

# **Systemes d'Information Géographique**

## **État développement et perspectives**

Prof. Dr. Alessandro Carosio  
Institut Für Geodäsie und Photogrammetrie  
École Polytechnique Fédérale – Zurich

### **RÉSUMÉ**

La majorité des ingénieurs géomètres est aujourd'hui concernée par les systèmes d'information géographique (SIG). La technologie des SIG, en constante évolution, est amenée à se développer pendant plusieurs décennies encore. L'état actuel du développement, les perspectives qui s'esquissent ainsi que les interactions existant entre différentes composantes des SIG font l'objet du présent article.

### **INTRODUCTION**

Les systèmes d'information géographique (SIG) jouent un rôle chaque année plus important dans notre société basée sur l'information. La technologie des SIG est considérée, en Europe principalement, comme un secteur d'avenir dans lequel il faut investir à long terme. Il incombe à l'État d'établir des conditions permettant la réalisation et l'exploitation de tels systèmes. La Commission de l'Union européenne soutient les efforts de normalisation entrepris dans le domaine de l'information géographique, ceci pour éviter qu'il résulte une quantité innombrable de solutions incompatibles de la variété des besoins. Tous les Etats européens réalisent actuellement leurs propres SIG, à différents niveaux de généralisation, sur lesquels se basent toutes sortes de développements spécialisés.

La géo-informatique (on parle de plus en plus fréquemment de géomatique) est devenue une discipline indépendante, représentant un défi pour les sciences géodésiques de même qu'une réelle opportunité à saisir par tous les professionnels de la géodésie appliquée.

### **1. COMPOSANTES MATÉRIELLES ET IMMATÉRIELLES DES SIG**

Les systèmes d'information géographique se composent d'éléments techniques, instrumentaux, organisationnels et méthodologiques, complétés par les données spatiales et thématiques (ou sémantiques). Les progrès de la technologie des SIG ne dépendent ainsi pas exclusivement de la recherche informatique. Ils sont également influencés par l'état des sources d'information, par les nouveautés en matière de méthodes d'acquisition de données (topographie, mensuration), par les besoins des utilisateurs et les outils dont ils disposent de même que par les structures juridiques et organisationnelles existantes. Seule une vision globale de la problématique permet de comprendre pourquoi certains résultats de la recherche s'imposent si difficilement alors que d'autres ont très vite des effets positifs.

Le schéma suivant résume les principales composantes matérielles et immatérielles d'un SIG :

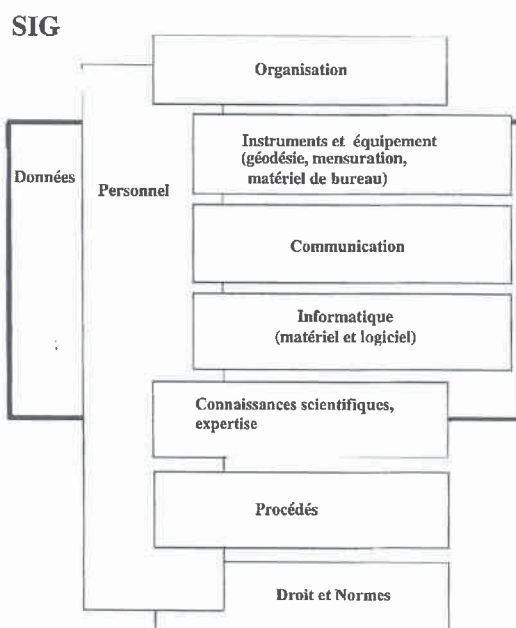


Fig. 1 – Composantes matérielles et immatérielles d'un système d'information géographique

La saisie et la structuration de l'information (spatiale et sémantique) constituent l'investissement le plus important lors de la mise en œuvre d'un SIG. La mise à jour des données représente par la suite une partie considérable des coûts d'exploitation. Une analyse complète et approfondie des problèmes d'acquisition, de gestion et de représentation des informations à référence spatiale est la base de tout projet de SIG/Bartelme 1995/.

Un système d'information géographique est un concept logique global dans lequel une entreprise ou une organisation s'engage, mettant son personnel administratif et technique à contribution pour exploiter ses outils, ses installations et ses moyens informatiques en utilisant des méthodes de travail et des connaissances spécifiques, ceci pour saisir, traiter, gérer, analyser et livrer des informations à référence spatiale.

