



Improving Economic and Social Impact of Rural Electrification (IMPROVES-RE)

ATELIER DE FORMATION
SUR LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUES (SIG)

« Notions de base en SIG et introduction au logiciel Manifold »

Francheville du 28 novembre au 2 décembre 2005



INDEX

1 – CONCEPTS DE BASE DES SIG

1.1 - Notions géographiques :

- 1.1.1 - Ellipsoïdes
- 1.1.2 – Projections
- 1.1.4 - Echelle
- 1.1.3 - Cartographie
- 1.1.5 - Sémiologie graphique
- 1.1.6 - Analyses thématiques

1.2 - Notions informatiques :

- 1.2.1 - Modes de représentation des données graphiques (vecteur/raster)
- 1.2.2 - Bases de données et structuration des données attributaires
- 1.2.3 - Système de logiciels

2 – CONCEPTION ET EXPLOITATION D’UN SIG

2.1 - Préambule sur les besoins structurels :

- 2.1.1 - Matériel informatique
- 2.1.2 - Logiciels
- 2.1.3 - Données
- 2.1.4 - Ressources humaines
- 2.1.5 - Volonté hiérarchique de suivre ou développer le SIG, budget

2.2 - Conception du SIG :

- 2.2.1 - Définition des besoins et objectifs
- 2.2.2 - Détection des logiciels correspondant
- 2.2.3 - Formation
- 2.2.4 - Mise en place du système sur informatique (notion de réseau, serveurs de données, métadonnées)

2.3 - Construction de la base de données :



2.3.1 - Définition des sources (cartes scannées, photos aériennes, images satellites, relevés GPS)

2.3.2 - Organisation de données attributaires (application du schéma conceptuel)

2.3.3 – Calage de cartes et numérisation de couches

2.4 - Exploitation du SIG :

2.4.1 - Notion de projets

2.4.2 - Enrichissement de la BD (masques de saisie, nouvelle saisie de fonds de cartes)

2.4.3 - Requêtes SQL

2.4.4 - Construction de cartes (en ligne ou papier)

3 - MANIFOLD

3.1 - Présentation générale du logiciel.

3.2 - Travaux pratiques.

Sujet traité :

Les Bassins versants des Alpes au format e00, Echelle 1/1000000.

Objectifs :

- géoréférencement d'une image
- création et nomage des calques correspondant aux entités devant être numérisées
- préparation de la table et paramétrage des champs selon leur futur contenu et leur future exploitation.
- numérisation des objets (mode spaghetti)
- Sources des données vectorielles :

4 – MANIFOLD – TRAVAUX PRATIQUES

- import de données GPS déjà récoltées ou de fichiers vecteurs.
- traitement des données dans le but de mettre en valeur ou de découvrir certains aspects du territoire concernant la thématique de l'électrification rurale.
- construction d'une carte claire et reportant fidèlement le propos du cartographe.

1 – CONCEPTS DE BASE DES SIG

Les SIG sont des outils permettant d'apporter à la géographie toute la puissance et la rigueur de l'informatique. Leur richesse et leur potentiel d'utilisation font appel à un nombre important de notions théoriques qu'il convient de connaître avant de les aborder de manière pratique.

Ces notions peuvent se diviser en deux grandes catégories, qui sont les notions de géographie, et les notions d'informatique. Leur combinaison a donné lieu à une discipline très spécifique et apparue depuis une quinzaine d'années, la géomatique.

Le but de ces journées de formation est de poser les principes les plus importants de cette discipline, afin d'être par la suite préparé à aborder des problèmes plus concrets dans le cadre de projets.

1.1 - Notions géographiques :

Le premier rôle de la géographie fut de « dessiner la terre », et de repérer les lieux. La Géodésie (« Je divise la Terre ») a pour but de mesurer la terre et de trouver sa forme. Un historique des découvertes qui ont permis peu à peu de se rapprocher de la réalité permet de mieux aborder certaines notions clés de la géodésie.

1.1.1 - Ellipsoïdes

- ➔ A l'Antiquité, la Terre est une sphère (Pythagore). Erathostène mesure le rayon terrestre à 10 % près :
 - Mesure à midi de la hauteur du soleil dans deux villes (Alexandrie et Syène) sur le même méridien et dont la distance est connue.
 - v = distance zénithale
 - AB = distance Alexandrie-Syène
 - $R = AB/v$
 - La précision de cette mesure est de 10 %
- ➔ Au 17^e siècle, théorie de l'attraction universelle de Newton. La sphère est aplatie aux pôles. Elle est donc plus proche d'un ellipsoïde que d'une sphère.

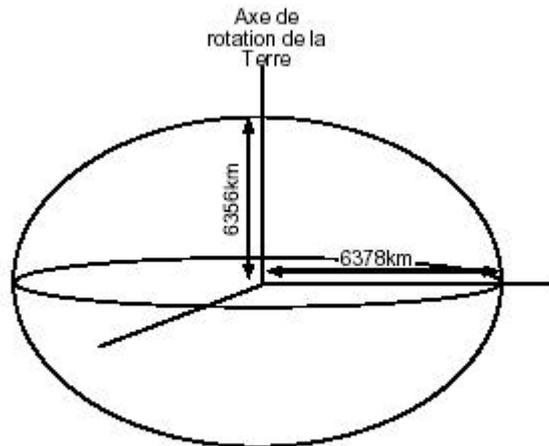
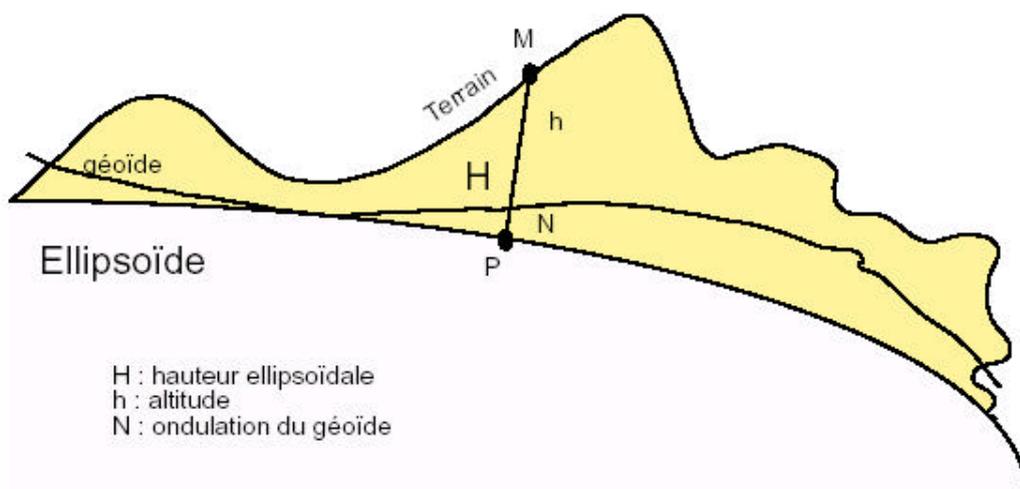


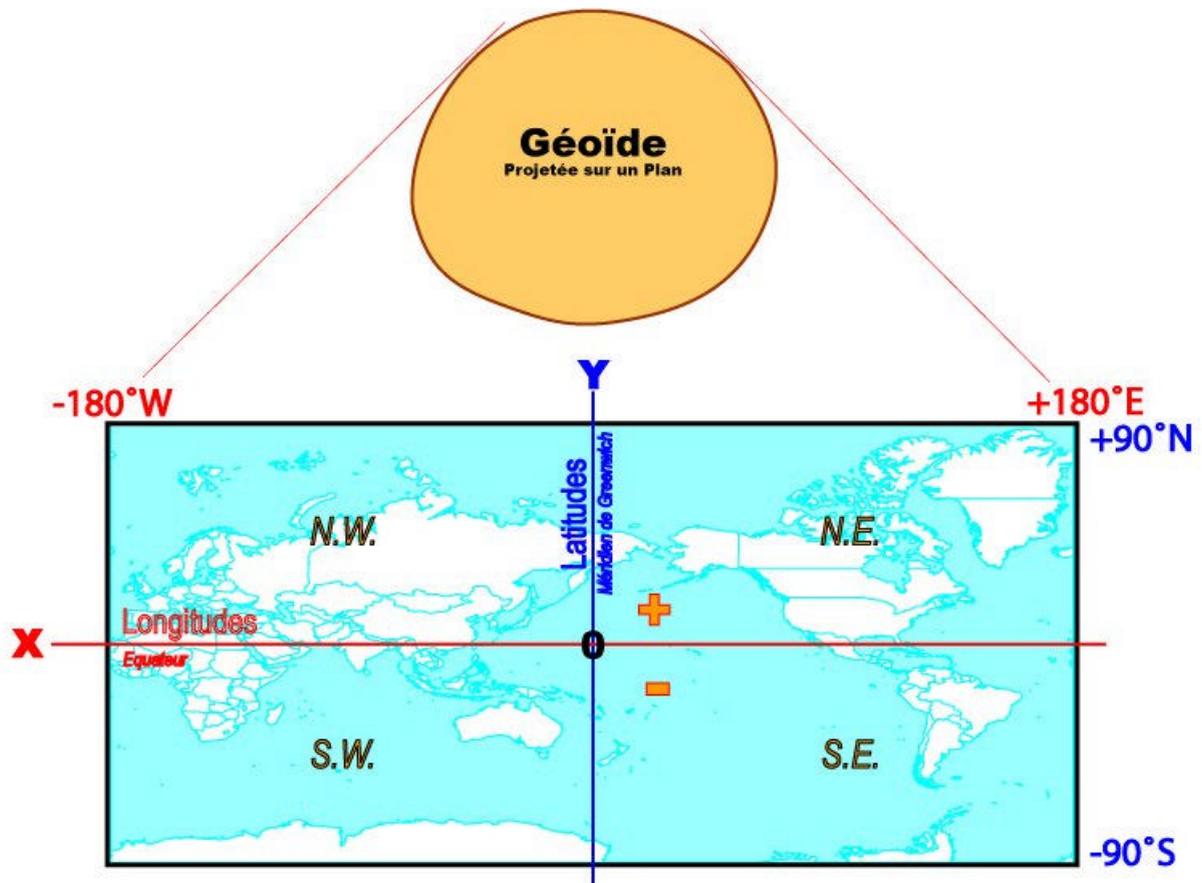
FIG. I.4: L'ellipsoïde

- Au 19^e siècle, construction de réseaux géodésiques nationaux à partir d'ellipsoïdes centrés sur les méridiens d'origine de chaque pays. Ceci permet de calculer toutes les coordonnées par mesure des distances aux points géodésiques. Mise en place en 1984 du World Geodetic System (WGS) pour avoir un système géodésique de niveau mondial. Coordonnées sphériques.
- Le Géoïde représente de manière encore plus affinée la Terre, en tenant compte des altitudes. Les deux représentations ne coïncident pas.





