

Synthèse sur les SIG  
et  
Perspectives d'utilisation  
en Hydrologie

par Françoise GANDON  
Allocataire de Recherche

Janvier 1991

## Plan

### **Introduction**

### **Chapitre 1 Généralités - Définitions et Fonctionnalités d'un SIG**

- A) Définition
- B) Différences - Comparaisons avec d'autres systèmes
- C) Représentation des données - Acquisition et Gestion
- D) Fonctionnalités d'un SIG
- E) Avantages/inconvénients d'un SIG

### **Chapitre 2 Documentation sur les SIG**

### **Chapitre 3 Applications**

### **Chapitre 4 Compte-rendu discussion du 5 décembre 1990 sur les perspectives d'utilisation des SIG en hydrologie à l'ORSTOM**

### **Bibliographie**

## **Introduction**

L'objet de cette étude est de réaliser une synthèse bibliographique sur les SIG pour comprendre, aussi bien, la philosophie de ces systèmes, que leurs compétences techniques, informatiques et thématiques.

Cette synthèse a fait l'objet d'une présentation orale le 5 décembre 1990 au Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM qui a ouvert une discussion sur les perspectives d'utilisation de SIG en hydrologie.

Regroupant la synthèse bibliographique et la discussion du 5 décembre 1990, ce document pourra servir de support aux hydrologues désirant développer leur recherche à l'aide d'un SIG.

Par ailleurs, je tiens à remercier E. DIDON, du LCT CEMAGREF/ENGREF. En effet, son document "SIG : concepts, fonctions, applications" m'a été très utile pour ce travail, autant pour son aspect technique que pour son aspect pédagogique.

# **Chapitre 1**

**Généralités :**

**Définitions et Fonctionnalités  
des SIG**

## Chapitre 1 Généralités - Définitions et Fonctionnalités des SIG

### A) DEFINITIONS

Un SIG est un système informatique qui permet de gérer et de traiter l'information localisée.

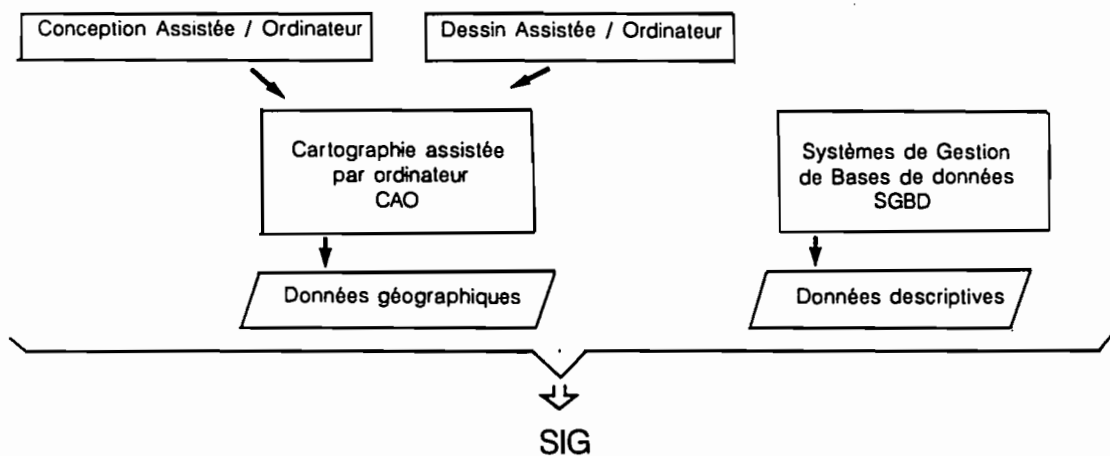
Le terme d'information localisée ou information spatiale désigne toute information relative à un point ou un ensemble de points spatialement référencés à la surface de la terre.

ex : distribution des ressources naturelles (sols, végétation, eau, ...) ;  
localisation d'infrastructures (routes, réseaux, habitations, ...) ;  
limites politiques ;  
données statistiques relatives à la population (emploi, délinquance, ...).

Les cartes topographiques et thématiques sont encore aujourd'hui les plus utilisées pour la représentation des données spatiales. Cependant, les besoins actuels s'orientent plus vers un outil, non seulement descriptif, mais surtout d'aide à la gestion, à la planification et d'aide à la décision (cartes d'aptitude ou de risques).

L'information spatiale doit pouvoir être représentée sous forme de "cartes à jeter", c'est-à-dire de documents utilisables immédiatement comportant des informations justes, parfaitement à jour et répondant à un objectif précis.

Un SIG intègre deux secteurs de pointe de l'informatique : d'une part la cartographie assistée par ordinateur qui s'attache à la représentation des données géographiques et d'autre part aux systèmes de gestion des bases de données.



Tout SIG s'articule donc autour d'un SGBD, interne ou interfacé, afin de réaliser toutes les opérations de saisie, de stockage, de consultation, d'analyse et d'affichage des données spatiales. (voir figure 1).

L'intérêt d'un SIG réside dans le fait qu'il permet une approche pluridisciplinaire de l'étude des systèmes complexes en intégrant des données d'origines et de natures diverses.

La définition proposée par M. THOMSON (University Maryland - USA) ouvre un champ d'application plus vaste, se rapprochant du domaine de la recherche. Un SIG est avant tout un outil d'analyse spatiale qui, au delà des possibilités de requêtes, doit permettre des modélisations, des mesures et la prise en compte d'une temporalité de faits géographiques. Il doit même favoriser la mise en place de modèles mathématiques de couplage de l'espace et du temps.

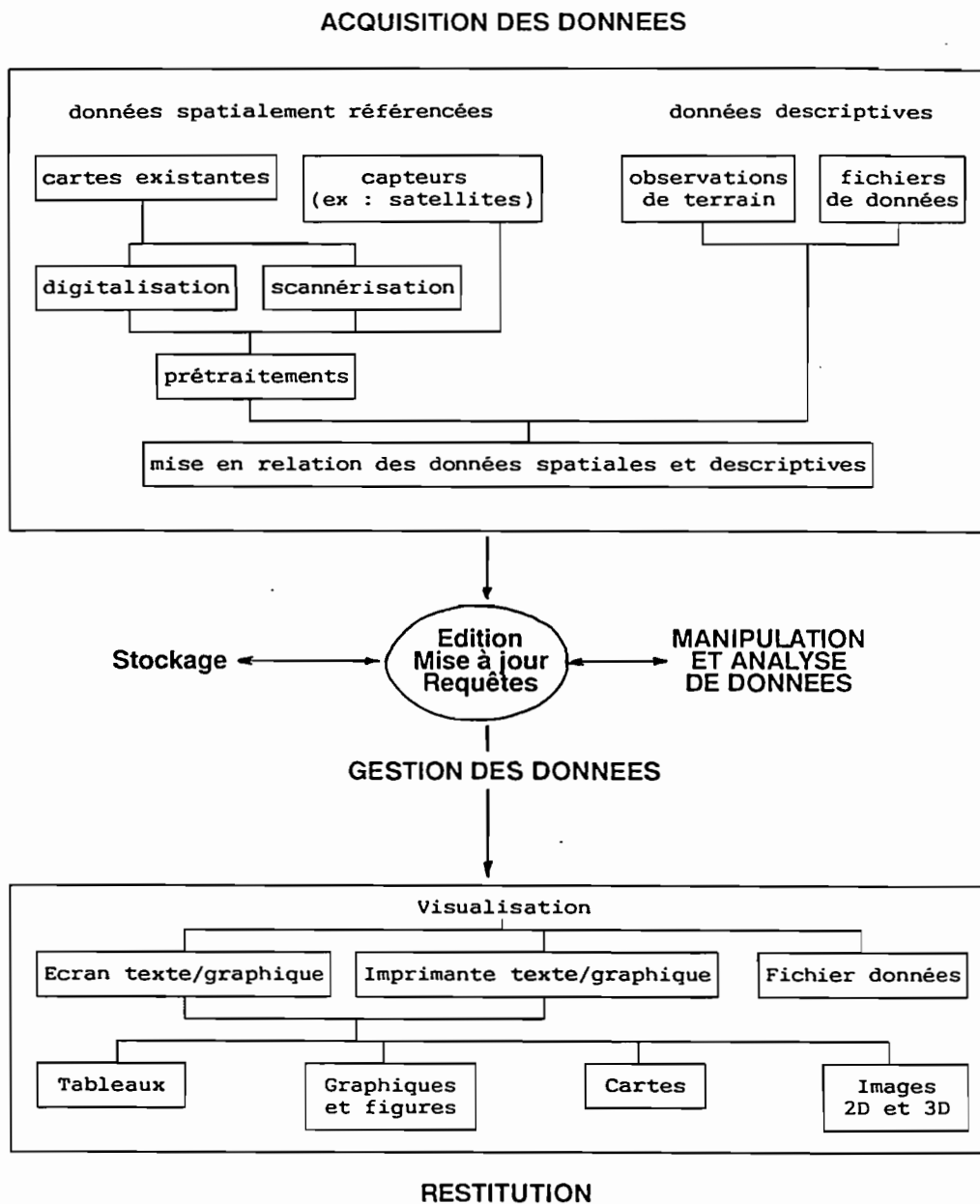


Fig. 1 : Les fonctions d'un SIG  
 extrait de : système d'information géographique / E. DiDion - oct 90

## B) DIFFERENCES - COMPARAISONS AVEC D'AUTRES SYSTEMES

Dans le but de mieux définir les différences entre SIG et les autres systèmes de type CAO/DAO et SGBD sur les champs d'application et de compétence, voici quelques éléments de comparaison d'après la synthèse d'Henri PORNON.

