

TECHNIQUES CARTOGRAPHIQUES

La cartographie en 1990

par François Lecordix

Articles reproduits :

« *L'informaticien et le cartographe* », par Jean-Philippe Grelot (Bulletin du CFC, n° 96, juin 1983).

« *La cartographie en 1990* », par Raymond Boyle (Bulletin du CFC, n° 82, déc. 1981).

Il y a plus d'une trentaine d'années, la cartographie a connu le début d'un bouleversement avec l'apparition de l'informatique. Cette découverte scientifique a influencé radicalement la cartographie comme le laissait entrevoir Loïc Cahierre, le 9 mars 1974, sans utiliser encore le terme "informatique", dans sa conférence sur « L'incidence des découvertes scientifiques sur l'évolution de la cartographie », publiée dans le n° 61 du *Bulletin du CFC* de septembre 1974 et reproduit dans ce numéro (cf. la présentation de Marie-Thérèse Besse).

La rencontre de "l'artiste" cartographe et du "scientifique" informaticien n'a cessé depuis lors d'alimenter les pages de notre bulletin, et donc la vie de notre association, parfois sous la forme de plaidoyer (« *L'informaticien et le cartographe* » de Jean-Philippe Grelot, publié dans le n° 96 du *Bulletin du CFC* de juin 1983), parfois de manière plus polémique sous forme de tribune libre (« *Une dérive inquiétante : la cartocratie* » de Philippe Giraudin, publié dans le *Bulletin du CFC*, n° 119 de mars 1989 et reproduit dans ce numéro avec la présentation de Pierre Planques).

Une autre vision de cette rencontre a été proposée de façon prédictive par Raymond. Boyle lors d'une communication présentée à Auto Carto en novembre 1979 et traduite par Jean Carré dans le *Bulletin du CFC*, n° 82 de décembre 1981. Dans cette communication, « *La cartographie en 1990* », Raymond Boyle s'est livré au difficile exercice de prédiction en imaginant la cartographie dix ans plus tard, aussi bien du point de vue des techniques que du point de vue du matériel utilisé. Dans cette vision, le cartographe et l'informaticien ne font plus qu'un.

En examinant la situation de la production et de la diffusion cartographiques en 2009, vingt ans après la date de cette vision prédictive, il est intéressant de remarquer que, si cet article comporte quelques points un peu obsolètes, liés au matériel, il conserve encore une grande actualité sur des travaux et débats qui existent actuellement dans notre communauté, par exemple sur le besoin de disposer de données plus détaillées avant de pouvoir cartographier, sur le besoin d'actualisation plus fréquente des cartes, sur la manière de diffuser et d'utiliser l'information cartographique, etc. Le paragraphe ci-dessous, extrait de cette communication, me semble encore d'une complète actualité :

« Le changement remarquable viendra des procédés utilisés pour se servir des cartes. Beaucoup de ces dernières seront virtuelles ou éphémères, pour des systèmes d'informations géographiques interactifs, mais il y aura aussi accroissement dans l'établissement de cartes particulières. Il n'y aura que peu d'utilisateurs à bien comprendre la communication graphique et les lois de la vision, mais là sera le domaine du vrai cartographe, stimulé par la concurrence entre utilisateurs, incité à mieux exploiter ses capacités et son art, et il pourra se permettre d'essayer de nouveaux modes de présentation sans être limité par les aspects actuels de coût et délais. L'art du cartographe fera de grands progrès ; ceux qui pensent que l'automatisation ne peut arriver à des résultats artistiques devront changer d'avis ».

L'INFORMATICIEN ET LE CARTOGAPHE

Jean-Philippe Grelot
Ingénieur Géographe

Après avoir connu la société agraire et la société industrielle, notre monde occidental voit poindre une nouvelle culture au sein de laquelle la connaissance et les échanges jouent un rôle prépondérant.

L'avènement de cette ère de l'information se manifeste par des changements profonds qui touchent aussi bien la conception des processus industriels que d'autres secteurs de l'activité économique et politique, et qui s'accompagnent d'une modification des rôles des intervenants, de leurs attributions et de leurs pouvoirs.

