

Sylvie RIMBERT*

RESUME Que peut espérer un chercheur d'un G.I.S. (en français S.I.G.: Système d'Information Géographique)? Et un aménageur? Beaucoup au niveau de la formation, car ils assurent visualisation, traitements, transformations, interrogations. Le renouvellement de la cartographie passe aussi par l'étude des surfaces cartographiques.

- CARROYAGE
- GESTION DE DONNEES
- G.I.S.
- S.I.G.
- SYSTEME EXPERT

ABSTRACT What can academic or local planning authorities expect from a G.I.S. (in French S.I.G.)? A great deal as far as their formation is concerned: by visualizing, processing data, manipulating and questioning. It is a turnkey in the renewal of cartography.

- DATA MANAGEMENT
- EXPERT SYSTEM
- G.I.S.
- S.I.G.
- SQUARE QUADRATS

RESUMEN ¿Qué ayuda puede proporcionarle un G.I.S. (en español S.I.G.: Sistema de Información Geográfica) a un investigador? ¿Y a un planificador? Una aportación valiosa a nivel formativo al suministrar visualización, tratamientos, transformaciones, interrogaciones. La renovación de la cartografía pasa también por el estudio de las áreas cartográficas.

- CUADRICULACION
- GESTION DE DATOS
- G.I.S.
- S.I.G.
- SISTEMA EXPERTO

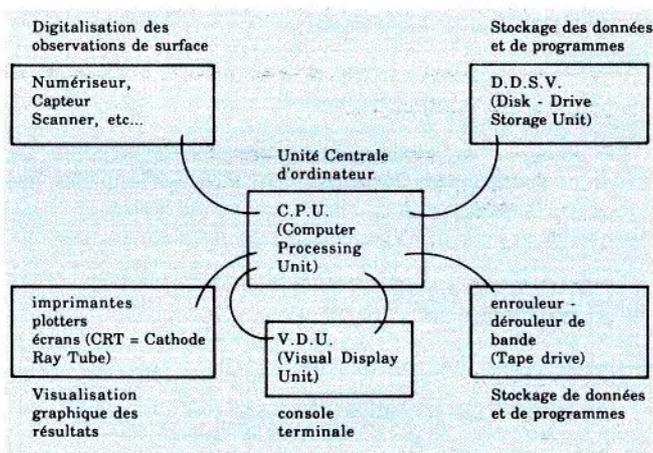
Bien après les travaux pionniers de R.F. TOMLINSON (1) ou de S. NORDBECK et B. RYSTEDT (2), des G.I.S. apparaissent aujourd'hui sur le marché européen (3a, b). Ces «Geographical Information Systems» ou S.I.G., en français, sont de gros outils de gestion de données géographiques, construits à partir de trois composantes:

- un hardware important qui se trouve résumé et schématisé sur la figure 1;
- un software d'applications comprenant les modules suivants:
 - a) . entrée et vérification des données
 - b) . stockage des données
 - c) . transformation des données
 - d) . traitement graphique et sortie des résultats
 - e) . interaction avec l'utilisateur (cf. fig. 2);
- un contexte d'orientation du travail dans lequel les objectifs sont clairement définis et qui aide, à la fois, à la préparation de la collecte des données et au choix des transformations.

Cette dernière composante devrait particulièrement intéresser le domaine des systèmes experts (4), encore très peu développés en carto-géographie.

La littérature déjà parue sur les G.I.S. est, aujourd'hui, fort abondante (5a, b). C'est pourquoi nous y renvoyons le lecteur qui voudrait s'informer plus en détail sur ces structures. Nous nous contenterons ici de nous interroger sur la question de savoir ce que les chercheurs thématiques des sciences de la Terre peuvent en espérer. Il règne chez eux «un syndrome des G.I.S. et des bases de données», pour reprendre une expression courant les colloques, dont on ne sait trop s'il tient à une mode ou à une nécessité.