Il existe quatre types de logiciels selon quatre niveaux de besoins différents :

Logiciel	Rôle	Compétence
(1) } DAO	Acquisition de données	Dessins, plans, cartes
CAO	Conception de projets	Calculs, aspect technique des projets
(2) } SGBDL	Gestion de base de données localisées	Stockage, mise à jour, interrogation
SIG	Analyse spatiale	Exploitation de base de données

- (1) CAO/DAO :
- . mettent l'accent sur la représentation graphique des objets ;
  - . les fonctionnalités de dessin sont prépondérantes (symboles déformables, motifs complexes, hachures, ...)
  - . sont adaptés à la cartographie ;
  - . les changements de représentation nécessitent un traitement préalable car les symboles graphiques sont attachés aux points ;
  - . le tracé d'un carroyage non parallèle au cadre nécessite de générer des symboles incorporés au dessin ;
  - . un objet est stocké avec tous les attributs de représentation ;
  - . ne gèrent ni la topologie, ni la modalité, c'est-à-dire aucun codage des relations spatiales, d'où duplication des points et des contours (\*).

- (2) SGBDL/SIG :
- . se préoccupent plutôt de la modélisation géométrique des objets ;
  - . accordent moins d'importance aux fonctionnalités de dessin, plus d'importance aux fonctionnalités de gestion : consultation, recherche, mise à jour des données ;
  - . interface fusionnelle entre un SGBD et un logiciel graphique ;
  - . langage de macrocommandes pour créer des applications et personnaliser l'environnement de travail ;
  - . contrôle des utilisateurs (confidentialité).

(\*). Les termes topologie et modalité sont définis dans le chapitre C).

**Différences entre SIG et SGBDL :**

- . elles concernent les fonctionnalités d'analyses spatiales ;
- . le SGBDL s'arrête en général à une exploitation des données sous forme d'interrogations ou de requêtes ;
- . le SIG dispose en plus, de fonction de recherche d'inclusion de polygone, de proximité d'objet, de connectivité de graphes, d'opérations booléennes sur les cartes, ... ;
- . pour cela, le SIG présente une organisation topologique des données.

Ces caractéristiques sont des indicateurs pour définir les systèmes, mais le marché offre parfois des solutions très diverses souvent orientées vers un domaine précis d'application, alors qu'un SIG au sens large doit être un outil de travail aux fonctionnalités multiples et très ouvert.



## C) REPRESENTATION DES DONNEES - ACQUISITION ET GESTION

Dans un SIG, le mode de représentation des données est particulier, aussi les explications suivantes aideront à mieux comprendre la philosophie et le fonctionnement d'un tel système.

Autour de ce mode de représentation des données, les fonctions d'acquisition et de gestion présentent elles-mêmes leurs particularités.

### 1. Mode de représentation des données géographiques

Tous les objets spatiaux sont décrits par trois classes de propriétés :

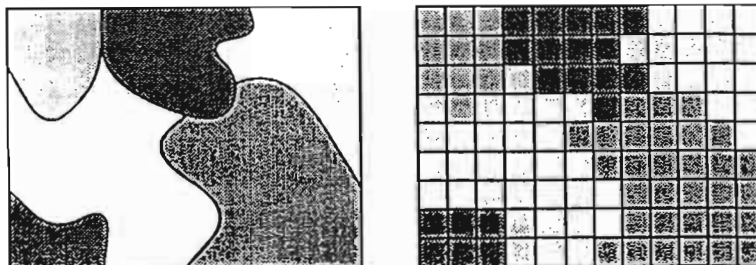
- la position à la surface de la Terre (coordonnées géographiques ou cartésiennes) ;
- les relations spatiales qu'ils entretiennent avec d'autres objets ;
- leurs attributs (caractères descriptifs non graphiques).

Quelque soit la structure des données adoptées par le SIG, elle contient ces trois propriétés.

Le codage des données graphiques et descriptives est séparé afin de faciliter les modifications : changement d'un attribut d'un objet n'affectant pas sa position ou modification des frontières sans effet sur les attributs.

Il existe deux modes de représentation des données :

- le mode raster : division régulière de l'espace sous forme de cellules rectangulaires ou carrées. Il est lié à la notion d'image ;
- le mode vecteur : représentation des objets dans un espace continu. Les objets et leurs limites sont localisés précisément dans un référentiel géographique et cartésien. Il est lié à la notion de carte.



Modes de représentation vecteur (à gauche) et raster (à droite)  
(d'après P. Langlois - Croswell, 1990)  
(Extrait de "SIG" de D'idon)

#### a) Mode raster

La position d'un objet est repérée par le carroyage de l'espace représenté.

Les relations spatiales sont implicites : la connectivité est une propriété inhérente à ce mode de représentation.

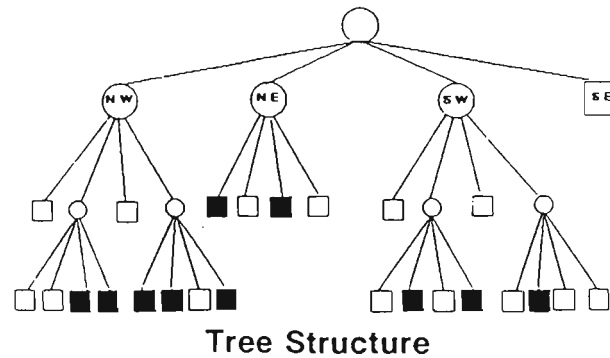
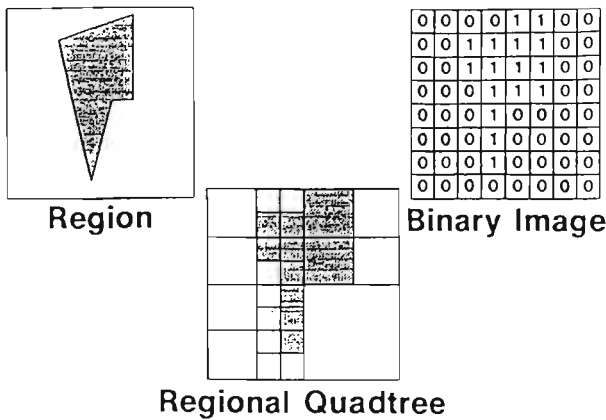
Les attributs descriptifs sont des valeurs numériques ou des codes représentatifs, reliés à chaque cellule.

- Le mode raster est très simple (tableaux de données) ;  
accepte aisément des données d'images satellites ou de MNT ;  
réalise facilement les croisements de cartes, les traitements numériques, traitement d'images.
- Le mode raster manque, parfois, de précision ;  
ne peut réaliser des opérations topologiques (recherche du plus court chemin, ...) ;  
exige de larges volumes pour le stockage des données.

Il existe donc des méthodes de compactage paliant à cet inconvénient.

ex : Mode Quadtree (structure d'ordre quaternaire) :

La région est découpée en carrés ; chaque carré est divisé à son tour jusqu'à ce que tous les pixels du carré aient la même valeur.



Le mode quadtree est efficace pour stocker et gérer les données ;  
facilite les croisements des cartes ;  
réalise difficilement des opérations de voisinage.

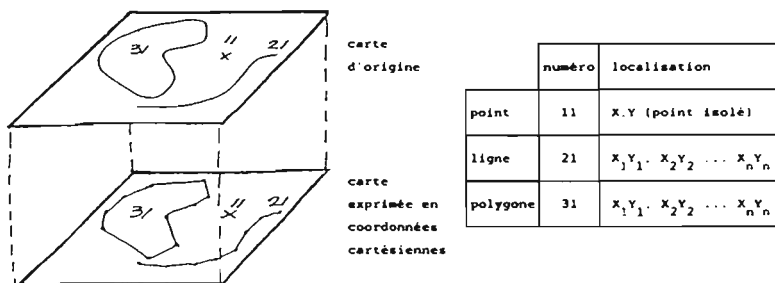
Référence : le logiciel SPANS gère ses données en mode quadtree.

b) Mode vecteur

Ce mode traduit un soucis de représenter un objet de manière aussi exacte que possible.