Les bases juridiques et organisationnelles ont la même importance que la qualification et la compétence du personnel ou que les performances du logiciel et du matériel du SIG.

Des SIG à l'échelle d'un pays, tels que la Mensuration Officielle en Suisse ou ATKIS en Allemagne, sont souvent conçus comme des réseaux d'unités indépendantes utilisant des logiciels et du matériel différents. Il est par conséquent nécessaire de disposer de normes techniques ou de prescriptions légales qui définissent directement ou indirectement le contenu d'information et standardisent les protocoles de communication.

L'acquisition d'un système informatique (logiciel et matériel) n'est donc qu'une petite partie de la mise en œuvre d'un SIG. Les composantes informatiques ont cependant un poids considérable dans le développement technologique et méthodologique du domaine des SIG.

Les considérations suivantes sont centrées sur la partie informatique des systèmes d'information géographique. Le lecteur doit tenir compte du fait qu'il ne s'agit que d'un aspect particulier, à mettre en relation avec toutes les autres composantes influençant la structure des systèmes, y compris les méthodes géodésiques et l'informatisation de toute la chaîne de traitement.

## 2. ARCHITECTURE DES COMPOSANTES INFORMATIQUES DES SIG

Les systèmes d'information géographique se sont développés parallèlement au progrès de l'informatique, moteur et force d'intégration de cette technologie. Les bases de données, l'infographie, les processeurs toujours plus performants, la variété des périphériques et l'offre de logiciels SIG très complets sont à l'origine de la croissance importante que l'on observe depuis quelques années.

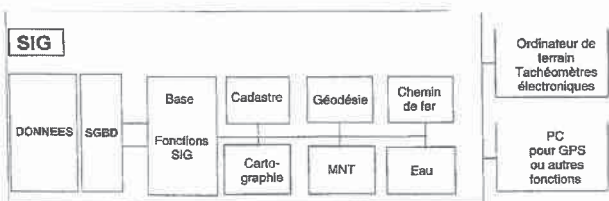


Fig. 2 – Composantes informatiques d'un système d'information géographique

## 3. HARDWARE ET SYSTÈME D'EXPLOITATION

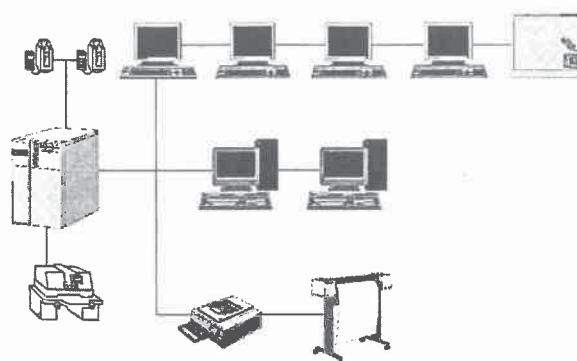


Fig. 3 – Matériel d'un SIG

### 3.1 Stations de travail et processeurs

Un système d'information géographique est habituellement équipé de plusieurs postes de travail depuis lesquels les opérateurs commandent le système et visualisent les informations.

La puissance de calcul nécessaire provient, en règle générale aujourd'hui, de stations de travail très performantes connectées en réseau. Les données, communes à tout le système, sont gérées sur un serveur disposant d'une grande capacité de mémoire sur disques magnétiques.

On trouve actuellement, et de plus en plus fréquemment, des systèmes avec des serveurs (à un ou plusieurs processeurs) dotés d'une très grande puissance de calcul reliés à des terminaux graphiques (X-Terminals) ou à des PC capables d'émuler le protocole X. Cette solution très moderne présente l'avantage de réduire fortement les tâches d'administration du système.

Les processeurs appartenant à la catégorie RISC dominent le marché des stations de travail et des serveurs pour les SIG. Les grands systèmes utilisent plusieurs processeurs en parallèle.

La performance des processeurs des PC s'étant également accrue de façon considérable, l'offre de solutions utilisant des PC comme station de travail croît constamment.

### 3.2 Systèmes d'exploitation

Le fait que les logiciels SIG soient en majorité implémentés sur des processeurs à architecture RISC implique qu'ils fonctionnent avec le système d'exploitation UNIX. Certaines solutions utilisent cependant des systèmes d'exploitation exclusifs (VMS de DEC, BS2000 de Siemens, etc.).