Pouvoir et information

Depuis toujours, l'information tient une place essentielle dans l'exercice du pouvoir. Le dirigeant qui ne possède pas la connaissance du terrain sur lequel il œuvre est semblable au colosse aux pieds d'argile : son effondrement est inéluctable. Il en découle une tentation plus ou moins consciente d'agir sur la présentation de l'information, sinon sur son contenu, pour influencer les décisions. Cette déformation peut d'ailleurs être opérée par les dirigeants (on parle alors de manipulation) ou leurs administrés, selon les rapports de force, les ambitions collectives ou individuelles et le degré de démocratie.

L'accès à l'information nous apparaît aujourd'hui comme un droit essentiel. Il n'est qu'à examiner les débats passionnés allant jusqu'aux réactions épidermiques dès que l'on attente à la liberté de la presse ou que l'on entrave la liberté de voyager. A contrario, le domaine privé est jalousement gardé comme ultime espace de liberté individuelle, et il se réfugie derrière de nouvelles barrières comme la loi "informatique, fichiers et liberté".

Ici surgit une interrogation. Le pouvoir et l'information sont étroitement liés ; l'informatique — étymologiquement traitement automatique de l'information — envahit tout et brasse une quantité sans cesse croissante de données : allons-nous vers la prise du pouvoir par les maîtres d'œuvre de cette technique, les informaticiens ? Les exclus de l'informatique garderont-ils tout ou partie de leur pouvoir, seront-ils des jouets entre les mains des informaticiens, ou ne seront-ils plus rien du tout ? Seul l'avenir nous apportera une réponse, bien entendu, mais nous pouvons d'ores et déjà étudier ces problèmes dans un domaine certes restreint mais symptomatique, celui de la cartographie.

Information et cartographie

Que ce soit pour délimiter la propriété individuelle ou la zone d'influence d'un état, l'information localisée a très tôt utilisé la cartographie. Gestion du domaine, fortifications, conquêtes ou découvertes, ces différentes activités touchaient directement à l'exercice du pouvoir dans ses aspects fiscaux, juridiques, politiques, intellectuels ou culturels. Commanditée par le prince pour son propre service, la cartographie exprimait avant tout l'infor-

mation topographique, et devint un élément déterminant dans les opérations militaires : de nos jours encore, de nombreux états ont pour service cartographique un organisme militaire.

Lorsque la couverture cartographique de base d'un pays est assurée, de nouveaux besoins apparaissent dans la connaissance du milieu. Données géologiques, pédologiques, météorologiques, occupation du sol, couverture végétale, population, sont recensées, inventoriées, répertoriées et analysées. Cette masse considérable d'informations doit trouver un support pour s'exprimer, se faire connaître et être utilisée. C'est là l'ambition légitime de la cartographie, art de représenter l'information localisée.

Cartographie et cartographe

Plus encore que l'art de la cartographie, c'est l'art du cartographe qui seul assure la transmutation de la donnée signifiante en graphisme signifié.

Pour cela, le cartographe doit connaître le matériau sur lequel il agit, sa précision, ses limites, son contexte. Il doit en tirer la substantifique moëlle, car c'est d'abord cela qu'il est chargé de transmettre : il ne fait pas sa carte pour lui, il la fait pour son lecteur.

Il peut appliquer toutes les recettes de sa technique, et surtout les règles élémentaires (d'aucuns diraient paradigmatiques) du langage graphique. Mais il doit toujours garder à l'esprit que ce qu'il fabrique est un signe et non une réalité, et que le lecteur — qu'il soit néophyte ou non — cherchera à percevoir cette réalité derrière un signe nécessairement déformé. Le cartographe est donc responsable de la qualité de son ouvrage, en ce sens qu'une mauvaise carte apporte une information non seulement mauvaise, mais bien souvent erronée.

Le cartographe et l'informaticien

L'homme, dans sa nature ambiguë, joue parfois à se faire peur. Il en est ainsi dans ses relations avec l'informatique et l'informaticien : tantôt il les loue, tantôt il les voue aux gémonies. Cet étrange conflit amour/haine se traduit de multiples façons, depuis la naïveté béate (à moins que ce ne soit une béatitude naïve) devant les fruits d'un processus informatisé jusqu'aux suspicions à l'encontre des intentions ou des fichiers secrets des informaticiens.

Sans peut-être aller jusqu'à ces extrêmes, le face à face du cartographe et de l'informaticien s'en nourrit inconsciemment et les exprime autrement. Au premier, l'art, la tradition, l'ouvrage isolé porté de longs mois ; au second, une technique qui veut devenir une science, l'avenir, les multiples travaux exécutés simultanément et rapidement. Cette césure entre les deux communautés se double d'un conflit de générations, non pas d'âge mais plutôt d'état d'esprit, et d'une disparité de langage, tant

il est vrai que chaque technique crée son propre jargon par lequel elle exprime sa connaissance et surtout sa spécificité.