En matière de G.I.S., comme dans beaucoup d'autres cas, la recherche et l'application ont des intérêts plus complémentaires que communs. Les organismes d'aménagement ont, avant tout, des soucis de **gestion** des ressources humaines et économiques, dont ils ont besoin qu'elles soient régulièrement inventoriées; les chercheurs devraient avoir des soucis touchant, surtout, aux structures et aux **relations** des observations terrestres, qu'elles soient



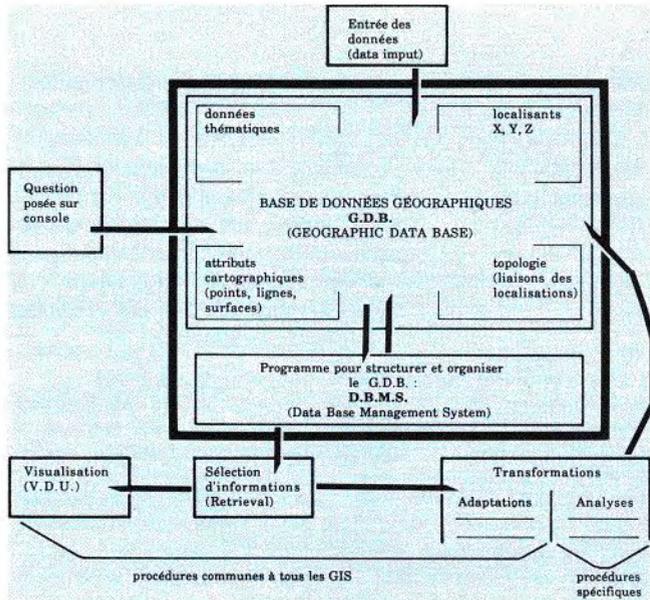
1. Principaux éléments du hardware d'un G.I.S.

inventoriées ou non. Les aménageurs apparaissent donc comme susceptibles de fournir la principale clientèle des G.I.S., tandis que les chercheurs en seraient plutôt des concepteurs ou des expérimentateurs.

Cette répartition de vocations, s'accompagnant de disponibilités financières très différentes, n'a pas échappé aux sociétés d'informatique. La clientèle qui est visée par les quelques firmes que nous avons mentionnées dans les notes ne concerne donc pas tant les universités que les deux catégories suivantes d'utilisateurs potentiels:

- Des agences et des administrations d'envergure régionale et nationale qui ont une tâche bien définie à remplir et pour laquelle la consultation rapide d'inventaires régulièrement tenus à jour est nécessaire. Ce sont, surtout, les organismes militaires mais, aussi, les services du cadastre, des eaux et forêts, d'agriculture, de per-

* Laboratoire de Cartographie Thématique de l'U.A. 902 du C.N.R.S., Strasbourg.



2. Principaux éléments du software d'un G.I.S.

mis de construire, etc... Ils représenteraient actuellement, en Europe, environ 70% du marché des G.I.S. (5c).

- Des agences et des administrations d'envergure régionale ou locale à qui sont confiées des études particulières et variables; par exemple, l'étude d'impact de l'implantation d'un réseau de transport public, de celle d'un aéroport, de celle d'une station de sports d'hiver. Cette seconde classe d'utilisateurs potentiels ne trouve dans les G.I.S. que quelques informations de base; elle doit engager ses propres ingénieurs pour développer les programmes spécifiques qui lui sont utiles et, ceci, dans des délais excluant, généralement, le recours à du personnel universitaire ou à des étudiants.

Les relations que les écoles supérieures et les universités peuvent entretenir avec les G.I.S. se situent sur trois plans:

- La formation des ingénieurs concepteurs de programmes spécifiques pour chacune des deux catégories précédentes d'utilisateurs potentiels.
- La formation de techniciens capables de faire fonctionner les G.I.S. afin de leur faire produire les images, graphiques et cartes pour les deux catégories précédentes mais, aussi, pour les chercheurs thématiques des sciences de la Terre.
- La formation de thématiques sachant suffisamment maîtriser la mise en relation de variables quantitatives et de critères qualitatifs à la surface du sol et à des échelles diverses, pour être capables de formuler leur demande auprès des techniciens.