L'emploi de Windows ou de Windows 95 n'a pas été possible jusqu'à présent. Les performances des processeurs de PC, en constante progression, ainsi que l'extension de Windows NT à d'autres processeurs très performants (Alpha de DEC ou RS6000 d'IBM) montrent que Windows NT pourrait devenir le système d'exploitation des SIG du futur. Certains fabricants offrent déjà leurs logiciels SIG sur des plates-formes fonctionnant avec Windows NT (Intergraph par exemple).

### 3.3 Mémorisation des données

La gestion de l'information à référence spatiale exige la mémorisation à long terme de grandes quantités de données et un accès très rapide aux informations. Les

mémoires à disques magnétiques sont à présent la solution la plus performante pour des quantités de données de l'ordre de 20 à 50 gigaoctets. Des disques magnéto-optiques interchangeables permettent d'organiser l'archivage de volumes de données encore bien supérieurs (de l'ordre du téraoctet) ; l'accès est moins rapide que dans le cas de disques magnétiques mais ils peuvent être introduits soit manuellement dans le système lorsqu'ils sont requis soit automatiquement par une unité multi-risque (Juke Box).

Pour l'archivage ou les copies de sécurité, on utilise des cassettes Vidéo 8 ou DAT issues de l'électronique grand public et permettant la mémorisation de 2 à 5 gigaoctets par cassette. Des quantités supérieures nécessitent des cassettes spéciales à bande magnétique plus large d'une capacité de 20 à 40 gigaoctets par unité.

### 3.4 Saisie des données

On utilise une grande variété de solutions techniques pour acquérir les données à référence spatiale. Les instruments géodésiques modernes tels que les récepteurs GPS, les stations totales (tachéomètres électroniques) font déjà partie des composantes informatiques ; ils sont périodiquement connectés au SIG pour y transférer les données saisies sur le terrain.

Les techniques de la photogrammétrie se basent aujourd'hui sur des reconstituteurs analytiques ou numériques connectés directement ou indirectement à un SIG.

Les tables de digitalisation sont les outils classiques pour transformer des informations graphiques (plans, cartes topographiques etc.) en données numériques. Pour de grands travaux de numérisation (séries de plans), on préfère aujourd'hui une saisie au scanner suivie d'une digitalisation à l'écran des informations désirées. L'analyse et l'interprétation automatique d'une image raster ne sont que partiellement possible actuellement. Les techniques nécessaires à cet effet sont continuellement perfectionnées. Elles ne sont adaptées qu'aux grands projets.

### 3.5 Sortie des données

La sortie graphique des données reste la forme la plus importante de communication entre le système d'information géographique et l'utilisateur, même si la demande de données numériques pour des traitements ultérieurs a augmenté de façon exponentielle au cours des dernières années.

L'interaction à l'écran exige des images cartographiques de haute résolution calculées rapidement. Les terminaux utilisés actuellement ont des caractéristiques inchangées depuis longtemps (tube cathodique, résolution de 1280 x 1 024 pixels). Aucun bouleversement n'est attendu concernant l'usage normal dans un futur proche. Les prix des grands écrans (20") ont baissé et une fréquence des images plus élevée stabilise la luminosité et rend le travail moins astreignant.

La sortie papier reste très demandée. La couleur est devenue pratiquement indispensable. Le développement de la technique du jet d'encre a été très important. On peut maintenant produire des plans en grand format avec une bonne résolution (16 pixels/mm, c.-à-d. 400 pixels/pouce). Les appareils les moins chers peuvent imprimer les 4 couleurs de base dans toutes les combinaisons raisonnables,

soit 8 couleurs différentes. Les autres couleurs sont obtenues par un choix approprié de couleurs dans un groupe de pixels proches avec perte de résolution.

Cette nouvelle technique a remplacé, pour de nombreuses applications, les traceurs à plume, les imprimantes électrostatiques et celles à transfert thermique. Ces outils continuent à satisfaire des besoins spécifiques plus limités.

La technique du jet d'encre est aussi employée dans les imprimantes de très haute qualité (Iris, Storch). Elles utilisent une unité de contrôle du jet d'encre perfectionnée pour imprimer les 4 couleurs de base avec une intensité variable (jusqu'à 32 valeurs). Cela permet d'obtenir des pixels avec une énorme variété de couleurs. Le prix de ces imprimantes à grand format est très élevé (200 000 \$).