- ➔ Le Géoïde projeté sur un plan donne un planisphère avec des coordonnées, mesurées en latitudes, longitudes, et altitude. Les unités de mesures peuvent être en degrés décimaux, en degrés trigonométriques (degrés/minutes/secondes).
- ➔ La Longitude est l'angle entre le plan méridien d'un point avec le plan méridien origine (méridien de Greenwich par accord international)
- ➔ La Latitude est l'angle de la verticale physique d'un point avec le plan de l'équateur. Comptées S et N.
- ➔ Les coordonnées qui permettent de situer un point sur la terre ont différents types :
 - les coordonnées géocentriques ou cartésiennes : x , y , z . Indépendantes d'un ellipsoïde, elles sont d'un rectangle dont le centre est proche du centre de masse de la terre.
 - les coordonnées géographiques ou géodésiques : lat/long.
 - les coordonnées rectangulaires (attachées à une projection) : Easting/ Northing

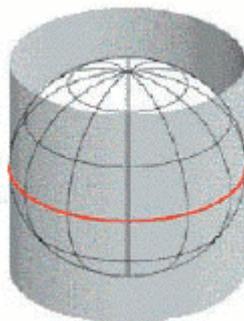


1.1.2 – Projections

La représentation d'un sphéroïde ou d'un géοide sur une surface plane demande de projeter chaque point de l'objet sur un plan. Les points sont alors positionnés en coordonnées planes ou cartographiques. L'unité est une unité de mesure (par exemple le mètre), qui représente la distance entre la ligne d'origine et le point mesuré.

Il existe trois grands types de projections, qui possèdent deux types de propriétés, l'équivalence ou la conformité.

→ Cylindrique



Résultat de la projection d'une surface sphérique sur un cylindre.

Dans une projection cylindrique typique, on peut imaginer un papier drapé autour d'un globe en prenant la forme d'un cylindre, tangent avec le globe le long de l'équateur. Le point d'origine projette une lumière à partir du centre du globe, ou dans certains cas est un filament allant d'un pôle à l'autre le long de l'axe du globe.

Dans le premier cas, les pôles ne peuvent pas être montrés sur la carte, puisqu'ils seraient projetés le long de l'axe du cylindre vers l'infini. Dans le second cas, les pôles deviennent des lignes constituant le haut et le bas de la carte. La projection de Mercator est une projection cylindrique du second type qui peut être construite seulement mathématiquement.

Dans toutes les projections cylindriques, les méridiens, qui sur le globe convergent aux pôles, sont parallèles entre eux. Dans la projection de Mercator, les parallèles de latitudes, qui sur le globe sont séparés par une distance égale, sont dessinés avec une distance augmentant avec l'éloignement de l'équateur, pour préserver les formes.

Cependant, le prix pour préserver les formes est que les surfaces sont exagérées avec la distance à partir de l'équateur. L'effet est plus prononcé au niveau des pôles, par exemple pour le Groënland, qui est montré avec une taille exagérée, même si sa forme est préservée. Les pôles en tant que tels ne peuvent pas être montrés dans la projection de Mercator.

→ Azimutale

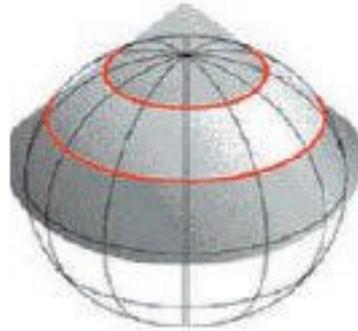


Résultat de la projection d'une surface plane sur un cône.

Dans une projection azimutale, une feuille de papier plane est tangente avec le globe sur un point. Le point d'origine projetant la lumière peut être situé au centre du globe (projection gnomonique), sur le point opposé sur la surface du globe, (projection stéréographique), ou sur tout autre point le long de la ligne définie par le point tangent et le centre du globe, par exemple à un point distant à l'infini (projection orthographique).

Dans toutes les projections azimutales, le point tangent est le point central d'une carte circulaire; tous les cercles passant à travers le point central sont des lignes droites, et toutes les directions à partir du point central sont précises. Si le point central est un pôle, les méridiens (grands cercles) partent de ce point, et les parallèles sont des cercles concentriques.

→ Conique



Résultat de la projection d'une surface sphérique sur un cône. Dans une projection conique, un cône est placé sur le globe, tangent sur un parallèle, et avec un point d'origine de lumière au centre du globe qui projette les éléments du globe sur le cône. Le cône est ensuite découpé au niveau du méridien convenu, et drapé sur une surface plane ayant la forme d'un cercle, auquel il manque un secteur.

Tous les parallèles sont des arcs de cercles avec un pôle (l'apex du cône d'origine) comme centre commun, et les méridiens apparaissent comme des lignes droites convergeant vers ce même point. Certaines projections coniques sont conformes (préservent la surface), d'autres sont équivalentes (préservent la taille).

Une projection polyconique utilise différents cônes tangents au globe à différents parallèles. Les parallèles sur la carte sont des arcs de cercles, mais pas concentriques.

Propriétés :

Conforme : Préservent les angles et les surfaces, et modifient les distances

Équivalente : Préservent les distances, et modifient les angles et les surfaces.

Quelques type de projections :

	Conformes	Équivalentes
Cylindriques	Mercator/Transverse Mercator	Lambert- cylindrique
Coniques	Lambert- coniques Bipolaire conique	AlbersBonne
Azimutales	stéréographique	Lambert- azimutale Lorgna
Diverses	Laborde	Mollweide

Définition d'une projection :

Une projection est définie par un ensemble de paramètres :

- Nom du système de référence : le datum. Il indique le système géodésique de référence. Ex : WGS84, NAD 27, ED50.
- Elliposoïde utilisé :
 - Nom
 - Paramètres
- Projection utilisée :
 - Nom
 - Type
 - Origine (latitude origine, longitude origine)
 - Constantes à l'origine (False easting, False Northing)
 - Facteur d'échelle sur la ligne d'altération nulle (k)

L'ensemble des ces paramètres liés à la géodésie permet de repérer un point sur la terre de la manière la plus précise possible. La complexité des calculs, des outils de mesure, voire des concepts utilisés font que précision absolue n'est cependant pas envisageable. Cependant, ces notions sont quotidiennement utilisées dans le contexte de la géographie et des SIG, et elles font partie du bagage pour évoluer de manière correcte avec des outils de cartographie numérique.

1.1.3 – Echelle

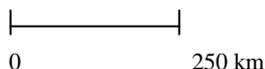
Les cartes représentent un espace selon une précision donnée. Cette précision est indiquée par le rapport entre la taille sur la carte et la taille sur le terrain de l'objet que l'on représente. Ce rapport est l'échelle de la carte, qui peut être écrit de deux manières : le mode texte et le mode dessin.

Mode texte :

1 : 50000

Cette représentation signifie qu'un centimètre sur la carte représente 50000 cm sur le terrain.

Mode dessin :





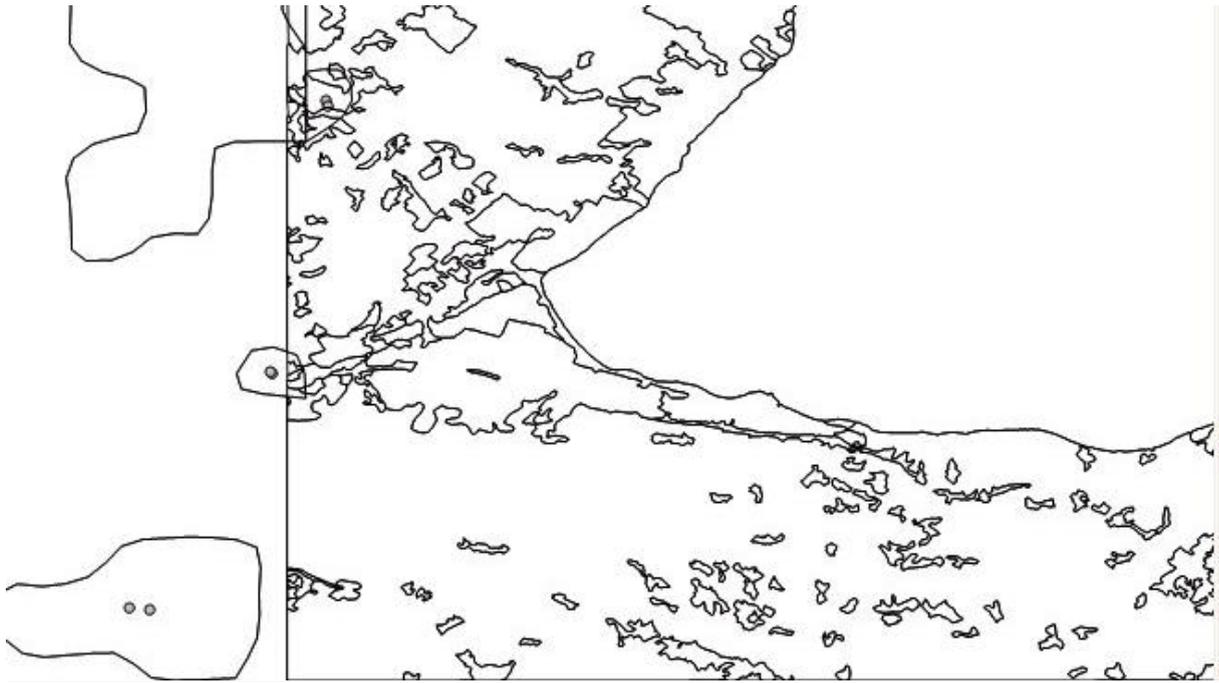
Rappel :

- Une carte à petite échelle a un fort dénominateur, mais représente les objets en les réduisant fortement (1 : 10000000).
- Une carte à grande échelle a un dénominateur faible, et représente les objets avec plus de précision (1 : 50000).