Quant aux chercheurs issus de ces formations, leurs relations avec les G.I.S. se partagent en deux branches:

- Les études de structure des systèmes; c'est ici l'affaire de chercheurs en informatique. Le laboratoire de F. BOUILLE de Paris VI, par exemple, s'en préoccupe actuellement. Mais cette préoccupation est partagée par quelques géographes dont l'équipe de P. DUMOLARD, en relation avec l'I.N.R.I.A. de Roquencourt-Le Chenais.
- Les expérimentations thématiques. Il peut y en avoir autant que de chercheurs, puisqu'elles dépendent de leur imagination autant que de leur logique propre. Elles se rangent, cependant, en deux approches méthodologiques de dialogue avec la nature que sont

l'induction, à partir du regroupement de plusieurs observations, et la déduction, à partir d'une hypothèse ou d'un modèle théorique à vérifier. En facilitant la manipulation de quantités de données localisées, un G.I.S. simplifie et accélère la pratique de ces approches. Une «régionalisation» qui, par exemple, illustre la première approche, peut être obtenue de manière satisfaisante par l'enchaînement de la lecture de nombreuses variables, d'une analyse en composantes principales et d'une classification. Une mise en place cartographique de résidus de régression multiple qui, par exemple, illustre la seconde approche, n'est plus, avec un G.I.S., qu'une opération de routine.

Cette brève évocation méthodologique est l'occasion à la fois de souligner la place originale du chercheur thématique, fort différente de celle du gestionnaire et de celle de l'ingénieur informaticien, et de montrer quelle peut être sa contribution à la construction d'un G.I.S. Par la définition précise de ses besoins en cartographie analytique, le chercheur n'est pas seulement un consommateur passif de données, mais il peut et doit en orienter la qualité. Cette orientation peut être à l'origine d'importantes économies de stockage, en même temps que d'indications sur la façon de concevoir des systèmes experts d'exploitation rationnelle des G.I.S.

Car les G.I.S. sont des outils très coûteux, non seulement à construire mais aussi à entretenir, à mettre à jour et à exploiter. En outre, on considère qu'au bout de cinq ans un hardware de G.I.S. devient obsolète. Il est donc souhaitable que, pour être valorisés au maximum, ils soient bien ciblés et pas trop encombrés de fichiers inutiles. Une évaluation critique des G.I.S. par les chercheurs constituerait donc un «service rétroactif» non négligeable.

Dans un gros article de synthèse, J.K. BERRY (6) vient de passer en revue les aspects de la cartographie analytique pour lesquels les G.I.S. apportent aux chercheurs un outil adéquat. Il reprend notre concept fondamental de «l'algèbre des cartes» que nous avons formulé il y a déjà plus de dix ans (7). En résumé, les opérations carto-géographiques pour lesquelles les G.I.S. semblent particulièrement intéressants sont les suivantes:

- a) . effectuer des tris simples ou croisés;
- b) . rediscrétiser les classes de valeurs d'une variable;
- c) . combiner plusieurs variables ou critères;
- d) . extraire des informations morphologiques;
- e) . tester des modèles spatiaux et simuler de nouvelles répartitions.

C'est en pensant à plusieurs de ces opérations d'algèbre de cartes que la structuration des observations selon un carroyage systématique a pris de l'intérêt. En effet, la carte carroyée (et donc rasterisée en gros pixels) devient assimilable à un tableau de données où l'effet de taille des unités aréales d'observation est neutralisée; une large commune de montagne, presque vide d'habitants, ne vient plus, alors, écraser de sa surface celle d'une ville aux activités multiples, entassées sur un espace réduit. De telles «cartes tabulées», entre lesquelles peuvent exister des relations linéaires, deviennent ainsi assimilables à des matrices. Le calcul matriciel permet de les soumettre à quantité d'analyses multivariées et donc de les «combiner». De nombreux atlas ont déjà adopté la structuration carroyée, qu'il s'agisse d'observations qualitatives (ex. *Atlas of Jerusalem* (8) ou quantitatives (ex. *People in Britain* (9)). En France, le laboratoire que dirige Y. GUERMOND (10) a déjà publié plusieurs essais dans cette direction. Le L.C.T. (11) de Strasbourg a préparé, à la demande du G.I.P. RECLUS (12), un manuel de cartographie assistée par ordinateur sur carroyage, *GEOCAR* (13).

Mais c'est ici que doivent être levées quelques ambiguïtés. Il ne faut confondre en effet, ni les G.I.S. avec la cartographie assistée par ordinateur (que nous appelons ici CGAO et qui est parfois désignée sous le terme de géomatique), ni les grilles orthogonales avec les carroyages topo-géodésiques. Le carroyage Lambert comme la Universal Transverse Mercator Grid (UTMG), répondent à des contraintes bien définies qui ne sont pas celles des lignes et des colonnes des images de télédétection, ni des pas d'impression des imprimantes matricielles d'ordinateurs (14). Quant à la CGAO, elle n'est, le plus souvent, qu'un moyen de report automatique de doubles données thématiques et géographiques préalablement préparées; les G.I.S. assurent non seulement visualisation et reports mais aussi les traitements préalables, les transformations, les interrogations. Ils demandent pour cela de grandes capacités de stockage.