L'impression laser noir et blanc est très intéressante même aux grands formats (A0). L'impression en couleurs de très bonne qualité est aussi possible mais seulement jusqu'au format A3.

## 4. LOGICIEL D'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

Le logiciel d'un système d'information géographique se compose d'une variété de modules comprenant soit des fonctions de base soit des fonctions spéciales pour des applications particulières.

### 4.1 Fonctions de base

L'interface utilisateur gère la communication entre l'opérateur et le système d'information géographique. Dans le passé, on utilisait des menus en tableaux à l'écran ou sur une table de digitalisation, des touches de fonction ou le clavier. Se conformant aux tendances de l'informatique actuelle, les logiciels reprennent les solutions adoptées par des produits de grande diffusion (Word, Excel, etc.) dont les barres de menus permettent la commande via des sous-menus (pop-up menus), des boutons, des curseurs pour varier les paramètres, etc. L'ensemble est géré par les déplacements de la souris et par une pression sur ses touches. Cette forme d'interaction est devenue prépondérante et peut, le cas échéant, être complétée par des commandes introduites au clavier. L'utilisateur peut définir de nouvelles fonctions sous forme de chaînes de fonctions existantes (macros) et augmenter ainsi la performance du dialogue. Le rendement du travail dépend très largement de l'interface utilisateur.

**Introduire, modifier ou éliminer** des données géométriques ou thématiques, telles sont les opérations principales requises par la mise à jour d'un système d'information. Elles comprennent aussi les contrôles de consistance qui ne peuvent pas être exécutés par le système de gestion de la base de données. Un grand choix d'opérations géométriques permet de construire et de calculer la géométrie des objets.

**Les requêtes, les analyses et la visualisation** sont des opérations fondamentales pour l'exploitation des informations géographiques. Les résultats des requêtes sont souvent des listes d'informations écrites (tables d'objets avec leurs attributs), pour lesquelles des outils permettant la libre définition de ces tables sont néces-



saies. Le résultat d'une requête est plus fréquemment une combinaison d'informations géométriques et thématiques, que l'on peut mieux représenter graphiquement. Des outils permettant de définir la représentation graphique en fonction des besoins font également partie des fonctions de base d'un SIG. Une première définition des règles de représentation des éléments a lieu parallèlement à l'introduction de la structure des données dans la base de données. À ce niveau déjà, il peut être indiqué de préparer plusieurs formes de représentation pour les différentes échelles et applications. Plus tard aussi, au moment de l'exploitation du système, il faut pouvoir disposer de fonctions graphiques pour visualiser objet et attribut sur demande, en fonction de la forme de sortie prévue (papier, écran, diapositive etc.), de l'échelle, de l'application etc. Actuellement, on trouve encore plusieurs systèmes sur le marché reliant la représentation à la structure des données, la tendance allant cependant dans la direction opposée : séparation nette entre structure de données et représentation pour permettre l'utilisation des mêmes données dans toutes sortes d'applications différentes.

## 4.2 Système de gestion des données

La gestion des données dans un système d'information géographique, qui permet de définir la structure de l'information en fonction des besoins, se conforme au concept bien connu des bases de données. Les logiciels SIG ont été conçus selon les mêmes principes pour pouvoir être employés dans différents domaines d'application. Les informations nécessaires sont déterminées au cours de la phase de planification, la structure des données correspondantes peut alors être définie (modèle conceptuel), à la suite de quoi elle pourra être implémentée dans le système (modèle logique) pour permettre la gestion à long terme de ces données.

Les informations à référence spatiale possèdent toutefois certaines caractéristiques qui rendent la réalisation de cette idée difficile. Il faut en particulier surmonter les obstacles suivants :

- Chaque requête exige la recherche d'un grand nombre d'éléments géométriques
- Les critères de recherche sont spatiaux (espaces à deux ou trois dimensions)
- Les conditions de consistance sont complexes.

Dans la plupart des cas, ces problèmes sont résolus par la combinaison d'un espace mémoire local, géré directement par le logiciel SIG, et d'une base de données. La mémoire locale sert principalement à mémoriser et à retrouver l'information géométrique avec une rapidité suffisante pour permettre le travail à l'écran. La base de données sert surtout à la gestion à long terme de l'information ainsi qu'aux requêtes et aux analyses thématiques (propriétaire, diamètre d'une conduite, numéro d'une parcelle, utilisation du sol etc.). La plupart des systèmes utilisés aujourd'hui se base sur cette architecture de logiciel et utilise un système de gestion de base de données relationnelle.