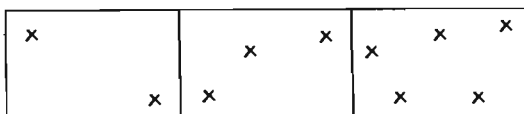
La position d'un objet est repérée dans un espace de coordonnées continu

- point : (long. - lat.) ou (x,y)
- ligne : codée de manière approchée par une ligne brisée (suite de points),  
codée de manière paramétrique (quelques points représentatifs et une fonction associée)
- polygone ou surface : est une ligne fermée.

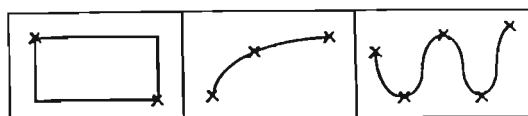


Codage de la position  
(d'après Marble, Calkins et Peuquet. 1984)

Avant



Après



Rectangle Arc défini par trois points Courbe définie par une fonction spline

Codage de données en mode vecteur par paramètres  
(d'après P. Langlois-Croswell, 1990)

Extrait de "SIG" de Didon

La topologie : c'est le codage des relations existant entre entités spatiales.

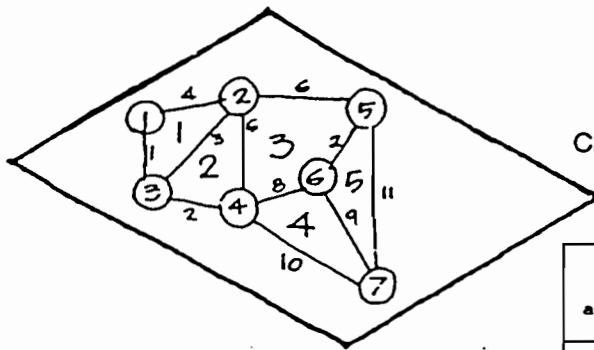
Pour réaliser les analyses spatiales, il est indispensable d'organiser les données dans une base de données et de coder chaque entité en fonction des autres.

L'intérêt de la topologie se porte également sur :

- une non-redondance des coordonnées géographiques, soit un gain de place ;
- un accès plus rapide à l'information.

Il existe divers niveaux de topologie selon les logiciels :

- pas de topologie : duplication des points et des contours des polygones (ex : CAO/DAO) ;
- nodalité : les coordonnées des noeuds sont stockées une seule fois, mais duplication des contours ;
- topologie complète : les coordonnées des noeuds et des arcs sont stockées une seule fois, les relations entre arcs et polygones sont codées. On obtient un réseau topologique : arcs connectés entre eux par des noeuds, formant parfois des polygones.



Carte codée sous forme de réseau

noeud	X	Y
1	23	8
2	17	17
3	29	15
4	26	21
5	8	26
6	22	30
7	24	38

Fichier de coordonnées

arc	polygone à droite	polygone à gauche	noeud 1	noeud 2
1	1	0	3	1
2	2	0	4	3
3	2	1	3	2
4	1	0	1	2
5	3	2	4	2
6	3	0	2	5
7	3	3	5	6
8	4	3	6	4
9	5	4	7	6
10	4	0	7	4
11	5	0	5	7

Fichier du réseau topologiquement codé

Codage de la topologie  
(d'après Marble, Calkins et Peuquet, 1984)

*Extrait de "SIG" de Didon*

**Le mode vecteur** représente les objets plus conformément à la réalité ;  
réalise facilement des opérations topologiques ;  
réalise les analyses de façon plus précise (distances, localisations, ...).

**Le mode vecteur** nécessite un ordre de stockage des données dépendant de la densité et complexité des points, arcs, polygones ;

demande une topologie parfaite et des algorithmes complexes pour les croisements des couches d'information.

c) Raster ou vecteur ?

Le choix d'un mode de représentation dépend des types d'opérations projetés et des formats d'acquisition des données. Cependant, de nombreux SIG présentent aujourd'hui des algorithmes de conversion raster/vecteur ou vecteur/raster facilitant ainsi l'ensemble des traitements.

## 2. Structure générale des bases de données

### a) Les modèles classiques

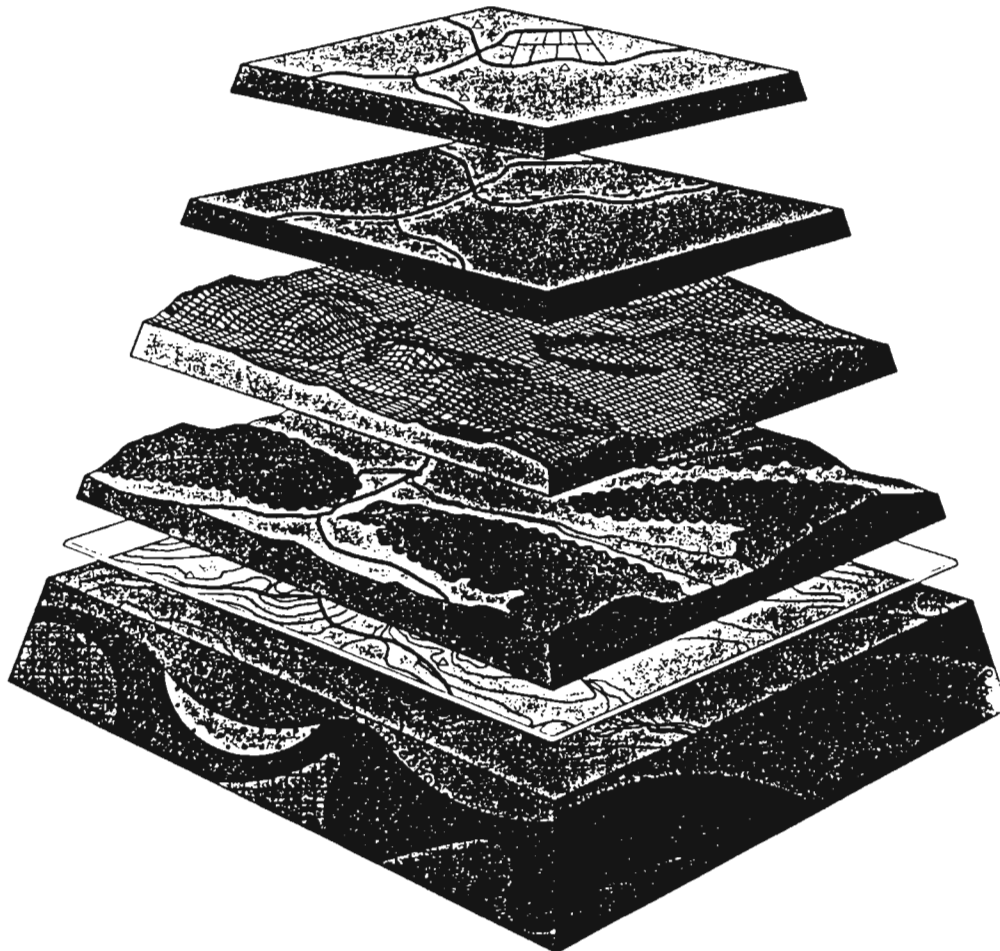
Comme pour les SGBD, il existe trois types de modèles selon la manière dont sont organisés les fichiers de données et dont sont effectuées les recherches :

- modèle hiérarchique,
- modèle réseau,
- modèle relationnel : le plus flexible et le plus facile à utiliser.

### b) Les couches thématiques

Le monde réel est parfois modélisé sous forme de couches, ou couvertures, d'informations séparées, relatives à différents thèmes (sols, végétation, réseau hydrologique, ..). Ce modèle s'appuie sur une structure de base de données relationnelle.

Référence : Arc/Info - Tigris/Microstation.



Le modèle des couches d'information

c) L'approche orientée objet

Le monde réel est modélisé sous la forme d'un ensemble d'objets groupés en classe. La base de données est continue (pas de partition de l'espace ni de vision par thèmes) et est organisée sur les modèles hiérarchiques et réseaux.

Actuellement en plein essor, ce modèle présente encore quelques inconvénients (rigidité, faiblesse des capacités d'analyses) qui vont certainement tendre à disparaître.

Référence : APIC - SYSTEME 9.

**3. Acquisition des données**

La numérisation des données d'une couche est une étape longue et coûteuse. Elle est toujours suivie d'un prétraitement indispensable pour vérifier et corriger les erreurs, ainsi que pour organiser les données descriptives dans la base de données.