C'est dire si le passage d'un monde à l'autre est difficile, et combien il est illusoire d'atteindre à brève échéance une symbiose de ces deux groupes.

Le syndrome de la base de données

La puissance d'un groupe au sein d'une société peut se mesurer aux valeurs propres qu'il s'est donné et qui sont devenues, souvent à son insu, des objectifs communs pour toute la société ; ou encore, aux vocables qu'il a créés et qui sont passés dans le langage courant. Ainsi en fut-il des gestionnaires avec le cash-flow puis des économistes avec le taux de croissance.

Les informaticiens, quant à eux, ont créé le concept de base de données, devenu rapidement la coqueluche de la société. On ne parle plus de recueil, de collecte, ou de gestion de l'information, de répertoires, ni même de fichiers, mais de base de données. La base de données n'est plus un objet, elle est devenue un label de qualité, un étalon, une référence. Efforçons-nous de garder aux mots leur signification, de ne pas restreindre notre vocabulaire par un nivellement insidieux et appauvrissant !

Ce vocable qui a échappé à ses créateurs est tout un symbole. Les initiés en gardent jalousement la signification pure et première, tandis que l'homme commun en suppute le sens mais veut surtout cacher sa méconnaissance ou son ignorance ; tôt ou tard, il réalisera qu'un monde lui échappe, il se sentira floué ou exclu de ce nouveau partage des connaissances.

La victoire de l'informaticien

Alors pourra être proclamée la victoire de l'informaticien. Le pouvoir lui sera abandonné, il bénéficiera du souffle du progrès et de la reconnaissance de ceux qui se seront volontairement déchargés sur lui d'un fardeau trop lourd et qui accepteront cette aliénation en espérant que se réalisera l'âge d'or parce que l'informatique toute-puissante aura tout réglé.

C'est faux et dangereux.

C'est faux, car l'informaticien est tributaire de ceux qui lui fournissent des données, qui lui définissent les applications, qui lui offrent les outils lui permettant de mettre en œuvre ses connaissances.

C'est dangereux, car il est nécessaire que s'exerce un contrôle sur l'informaticien. L'ordinateur n'est pas une justification, comme on l'entend trop souvent, ni dans un sens — "c'est vrai puisque l'ordinateur l'a déterminé" —, ni dans l'autre — "c'est l'ordinateur qui s'est trompé".

Un résultat, quel qu'il soit, doit être critiqué en fonction de la validité et de la précision des données qui y ont conduit, de la méthode ou de l'algorithme qui les a traitées, de la façon dont l'informaticien a choisi de les présenter. L'informaticien apporte un outil, aux possibilités certes immenses, mais qui reste un outil et non une machine à faire des miracles.

La victoire du cartographe

Et c'est là que notre cartographe doit jouer son rôle et reprendre son pouvoir, s'il saisit la chance qui lui est offerte.

En effet, pour peu qu'il acquière les moyens de la critique en assimilant les bases de l'informatique, ses méthodes et ses moyens, il aura bientôt à sa disposition cet outil formidable qui, par le développement normal de l'informatique, perdra prochainement son caractère ésotérique. Il y a là une mutation à entreprendre, douloureuse comme toutes les mutations, mais qui conduit à l'ouverture vers le monde de demain — le monde de la communication —.

La période de développement de l'activité économique qui a suivi la dernière guerre mondiale semble devoir faire place à un temps plus incertain, où se pose comme un défi l'optimisation de la gestion des ressources. Dans leur confrontation avec les consommations, que ce soit dans les domaines socio-économiques, agricoles, industriels ou encore en ce qui concerne la maîtrise de l'eau, la connaissance de la localisation des phénomènes et des flux d'échanges est une condition impérative d'une meilleure appréhension globale de notre environnement.

Collecter les données est une chose ; les interpréter en est une autre. Sans nier l'intérêt des tableaux chiffrés, force est de constater la puissance de cet outil particulier qu'est l'image : ce n'est d'ailleurs pas un hasard si l'information iconographique tend à supplanter l'information scripturale. L'expression cartographique des données localisées, si elle synthétise beaucoup l'information, fait apparaître mieux que tout autre moyen leur aspect géographique, en dégage les lignes de force et en révèle les contrastes. La carte, image dotée d'un attrait esthétique, peut capter l'attention du lecteur avant de le captiver et ainsi le retenir pour lui transmettre un message — ou plus modestement l'aider à mémoriser un phénomène.