Les diverses composantes, la gestion des données et les procédures de travail peuvent être très différentes d'un logiciel SIG à un autre.

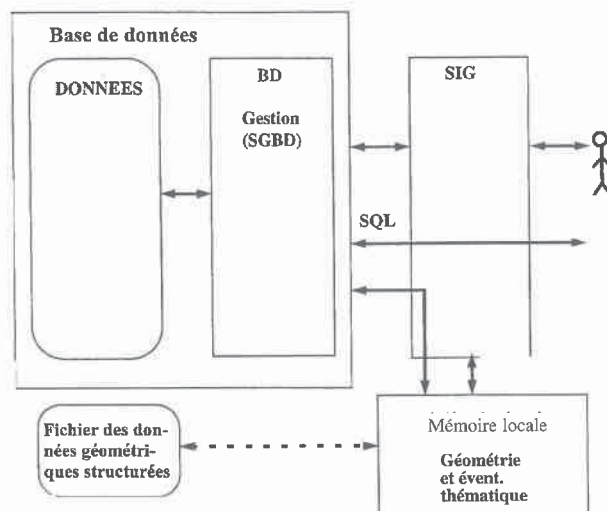


Fig. 4 - Logiciel et gestion des données dans un système d'information géographique

Certains systèmes utilisent également la mémoire locale pour la gestion à long terme des données géométriques. Le contenu est copié dans un simple fichier au lieu d'être structuré et introduit dans la base de données relationnelle. Il en résulte par conséquent une gestion séparée des données thématiques (sémantique) et géométriques.

D'autres systèmes procèdent à une copie, dans la mémoire locale, des données du territoire à traiter avant le début de tout travail. Cela permet d'accéder aux informations très rapidement pendant le traitement. À la fin du travail le nouvel état des informations est introduit dans la base de données. Les données géométriques peuvent être structurées et gérées dans les tables (entités, attributs) de la base de données ou y être mémorisées en plusieurs blocs sans restructuration préalable.

Seuls quelques systèmes gèrent toutes les données dans la base de données relationnelle dès le traitement. Il faut, pour ce faire, disposer d'un système de gestion de base de données permettant un accès très rapide aux données selon des critères multidimensionnels (accès spatial). Il s'agit là de bases de données à noyau modifié.

Les SIG actuels permettent à l'utilisateur de définir librement les données à gérer (entités, attributs, relations). Ils ne lui permettent toutefois pas de définir des opérations spécifiques pour les données. Celles-ci sont programmées dans les modules de base du logiciel SIG. Les données thématiques (sémantiques) qui ne sont habituellement que mémorisées ou recherchées, peuvent être structurées en fonction des besoins de départ et complétées ultérieurement le cas échéant. Les données géométriques, au contraire, qui nécessitent des opérations spécifiques (par ex. intersections, constructions, surfaces etc.) ont actuellement une structure de données rigide, fixée par le fabricant du système (logiciel) et ne pouvant pas être adaptée à des besoins particuliers. Seuls les systèmes de gestion de bases de données orientées objet (SGBDOO) permettent la définition d'objets totalement nouveaux (y compris les opérations). Cette solution entraîne un énorme surcroît de travail au moment de la structuration des données. Il est donc peu probable que toutes les possibilités des bases de données orientées objet soient utilisées dans les SIG.

La recherche actuelle en bases de données se concentre sur les thèmes suivants :

- Les systèmes de gestion à noyau modifié
- Les modèles à attributs à leur tour structurés (modèles NF<sup>2</sup>)
- Les bases de données orientées objet
- Les bases de données extensibles

Ces nouveaux concepts de bases de données n'ont actuellement qu'une modeste influence concrète. Ils pourraient toutefois servir à gérer les données spatiales des SIG du futur.

**Les bases de données relationnelles** ont été continuellement développées, en tant qu'outils universels. Leurs performances ont considérablement augmenté et les types de données ont été étendus (aux données spatiales p. ex.). En outre, elles satisfont toujours mieux aux exigences de rapidité requises par les systèmes d'information géographique, si bien que la combinaison avec une mémoire locale, utilisée jusqu'à présent, pourrait devenir superflue.

