict, du fait que les générations actuelles de systèmes d'information géographique ne travaillent pas avec une connaissance suffisante des données qu'ils contiennent, alors que de nombreuses opérations ou applications ne requièrent plus une expression graphique» [Rhind 1993].

Les données seront hétérogènes dans leur sémantique. Il n'existe pas de nomenclature générale des objets géographiques, ni entre disciplines, ni, souvent, à l'intérieur d'une même discipline. Dans la norme française EDIGÉO, qui est une norme d'échange de données géographiques,

les attributs sémantiques peuvent suivre une nomenclature sectorielle, jusqu'à être spécifique d'un jeu unique de données. La rue de l'urbaniste comporte la chaussée et les trottoirs, celle de l'automobiliste comporte uniquement la rue. Le trait de côte du marin et celui du terrien diffèrent : le terrien prend le niveau moyen des mers, le marin prend la laisse des eaux de plus basses mers qui lui assure en permanence une hauteur d'eau sous sa coque ou sous sa quille. Sous le même nom, on désigne des objets différents.

Les données seront hétérogènes dans leur actualité. Sur une carte conventionnelle, on considère que tout est globalement à jour à la date indiquée. Parfois la date des levés complète la date d'édition. Seuls les spécialistes savent que certains types d'information sont mis à jour plus fréquemment que d'autres. A l'IGN par exemple, la surcharge aéronautique des cartes OACI est mise à jour tous les ans, et le fond topographique tous les quatre ans ; sur les cartes au 1:100.000, le réseau routier est mis à jour tous les trois ans, les espaces boisés tous les neuf ans. Lorsque l'on utilise des systèmes informatiques, on devient plus exigeant sur l'actualité des données, ne serait-ce que parce que l'oeil n'est plus en mesure d'exercer sa critique ou d'extrapoler un modèle à partir des informations lues. Mais économiquement, il est impossible de tenir à jour en permanence toutes les bases de données : en fait, des systèmes hétérogènes seront mis en oeuvre pour pallier cette impossibilité, comme l'incrustation d'imagettes photographiques dans des bases de données, ou la mise à jour partielle des seules informations nécessaires pour un utilisateur donné (pour celui-ci, les routes ; pour celui-là, les limites administratives ; etc...).

Toujours pour des considérations économiques d'ailleurs liées à la capacité de mise à jour, l'exhaustivité des données sera hétérogène. Par exemple, «les zones rurales pourront être cartographiées avec une résolution spatiale et temporelle inférieure à celle des zones urbaines» [Rhind 1993], et on peut ajouter : avec une résolution d'attributs inférieure. Dans les bases de données routières pour les systèmes de conduite automobile embarquée, toutes les rues des agglomérations sont localisées avec une précision de l'ordre de cinq mètres et décrites avec des attributs tels que le sens et le nombre de voies de circulation, le nom et les adresses postales ; en milieu interurbain, seules les routes principales sont prises en compte, la précision de la localisation se situe autour de quinze mètres et les adresses postales ne sont pas saisies.

Les divers jeux de données seront organisés selon des modes hétérogènes. Les standards visent d'ailleurs les échanges, laissant le soin à chaque utilisateur de choisir le mode d'organisation qui lui convient. Au sein d'un même système, les structures vectorielles et maillées coexisteront : les données seront croisées pour des applications déterminées, plutôt que fusionnées dans une base unique. Les coordonnées ne seront d'ailleurs pas les uniques localisants : les codes postaux, les unités statistiques ou administratives sont aussi des localisants, organisés de manière totalement différente.

Cette connaissance de la donnée, de son contexte, de ses possibilités de traitement et de croisement, fait partie de la conception cartographique. Elle est couverte par la définition de travail adoptée par le comité exécutif de l'Association Cartographique Internationale lors de sa réunion de Cologne en mai 1993 :

Une carte est une image codifiée de la réalité géographique, représentant une sélection d'objets ou de caractéristiques, relevant de l'effort créateur de son auteur par les choix opérés, et destinée à être utilisée lorsque les relations spatiales ont une pertinence essentielle.