L'échelle est un des facteurs limitant pour la précision d'une carte. D'un point de vue pratique, celle-ci est en partie définie par la taille du support sur lequel elle doit être publiée. Avoir un support au format A4 ou au format A0 induit une différence dans la précision de la représentation.

Les outils numériques ont créé quelques malentendus concernant les échelles. Cette notion, simple à comprendre dans le cas de cartes en format papier, est plus délicate à gérer dans le cadre du travail en numérique.

- L'affichage à l'écran, avec notamment les possibilités de zoom, est à utiliser avec précaution. L'échelle de la carte sur l'écran change à chaque fois que les outils zooms sont utilisés. Cette information n'est donc fiable que dans des conditions très précises, et nécessite d'être considérée prudemment.
- Les fonds de cartes utilisés sont numérisés sur des fonds qui sont souvent au départ à une échelle différente. Le fait de pouvoir superposer ces fonds sans précautions implique de pouvoir afficher dans le même espace de travail des calques à 1 : 1000000, et des calques à 1 : 50000. Ceci est partiellement en contradiction avec la notion d'échelles, car on peut aboutir à des représentations n'ayant pas de sens sur le plan des informations publiées.



Changements d'échelle sur le même territoire

- Les tirages papiers de cartes est le seul instant où l'échelle est calée. Il faut à cet instant indiquer le ratio entre la taille de l'objet sur la carte, et celle sur le terrain. Malgré cela, on est toujours tributaire de la résolution géographique des données utilisées pour la précision des informations.

1.1. 4 – Cartographie

La cartographie est un moyen de représenter le monde de manière réduite. Cette représentation ne correspond pas à la réalité, et la cartographie n'est qu'un moyen de représenter la réalité. Elle modélise le monde réel, par de moyens intellectuels, techniques et technologiques, qui ont forcément des limites de précision.

Les outils utilisés pour effectuer des mesures, des repérages, des rendus, ont par exemple une fourchette d'erreur (la moins grande possible) qui induit des imprécisions dans les représentations d'un territoire. La conséquence de l'ensemble de ces limitations est le fait qu'il est impossible de réussir une carte définitive. Le [mythe de la carte de l'Empire](#) résume bien ces limites.

De manière générale, il existe deux principaux types de cartes :

- ➔ Les cartes topographiques, qui représentent un vision générale du territoire. Des informations telles que les routes, les rivières, les forêts, villes et sommets, y sont localisées. L'usage de ces cartes est avant tout de la localisation, ou la définition de parcours et de trajets.

→ A un second degré, les cartes thématiques sont un moyen de faire passer un message sur une problématique particulière. Le message devant être clair et bien formulé, sa mise en place fait appel à des conventions de représentation. Ces conventions sont structurées par une discipline que l'on dénomme la sémiologie graphique (la science des signes).

1.1.5 - Sémiologie graphique

- La sémiologie graphique est la discipline qui commande les règles de présentation et de mise en page d'une carte.
- En effet, l'art de faire une carte est celui d'organiser des signes sur un support plan et à deux dimensions. En effet, les cartes ont un sens, et la création de ce sens doit être maîtrisée par le cartographe.
- Ces signes sont ensuite lus et compris par le lecteur, qui peut ainsi se faire une interprétation d'un phénomène donné sur le terrain. Un détail de ces signes, et de leurs représentations possible, est détaillé sur le schéma ci-dessous.

		LES VARIABLES DE L'IMAGE											
		POINTS		LIGNES		ZONES		PROPRIÉTÉS					
XY 2 DIMENSIONS DU PLAN		x	x	x	/	~	/	14 15 9	2 1 18 2	Q	O	≠	≡
	Z TAILLE	■	■	■	/	~	/	■	■	Q	O	≠	≡
	VALEUR	■	■	■	/	~	/	■	■	O	≠	≡	
		LES VARIABLES DE SÉPARATION DES IMAGES											
	GRAIN	■	■	■	/	~	/	■	■	O	≠	≡	
	COULEUR	■	■	■	/	~	/	■	■	≠	≡		
	ORIENTATION	■	■	■	/	~	/	■	■	≠	≡		
	FORME	■	■	■	/	~	/	■	■	≠	≡		

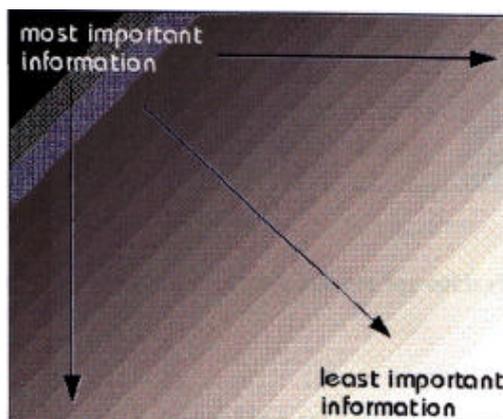
Les différentes variables utilisables pour représenter des objets cartographiques

Source : <http://www.sciences-po.fr/cartographie/semio/cartographie/semio/index.htm>

- Dans la démarche de construction d'une carte, il est important de se poser quelques questions préalables :
 - Quel est le but de la carte ?
 - Qui lira cette carte ?
 - Où sera-t-elle utilisée ?



- Quelles sont les données à disposition ?
- Quelles sont les ressources disponibles (temps et équipement) ?
- La réponse à chacune de ces questions permet de cerner le résultat que l'on souhaite obtenir, ainsi que les moyens dont on dispose.
- La mise en page des cartes comprend quelques éléments indispensables.
 - un titre
 - une légende
 - une échelle
 - la date, les sources et l'auteur
 - éventuellement un cadre pour délimiter la carte dans la page utilisée.
- il est également important de prendre en compte le support sur lequel la carte sera publiée. La taille de ce support permet de prévoir la taille des objets, des polices. Il est très important de travailler directement à la taille définitive de la carte.
- Il est important également de savoir si elle sera en couleur ou en noir et blanc.
- Les écritures sont un élément important : il convient de s'en servir également pour hiérarchiser les informations.
- La construction d'une carte implique tout d'abord de faire un «brouillon» (une « minute »). Par la suite elle demande un certain nombre d'aller-retour entre le cartographe et son client (processus itératif).
- L'organisation des informations dans une page est également importante.



Source : « Cartographic communication » K.E. Foote, S. Crum, Université du Texas
(www.utexas.edu)

- Les logiciels de SIG sont en général limités en ce qui concerne les capacités graphiques de mise en page. Les cartographies de communications sont très souvent réalisées avec des logiciels de dessin vectoriel, Free-Hand ou Illustrator.



L'ensemble de ces informations permet au lecteur de placer la carte dans son contexte, mais aussi d'avoir des informations sur sa validité. Les sources et la date sont ainsi de bonnes informations sur la pertinence de la carte et la fraîcheur des informations.

La construction d'une carte demande une méthodologie relativement formelle. Il est ainsi important d'avoir une réflexion préalable sur le message que l'on veut faire passer. Pour cela, la meilleure solution est d'avoir assez rapidement le titre de sa carte, de manière à cadrer son objectif. Cet objectif est cependant lié aux données que l'on possède, ou que l'on peut acquérir. Il est également important, notamment dans le contexte des SIG, d'estimer de manière relativement précise le temps nécessaire à la construction de la carte.

1.1.6 - Analyses thématiques

Les analyses thématiques correspondent aux traitements statistiques que l'on peut faire avec les données. Le traitement passe par un diagramme de distribution des données, qui peuvent alors être divisées en classes. Les analyses thématiques impliquent d'identifier les données selon leur nature. Il existe en effet des variables à caractère qualitatif, et des variables à caractère quantitatif.

- Les données qualitatives sont celles qui peuvent être nommées : un arbre, une maison, une route.
 - Les données nominales
 - Les données ordinales

- Les données quantitatives sont celles qui peuvent être mesurées : un taux d'humidité, une densité, voire une altitude.
 - Les ratios (densités, etc...)
 - Les intervalles (courbes isothermiques, isohypses,...)

- Elles peuvent être représentées et différenciées à l'aide de plusieurs types de figurés :
 - La taille
 - La couleur
 - La forme
 - La valeur
 - Le grain
 - La texture-structure
 - L'orientation

Le type de traitement est différent selon la variable que l'on appréhende. Le schéma ci-dessous reprend les principes de base de la cartographie.



Supported by the
European Commission under the
Intelligent Energy - Europe
Programme

		implantation		
		ponctuelle	linéaire	zonale
Données	qualitatives	nominales	variation de forme et/ou de couleur 	texture-structure
		ordinales	<ul style="list-style-type: none">○ sous-préfecture● préfecture● préfecture de région	<ul style="list-style-type: none">--- sentier— route départementale— route nationale— autoroute
quantitatives	échelle d'intervalle			
		échelle de rapport	variation de taille effectifs (parfois taux)	variation de taille

Figure 3.9 Les modes de représentation cartographique



La construction des cartes thématiques demande la construction de « classes ». Ces classes sont d'un nombre limité, pour optimiser la représentation des phénomènes. La lecture d'un document est rendue difficile si les informations sont trop longues à décrypter. Aussi le nombre de classes doit être compris entre 3 et 8 au grand maximum, l'idéal étant entre 4 et 6.

Le principe général pour définir des classes est de projeter la distribution des valeurs sur un histogramme. Cette distribution peut ensuite être divisée en plusieurs classes. Elles peuvent être définies selon plusieurs méthodes, selon l'objectif que l'on souhaite avoir.