**Les bases de données orientées objet** renoncent à l'idée d'atomes d'information des modèles relationnels pour traiter des objets de tout niveau de complexité. Les objets ne sont pas seulement définis par leur structure de données (relations comprises), mais aussi par toutes les opérations possibles qu'ils permettent, celles-ci pouvant être librement programmées. On obtient ainsi une liberté illimitée dans la définition des types de données géographiques ainsi que dans celle de leurs conditions de consistance. L'inconvénient principal des modèles orientés objet réside dans le volume de travail nécessité par la définition des objets. Le gain de flexibilité entraîne des coûts exorbitants, tant pour le projet que pour l'implémentation.

Les bases de données à **attributs structurés** (modèles NF<sup>2</sup>) constituent une troisième possibilité. Cette forme de base de données utilise un modèle relationnel dans lequel les attributs ne sont pas des informations élémentaires (atomes d'information) mais peuvent avoir un contenu de complexité quelconque. Des hiérarchies de données peuvent ainsi être mises en place, permettant des recherches en bloc. La gestion de grandes quantités de données raster ou d'objets tridimensionnels en sont des exemples.

La quatrième proposition présentée ici est constituée par les bases de données extensibles/Schek, Wolf 1992/. L'idée consiste à étendre les fonctionnalités d'une base de données relationnelle à l'aide d'opérations, celles-ci pouvant être très complexes, en introduisant dans le système de gestion de la base de données les interfaces et les ordres servant à activer ces opérations, les opérations elles-mêmes étant des programmes indépendants externes à la base de données. De telles opérations peuvent par exemple être la compression ou la décompression d'images, le calcul de volumes ou de surfaces, les interpolations, etc.

Les nouvelles formes de bases de données telles que les bases de données relationnelles objet combinent la structure logique des modèles relationnels avec la flexibilité des modèles orientés objet. Ces solutions prévoyant la libre définition de nouveaux types de données abstraits avec leurs opérations sont en voie d'élabora-

tion dans le cadre des standards SQL3/Mitschang, Jaedicke 1996/.

## 4.3 Forme et structure des données

**L'information thématique** (sémantique) se laisse facilement représenter sous forme de tables relationnelles pouvant être considérées comme des objets thématiques simples. Des groupes d'objets simples peuvent définir des objets complexes qui, à leur tour, possèdent des attributs et sont en relation avec d'autres objets. Suivant le logiciel SIG utilisé, les objets complexes peuvent être définis soit hiérarchiquement, soit en réseau.

**Les informations géométriques** sont en revanche séparées en composantes métriques et topologiques pouvant également être gérées sous forme de tables relationnelles.

Les systèmes d'information géographique contiennent de plus en plus fréquemment aussi **d'autres catégories de données**, en particulier :

- Des images géoréférencées (p. ex. orthophotos) en format raster
- Des données cartographiques en format raster (cartes pixels)
- Des modèles numériques du terrain, MNT (à mailles régulières ou irrégulières)
- Des informations multimédia.



Fig. 5 – Combinaison d'informations planimétriques, d'un MNT et d'objets tridimensionnels

Ces données non standards sont actuellement gérées par des programmes spécialisés qui les mémorisent dans des fichiers ordinaires. La recherche dans le domaine des bases de données s'occupe intensivement de cette question et il sera intéressant de voir si les modèles relationnels améliorés ou les nouveaux concepts de bases de données seront utilisés à cette fin.

L'extension des données géométriques à la troisième dimension est toujours plus demandée/Carosio, Zanini 1996/. La tendance est à une combinaison de différentes structures :

- Les modèles actuels de SIG (avec des éléments topologiques et métriques) pour la planimétrie
- Les mailles des modèles numériques du terrain pour la composante altimétrique et soit les modèles utilisés en CAO soit des volumes simples pour les objets véritablement tridimensionnels (bâtiments, installations, arbres etc.)/Carosio 1995/.

Le domaine multimédia est une source de développement complémentaire. Les données géométriques et thé-

matiques peuvent être complétées soit par des séquences vidéo ou sonores (mots, musique, bruits), soit par des images photographiques ou de synthèse devant toujours être géoréférencées. Les structures de données utilisées se basent sur les standards actuels de ces types de données (TIFF, GIF, PostScript etc.). Les animations (avec variation géométrique ou thématique) ainsi que les simulations d'événements gagnent également en importance.