Au cœur de ce processus, un homme joue un rôle essentiel : le cartographe, spécialiste du langage graphique. Devant l'expansion extraordinaire de la diffusion de l'information, il devra utiliser toutes les ressources de son art pour trouver la meilleure expression des données sans cesse plus nombreuses à lui confiées, cette expression qui permettra au lecteur d'appréhender, à travers le signifié, ce qui fait que la carte existe, — le signifiant. Ainsi sera établi le lien entre l'auteur et le lecteur ; technique nouvelle, l'informatique prendra sa place parmi les outils du cartographe, qui apportera une pierre angulaire à l'édification du monde de la communication.

LA CARTOGRAPHIE EN 1990 (*)

Dr A. R. BOYLE

Université de Saskatchewan
Canada

Pour la conception, la construction et la mise en œuvre des matériels et des systèmes informatiques, les temps de réalisation sont longs. Il est donc possible de prédire, avec un haut degré de certitude, les méthodes qui, dans cinq ans, seront à notre disposition.

Avec un peu d'imagination, en tenant compte des faiblesses humaines et de la valeur des exigences des usagers, il est possible d'étendre cette prévision de 5 à 10 ans. Aussi cette communication traite-t-elle d'une prédiction logique, non de celle d'une voyante.

L'histoire de la cartographie automatisée n'a, jusqu'à présent guère été exaltante. On a trop mis l'accent sur la puissance du matériel et des systèmes, trop peu sur les façons de satisfaire les vrais besoins cartographiques. Les cartes produites ont été limitées, d'une qualité souvent insuffisante ; les coûts réels ont été bien plus élevés qu'on ne s'y attendait ou qu'on ne l'a bien souvent admis.

Il faut encore s'interroger sur la raison du si petit nombre de cartes de qualité topographique produites malgré les énormes sommes dépensées pour les équipements existant un peu partout. La cause principale, parmi d'autres, c'est le nombre insuffisant de données numérisées relatives aux fonds de cartes.

Des progrès bien lents ont certes été faits dans la numérisation à partir de nouvelles photos aériennes ; mais tout ceci, à part le cas des levés à grande échelle, ne sert à rien sans les données connexes tirées de cartes existantes. Il n'est plus possible d'accepter beaucoup plus longtemps les expériences ennuyeuses de numérisation de cartes d'une qualité topographique variable, suivies de corrections encore plus ennuyeuses de toutes les erreurs dues à la machine et à l'opérateur.

On pourrait penser que bien des utilisateurs veulent des données cartographiques normalisées sous forme numérisée, de manière à faire eux-mêmes leurs choix et leurs calculs. De fait, beaucoup ne demandent pas aux données d'être parfaitement exactes ; ils sont bien préparés à rapporter leurs données à la carte servant de fond. Le besoin semble très général, presque à l'échelle du monde. La seule question à prendre en compte, en 1979, c'est le coût probable pour l'utilisateur et pour le pays. De fait ce dernier est dans doute le plus important : bien peu des utilisateurs actuels pourraient payer les coûts réels des cartes.

Nous pouvons prendre l'exemple de la série T.Q. (1) à 1/24 000 des États-Unis. Elle comprend presque 50 000 cartes avec de 10 à 12 planches séparées pour chacune. Il est très important de prendre en compte ces composantes, sinon notre

problème serait insoluble. Au prix 1979 de la numérisation manuelle, il faudrait de 5 000 à 10 000 dollars par carte, soit 250 à 500 millions de dollars pour toute la série. Peut-être est-ce justifié : j'en doute moi-même. Il faut aussi considérer le débit. En prenant les chiffres de 1, 10, 100 heures par carte, nous arrivons à 25, 250, 2 500 années pour les hommes ou le matériel. Même avec des équipements multipliés, 2 500 années semble totalement inacceptable et pourtant 100 heures par carte, pour toutes les composantes, serait modeste ! Il faut donc arriver à moins de 10 heures par carte si nous voulons terminer pour 1990 ; de fait, notre objectif doit être 1 heure par carte.