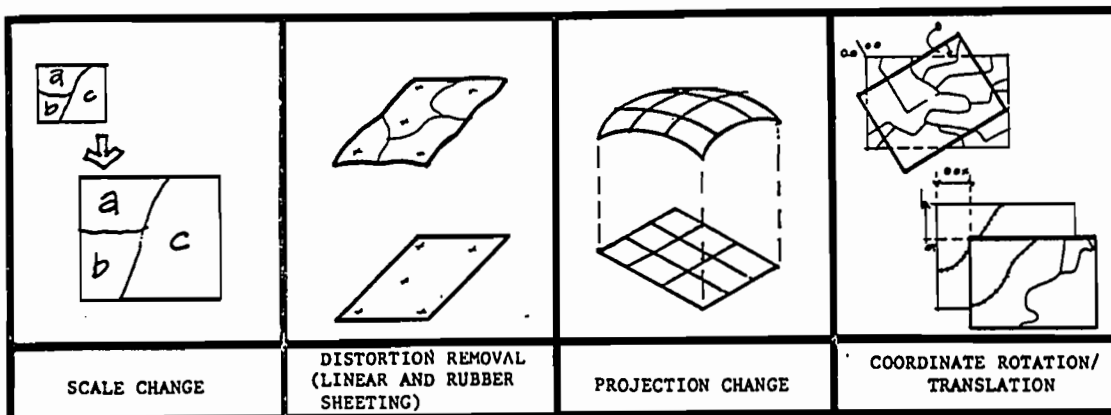
a) Mode d'entrées des données

Données géographiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mode manuel</li> <li>- récupération de fichiers vecteurs</li> <li>- digitalisation</li> <li>- scannerisation</li> </ul>
Données descriptives	<ul style="list-style-type: none"> <li>- récupération de fichiers de données</li> <li>- saisie manuelle au clavier</li> <li>- manière interactive : choix entité et affectation directe</li> </ul>

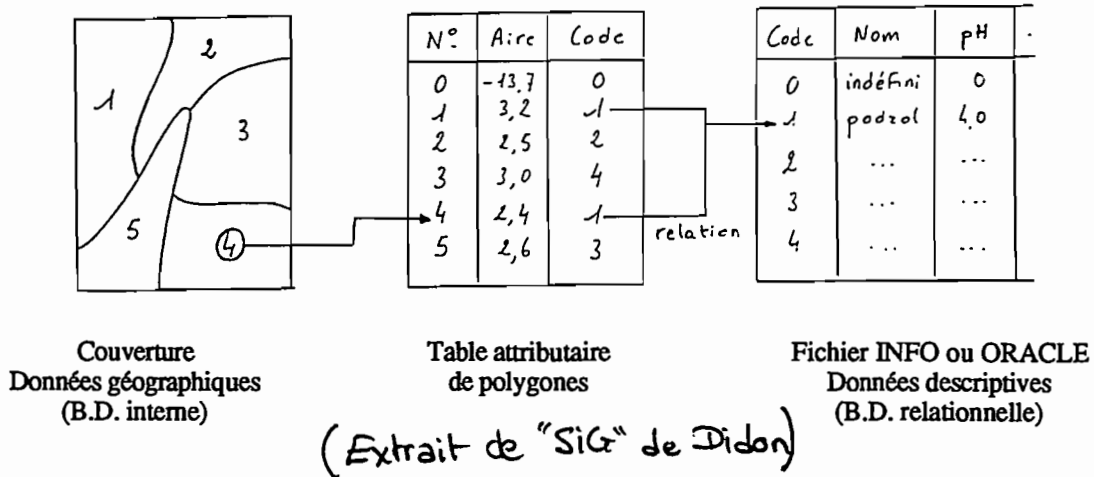
b) Le prétraitement

- création de la topologie (automatique ou non)
- affectation de centroïdes aux polygones
- identification des entités spatiales par un label
- création de liens entre données géographiques et descriptives (tables attributaires)
- conversion des structures de données (vecteur raster)
- conversion de format d'échange vers format reconnu par le SIG
- opérations géométriques : translation, rotation, changement d'échelles ou de projection, ...
- élimination des distorsions
- assemblages zones adjacentes, ajustements
- vérifications
- corrections des erreurs.

Quelques exemples des opérations de prétraitement :



Exemple de création de table attributaire dans Arc/info :



#### 4. Gestion des données

Les fonctions de gestion des données dans un SIG sont les mêmes que celles d'un SGBD :

- stockage,
- édition/mise à jour,
- extraction, requêtes.

Ces fonctions s'appliquent aux deux types de données . Le système d'accès aux données est efficace, la partition de la base nécessite des clés d'accès.

##### a) Edition/Mise à jour

L'ensemble des opérations d'édition se fait manuellement et de façon interactive ; la convivialité et l'efficacité sont donc de rigueur.

Quelques exemples d'opérations d'édition :

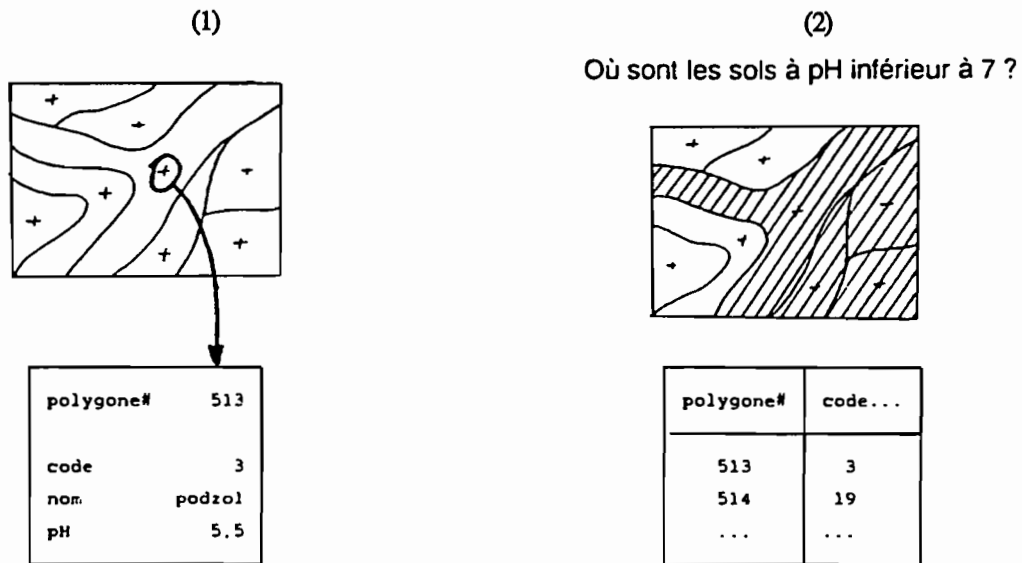
- ajouter, supprimer, déplacer des entités,
- faire pivoter, changer d'échelle des entités,
- fermer des polygones,
- changer la forme d'un arc (redigitalisation partielle),
- lisser un ensemble d'arcs,
- ajuster une entité sur une autre,
- ajouter, supprimer, modifier un attribut.

##### b) Extraction des données

Elle se fait :

- soit par consultation exhaustive des fichiers,
- soit par requêtes, il en existe deux types :

- (1) Localiser un objet et demander ses caractéristiques.
- (2) Donner une ou plusieurs propriétés et demander la liste et la visualisation des objets répondant à ces propriétés.



Les deux catégories de requêtes formulables dans un SIG  
(Extrait de "SIG" de Didon)

#### D) FONCTIONNALITES D'UN SIG

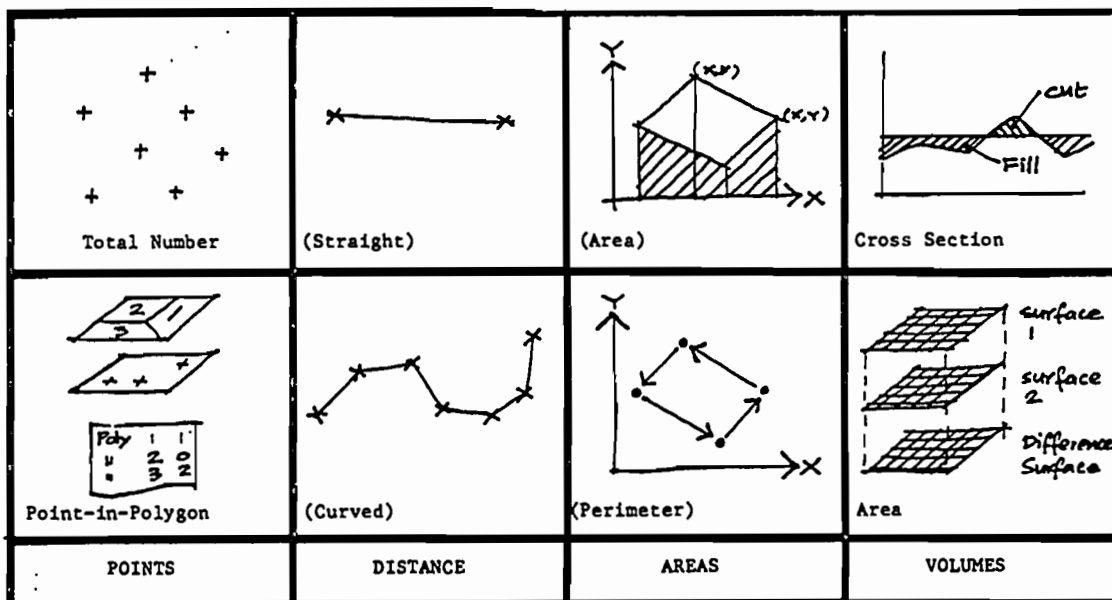
Après avoir vu quelques fonctions offertes par le prétraitement des données, voici les fonctionnalités spécifiques d'un SIG, elles concernent la manipulation, l'analyse et la restitution des données.