## 5. COMMUNICATION

Les systèmes d'information ne sont efficaces que s'ils sont facilement accessibles par un grand nombre d'utilisateurs. Le problème de la communication est donc d'une importance fondamentale. Des données géographiques structurées et complètes ne pouvaient jusqu'à présent être échangées facilement qu'entre systèmes disposant du même logiciel et de la même structure de données. Il fallait, dans le cas contraire, recourir à une procédure très lourde, l'écriture de programmes de conversion, nécessaire par exemple au moment d'un changement de système informatique.

Pour faciliter les transferts on peut imaginer définir des **formats d'échange** par des normes techniques. Cela n'est possible que si le contenu des données à transférer est connu d'avance. Une telle solution est donc indiquée pour les activités d'organisations très centralisées et pour des domaines d'application précis (p. ex. DIGEST de l'OTAN).

Si le contenu en informations est variable et si des structures de données différentes peuvent être supportées, on préfère aujourd'hui un **transfert de données basé sur le modèle**. Cette forme d'échange repose sur deux composantes fondamentales : d'une part, sur un langage de description des données, employé pour décrire la structure des informations à transférer, et d'autre part sur les règles pour dériver le format d'échange de la descriptions des données.

Un fichier de transfert contient la description des données suivie des données à échanger dans le format dérivé de la description.

En suivant ce principe, le CEN (Comité européen de normalisation) s'emploie à réglementer les échanges de données entre SIG. Le TC 287 (Technical Committee 287) a choisi le langage de description de données EXPRESS et travaille intensivement à la norme de transfert.

L'ISO au niveau mondial suit la même direction et a créé le TC 211 qui travaille dans le même domaine.

Pour la Mensuration officielle suisse (cadastre) un langage de description de données (INTERLIS) a été défini il y a plusieurs années et les règles pour dériver les formats ont été formulées indirectement en réalisant un compilateur/Gnägi 1995/.

## 6. CRITÈRES DE QUALITÉ ET GESTION DE LA QUALITÉ

Les données sont la partie fondamentale d'un système d'information pour laquelle d'importants investissements ont été consentis. Leur qualité doit satisfaire aux exigences imposées par les applications prévues et détermine en fait l'utilité même du système. Il est difficile

de définir la notion de qualité et de formuler des exigences de qualité pour l'information géographique en raison de la complexité et de l'extension de ce domaine/Giordano, Veregin 1994/.

Les normes internationales (ISO 9000-9004) fournissent des solutions complètes pour la gestion de la qualité. Elles permettent de garantir la qualité de processus de production, de prestations d'ingénieur etc. La méthode utilisée dans ces normes prévoit l'exécution de contrôles pour chaque activité du processus de production ou de prestation, leur documentation par des protocoles de contrôle et l'adaptation du catalogue des risques par des responsables indépendants. Cela signifie en fait que le producteur de l'objet ou le prestataire du service fait l'objet du contrôle et non pas le produit ou le service. Cette forme de gestion de la qualité a beaucoup d'importance aujourd'hui, y compris pour le domaine géographique. En Suisse, plusieurs bureaux d'ingénieurs ayant une activité dans le domaine des SIG, ont déjà obtenu la certification ISO 9001.

Il est bien plus difficile de formuler des critères objectifs avec lesquels on puisse décrire directement la qualité des données d'un SIG. Les caractéristiques suivantes sont de possibles critères :

### • La provenance des données

Les sources primaires et secondaires

Les procédés de saisie des données (méthodes, instruments)

La fiabilité des procédés d'acquisition

L'organisme responsable

### • Les caractéristiques des données

L'exactitude (contrôles, échantillons, précision des données métriques)

La consistance (état et méthodes de contrôle)

La validité (en projet, à jour, en vigueur, valeur historique, etc.)

La complétude

La généralisation (échelle)

L'extension du territoire représenté

### • L'entretien des données

L'actualité

Le procédé de mise à jour

### • L'accessibilité

La description des caractéristiques des données (méta données)

La description de la structure des données (entités, attributs avec leurs désignations)

Les méthodes d'accès au système d'information

Les mesures de protection des données

Les droits de licence et les prix

Les informations sur les données (méta données) prennent toujours plus d'importance. La description de la qualité en fait partie. Une conclusion positive des efforts de normalisation dans ce domaine serait très souhaitable.