- classes de même amplitude (dans le cas d'une distribution uniforme)
- classes de même effectif (dans le cas d'une distribution symétrique)
- classes en progression arithmétique (pour des distributions très dissymétriques)
- limites aux discontinuités de la série (pour des distributions plurimodales)¹

Les classes ainsi obtenues sont la structure de la légende, à laquelle il faut rajouter les formes de représentation pour aboutir à une carte définitive.

1.2 - Notions informatiques

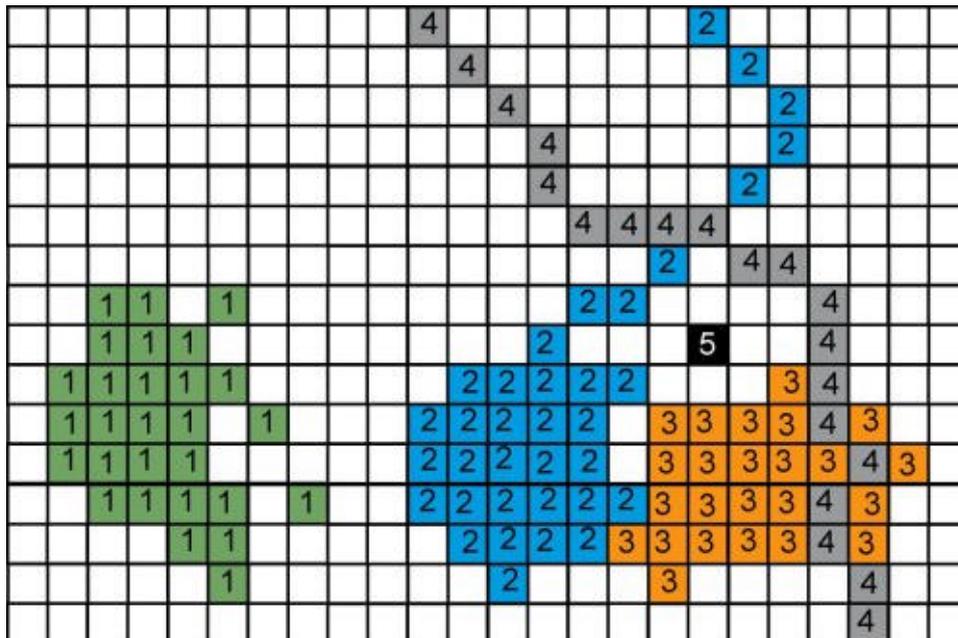
1.2.1 - Modes de représentation des données graphiques (vecteur/raster)

L'informatique permet de représenter des images de deux manières différentes. Ces deux méthodes sont utilisées en SIG, avec des éléments technologiques supplémentaires pour intégrer la dimension géographique.

Des images « simples » (cartes scannées ou photos aériennes),

Des images « matricielles » (images satellites, cartes raster).

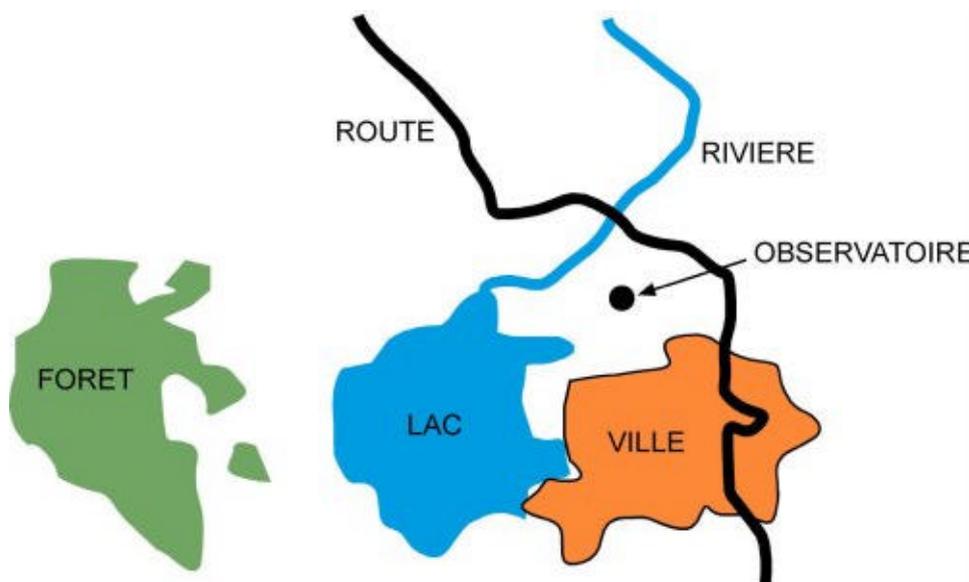
¹ Dumolard, L'OUTIL INFORMATIQUE EN GÉOGRAPHIE, http://iga.ujf-grenoble.fr/book_geoinfo.pdf



1 = FORETS
2 = HYDROGRAPHIE
3 = HABITAT
4 = ROUTES
5 = OBSERVATOIRE

La forme matricielle associée à chaque pixel d'une image est transformée en couleur. Cette forme de représentation est relativement puissante, puisqu'elle permet d'ajouter ou soustraire des images ayant un contenu différent, et d'obtenir ainsi une troisième information.

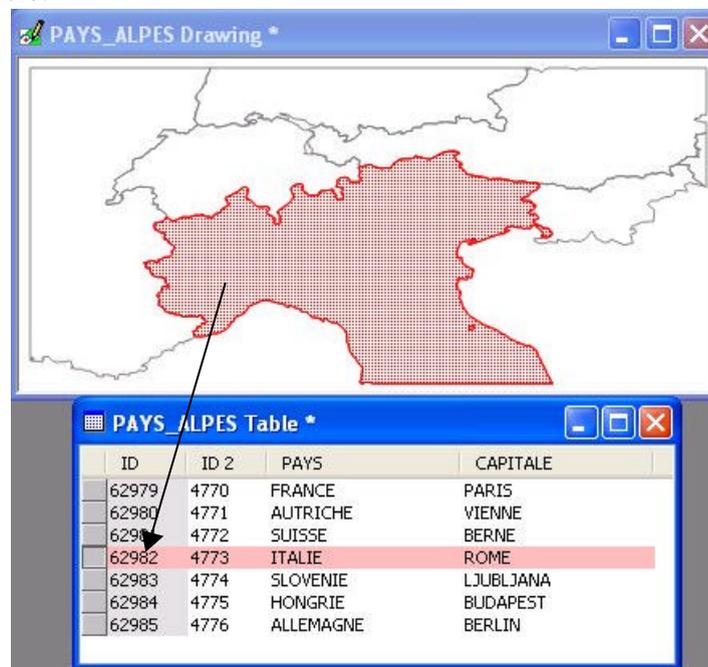
Des fichiers sous forme vectorielle :



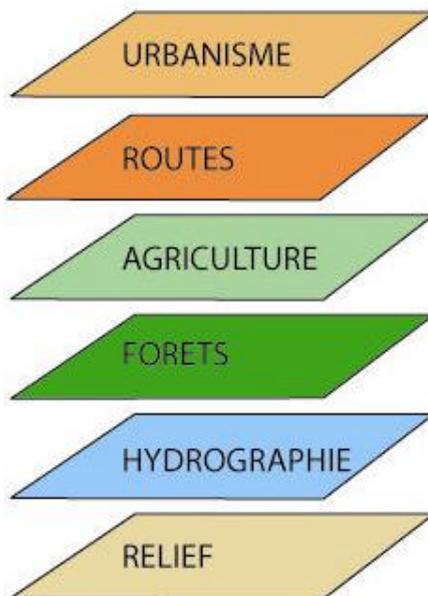
La représentation vectorielle intègre trois types d'objets : les points, les lignes, les surfaces. L'échelle de représentation est un des facteurs de choix pour la primitive d'un objet.

Outre la simple représentation graphique, la double particularité des ces données est la suivante :

- Elles sont géoréférencées, ce qui signifie qu'elles sont référées à un système de coordonnées. Les logiciels qui les traitent sont donc capables de les référencer les unes par rapport aux autres, en les positionnant à l'aide des leurs coordonnées géographiques.
- Les données graphiques sont couplées à d'autres informations (les attributs), qui peuvent être des données alphanumériques (pour les données vectorielles), ou des chiffres pour les données matricielles par l'intermédiaire d'un numéro d'identifiant. Les attributs sont organisés en bases de données, et sont des informations complémentaires concernant chaque objet représenté. Pour l'exemple d'une pays, les attributs de chaque vecteur pourront être son nom, la capitale, la population, la densité, voire sa superficie.



Les informations sont organisées en calques, ou couches : chaque calque contient un seul type d'information. On superposera donc des calques dans un projet pour obtenir une carte.



1.2.2- Bases de données et structuration des données attributaires

Les bases de données sont couplées aux objets vectoriels. Les bases de données peuvent être traitées de deux manières différentes. En monofichier, ou en mode relationnel.

Le mode « monofichier »

Dans les Sig, les données sont structurées dans des tableurs ayant une logique monofichier. Cette structuration relativement simple, qui utilise simplement des lignes et des colonnes, permet cependant de faire des opérations assez poussées. Parmi ces opérations figurent le tri, la lecture, la modification, l'écriture, la sélection d'attributs et d'entités de la B.D.

Les SIG proposent des opérateurs puissants et nombreux pour réaliser ce genre d'opérations, ce qui les rend déjà en tant que tel performants sur ce point.

Dans le cas de bases de données plus complexes et importantes, les liens ODBC permettent de connecter les fichiers avec des tables situées dans des SGBDR, ce qui permet de s'appuyer sur des bases de données beaucoup plus riches et mieux organisées.

Le modèle entité-association

Dans le cas de bases de données plus complexes, il existe un type d'organisation des données plus élaboré. Il s'agit du modèle relationnel, géré avec des logiciels de SGBDR (Systèmes de Gestion de Bases de Données Relationnelles), qui sont alors connectés avec les logiciels de SIG par des liens ODBC (Object DataBase Connection).