##### 1. Manipulation et analyse des données

###### a) Mesures de l'espace

Il s'agit de tous les calculs de distance, superficies et volumes.

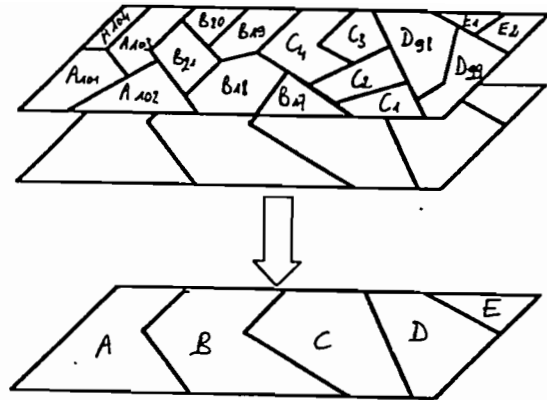
La détermination des directions, des angles ainsi que la quantification d'objets appartenant à un polygone ou à une certaine distance d'un autre objet.



(Extrait de "SIG" de Didon)

b) Reclassification

Affectation d'une valeur à un attribut descriptif d'un polygone en fonction des valeurs prises par d'autres attributs.



reclassification, agrégation  
(d'après P. Langlois-Croswell, 1990)  
(Extrait de "SIG" de Didon)

c) Agrégation

Il s'agit de fusionner des polygones voisins ayant une propriété commune. Les limites sont dissoutes et le réseau topologique est reconstruit.

d) Croisement de cartes

C'est une combinaison de deux ou plusieurs couches d'information.

\* Mode raster

- croisements faciles,
- toutes opérations booléennes,
- opérations numériques (maximum, minimum, moyenne, médiane, etc.).

\* Mode vecteur

- jointure spatiale,
- algorithmes complexes,
- création nouvelle couverture contenant toutes les informations.

Les opérations de croisements de cartes demandent une réflexion préalable puis une interprétation prudente des résultats.

Ex. : croisement de cartes physiques (sols, végétation) avec des données statistiques (démographie, activités, ...).



e) Analyse statistique

Certaines fonctions statistiques sont contenues dans un SIG, mais pour les analyses plus poussées, un logiciel de statistiques peut être interfacé.

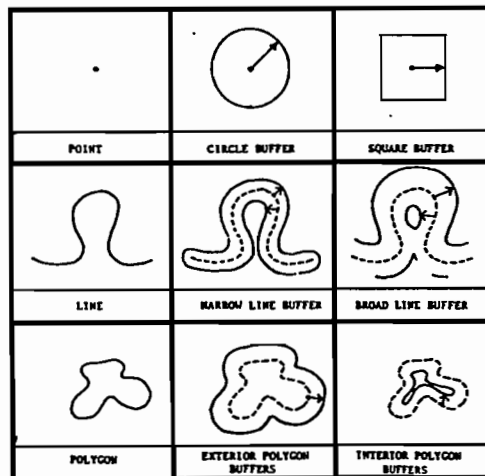
Ex. : régressions, classification, analyse des composantes principales, modélisation : calcul de la valeur d'une équation en un point, etc.

f) Analyses de voisinage

Elles sont réalisées grâce aux relations spatiales existant entre objets plus ou moins éloignés.

- Analyse de proximité

Elle se fait par création de zone tampon : ensemble des points situés à une distance maximum d'une entité spatiale donnée.

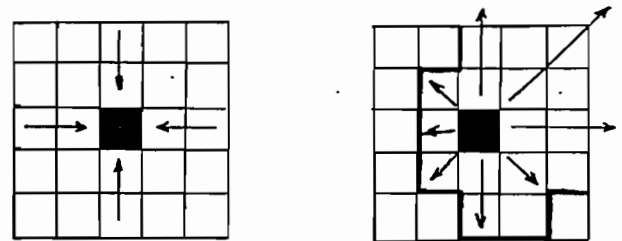


BUFFER GENERATION

- Analyse de contiguïté

En mode raster uniquement, un pixel reçoit une valeur dépendant de la valeur de ses voisins.

Ex. : moyenne, somme, notice de diversité, gradient, pente, etc.



Principe des analyses de contiguïté (à gauche) et de connectivité (à droite)

(Extrait de "SIG" de Didon)

- Connectivité

A partir d'un pixel, chercher dans toutes les directions ceux qui vérifient une propriété particulière.

Ex. : limite bassin versant, écoulement de l'eau.

- Chemin optimal

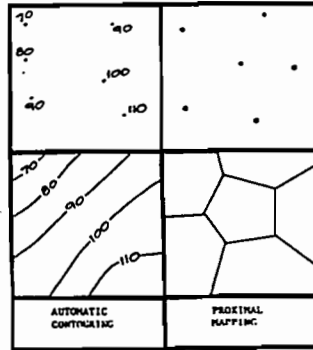
Calcul du plus court chemin entre deux points (distance, temps, coût).

Chaque tronçon du réseau peut être paramétré (vitesse, obstacle, événement accidentel).

### g) Interpolation et contourage

Il existe de nombreuses méthodes d'interpolation ; un SIG n'en offre en général qu'une, mais là aussi l'interfaçage permet d'utiliser des méthodes plus adaptées aux besoins :

- interpolation par délimitation des frontières (méthode des polygones de Thiessen, Voronoi) ;
- interpolateurs locaux ou fonctions de lissage ;
- méthodes globales de modélisation : surface des tendances, séries de Fourier ;
- le krigeage (méthode stockastique).



Quelques exemples d'interpolation  
(Extrait de "SIG" de Didon)

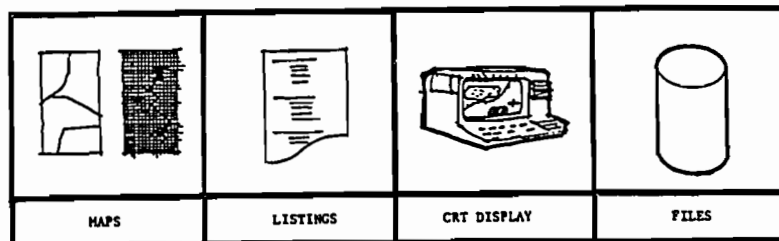
Cette liste, non exhaustive, donne un aperçu des principaux types de manipulations des données parfois regroupées en modules offertes par un SIG.

Les modules qui entourent un SIG sont choisies par l'acheteur en fonction des applications prévues.

## 2. Restitution des données

Une fois les analyses des données effectuées, il faut représenter les résultats de façon compréhensible, pour usage immédiat ou à des fins de communication :

- listes, tableaux de données,
- figures, graphiques,
- cartes résultats d'analyses,
- images,
- visualisation écran : - 2D-3D  
- séquence d'images (évolution, simulation).



## E) AVANTAGES ET INCONVENIENTS D'UN SIG

### a) Avantages

- données stockées et gérées par l'informatique (plus grand volume) ;
- outil de travail informatique (manipulations rapides, visualisation, simulation, ...) ;
- mise à jour rapide (temps réel) ;
- acquisition de données numériques (images satellites, banques de données existantes) ;
- conception et production de cartes : efficaces et améliorées ;
- couplages SIG avec des modèles.

## b) Inconvénients

- coût du logiciel et du matériel ;
- coût d'acquisition des données sous forme numérique ;
- personnel spécialisé ;
- maintenance, mise à jour, ... ;
- bénéfice dur à évaluer à court terme (difficile de comparer avec les outils existants).

En résumé, si les investissements matériels et humains sont réalisés, un SIG est un outil très intéressant pour les possibilités de gestion et d'analyse de grandes quantités de données. Actuellement en pleine évolution.

## **Chapitre 2**

### **Documentation sur les SIG**

## Chapitre 2 Documentation sur les SIG

L'ensemble de la documentation présentée ici, a été très utile au cours de cette étude et constitue un support qu'il ne faut pas manquer de consulter pour approfondir chaque sujet.

### A) DOCUMENTATION GENERALE SUR LES SIG

Bien que la plupart des ouvrages intéressants sur les SIG soient répertoriés dans le chapitre Bibliographie, il est indispensable de mettre ici l'accent sur ceux qui ont été les plus utiles pour réaliser cette étude.