Heureusement les composantes, réalisées soigneusement pour l'impression des couleurs, sont là et elles sont quasi-prêtes pour une analyse automatique ; seule la planche de planimétrie humaine est un peu trop complexe. Le contrôle de la qualité des planches est indispensable, mais pas plus que pour une bonne impression.

Si de grandes quantités de données cartographiques étaient disponibles sous forme numérique, le point de vue du cartographe serait transformé complètement. L'emploi des données serait de plus en plus fréquent et entraînerait une nouvelle demande et un développement rapide de nouveaux procédés et de nouveaux matériels.

La formation de ces données aura certainement une haute priorité, nous pouvons considérer qu'elle sera acquise en 1990. Nous verrons ci-dessous les méthodes qui seront utilisées ; pour le moment examinons-en l'effet sur la cartographie et les cartographes.

La facilité bien plus grande de mise à jour veut dire que des mises à jour annuelles seront considérées comme normales. Cela signifie qu'il y aura une demande pour les procédés d'impression de bonne qualité et économiques, pour des petits tirages. On établira aisément beaucoup plus de cartes dérivées à des fins particulières, ce qui, pour le moment ne peut être fait par les cartographes, en raison du coût et des délais. Il sera considéré comme normal que n'importe quelle rédaction cartographique ou qu'une surcharge particulière soient numérisées immédiatement. Une fois disponible la base principale de données, l'utilisateur de la carte voudra être sûr que sa nouvelle production y sera incluse, surtout pour ses propres besoins mais aussi pour que les autres y accèdent facilement. Il est évident qu'il faudra mettre au point une méthode pour répertorier des données de cette sorte, d'après leur qualité, leur fidélité, etc. Attribuer de tels codes sera une tâche difficile pour le futur cartographe professionnel. Les nouveaux levés photo-

(*) Communication présentée au colloque « Auto-Carto IV » tenu du 4 au 8 novembre 1979 au Sheraton Conference Center Maryland (U.S.A.) (traduit par J. CARRÉ, I.G.N.).

(1) Topographic Quadrangle.

grammétriques seront naturellement numérisés. Tout ce qui est purement topographique sera sans doute obtenu de manière presque entièrement automatique, bien plus que de nos jours, mais il y aura toujours besoin de numériser les résultats de la photointerprétation. Il ne faut pas s'attendre que l'œil humain et le cerveau de l'interprète puissent être remplacés en 1990, de manière significative, par des machines ou des processeurs multiples.

Le changement remarquable viendra des procédés utilisés pour se servir des cartes. Beaucoup de ces dernières seront virtuelles ou éphémères, pour des systèmes d'informations géographiques interactifs, mais il y aura aussi accroissement dans l'établissement de cartes particulières. Il n'y aura que peu d'utilisateurs à bien comprendre la communication graphique et les lois de la vision, mais là sera le domaine du vrai cartographe, simulé par la concurrence entre utilisateurs, incité à mieux exploiter ses capacités et son art, et il pourra se permettre d'essayer de nouveaux modes de présentation sans être limité par les aspects actuels de coûts et délais. L'art du cartographe fera de grands progrès ; ceux qui pensent que l'automatisation ne peut arriver à des résultats artistiques devront changer d'avis.

Une fois admises les idées ci-dessus et leur caractère bénéfique pour la cartographie, le cartographe doit s'interroger sur son rôle : contribue-t-il à cette évolution ou la gêne-t-il ? C'est une question importante ; bien des procédés en usage sont critiquables à cet égard. Maints d'entre eux peuvent être améliorés sans grand mal. Ainsi, par exemple, pour le dessin de polygones d'utilisation du sol ou en foresterie, on devrait enregistrer autrement les lignes et les désignations, ce qui peut être fait facilement par des machines. Ceci peut nécessiter le tracé des lignes et de l'encre pour les désignations, ou simplement deux sortes d'encres.

La responsabilité des grands organismes cartographiques en matière de présentation des données, est grande. Ils doivent élaborer des systèmes compatibles avec les autres systèmes.

En supposant à nouveau que les données numériques seront disponibles, il faut nous préoccuper maintenant des progrès à faire dans les procédés et le matériel.