Les G.I.S. sont indispensables dès qu'on se propose de travailler sur de grandes surfaces très documentées; par exemple une région française discrétisée en pixels de 100x100 mètres. Mais, dans le cas de recherches portant sur une surface peu étendue, la CGAO est généralement suffisante. On peut alors se permettre de négliger les problèmes de projection, de raccordements de coupures topographiques pour la planimétrie et pour les modèles de terrain, ainsi que ceux de stockage de millions de données à structurer rationnellement.

Bien que devenue financièrement et techniquement fort accessible, bien que nécessaire aux géographes dont l'objet d'étude de-

vrait, avant tout, être l'explication des répartitions, la CGAO souffre encore, en France, de graves lacunes. Ce sont de telles lacunes, beaucoup plus que de promotion de G.I.S., dont il semble urgent de se préoccuper.

Quatre types de difficultés maintiennent encore la CGAO dans un état de retard relatif:

- une insuffisance de formation au bon usage des paramètres des packages graphiques (15);
- l'aspect fastidieux de la digitalisation (d'aucuns parlent de numérisation) des coordonnées X, Y;
- le coût élevé du temps d'ordinateur dans les centres de calcul du C.N.R.S. et des universités françaises alors que, dans la plupart des universités européennes voisines, les chercheurs peuvent travailler gratuitement;
- et, surtout, la rareté de l'enseignement de l'analyse spatiale et du traitement d'images digitales dans le cursus universitaire de la géographie.

Car, que servent les perfectionnements des tablettes graphiques pour les tracés vectoriels et les scanners pour les tracés rasterisés (16), que sert la sophistication des logiciels graphiques, que sert, même, l'accès à d'excellents micro-ordinateurs au temps de calcul gratuit si c'est pour continuer de faire plus vite et en plus grande quantité des cartes peu soignées et de conception ancienne? Le renouvellement de la cartographie passe par l'étude des surfaces cartographiques, qu'elles soient observées, théoriques, filtrées, géométriquement transformées.