- "les Systèmes d'Information Géographique : concepts, fonctions, applications" d'E. DIDON, Laboratoire Commun de Télédétection CEMAGREF-ENGREF de Montpellier, 1990.

Il s'agit d'un document de base pour tous ceux qui découvrent les SIG. D'ailleurs le chapitre 1. de ce rapport en reprend les grandes lignes.

Sa rédaction est très pédagogique et il peut être intéressant de le consulter pour avoir des explications plus complètes sur les fonctionnalités d'un SIG.

- "Basic readings in Geographic Information Systems" of D.F. MARBLE, H.W. CALKINS and D.J. PEUQUET, 1984.

A classification of software components commonly used in GIS - J. DANGERMOND.

Ce document fournit un contexte général pour comprendre toutes les caractéristiques d'un SIG, à l'aide de nombreuses figures (reprises dans ce rapport).

Ces explications étant semblables à celles d'E. DIDON, sa lecture est intéressante pour apprendre le vocabulaire relatif aux SIG, en anglais.

- "GIS world", 1989.

Il s'agit du résultat de l'inventaire sur les SIG et logiciels apparentés. Réalisés d'après des questionnaires auprès de fabricants, ce document présente des tableaux comparatifs donnant de nombreuses caractéristiques techniques d'une soixantaine de logiciels. Intéressant après compréhension du vocabulaire technique spécifique.

- "Cartographie sur Macintosh" - P. WANIEZ (ORSTOM - Maison de la Géographie).

Il s'agit d'explications concernant un logiciel de cartographie, à des fins de manipulations, qui présente des critiques intéressantes sur les deux types de logiciels SIG et cartographie.

"SIG sur Macintosh" du même auteur, est également recommandé pour ce genre de critiques.

- Revue internationale de CFAO et d'infographie. Ed. Hermès.

Elle présente des fiches sur les organismes travaillant dans ce domaine, sur quelques logiciels et des renseignements bibliographiques sur les SIG (bon de commande).

- "Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems" - Jonathan RAPER.

Ce livre présente une mise à jour sur l'évolution rapide du domaine SIG et notamment sur les travaux de recherche pour les traitements en 3D.

→ Seminform 3 (3ème séminaire d'informatique de l'ORSTOM).  
"Systemes d'information pour l'environnement".

Cet ouvrage présente plusieurs articles intéressants sur des réflexions ou des applications déjà réalisées sur les SIG. Il s'attache donc plus à la diffusion de l'information qu'à l'aspect fondamental tout en étant différent de la gisette de CASSINI ou la lettre du réseau ADOC.

Seminform 4 contient également des articles intéressants.

## **B) DOCUMENTATION TECHNIQUE SUR LES LOGICIELS**

La prise de contact avec les distributeurs de SIG a permis d'obtenir des renseignements sur les logiciels et des références d'application. Par ailleurs, il existe des ouvrages, non commerciaux, qui donnent des caractéristiques plus objectives des logiciels.

### **1. Les fiches synthétiques de l'ORSTOM-Bondy**

Ces fiches, réalisées par F. DUREAU du Laboratoire d'Informatique Appliquée de l'ORSTOM, donnent une première approche de chaque logiciel : les fonctionnalités, l'environnement informatique et les références bibliographiques.

### **2. Description complète**

Henri PORNON a réalisé un ouvrage intitulé "Systèmes et logiciels de cartographie assistée par ordinateur" qui donne une description très détaillée et objective des logiciels.

Cette synthèse, d'un coût très élevé, est remise à jour régulièrement.

### **3. Les plaquettes commerciales**

La prise de contact avec les distributeurs a permis d'obtenir des renseignements sur une dizaine de SIG très utilisés, leurs particularités et des références d'application.

#### 4. Les SIG les plus utilisés

Nom		Distributeur français	Orientation
APIC	*	Eurecart	SIG objet
ARC/INFO	*	ESRI	SIG
ARGIS	*	Unisys	
Carine 2		ICOREM	
DEMETER	*	Data Consultant	SIG-SIU
DEMETER-SIGEC		Sigec	SIU
ESPACE		Unisys	SIG
GEOCITY		Clemessy	SIU
GEOGRAPH		Geomesure S.A.	SIU-cartographie
GRASS		- Etats-Unis -	SIG raster
IDRISI	*	- Etats-Unis -	
ILWIS	*	RFI	SIG raster
MAGELLAN		MS2I	TI → SIG raster
MAPINFO		Infotech	
Mocrostation/Tigris	*	Intergraph	
PREFIX		?	
SAVANE		ORSTOM-Bondy	SIG vecteur
SEUIL		IAURIF	
SPANS	*	URBIMAP	SIG quadrees
SYNERGIS		BRGM	TI → SIG raster
SYSTEM 9	*	Wild France	SIG objet
THEMAP		SCE-SNEDA	SIG cartographie
XGEO		Spacia	SIG objet

SIU : système d'information urbaine (s'applique sur les données urbaines)

TI : traitement d'image

\* : plaquette commerciale disponible au Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM-Montpellier.

### C) LES RESEAUX D'INFORMATION

L'outil SIG étant de plus en plus utilisé, un important réseau d'information est en train de s'installer afin d'informer le plus possible les utilisateurs actuels ou potentiels et de créer une certaine coordination entre ces utilisateurs.

#### 1. La Gisette de CASSINI

Il s'agit d'un bulletin de liaison du réseau CASSINI (coordination pour l'Analyse Spatiale et les Systèmes d'Information géographique Intelligents) qui est publié tous les trimestres par la Maison de la Géographie de Montpellier (n° 1 paru le 20 juin 1990, n° 2 paru le 25 octobre 1990). En une vingtaine de pages, les rubriques suivantes sont développées :

- rubrique publications : liste des publications sur les SIG et critique scientifique (revues, ouvrages) ;
- rubrique production : présentation d'un SIG ;
- applications ;
- formation ;
- bourses aux idées ;
- compte-rendus de réunions sur les SIG ;
- calendrier des prochains séminaires ... en Europe.

L'intérêt de la Gisette de CASSINI est qu'elle apporte des éléments d'actualités sur les SIG et informe les utilisateurs sur les possibilités de rencontres et communications dans ce domaine.

## 2. Le réseau ADOC

Coordonné par F. DUREAU (ORSTOM-Bondy), le réseau ADOC (Amélioration Des Outils de Connaissance pour la gestion urbaine dans les pays en développement) organise des réunions trimestrielles pour favoriser la communication entre tous ceux qui s'intéressent à l'acquisition et à la gestion des données urbaines.

La lettre d'information du réseau ADOC qui y fait suite, comporte les rubriques suivantes :

- compte-rendu détaillé de la dernière réunion du réseau (les exposés présentés, les activités du réseau, ...)
- dossiers thématiques ;
- compte-rendus des colloques ;
- calendrier et fiches de participation aux futurs colloques ;
- sommaires de revues ;
- mise à jour bibliographique.

Chaque lettre d'information présente, dans environ 150 pages, des articles très détaillés et très intéressants qui s'adressent surtout aux gestionnaires de Base de Données Urbaines, tout en renseignant les autres sur l'état des connaissances et des recherches dans ce domaine.

Le réseau ADOC réalise également une mise à jour bibliographique (ouvrages, ...), ainsi qu'un ensemble de fiches synthétiques sur les logiciels de cartographie, modélisation de réseaux et SIG.

## 3. Le CNIG

Le CNIG (Conseil National de l'Information Géographique), placé auprès du Ministère chargé du plan, a pour mission de contribuer au développement de l'information géographique sous toutes ces formes.

Le CNIG coordonne les travaux de six commissions spécialisées :

- commission de l'information géographique top-foncière à grande échelle ;
- commission permanente de la recherche géographique ;
- commission chargée de l'évaluation de l'utilité économique et sociale de l'information géographique ;
- commission de normalisation des formats d'échange des données géographiques numériques ;
- commission nationale de toponymie ;
- commission d'étude du plan numérique national.

Les résultats des travaux de ces commissions sont présentés sous différentes formes :

- la lettre du CNIG : publication gratuite ;
- les documents techniques ;
- "actes" de séminaires ;
- journées d'études ;
- colloques.

L'AFI3G (Association Française pour l'Innovation en Instrumentation et Information Géographique, régie par la loi de 1901), prend le relais des actions menées par le CNIG. Elle rassemble les personnes, organismes et services concernés par l'information géographique, favorise la communication et organise avec le CNIG les colloques, forum, ...

La plupart des activités du CNIG sont axées sur l'acquisition, la transmission et la qualité des données géographiques. Le CNIG s'intéresse également aux outils "SIG" ; d'ailleurs, le forum (CNIG-FI3G) du 22-23 novembre 1989 à Paris a été organisé en vue d'une meilleure synergie de développement des SIG en France.