Le modèle relationnel pose les principes suivants :

- chaque entité est représentée dans une table

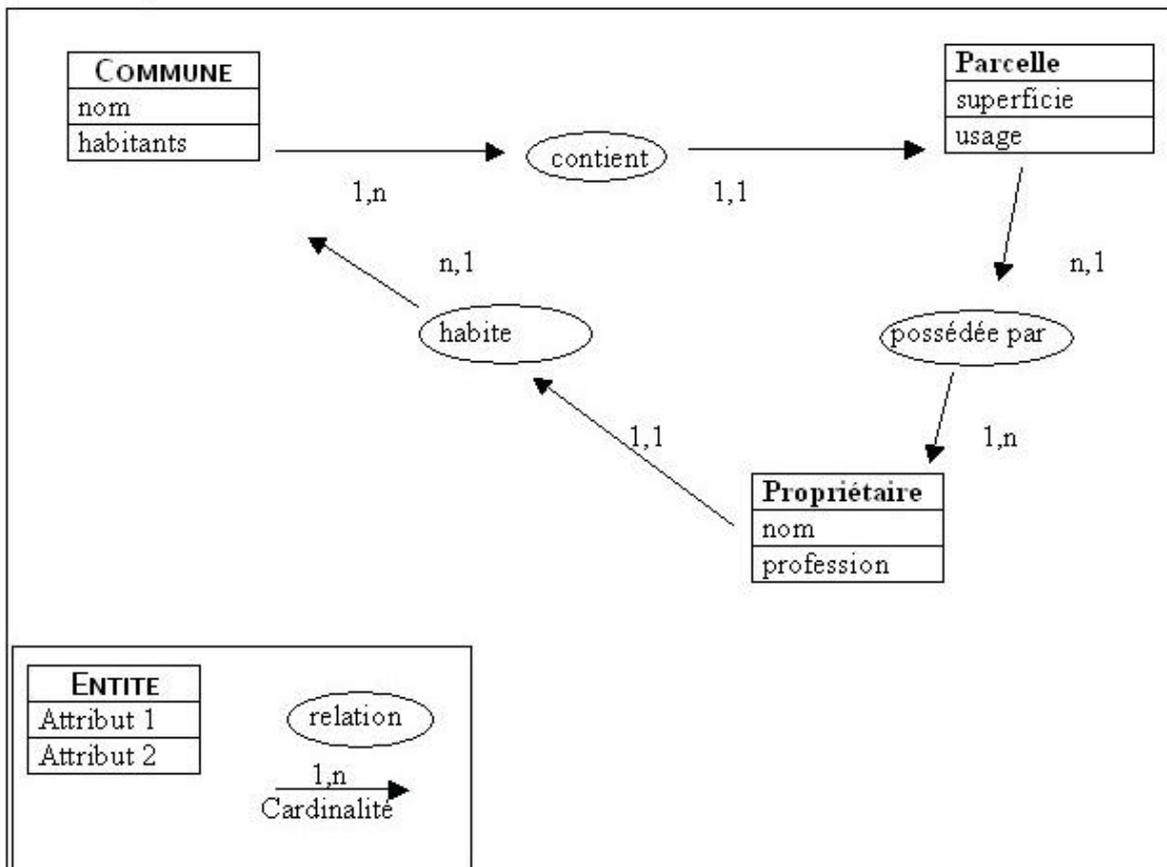
- chaque table contient plusieurs champs, qui contiennent les attributs correspondant à l'entité.
- Elle contient obligatoirement une clé primaire, qui correspond à l'identifiant de chaque objet.
- Les tables sont reliées entre elles par des champs communs, selon des associations qui possèdent des propriétés.

Le gros avantage de ces systèmes est l'optimisation de l'organisation et du stockage des informations.

La méthodologie pour construire ces modèles relationnels, implique de respecter quelques règles de base :

- identifier les entités
- lister les attributs
- ajouter les identifiants
- établir les associations entre les entités
- calculer les cardinalités.

Exemple :



Exemple de Modèle Conceptuel de données



Par ailleurs, le modèle doit être exhaustif et éviter toute redondance. Pour lisser le modèle, il est intéressant de suivre plusieurs fois ces étapes, ce qui permet d'affiner le résultat².

Ce mode d'organisation des données est très intéressant dans le cadre des SIG, car on fait correspondre la notion d'entité à celle d'objet, ce qui permet de sauvegarder les attributs liés à un calque dans une base de données.

Le principe des requêtes permet d'interroger efficacement ces données, pour retrouver l'information. Les requêtes sont un outil de fondamental des bases de données, qui s'appuient sur les opérateurs cités ci-dessus. Elles ont trois fonctions principales.

- la réalisation de vues (consultation de données n'intéressant qu'une thématique précise)
- la maintenance (ajout et suppression d'informations)
- la recherche d'informations (recherche d'informations par critères)

Différents types de requêtes ont été créés pour assurer ces fonctions.

- la sélection simple
- la jointure (« amélioration » de la sélection)
- le regroupement (« amélioration » de la sélection)
- l'union (une des opérations ensemblistes)
- la mise à jour (requête principale de maintenance)
- la suppression (requête principale de maintenance)
- l'analyse croisée (particularité d'Access)³

Le principe des requêtes s'appuie sur des opérateurs permettant de travailler sur les valeurs des tables. Ces opérateurs sont également valables pour les systèmes 'monofichiers' indiqués en préambule de ce chapitre.

- Les opérateurs **arithmétiques** (+, -, *, /, puissance) combinent des **valeurs numériques quantitatives**, soit d'un même attribut (exemple : addition des surfaces de deux entités), soit de 2 attributs (exemple : calcul de densité en divisant population par surface, dans le même tableau). Le résultat de l'opération est **numérique quantitatif**.

- Les opérateurs de **comparaison** (< , = , >) comparent des **valeurs numériques ou alphabétiques** d'un même attribut ou d'attributs différents. Le résultat d'une comparaison est **binaire** (vrai / faux).

- Les opérateurs **logiques** de base sont : ET, OU, NON. Ils mettent en relation des **valeurs binaires** (le plus souvent issues d'une comparaison) et permettent, entre autres, de sélectionner les entités ayant mêmes valeurs sur plusieurs attributs.

² Cyril Gruau, ENSP, Conception d'une base de données, mise à jour 2005,

³ Cerig : Les bases de données relationnelles (<http://www-cerig.efpg.inpg.fr/tutoriel/bases-de-donnees/chap10.htm>)

Les divers types d'opérateurs sont, bien évidemment, combinables pour composer des requêtes complexes.⁴

A un niveau plus avancé, le langage SQL, langage universel pour les bases de données, permet de faire de la gestion de tables, et de la gestion de données, dans des logiciels différents, avec le même langage. Ce langage possède des commandes qui permettent de créer une table, de la supprimer, de sélectionner, d'unir des tables, etc.... Son principe de base est la syntaxe suivante :

Select «Item»
From «Table »
Where «Condition »

Les fonctions de bases du langage SQL sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Table: Eléments de composition du langage SQL

NOM	DESCRIPTION	EXEMPLE
ALTER	permet de modifier la structure d'une table une fois celle-ci créée	ALTER TABLE [Cultivated Fields] ADD COLUMN [Owner] TEXT(25)
CREATE	permet de créer une nouvelle table	CREATE TABLE [Cultivated Fields] ([Owner] TEXT, [Crop Type] TEXT)
DELETE	efface les objets des tables définies par la clause FROM et répondant aux critères de la clause WHERE	DELETE * FROM [Cultivated Fields] WHERE [Owner] = "Keharbaih Moti"
DROP	efface une table	DROP TABLE [Cultivated Fields]
FROM	définit les tables sur lesquelles va porter la requête	SELECT * FROM [Cultivated Fields] WHERE [Crop Type] = "Cotton"
GROUP	permet de grouper les éléments résultant d'une requête en fonction d'un attribut	SELECT *, Count(ID) AS [Fields Number] FROM [Cultivated Fields] WHERE [Crop Type] = "Cotton" GROUP BY [Owner]
INSERT	permet d'ajouter un ou plusieurs objets dans une table	INSERT INTO [Cultivated Fields] ([Owner],[Crop Type]) VALUES ("Keharbaih Moti", "Cotton")
JOIN	permet de joindre deux tables en fonction de la valeur d'un attribut commun	SELECT * FROM [Cultivated Fields], [Households] INNER JOIN [Cultivated Fields].Owner ON [Households].Owner WHERE [Households].Class < 2
ORDER	permet de trier le résultat d'une requête par ordre ascendant ou descendant d'un attribut	SELECT * FROM [Cultivated Fields] WHERE [Crop Type] = "Cotton" ORDER BY [Owner]
SELECT	sélectionne les objets ou champs mentionnés par rapport aux critères définis	SELECT * FROM [Cultivated Fields] WHERE [Crop Type] = "Cotton"
TRANSFORM	permet de créer un tableau à double entrée	TRANSFORM Count(ID) SELECT [Owner] FROM [Cultivated Fields] GROUP BY [Owner] ORDER BY [Owner] PIVOT [Crop Type]
UNION	permet de combiner les résultats de requêtes distinctes	SELECT [Owner] FROM [Cultivated Fields] WHERE [Crop Type] = "Cotton" UNION SELECT [Owner] FROM [Households] WHERE [Class] > 2
UPDATE	permet la mise à jour de champs par calcul ou substitution sur la base d'un critère	UPDATE [Cultivated Fields] SET [Owner] = "Keharbaih Moti" WHERE [Owner] = "Talsibhai Moti"
WHERE	spécifie les critères qui décideront de la sélection des éléments	SELECT * FROM [Cultivated Fields] WHERE [Crop Type] = "Cotton"

Source : **Tutorial en ligne de l'EPFL « Requêtes spatiales et thématiques »**
(http://lasig.epfl.ch/services/manifold_tutoriaux.shtml)