De nombreuses études sont actuellement menées sur ce thème, parfois en lien avec les standards de données numériques, sous le terme générique de «Qualité des informations localisées». Il y a un accord général sur la définition de six groupes de critères principaux [C.N.I.G. 1993; Guptill 1993 ; SIG et Télédétection 1993] :

- la généalogie, qui décrit l'origine des données ;
- l'actualité de l'information ;
- la précision géométrique, tant planimétrique que altimétrique ;
- la précision des attributs, ou précision sémantique ;
- l'exhaustivité de l'information, en référence à un modèle conceptuel du monde réel ;
- la cohérence logique des données, comportant la cohérence topologique.

Cette connaissance est un métier d'ingénierie, et ce métier d'ingénierie cartographique est naturellement un métier de cartographe.

Conclusion

L'avenir des systèmes cartographiques est assuré parce que la carte, au sens général du terme, fait partie des systèmes d'aide à la décision dont l'économie a besoin. Le progrès technologique va poursuivre le développement des systèmes d'information géographique et de leurs capacités de traitement, en mettant des connaissances traditionnelles des cartographes à la disposition d'utilisateurs non spécialistes. Les cartographes conservent deux domaines particuliers dans lesquels la discipline a un champ propre d'expertise et de recherches : l'ingénierie cartographique, qui se rapporte à la donnée cartographique élémentaire, et la visualisation cartographique, qui s'attache aux fonctions cognitives et communicatives des cartes.

Bibliographie

- ACI, 1973, *Dictionnaire multilingue des termes techniques de cartographie*, Steiner, Weisga Den
- Denègre Jean, 1992, De Christophe Colomb à la géographie d'aujourd'hui, *Bulletin du Comité Français de Cartographie* n° 134, pp 5-8
- Freitag Ulrich, 1993, Map Functions, *The Selected Main Theoretical Issues Facing Cartography*, pp 9-19, ICA Working Group to Define the Main Theoretical Issues on Cartography
- Grelot Jean-Philippe, 1992a, Cartographie et Cartographes : où se situera le coeur de la discipline, *Bulletin du Comité Français de Cartographie* n° 131, pp 9-10
- Grelot Jean-Philippe, 1992b, Feedback from Society : User-Community Oriented Views, *Teaching Surveying and Mapping Aspects of Visualisation and GIS*, pp 57-59, Commission on Education and Training of the International Cartographic Association
- Kanakubo Tositomo, 1993, Preface, *The Selected Main Theoretical Issues Facing Cartography*, pp 1-3, ICA Working Group to Define the Main Theoretical Issues on Cartography
- Ormeling Ferjan, 1992a, Enseignement et formation professionnels dans les années 1990 : une perspective de l'Association Cartographique Internationale, *Bulletin du Comité Français de Cartographie* n° 131, pp 5-8
- Ormeling Ferjan, 1992b, Core Concept in Cartographic Communication, *Teaching Surveying and Mapping Aspects of Visualisation and GIS*, pp 27-35, Commission on Education and Training of the International Cartographic Association
- Rhind David, 1993, Mapping for the New Millenium, *Proceedings of the 16th International Cartographic Conference*, vol 1 pp 3-14
- Taylor D.R.Fraser, 1992, Une base conceptuelle pour la cartographie : de nouvelles orientations à l'ère de l'information, *Bulletin du Comité Français de Cartographie* n° 132, pp 11-15
- Weger Gérald, 1992, L'enseignement de la cartographie à l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques, *Bulletin du Comité Français de Cartographie* n° 131, pp 15-17
- Worth Christopher, 1992, Core Concepts in Map Design of Relevance to Geographical Information Systems, *Teaching Surveying and Mapping Aspects of Visualisation and GIS*, pp 115-122, Commission on Education and Training of the International Cartographic Association