Le premier d'entre eux concerne le stockage des données. Très heureusement le disque optique offre à la cartographie d'alléchantes perspectives. Il est étonnant de voir à quel point la science apporte la bonne réponse, au bon moment, à un besoin. La forme numérique de ce disque n'est qu'un prolongement du disque actuellement disponible pour la télévision à domicile. Les données sont inscrites par un rayon laser introduisant de minuscules bosses à la surface d'un disque de métal ; ces bosses peuvent être recopiées par un pressage analogue à celui d'un disque de phonographe, ou peuvent être lues dans un ordinateur pour recréer l'information, grâce à un système optique simple. Les avantages de ce disque sont doubles : il constitue de bonnes archives et ne s'efface pas à la longue comme le ruban magnétique ; de plus, il a une énorme capacité de stockage. Même en admettant une redondance de 10/1 à l'enregistrement pour pallier de petits défauts de surface, il serait possible d'enregistrer sur un disque 1 000 cartes T.Q. avec tous

leurs détails, grâce à une présentation bien compactée. Cela veut dire que 50 disques suffiraient à stocker toute la série T.Q. à 1/24 000 !

Si l'enregistrement de ces disques doit être laissé à des spécialistes et aux producteurs dans des locaux dépoussiérés, les unités de lecture sont simples et peuvent être adaptées, pour quelques milliers de dollars, à un petit ordinateur, offrant une merveilleuse capacité au laboratoire cartographique de 1990, qu'il s'agisse d'une consultation ou de la préparation d'une nouvelle matrice.

Une fois que les données pourront être disponibles et stockées efficacement et économiquement, leur usage se répandra et leur restitution sera faite à partir de données choisies ou modifiées. Les traceurs de précision en X - Y qui ont fait l'essentiel de ce travail depuis des années assurent une grande qualité mais ils sont extrêmement lents si on les compare au flux estimé. Plus les traits comportent de symboles, plus le mouvement est lent. Il n'y a pas moyen que ces grosses pièces, à inertie élevée, puissent travailler aux vitesses nécessaires, tout en gardant une haute qualité et apportant une grande souplesse dans la symbolisation des points, des lignes et des surfaces. Seules des unités de balayage semblables à celles actuellement en service dans l'industrie des arts graphiques paraissent capables de satisfaire les conditions nécessaires. Certes, il y a de grands problèmes pour maîtriser ces systèmes à qui on fournit des données cartographiques, mais les solutions sont en vue, à partir d'interfaces de traitement en parallèle et de logiciels pour les piloter. Les systèmes de balayage les plus intéressants semblent être ceux basés sur des unités de balayage laser à plat. On en parlera avec plus de détails après les systèmes de numérisation à rayon laser qui ont certains aspects communs avec eux.

Le dernier sous-système, le plus important, concerne l'affichage et la présentation. C'est la manière dont les cartographes communiquent avec leurs données ; elle doit être efficace, rapide à mettre en œuvre, facile d'emploi. Les systèmes d'affichage et de sortie actuels doivent être perfectionnés. Tout d'abord chaque centre de travail doit pouvoir fonctionner seul, avec seulement une liaison de temps à autre avec une installation de base centrale. Cela garantira une grande vitesse de traitement pour de grands ensembles et données et permettra d'éliminer l'essentiel des temps morts. Ces deux aspects posent des problèmes en ce moment, même pour une production limitée.

Le coût d'un centre de travail sera notablement réduit grâce à de petits, mais puissants microprocesseurs et une technique de stockage comme les CCD et les bulles magnétiques remplaçant les disques, bien que les capacités de ceux-ci doivent croître. La couleur sera partout employée et quelques unités auront la taille d'une carte complète. Les logiciels d'affichage et d'édition, appuyés par un matériel spécifique, seront extrêmement sophistiqués, faciles à utiliser pour la cartographie. La tendance sera que la machine suggère les endroits où des problèmes doivent être résolus par le cartographe, trouvant elle-même la solution la plus appropriée et demandant seulement une confirmation. La machine s'instruira à partir des réponses qui lui seront fournies et elle fera des progrès. Si c'est à l'opérateur de faire les meilleures propositions, ce sera facile.

Méthodes de numérisation automatique

Vous aurez remarqué que mes prédictions reposent sur l'hypothèse de données cartographiques existantes d'une très bonne qualité. Nous avons dit que, pour satisfaire les besoins de qualité, de coût et de rapidité, des moyens automatiques doivent assurer la numérisation et que nous avons de la chance d'avoir de bons documents à traiter, sous la forme de planches de couleurs séparées.

Dans les travaux mettant en jeu des sommes plus importantes, pour la reproduction des documents alphanumériques, les planches sont en général plus grandes, mais elles ne nécessitent que la même résolution (environ 10 traits au mm) ; elles ont l'avantage de ne pas comporter d'échelle de gris et d'être disponibles en négatifs transparents.