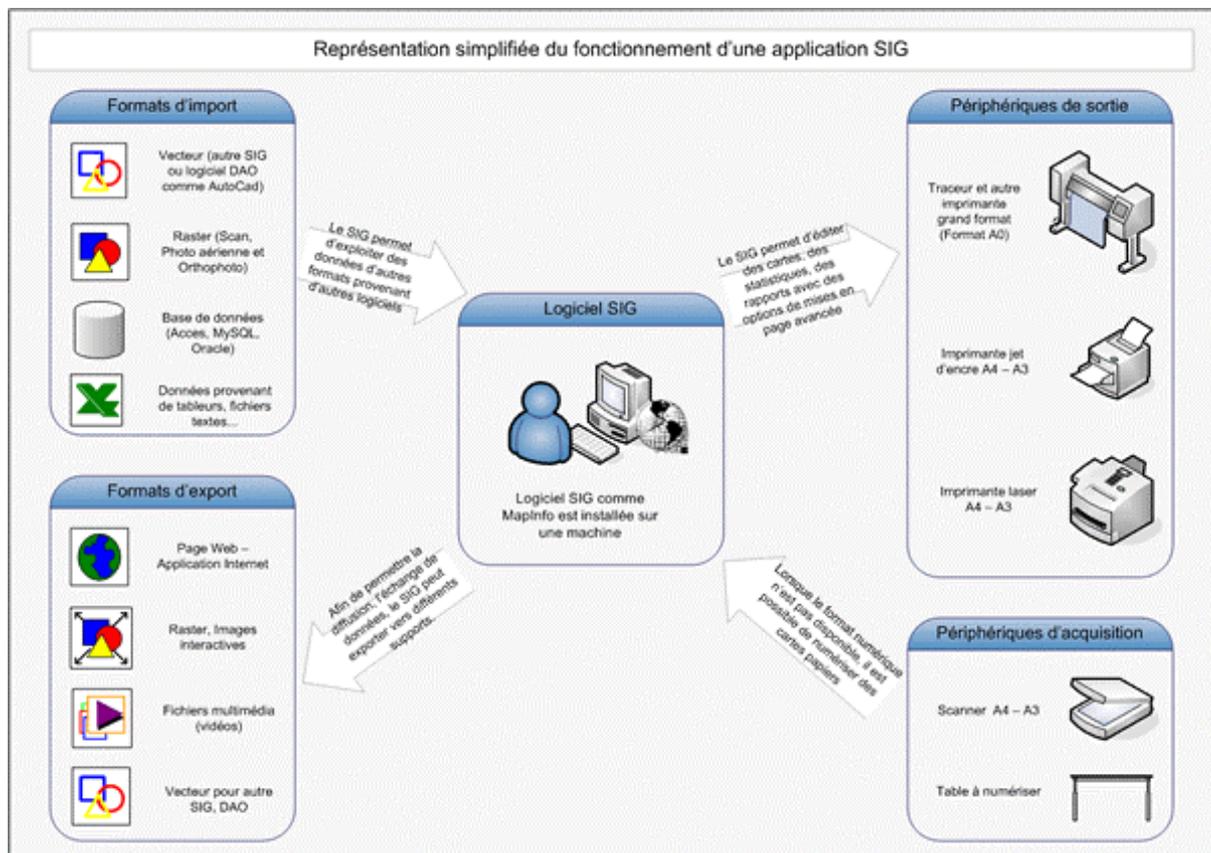
Un approfondissement du langage SQL dans les SIG est effectué dans le paragraphe 2.4.3

⁴ Dumolard, L'OUTIL INFORMATIQUE EN GÉOGRAPHIE, http://iga.ujf-grenoble.fr/book_geoinfo.pdf

1.2.3 - Système de logiciels

Les SIG font appel à plusieurs logiciels, à cause de la diversité des données à traiter, et de la diversité des modes de rendus. Le choix des logiciels est donc important. Du fait de la diversité des formats et des sources d'images, les logiciels à prévoir sont de diverses catégories :

- logiciels de SIG vectoriels (type Mapinfo, Arcview, Manifold)
- logiciels de bases de données (type Access, Oracle, Mysql)
- logiciels de traitements d'images (type Erdas, PCI Geomatics, Envi, ErMapper)
- logiciels de métadonnées (Reports)
- logiciels de dessin (type Adobe Illustrator et Photoshop)
- utilitaires (notepad, excel, logiciel ftp, logiciel html, word,...)



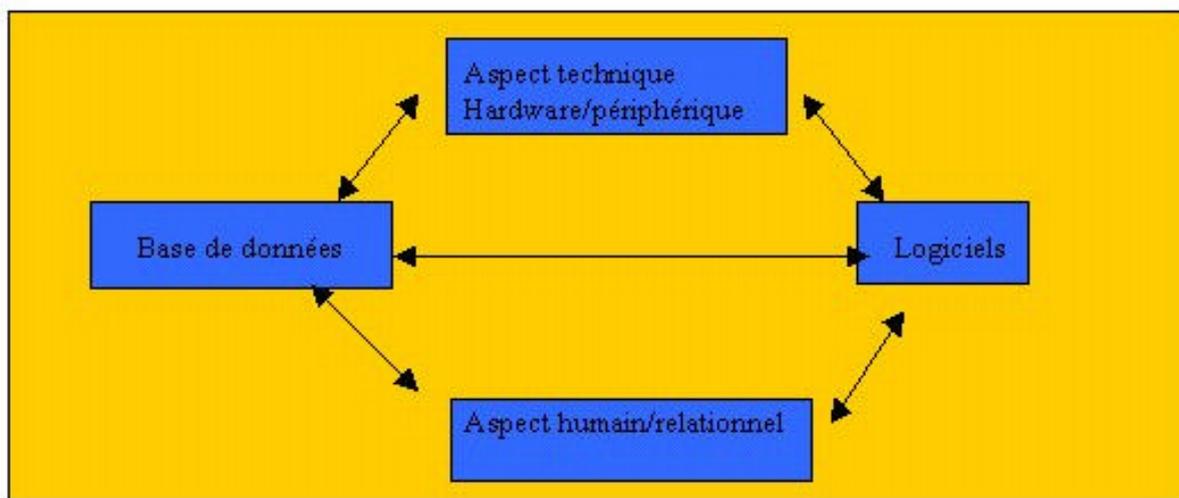
Les notions informatiques et théoriques à maîtriser sont donc relativement nombreuses, ce qui rend la manipulation des SIG plutôt technique. Un niveau avancé en informatique « bureautique » est nécessaire pour aborder l'univers des SIG, ainsi que la maîtrise des divers concepts géographiques abordés en début de document.

2 – CONCEPTION ET EXPLOITATION D'UN SIG

2.1 - Préambule sur les besoins structurels :

Un SIG est un Système d'Information Géographique. La définition la plus courante d'un SIG est la suivante : « **système de logiciels, de périphériques, et de hardware permettant d'acquérir, de stocker, de traiter et d'éditer des données à caractère géographique.** »

Un SIG est un système qui dépend de quatre pôles indissociables :



Dans le langage courant, un SIG correspond en général uniquement à un logiciel de bureautique du type Arcview ou Mapinfo. Nous utiliserons par conséquent ce terme tel que l'usage le demande, tout en gardant à l'esprit le sens véritable du mot «système » dans le terme SIG.

⇒ ASPECT TECHNIQUE

Un SIG doit permettre à son utilisateur de traiter rapidement des données lourdes, et se présentant sous de multiples formats. Par conséquent, un SIG doit s'appuyer sur des configurations assez spécifiques :

- Grande capacité de stockage sur le Disque Dur.
- Vitesse de traitement importantes pour les opérations sur des fichiers lourds : PCU et Ram élevées.
- Présence de périphériques permettant l'acquisition, le traitement et l'export d'images : scanner, écran de taille suffisante (minimum 17 pouces), imprimante de qualité, graveur.

⇒ LOGICIELS



Le choix du logiciel est étroitement lié aux données que l'on doit manipuler, et à l'application sur laquelle on travaille. Ces données sont souvent différentes au niveau de l'échelle, de la source, de la nature de l'information.

Le résultat de cette hétérogénéité est qu'un SIG doit d'une part s'appuyer sur plusieurs logiciels spécifiques, et d'autre part garantir une bonne capacité de communication entre ces logiciels.

Une application complète peut ainsi demander l'usage de logiciels de traitement d'images, de gestion de bases de données, de traitement vectoriel (topologie), de graphisme pour la cartographie. La chaîne des opérations à réaliser pour obtenir les résultats souhaités est souvent assez complexe pour aboutir à l'utilisation de plusieurs logiciels.

Par ailleurs, un SIG doit être « ouvert », c'est à dire doit pouvoir permettre des échanges de données avec d'autres structures.

⇒ LES DONNEES

Une des caractéristiques de ces données est qu'elles représentent souvent une partie considérable du budget au niveau de l'achat, et qu'elles demandent beaucoup de temps pour être intégrées au système, puis maintenues. Cela représente un poste dont l'importance peut être sous estimée, en termes de temps de travail et de fonds à mobiliser pour leur achat.

⇒ ASPECT HUMAIN

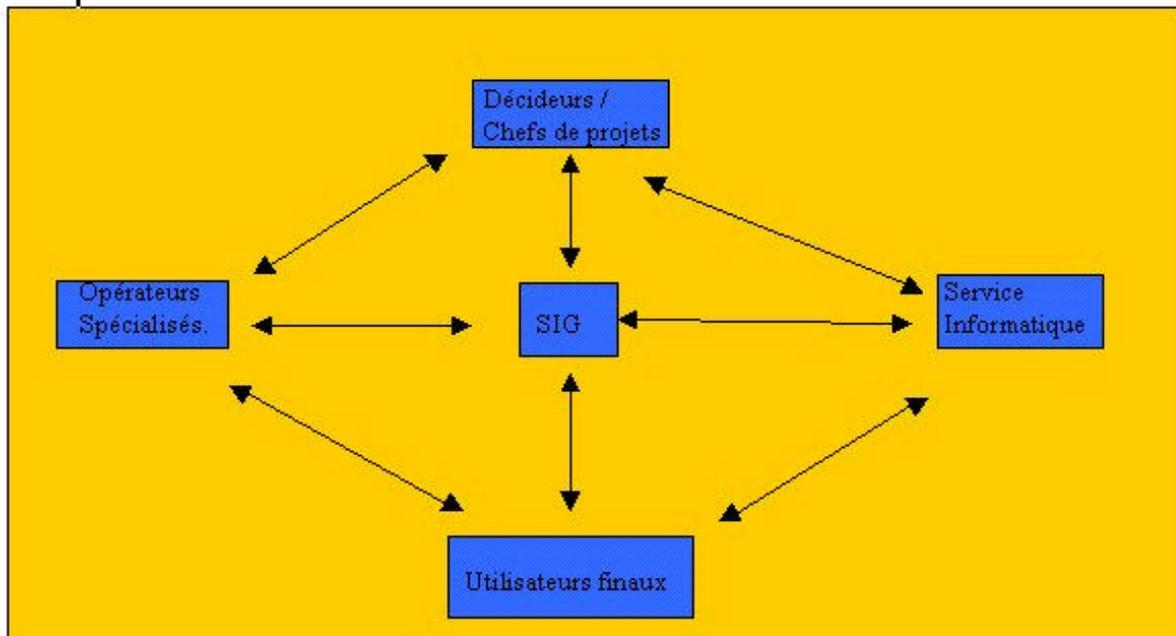
Un SIG, par sa complexité, est un système qui réclame l'intervention courante de plusieurs « corps de métiers » :

- des informaticiens pour gérer le système
- un ou plusieurs opérateurs spécialisés pour gérer des données et piloter l'évolution du SIG
- un ou plusieurs décideurs pour indiquer la direction générale à adopter selon les besoins stratégiques de la structure.