## 7. ANALYSE DES DONNÉES ET APPLICATIONS

Les gros investissements nécessaires à la mise en œuvre des systèmes d'information géographique ne peuvent se justifier que si les données mises à disposition et les services offerts correspondent à la demande du marché. Il est d'autre part difficile de procéder à une classification systématique de tous les traitements d'analyse et de toutes les applications possibles. La technologie des SIG se développe dans les domaines et disciplines les plus divers et chaque secteur a sa méthodologie et ses exigences propres. On renoncera donc à énumérer et définir des catégories dans le cadre du présent article.

Il est important de reconnaître que les besoins et les problèmes des utilisateurs sont à l'origine du développement de la technologie des SIG.

## 8. CONSÉQUENCES ET ATTENTES

L'informatique moderne met des instruments performants à la disposition des professionnels du domaine géodésique et à tous ceux qui s'occupent d'informations à référence spatiale, ceux-ci les mettent à profit pour satisfaire les besoins en information géographique de toute la société.

Les systèmes d'information géographiques sont cependant bien plus qu'un système informatique sophistiqué. Ils sont bien sûr une combinaison d'ingénierie du logiciel, de technologie de bases de données, de paradigmes d'interaction, de matériel informatique performant etc. Mais ils dépendent simultanément du prix des composantes, du niveau de formation des spécialistes, du droit qui régit la diffusion de l'information spatiale, des méthodes géodésiques et de saisie de données en général, de l'organisation de la cartographie officielle et du cadastre ainsi que de beaucoup d'autres éléments.

Les succès attendus ne pourront se concrétiser que si les progrès nécessaires sont parallèlement accomplis dans tous les secteurs précédemment énumérés et si la technologie des SIG considérée comme système complexe peut globalement en profiter. Si ces conditions sont satisfaites, les systèmes d'information à référence spa-

tiale seront l'opportunité à saisir par l'ensemble des professions intéressées par la géomatique.

### Bibliographie :

- /Bartelme 1995/: Geoinformatik Modell, Strukturen, Funktionen. Springer-Verlag.
- /Bill, Fritsch 1992/: Grundlagen der GeoInformationssysteme, Hardware, Software und Daten. Wichmann-Verlag.
- /Carosio 1994/: Architektur von Geo-Informationssystemen. Bericht 237, IGP, ETH Zürich.
- /Carosio 1995/: Three-Dimensional Synthetic Landscapes : Data Acquisition, Modelling and Visualisation. Photogrammetric Week'95, Fritsch/Hobbie (Eds.), Wichmann 1995.
- /Carosio, Zanini 1996/: Landscape Modelling and Visualisation. International Journal for Geomatics 5-96.
- /Carosio 1996/: Geo-Informationssysteme. Stand der Entwicklung und Perspektiven. Ingenieurvermessung 96, Band 2, Dümmler Bonn 1996.
- /Giordano, Veregin 1994/: Il controllo di Qualità nei sistemi informativi territoriali. Il Cardo-Verlag. Venezia.
- /Göpfert 1991/: Raumbezogene Informationssysteme. Wichmann-Verlag.
- /Gnägi 1995/: Datenmodelle und Datenaustausch, Grundlagen. Proceeding der COMETT Tagung Kommunikation und Geo-Informationssysteme, Basel.
- /Mitschang/Jaedicke 1996/: Grundlagen relationaler und objektorientierter Datenbanktechnologie. Ingenieurvermessung 96, Band 2, Dümmler Bonn 1996.
- /Schek, Wolf 1992/: Weiterführende Datenbankkonzepte für räumliche Informationssysteme. ETH Zürich.

Adresse de l'auteur :

Prof. Dr Alessandro Carosio

ETH Hönggerberg

Institut für Geodäsie und Photogrammetrie

CH-8093 Zürich

e-mail : alessandro Carosio@geod.ethz.ch



- PRISES DE VUES  
AÉRIENNES VERTICALES
- NUMÉRISATION DE PHOTOGRAPHIES  
AÉRIENNES SUR FILM
- AÉROTRIANGULATION NUMÉRIQUE
- ORTHOPHOTOPLANS

Centre d'Exploitation : Aéroport de Nancy-Essey • F - 54510 TOMBLAINE

Tél. (33) 03 83 18 00 03 • Fax (33) 03 83 18 00 53