Depuis quelques années j'ai examiné avec attention la plupart des moyens disponibles dans le suivi automatique des traits et le balayage et j'en ai tiré la conclusion que ce dernier était de loin le plus efficace. Au point de vue physique la méthode la plus simple paraît être de balayer la planche de couleur séparée ligne par ligne à l'aide d'un rayon laser, en enregistrant les instants où la lumière est transmise à travers les traits transparents d'un négatif. Le mécanisme est simple et peut être adapté, pour un coût réduit, à la précision demandée.

La méthode du balayage pourrait être également employée pour alimenter les procédés courants de reconnaissance optique des caractères, pour analyser des symboles, mais à cet égard d'autres procédés semblent de nos jours plus efficaces, en raison du nombre assez restreint de ces symboles. L'essentiel du travail se rapporte aux traits. Les données créées par le balayage auront plusieurs éléments d'image (pixels) dans la largeur d'un trait et ceux-ci devront être réduits à une seule donnée de trait, de la largeur d'un seul pixel, pour toute opération ultérieure. On dispose de nos jours d'un certain nombre de procédés, mais avec des rendements très divers. Seuls les plus rapides doivent être pris en compte pour la future production pour satisfaire les contraintes de coût et de délais. Toutefois il faut surtout considérer qu'il est maintenant bien établi que l'efficacité obtenue est très acceptable et que la mise au point de systèmes de production progresse rapidement. On a discuté des résolutions nécessaires pour les traits, mais sans doute y a-t-il eu confusion entre besoins pour la numérisation et besoins pour le tracé à partir du balayage. On en dira plus à ce sujet un peu plus loin. Pour ma part je crois que 10 traits au millimètre est aussi bon que la précision du dessin d'origine. Qu'on remarque que le passage à 20 traits au millimètre quadruplerait le nombre de données et les temps de traitement et dépasserait le seuil critique de la courbe des coûts. Pour la même raison la reconnaissance de l'épaisseur du trait n'est pas souhaitable : cela nécessiterait une bien meilleure résolution de balayage. Cela peut être obtenu à meilleur compte par un emploi combiné de l'édition interactive et d'auxiliaires de désignation automatiques.

Pour le moment, la plupart des cartographes désirent leurs données en mode-vecteur. Il est assez facile de générer les vecteurs par un logiciel de suivi automatique des traits, dès l'instant qu'a été produit le trait de la largeur d'un simple pixel.

La vectorisation doit normalement être suivie d'une compaction des données et d'une désymbolisation pour obtenir la base de données cartographiques prête à un emploi général.

Disques optiques

Le disque vidéo destiné à la télévision à domicile a été perfectionné depuis bien des années et de bons produits sont sur le marché. Ces disques vidéo peuvent servir à un enregistrement numérique ; sous cette forme, ils sont tout à fait propres au stockage des données cartographiques. Ils donnent de bonnes archives, ils ont une énorme capacité — environ 1 000 quadrangles topographiques — et on peut y accéder rapidement, à prix réduit, avec des miniordinateurs. La cartographie dépense de l'argent à ces mises au point, mais l'essentiel semble venir des établissements bancaires.

Le disque numérique pose encore des problèmes mineurs, mais on leur trouve des solutions. Les disques optiques numériques seront monnaie courante pour la cartographie bien avant 1990. Cependant on fera sans doute habituellement appel à des sociétés spécialisées pour produire ces disques, en raison de la nécessité de disposer de salles dépoussiérées. A cet effet il faudrait envoyer les disques et les rubans à des sociétés spécialisées ; elles pourraient aussi reproduire à bas prix les disques, en grande ou petite quantité.

Sortie automatique. Tracés automatiques

Un traceur à balayage semble à première vue très semblable à une unité de numérisation à balayage. Il y a cependant une différence, en dehors de celle qui consiste à remplacer la planche négative et le détecteur de lumière par une feuille de film et un système à découper le rayon lumineux : c'est que, pour le bon aspect des traits et des symboles, environ 80 traits au millimètre sont nécessaires, donc un rayon laser plus fin. La précision des données n'a pas besoin et ne peut être améliorée au-delà des 10 traits au millimètre de la numérisation et de la base des données, mais l'interpolation logique de lissage doit être employée pour donner des traits régularisés et des angles nets. L'augmentation de 8/1 dans les données dépasse les capacités d'une commande par minicomputer si on veut garder l'efficacité. Les développements en cours portent surtout sur l'association de la commande avec une interface à microprocesseurs multiples en parallèle pour le lissage et l'interpolation, et également pour l'addition nécessaire de pixels latéraux pour engendrer différentes grosseurs de traits.