Il peut être sollicité par plusieurs services dans une même structure. Il centralise en quelque sorte des informations communes, et ne peut pas être considéré comme sectoriel. Ces informations peuvent être divisées d'un point de vue thématique, mais l'ensemble de l'information reste pertinente quand on la replace sur un plan global.

C'est en général un outil transversal dans une entreprise, au même titre que peut l'être un intranet, un groupware ou un Système d'Information classique.

La bonne gestion d'un SIG dépend donc d'une bonne communication entre les acteurs suivants :



2.2 - Conception du SIG :

2.2.1 - Définition des besoins et objectifs

De la même manière que pour la cartographie, un SIG ne peut pas répondre à toutes les représentations, à tous les niveaux d'échelle. Il est donc nécessaire de faire des choix en fonction de ses objectifs, pour optimiser l'efficacité des futures représentations que l'on obtiendra.

Cette phase préalable est décisive dans la mise en place d'un SIG. Elle peut-être décrite de plusieurs manières, mais il est très important de ne pas omettre certains points au moment de définir son application.

On peut indiquer les points suivants pour rationaliser cette démarche :

⇒ but de l'application

- domaine d'application (gestion de forêts, transports, gestion de réseaux, etc...)
- public visé
- média(s) utilisé(s)

⇒ moyens disponibles

- techniciens formés
- moyens informatique (logiciels, hardware)
- données
- budget



⇒ méthodologie de construction de la base de données.

Des réponses à ces questions découlent des choix concernant les logiciels à choisir, les données à acquérir, les personnels à former ou à engager. Une donnée capitale à intégrer à cette étape est que le poste le plus important est celui des données, qui représentera environ 80 % du budget, que ce soit en temps de travail pour les créer ou les acquérir, ou plus simplement en investissement par le biais d'un achat.

Ce point est très souvent un écueil inattendu et peut être l'origine de dysfonctionnements importants dans la production de résultats, mais aussi et surtout dans la gestion du personnel. Les techniciens chargés des production de cartes n'ont parfois pas les moyens ou le temps matériel pour réaliser le travail demandé, ce qui est relativement peu facile à comprendre par des personnes ne maîtrisant pas complètement la complexité des ces logiciels et des travaux y afférent.

2.2.2 - Détection des logiciels correspondants

Le choix des logiciels dépend étroitement des paramètres déterminés précédemment. La réussite d'un SIG dépend en grande partie du logiciel, qui reste la clé de voûte du système.

Il existe quelques critères supplémentaires à prendre en compte au moment de décider de l'achat d'un logiciel :

- les fonctionnalités correspondant aux besoins
- les capacités d'échanges des formats.
- les éventuels développements nécessaires pour l'intégration dans son propre système
 - le rapport qualité/prix
 - le taux de diffusion (communauté d'utilisateurs, supports, codes ou utilitaires déjà existants)
 - éventuellement la pérennité de l'éditeur

2.2.3 – Formation

La formation des utilisateurs doit être faite en prévision de la complexité du système à prévoir. Les opérateurs SIG, ainsi que les gestionnaires de projets, sont sollicités sur un certain nombre de notions qui se complexifient.

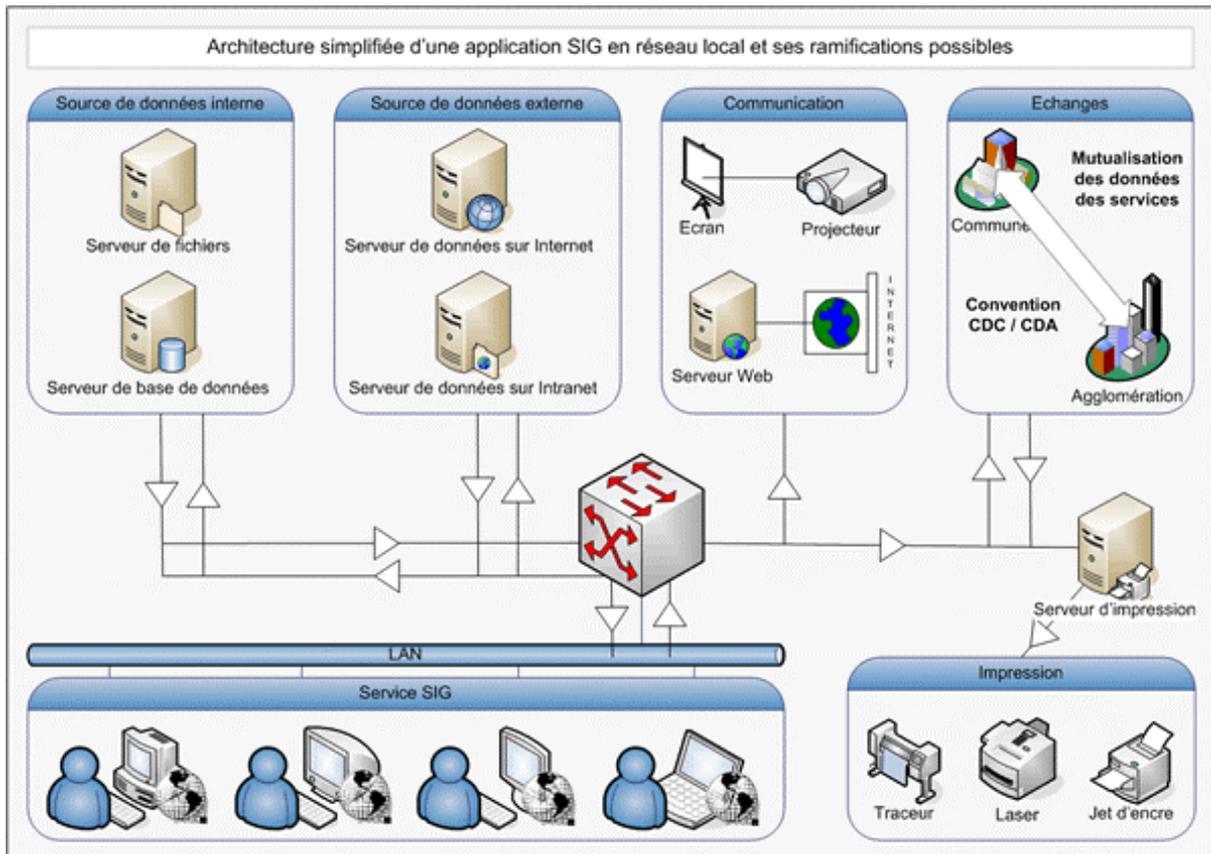
Les notions de bases en géographie (les projections, les formats de données, le sens d'une carte), en informatique (les bases de données, les images, voire les réseaux et les serveurs), et éventuellement en graphisme, forment un éventail de compétences large, qui nécessite une formation et une pratique assez poussée. Celle-ci doit permettre à minima de connaître les tenants et aboutissants de ces outils, dont la puissance est proportionnelle au degré de complexité.

Outre la connaissance des notions primordiales, la pratique régulière de l'outil est un élément indispensable pour sa meilleure maîtrise. Cette pratique peut être renforcée par des formations régulières, sur des logiciels ou sur des techniques et méthodes, telles que la programmation, le traitement d'images satellites, ou les bases de données. L'évolution et la

complexification des SIG rend la maîtrise complète de tous ces outils de plus en plus difficile. On assiste donc à des sous-spécialisations des professionnels de SIG.

2.2.4 - Mise en place du système sur informatique (notion de réseau, serveurs de données, métadonnées)

L'informatique est le support quotidien des administrateurs SIG. La notion de système faisant allusion au hardware et aux périphériques, il est important de maîtriser ces domaines.



- de nombreux services SIG possèdent des traceurs pour imprimer les productions sur des supports A 0, ou pour faire des tirages à grande série
- les bases de données sont de plus en plus souvent stockées sur des serveurs, qui permettent une consultation ou une utilisation, multi-utilisateurs.
- La maturation des technologies web aboutit à la mise en place d'applications web-carto, demandant une maîtrise relativement avancée de la technologie internet.

Il est très rare qu'un SIG se mette en place ex-nihilo. Il est beaucoup plus souvent intégré à un système d'information, plus ou moins formel, existant déjà. Les réseaux d'ordinateurs, les périphériques d'impression ou de scan, les serveurs et les bases de données, voire les sites intranet, sont la plupart du temps ultérieurs à la mise en place du SIG. Celui-ci doit donc s'intégrer à l'existant, ce qui pose quelques conditions :



- que le logiciel tourne sur un OS compatible avec le reste du réseau (Windows, Unix, voire Linux)
- que les pilotes soient compatibles avec les périphériques ou avec les autres logiciels (moteurs de bases de données)
- que les ressources demandées par le logiciel soient en phase avec le système informatique

L'intégration du SIG dans le système d'information est donc une phase à prendre en compte très sérieusement, de manière à ce que toutes les fonctions demandées par les SIG soient exploitables. Les dysfonctionnements matériels, en particulier au niveau des impressions, sont des sources de pertes de temps assez importantes. Traiter ces sujets en amont de l'installation peut être une opération constructive.