## 4. Autres sources d'information

Compte-tenu du développement actuel des SIG, de plus en plus de colloques, stages de formation et démonstrations de logiciels sont organisés tous les mois, en France comme à l'étranger. Les calendriers figurent dans les publications précédemment citées.



Le laboratoire commun de télédétection du CEMAGREF-ENGREF de Montpellier organise aussi des sessions de formation d'une ou deux semaines sur l'acquisition et le traitement numérique de l'information spatiale. Henri PORNON propose également, par la convention Hermès, des séminaires sur la mise en oeuvre de SIG.

L'information sur les SIG et les rencontres pour échanges d'idées dans ce secteur sont donc de plus en plus fréquentes, il peut être très enrichissant de participer à ce genre de manifestation : le choix des sujets permettra à chacun d'y trouver son compte.

# **Chapitre 3**

## **Applications**

## Chapitre 3 Applications

Après une présentation des grands domaines d'application des SIG, nous aborderons quelques exemples développés par des organismes de Montpellier et par l'ORSTOM de Bondy.

### A) LES GRANDS DOMAINES D'APPLICATION DES SIG

#### 1. Qui utilise un SIG ?

Les SIG couvrent une large gamme des domaines d'applications, présentée plus loin ; aussi les utilisateurs peuvent être très divers :

- des administrations centrales, territoriales (DDE, DDA, Finance, Défense, ...) ;
- des collectivités locales ;
- des entreprises privées ;
- des établissements d'enseignements et de recherche.

#### 2. Domaines d'applications

Les SIG couvrent une large gamme d'applications qui sont représentées dans le tableau suivant :

Systèmes	Rôle	Domaine d'application	Utilisateurs
S. d'ingénierie	Conception et gestion de projet.	Urbanisme. Travaux publics.	Géomètres. Services techniques des municipalités. Entreprises de travaux publics.
S. à base cadastrale	Couplage du plan et des données foncières, propriétaires, ...		Administration des finances. Municipalités.
S. orientés réseaux	Aide à la gestion de réseaux.	Distribution eau, gaz, électricité. Assainissement. Services : transports, collectes, ...	Collectivités. Compagnies gestionnaires.
S. d'analyse statistique	Croisement de données socio-économiques et autres.	Recensement, enquêtes. Marketing.	Administrations. Travaux. Immobilier. Commerces.
S. régionaux	Gestion du territoire. Aménagement régional. Gestion de ressources naturelles.	Très varié.	Collectivités locales.

Un organisme de recherche tel que l'ORSTOM s'intéressera plus aux SIG de type régionaux. Ils présentent en effet, des possibilités d'analyses beaucoup plus variées car ce sont des gros outils de travail et non des logiciels adaptés à un certain domaine.

Les SIG régionaux gèrent les trois types de données suivants :

Données topographiques	Environnement	Milieu humain
Réseau hydrographique, routier. Limites administratives. Bâti. Toponymie. Relief.	Usage du sol. Ressources naturelles (eaux, minerais). Végétation. Qualité de l'air. Qualité de l'eau.	Zonage. Localisation des services. Localisation d'événements (incendies, pollution, ...). Données socio-économiques.

Ils permettent de :

- gérer et maintenir des bases de données géographiques durables ;
- suivre des phénomènes à long terme (incendies, pollution, ...) par les images satellites ;
- proposer une grande source d'information pour la prise de décisions :
  - . élaboration de plan d'occupation des sols,
  - . opérations de remembrement,
  - . choix d'un site pour l'implantation d'une décharge, ...
  - . choix d'un tracé routier,
  - . étude d'impact,
  - . modélisation de phénomènes naturels (crues, avalanches, ...).

## B) QUELQUES UTILISATIONS DE SIG A MONTPELLIER

### 1. Le Conseil Général de l'Hérault

Le service Cartographie du Département utilise le SIG Arc/Info sur PC. Il a pour objectif :

- collecter les informations,
- être centre serveur du département,
- favoriser la communication,
- conseiller les communes.

Le Conseil Général est fournisseur de la BD topo.

Thème	Applications	Objectifs
Cartographie thématique.	Cartes thématiques.	Communication.
Routes départementales.	Entretien routier. Gestion des flux.	. aide à la décision, . communication. Aide à la programmation des investissements.
Transports.	Calcul des distances de lignes de transport.	Calculer efficacement les distances de lignes et stocker les résultats
Base de données sur l'eau.	Outil d'information et d'application.	Gestion des ressources . aide à la décision, . lutte contre la pollution, . communication.
Domaines départementaux.	Gestion du département.	Etudes d'aménagement. Communication. Aide à la gestion.
Moyens techniques.	Synthèse, inventaires, accès pompiers, ...	Etat actuel des moyens. Simulation. Communication.
Lutte contre les incendies.	Mise en place BD exhaustive, ...	Meilleure connaissance du milieu. Préserver les zones à risques.

## 2. INRA : Laboratoire des Sciences du Sol

L'INRA a travaillé principalement sur deux applications faisant appel au SIG Arc/Info :

### a) Le projet SIGALE

Il s'agit d'une maquette de SIG pour l'Agriculture Languedocienne réalisée à la demande de la Chambre Régionale d'Agriculture en collaboration avec le Laboratoire Commun de Télédétection et le CNUSC.

L'INRA a participé au projet en structurant les paramètres du sol : topographie, pédologie, bioclimatologie pour déterminer les zones de faisabilité de cultures.

### b) Thèse de P. LAGACHERIE

Il s'agit de déterminer la nature d'un sol par extrapolation d'une zone connue, par l'intermédiaire de plusieurs logiciels :

- ARC/INFO : l'outil de travail,
- PARADOX : autre SGBD mieux que INFO,
- LAMONT : Modèle Numérique de Terrain (ORSTOM) (le transfert des fichiers se fait par code Ascii),
- DECIBAC : Système Expert (objet),
- CART : analyse de données, arbres de classification.

## 3. CIRAD

Le Laboratoire de Pédologie du CIRAD va prochainement installer le SIG Arc/info, qui pourra intégrer des images satellites et améliorer l'interprétation des images à l'aide d'informations contenues dans le SIG.

## 4. Puce environnement

Ce bureau d'étude de Montpellier a mis au point un logiciel de scannérisation automatique des zones inondables : SCAROSI. Les fichiers de sortie de SCAROSI sont ensuite traités sur le SIG sur Arc/Info.

La présentation de SCAROSI et la commercialisation sont prévues pour janvier 1991.

## 5. CEMAGREF/ENGREF : Laboratoire Commun de Télédétection

Le LCT a contribué considérablement à l'élaboration de la maquette SIGALE, évoquée plus haut. Il oriente aussi ses recherches vers l'interprétation d'images satellites par les SIG.

### *Le projet SIGALE :*

Constitué sur la demande de la Chambre d'Agriculture du Languedoc-Roussillon, il s'agit d'une étude de faisabilité de l'utilisation d'un SIG pour appréhender la diversification agricole en Languedoc-Roussillon.

Quatre organismes ont contribué à ce projet : le LCT, l'INRA, la Maison de la Géographie et le CNUSC.

Les trois objectifs du projet SIGALE ont été :

- Suivre les modifications de l'occupation du sol, localisation du vignoble et de l'arrachage (traitement d'images SPOT de 1987 et 1989).
- Etablir un zonage des aptitudes et contraintes à la diversité en grandes cultures
  - . facteurs naturels : climat, relief, sol,
  - . facteur humain : aménagements fonciers.
- Evaluer la propension à arracher la vigne
  - . milieu physique favorable à la diversification,
  - . facteurs économiques et sociaux.

Cette étude réalisée en 1989 a abouti à :

- une maquette de SIG : la banque de données est constituée et est aux mains des utilisateurs par l'intermédiaire d'un système de requêtes très convivial ;
- une sensibilisation sur l'outil SIG pour la gestion de l'espace rural ;
- importance de la collaboration entre divers organismes.

Le LCT a maintenant pour objectif d'être centre serveur des données du département, de favoriser la gestion de l'espace par un SIG et d'avoir un rôle de conseil dans ce domaine.

### C) APPLICATION DU LIA DE L'ORSTOM - BONDY

Le Laboratoire d'Informatique Appliquée a développé un système d'information géographique nommé SAVANE, qui possède plusieurs applications.

SAVANE contient les modules suivants :

- MIGALE : Saisies de données cartographiques pour numérisation et intégration dans le module TIGRE.
- TIGRE : Système de gestion de données localisées, en mode vecteur.

Une documentation technique sera disponible vers la mi-1991. SAVANE est déjà très utilisé par l'ORSTOM :

#### 1) au LIA de Bondy

pour le calage d'images satellites avec des cartes topographiques de Maine La Vallée.

#### 2) au Veracruz (Mexique)

L'Institut National de la Statistique de la Cartographie et Informatique (INEGI) et l'ORSTOM ont défini un projet pour élaborer une maquette de SIG national.