- (1) TOMLINSON R.F., 1967, *An introduction to the geo-information system of the Canada Land Inventory*, Ottawa, Department of Forestry and Rural Development, ARDA, 23 p.
- (2) NORDBECK S. et RYSTEDT B., 1972, *Computer cartography. The mapping system NORMAP Location models*, Studentlitteratur Lund, Carl Bloms Boktryckeri AB.
- (3a) Seminar Geo-Informationssysteme in der öffentlichen Verwaltung, 29 Februar bis 4 März 1988, Universität Karlsruhe, Institut für Photogrammetrie und Ferner Kundung, Firmenemehmend an der Ausstellung teil: ComGraf, Friedrichsdorf/ESRI, Krazberg/Intergraph, Haar/Kern, Aarau/Kohms und Poppenhäger, Neunkirchen/M und S, Maarsen/Siemens, München/STI, Frankfurt/Zeiss, Oberkochen.
- (3b) COLLET C., 1986, *GIS Management and Analysis*. Cf. § 4.3, «...existing G.I.S. software developed by public institutions or companies...»
- in vector form: DIME (Dual Independent Map Encoding), CLDS (Canada Land Data System), POLYVRT (Harvard University), ARC/INFO (ESRI);
 - in raster form: IBIS (Image Based Information System), ERDAS-GIS (Erdas), IMGRID (Grid based Information Manipulation System).
- in: UNEP/UNITAR and EPFL Training Programme 1986, Department of Geography, University of Fribourg, Switzerland, 97 p.
- (4) ARVONNY M., 1988, «L'explosion des systèmes experts», *Le Monde*, Paris, mercredi 1er juin, page 20.
- (5a) Pour un bon panorama sur la question, cf.: BURROUGH P.A., 1986, «Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment», *Monographs on Soil and Resources Survey*, Clarendon Press, Oxford Science Publications, n°12, 193 p.
- (5b) KOEPEL H.W. et ARNOLD F., 1981, *Landschafts-Informationssystem*, Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie / Schiffenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 21, Bonn-Bad Godesberg, 187 p.
- (5c) BURROUGH P.A., 1986, D'après *Computervision*, 1984, in chapitre 9, «Choosing a Geographical Information System», page 167, op. cit.
- (6) BERRY J.K., 1987, «Fundamental operations in computer-assisted map analysis», *International Journal of Geographical Information Systems*, London, New York, Philadelphia, (revue publiée par Taylor and Francis), vol. 1, n°2, avril-juin, pp. 119-136.
- (7) CICERI M.F., MARCHAND B. et RIMBERT S., 1977, *Introduction à l'analyse de l'espace*, Paris, New York, Barcelone, Milan, Masson, 173 p. Cf. page 138: Une algèbre de cartes.
- (8) *Atlas of Jerusalem*, 1973, The Israel Academy of Sciences and Humanities, The Israel Exploration Society, The Hebrew University of Jerusalem, Department of Geography, Berlin, New York, Ed. Walter de Gruyter, 107 cartes.
- Exemple de carte «raster»: sheet 17, map 5.2, Land-use (by grid squares), 1967. Sheet 18, map 5.3, 5.4, 5.5, 5.6. (Floor space per employed person, 1967 / Size of land-use unit, by employed persons / Size of land-use unit, by floor space / Number of employed persons).
- (9) *People in Britain. A Census Atlas*, 1980, Census Research Unit, Department of Geography, University of Durham / Her Majesty's Stationary Office, London, 35 planches plus commentaires.
- «...After extensive trials and consultation with the Census users during 1968 and 1969, it was decided that the National Grid should be used as an alternative geographical base. Thus the 1971 Census became the first in which a National Grid co-ordinate reference was added to every address enumerated in Great-Britain», page 3.
- (10) GUERMOND Y. dirige l'Equipe 420017 du C.N.R.S. intitulée «Modélisation et traitement graphiques en Géographie», Institut de Géographie, B.P. 32, Université de Rouen, 76130 Mont-Saint-Aignan.
- (11) Laboratoire de Cartographie Thématique, 12, rue Gœthe, 67000 Strasbourg.
- (12) Groupement d'Intérêt Public - Réseau d'Etude des Changements dans les Localisations et les Unités Spatiales, Maison de la Géographie, 17, rue Abbé de l'Épée, 34000 Montpellier.
- (13) *GEOCAR. Manuel de Cartographie Assistée par Ordinateur*, préparé par COURTOT C. et HIRSCH J., 1986, G.I.P.-Reclus et Antenne de Strasbourg, novembre, 96 p.
- (14) Grille cartographique: système de référence cartésien utilisant des distances mesurées sur une projection donnée. Sur ce sujet cf.: MALING D.H., 1973, *Coordinate Systems and Map Projections*, London, George Philip and son Ltd., 255 p.
- (15) Pour un enseignement de base de la CGAO on pourra consulter le bon manuel de: MONMONIER M.S., 1982, *Computer-Assisted Cartography. Principles and Prospects*, Englewood Cliffs, N.J. 07632, Prentice-Hall Inc., 214 p. Pour une pratique des «packages», on pourra consulter les différents «User's manuals» publiés par: Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis, 520 Gund Hall, 48 Quincy Street, Cambridge Mass. 02138.
- et par: UNIRAS-CADRAS *User's manual*, European Software Contractors A/S Uniras, 1B Lundtoftevej, DK 28000 Lyngby.
- et par: CARTEL, Logiciel de Cartographie et de Traitement de données de Télédétection, Laboratoire de Cartographie Thématique de Strasbourg. Cf. *Recherches Géographiques à Strasbourg*, n°27, pp. 3-12.
- (16) Les tracés rasterisés peuvent être exécutés automatiquement, à la demande, par le SERTIT (Service Régional de Traitement d'Image; 7, rue de l'Université, 67000 Strasbourg) selon devis. A titre informatif, et pour 1988, la rasterisation d'une carte I.G.N. au 1/50 000, à la résolution de 100 microns, avec sortie de trois fichiers en sélection cyan-magenta-jaune et transcription sur CCT, revient à 2000 F.
- Le logiciel CARTEL, dans son chapitre «Cartographie de base», renferme des programmes permettant la digitalisation de tracés cartographiques vectoriels avec enregistrement en fichiers d'arcs, de polygones, de points, etc.