Ces matériels, après leur mise au point, auront une grande souplesse pour la symbolique des emplacements, des traits, des surfaces ; ils seront capables de sortir en quelques minutes une feuille prête à l'impression finale et non plus en quelques heures. Il reste quelques difficultés à résoudre, mais cela n'en rend les mises au point que plus intéressantes.

Scénario pour 1990

Vous êtes dans un organisme cartographique au niveau d'un comté ou d'un état ; vous recevrez une

demande pour produire une carte détaillée spécifique d'un problème particulier de l'environnement. Vous disposerez d'un stock de disques optiques comportant tous les T.Q. qui s'y rapportent et les données des caractéristiques, sous forme numérique, pour la zone concernée. Celles-ci vous sont envoyées automatiquement chaque année par l'Organisme Cartographique national (C.M.A.) (2).

Après examen des données, vous trouvez que certaines mises à jour sont sans doute disponibles. Un coup de téléphone à C.M.A. vous en assure, une transmission immédiate des mises à jour vous est envoyée par C.M.A., par fibres optiques.

Vous commencez alors une opération détaillée de consultation sur votre grand écran en couleurs, pour séparer différents détails de ce qui les recouvre. Quand l'information disponible a été notée, vous transmettez les données à votre console, pour procéder à la sélection, aux corrections locales, à la mise en valeur de détails importants, à la généralisation et symbolisation, jusqu'à ce que les données prennent une forme utilisable. Ce processus d'édition peut-être plus ou moins long, suivant l'usage qu'on veut en faire et selon le cartographe. Ce dernier peut vouloir essayer de nombreuses versions avant d'être satisfait, son grand écran coloré lui donnant une claire vision du résultat final.

Les données, présentées maintenant sous forme cartographique, sont alors très facilement comprises par le grand public. Toutefois, elles ne seront peut-être jamais présentées sur du papier, mais seulement gardées sous forme électronique pour que le public les consulte à la bibliothèque locale ou pour servir lors de discussions publiques interactives à la télévision. Si des exemplaires sur papier sont nécessaires, il est vraisemblable que des méthodes nouvelles seront utilisées, en raison surtout du petit nombre d'exemplaires nécessaires. Peut-être emploiera-t-on des procédés électrostatiques d'impression en couleurs. Si on a encore besoin de

planches par couleurs séparées, celles-ci seront produites, soit sur place à partir d'un scanner de sortie, soit par l'atelier cartographique le plus proche.

Pendant le déroulement de cette préparation de la « carte officielle », le groupe local concerné par l'environnement commencera son travail de manière différente. Il obtiendra des informations, probablement moins détaillées, de C.M.A., mais sur le grand écran public de la bibliothèque locale. Des machines périphériques à photocopier en couleurs en tireront des exemplaires à la demande.

Le Service de l'environnement et les entreprises de travaux publics concernés prépareront, eux aussi, leurs propres cartes, à partir de leurs propres données, de façon à les présenter au public de la manière la plus commode. Des données disponibles en temps opportun sont tellement appréciées que, après avoir examiné comme il faut leur fiabilité et les déductions sur lesquelles elles reposent, on les numérise automatiquement et on les envoie au C.M.A. pour qu'elles puissent être utilisées par les services cartographiques locaux et la bibliothèque publique. A mesure que les données sont améliorées et mises à jour, elles alimentent automatiquement le système, en prenant soin à nouveau que le niveau de fiabilité puisse être bien apprécié par l'utilisateur. En attendant que les données atteignent une qualité propre à un emploi généralisé, elles seront probablement gardées dans des mémoires provisoires, avant d'être reportées sur des disques optiques.

En 1990 des données opportunes seront accessibles à tous, rapidement et de manière économique. Certains utilisateurs les voudront très précises et détaillées, d'autres moins. Leur présentation se fera de manière beaucoup plus uniforme. Les nouvelles techniques et les besoins du public entraîneront une situation nouvelle, les cartographes seront alors dans un milieu bien plus stimulant et intéressant qu'auparavant.

(2) Central Mapping Agency.