Des cartes de population ont ainsi pu être présentées deux mois après le recensement de 1990.

L'ORSTOM élabore un mini-atlas pour diffuser l'information puis planifier le développement et aider aux décisions d'aménagement.

#### 3) à Quito (Equateur)

L'ORSTOM contribue à l'élaboration du programme : l'Atlas Informatisé de Quito (AIQ) avec trois institutions équatoriennes, en utilisant le SIG SAVANE.

L'AIQ doit apporter par thème une part des réponses nécessaires à la compréhension du phénomène urbain, son fonctionnement et son évolution.

Dans un premier temps, le projet consiste à :

- organiser les connaissances sur la ville de Quito,
- faire un diagnostic de la situation urbaine,
- étudier la dynamique et l'évolution du tissu urbain.

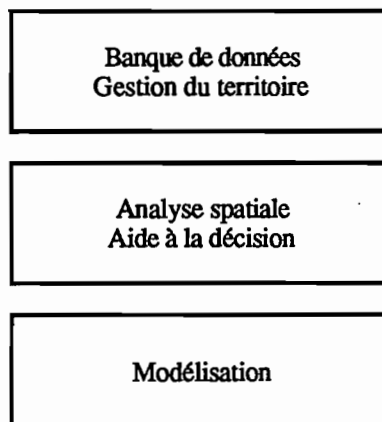
A terme, l'AIQ permettra de :

- planifier,
- décider des aménagements urbains,
- prévenir contre les risques, ...

Comme le montrent ces quelques exemples, les SIG sont surtout utilisés pour la gestion d'un espace urbain ou rural dans un but d'aménagement et d'aide à la décision, ....

## D) APPLICATIONS EN HYDROLOGIE

Rappelons qu'un SIG est bien un outil de gestion et de manipulation des informations spatiales mais qui évolue sans cesse :



Evolution de l'objectif visé par un SIG

Le terme hydrologie est très vaste, mais ce qui nous intéresse ici c'est cet aspect modélisation de l'espace pour déterminer les écoulements et faire de la prévision de crues, par d'autres moyens que les modèles déterministes ou probabilistes et en utilisant l'outil SIG.

Comme on l'a vu précédemment, Puce Environnement a travaillé dans ce domaine, la présentation de leurs travaux apportera prochainement, des éléments intéressants sur le rôle du SIG dans un projet d'étude de zones inondables.

Une interrogation de la banque de données bibliographiques Questel, avec les mots clés SIG-hydrologie, nous a fourni quelques références d'applications dont en voici deux exemples :

- Etude d'un système hydrologique régional à l'aide de données satellites et d'un système d'informations géographiques : application à la modélisation des eaux souterraines de la région de Roermond, Pays-Bas.

Réalisée par Free University of Amsterdam, cette étude a nécessité un important travail d'identification des paramètres à prendre en compte pour l'infiltration et le ruissellement. Cependant, elle a apporté des avantages par rapport aux modélisations conventionnelles : rapidité de traitement, facilité de transport du matériel (sur micro ordinateur) vers des régions peu développées, mise à jour des données par télédétection et des possibilités de connexion avec un système expert.

- Conséquences sur l'hydrologie, des caractéristiques de l'alimentation et des variations dans l'utilisation du terrain, déterminées par imagerie satellite et par Système d'Information Géographique (SIG).

Réalisés par l'Université Ruhr-Boclum (en Allemagne), ces travaux ont donné lieu à un modèle hydrologique pluie-débit où les données sont gérées par un SIG. Pour chaque pixel, le SIG gère la pente, l'utilisation du sol et l'indice de végétation ; l'alimentation, la direction et la vitesse du flux sont déterminées par le pixel aval.

Ainsi sont estimés l'infiltration (concept de Green et Ampt) et le ruissellement.

Le SIG permet de suivre l'influence de la variation saisonnière de la végétation et des changements d'occupation des sols, sur le ruissellement, au fil des années.

- Caractérisation de bassins versants par l'intégration de données numériques cartographiques ainsi que des données de télédétection, réalisée par la faculté des sciences agronomiques de Gembloux (Belgique) (publication non lue).

En fait, parmi les quelques applications de SIG pour la modélisation de systèmes hydrologiques, aucune n'a été réalisée en France, mais aux Pays-Bas, en Allemagne, aux Etats-Unis, en Australie, .... Ceci s'explique par le récent développement des SIG en France depuis environ 1985, alors qu'ils ont débuté aux Etats-Unis, il y a presque 20 ans.

Compte-tenu de la diminution constante du coût d'un SIG en France, il paraît aujourd'hui intéressant d'intégrer dans un sujet de recherche un SIG, comme va le faire le LHM (Laboratoire d'Hydrologie et de Modélisation) à l'occasion d'un DEA et d'une thèse de 3ème cycle.



# **Bibliographie**

## Bibliographie

- \* "Système d'information géographique : concepts, fonctions, applications" - E. DIDON, Laboratoire commun de Télédétection CEMAGREF-ENGREF - oct. 90.
- \* "Basic Readings in Geographic Information Systems" ed. by D.F. MARBLE, H.W. CALKINS, D.J. PEUQUET (Williamsville, New-York : SPAD Systems Ltd), 1984.
- \* "A classification of software components commonly used in GIS" - J. DANGERMOND, Environmental Systems research Institute, Redlands, California, USA.
- \* "Principles of Geographic Information Systems for Land Ressources Assessment" - P.A. BURROUGH, Oxford Press (Monographs on soil and Ressources Survey n° 12), 1986, 194 p.
- \* "Cartographie sur Macintosh" - P. WANIEZ, Maison de la Géographie de Montpellier. Ed. Eyrolles.
- \* "SIG sur Macintosh" - P. WANIEZ, Ed. Eyrolles.
- \* "Les données cartographiques informatisées" - J.P. CHEYLAN, Maison de la Géographie de Montpellier.
- \* "Enquête sur les systèmes d'information géographique" - André MANGIN - SCOT conseil (service de consultation en observation de la Terre) et CNES - oct. 1988.
- \* "Systèmes et logiciels de cartographie assistée par ordinateur" - H. PORNON, Ed. Hermès.
- \* "SIG : des concepts aux réalisations" - H. PORNON, Ed. Hermès.
- \* "Revue Européenne des Services de l'Information Géographique et de l'Analyse Spatiale". Deux numéros par an de 130 p., vol. 1 : 1991, Ed. Hermès.
- \* "GIS : Three Dimensional Applications in Geographic Information Systems" - Jonathan RAPER, Department of Geography Birkbeck College - University of London, Ed. Taylor & Francis, 1989.
- \* "Handling Geographic Information". Report of the Committee of Enquiry chaired by Lord CHORLEY, Department of Environment - HMSO Books, 1987, 208 p.
- \* "International Journal of Geographic Information Systems" (quatre numéros par an, depuis 1987).
  - "Requirements and principles for the implementation and construction of Parge-scale geographic information systems". T.R. SMITH, S. MENON, J.L. STAR, J.E. ESTES (vol. 1, n° 1, janv.-mars 1987, pp. 13-31).
- \* "Photogrammetric Engineering and Remote Sensing."
  - "the unheralded component of GIS" (livre n° 2, fév. 1988, pp. 195-199).
  - "GIS versus CAD versus DBMS : What are the differences ?"
  - "Requirements for a Database Management System for GIS".
- \* GIS world (revue bimensuelle) - Fort Collins, Colorado, USA.
- \* "The GIS Source Book", annuel - A. COLLINS, Colorado, USA.
- \* Canadian Journal of Remote Sensing.
  - "Quadtree structure for GIS" - W.J. RIPPLE, S. WANG, vol. 15 n° 3, déc. 1989, pp. 172-176.
- \* Revue Internationale de CFAO et d'Infographie.
  - "Guide de la cartographie 1990", vol. 5.
- \* Actes du colloque FI3G (Forum International de l'Instrumentation et de l'Information Géographique), Lyon 10-13 juin 1987, 609 p.

- \* 2ème colloque SIG'eo (SIGEO 89), Rouen, oct. 1989.
  - "Le concept objet et les SIG", R. JEANSOULIN.
- \* 7ème congrès AFCET-RFIA, Paris, nov. 1989.
  - "Le SIG orienté objet GOODIES", R. JEANSOULIN.
- \* Séminaire SIG-GIS Europe 1990, Paris, du 19 au 22 juin 1990.
  - "Spatial Analysis using GIS", LANGLOIS, CROSWELL.
  - "Du logiciel de DAO au SIG : comment choisir un système ? Evaluation technique des SIG existants" - H. PORNON.
- \* Seminform-ORSTOM
  - "Vers un langage de l'information géographique" - R. JEANSOULIN, Laboratoire de robotique de Paris, sept. 90, Brest.