2.3 - Construction de la base de données :

Rappelons que les données sont organisées selon trois modèles, suivant leur nature.

- données vectorielles
 - modèle géométrique (ou spaghetti) : les objets ne sont pas organisés entre eux
 - modèle topologique : les objets possèdent des informations sur leurs voisins.
- données attributaires
 - les attributs sont organisés selon le modèle relationnel ou entités/rerelations.

Leur organisation et leur acquisition sont des étapes importantes pour optimiser par la suite la gestion et l'exploitation du SIG.

2.3.1 - Définition des sources (cartes scannées, photos aériennes, images satellites, relevés GPS)

Le travail sur les sources est le préambule à la mise en place de la base de données. Les données cartographique sont relativement compliquées à traiter, pour diverses raisons :

- les producteurs sont très variés : IGN (cartes topographiques), géomètres (relevé topographiques ou orthophotoplans), structures publiques (fond vectoriel), producteurs d'images satellites, sont autant d'acteurs. Identifier le bon producteur de données peut prendre du temps en amont du projet.
- Les représentations géographiques sont extrêmement variés : cartes topographiques, orthophotos, données 3D, images satellites, données GPS, voire tableaux Excel. De cette diversité d'informations disponibles, il faut connaître celle qui parviendra le mieux à remplir ses besoins. Une source n'étant jamais exhaustive ni parfaite, il est souvent nécessaire de s'appuyer sur plusieurs types de supports, par exemple pour des informations multi-échelles.



- Les formats de fichiers sont également à considérer : un format ne pouvant pas être lu par son logiciel n'est pas utilisable. Ceci est souvent un écueil, par exemple dans le cas d'utilisation d'images satellites, qui proposent des formats relativement ésotériques pour les logiciels de SIG bureautique courants. Le cas se pose aussi systématiquement pour les fichiers du type dxf, qui proviennent de fichiers CAD, non compatibles avec les SIG. Format couramment utilisé par les géomètres et les topographes, ils ne sont utilisables qu'au prix d'efforts très conséquent de reconstruction des fichiers.
- Le système de projection, ainsi que la structuration des données attributaires, sont des informations primordiales lors de la recherche de données. Si l'on ne possède pas la signification des tables d'attributs, qui comportent des intitulés souvent codés, elle est difficilement exploitable. De même, si la projection du fichier n'est pas connue, il sera difficile à intégrer dans le reste du projet.
- Les échelles, les dates de mise à jour sont également à prendre en compte. Pour des raisons déjà évoquées, les échelles doivent correspondre aux données déjà intégrées dans le cas d'utilisation de plusieurs sources.
- Pour finir, les notions de tarifs, de copyright de droit d'utilisation, voire de délai de livraison sont des critères à maîtriser, notamment pour des raisons de budget, de droit de publication des résultats, et de respect des délais imposés.

Tous ces paramètres au sujet des sources doivent être connus. Ils permettent d'optimiser leur acquisition, et plus tard l'organisation des données, puis la construction des cartes. Les cartes ne sont pas concevables sans la source adéquate, et ne peuvent atteindre l'objectif initialement fixé si elles ne contiennent pas les informations prévues.

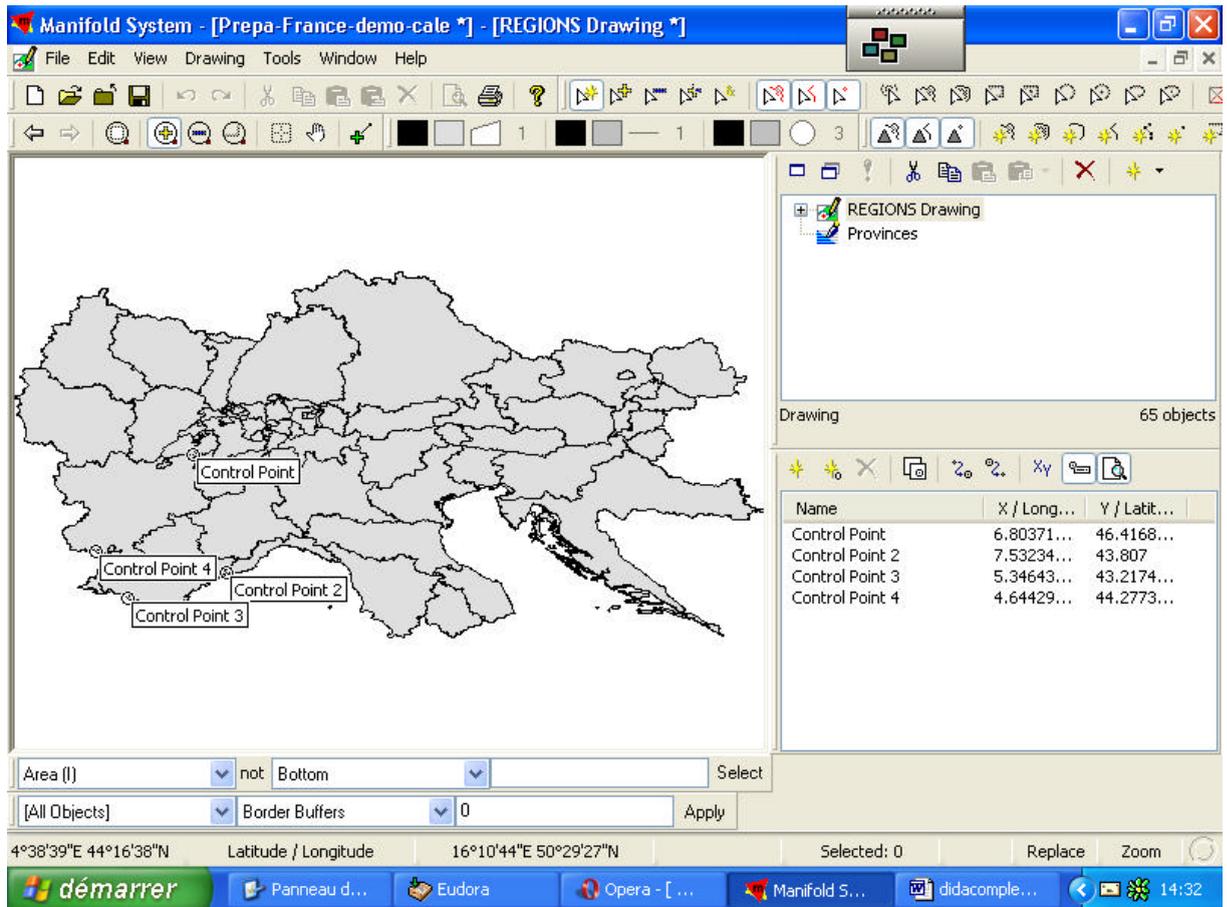
2.3.3 – Calage de cartes et numérisation de couches

Une des sources d'informations importantes pour les données numériques, reste les fonds de cartes topographiques. Une fois scannés, ces fonds de cartes peuvent être intégrés au projet et géoréférencés pour être affichés dans le système de projection du projet en cours.

Le principe du géoréférencement est d'attribuer des coordonnées géographiques à un objet qui n'en a pas au départ.

Pour cela, il convient d'avoir un fichier de référence, situé dans la même emprise spatiale que le fichier à caler, et de trouver au minimum quatre points de repères communs entre les deux fichiers.

Ces quatre points, dénommés en anglais « Ground Control Point » (ou GCP), sont reportés sur les deux calques, avec des noms ou numéros identiques. Le principe est alors d'appliquer une fonction polynomiale aux points du fichier à caler pour trouver les coordonnées de chaque pixel, à partir des points de référence.



L'image a alors des coordonnées géographiques, souvent au prix d'une déformation, et il devient possible de l'exploiter avec les autres calques, puisqu'elle se trouve dans un système de référence géographique similaire.

La principale application de ces sources, hormis de constituer un fond topographique, est la numérisation d'informations. Celle-ci s'opère en créant un nouveau calque, et en créant les champs nécessaires pour les attributs (avec les types correspondants). Il est indispensable de créer un calque par type d'objet, et de bien concevoir les fichiers et les informations que l'on souhaite avoir avant de se lancer. La phase de conceptualisation des données est ici indispensable. La numérisation peut donner lieu à des travaux compliqués, notamment lorsque l'on a besoin de fichiers topologiques.

A noter qu'une fois géoréférencée, l'image peut être exportée en conservant ses coordonnées géographiques. On utilise pour cela couramment le format Geotiff, qui conserve les informations géographiques, et qui est connu par presque tous les logiciels de SIG. On conserve ainsi l'avantage d'avoir des images directement calées, ce qui évite ponctuellement ce travail de référencement. Le travail en est accéléré d'autant.

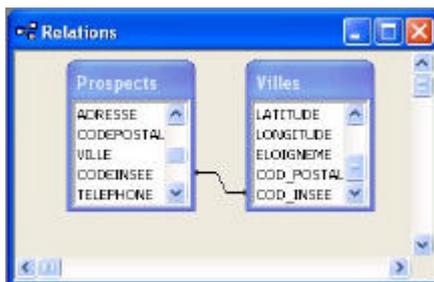
2.3.2 - Organisation de données attributaires (application du modèle conceptuel)

Une fois les couches numérisées, et les attributs de premier ordre intégrés dans la table du logiciel SIG, il est possible de compléter ces attributs en mettant en œuvre une base de données externe, qui sera connectée au calque par le biais d'un lien ODBC. La phase de mise

en place de la base de données intervient donc à ce moment, sachant que sa conceptualisation a déjà été faite par le biais du modèle conceptuel de données.

Le modèle conceptuel permet de déterminer à l'avance les objets représentés, et les relations qu'ils ont entre eux. Lors de l'acquisition des données, il convient de construire les tables en adéquation avec le schéma prévu.

Un logiciel du type Access permet de préparer ses tables ex-nihilo, de définir les clés primaires et les champs de chaque table, et de visualiser les relations entre les tables.



Ce type d'outil permet d'appliquer les schémas conceptuels de manière assez fluide, tout en demandant une rigueur importante dans la mise en place. Des dysfonctionnements dans l'organisation des tables, la définition des attributs, peut entraîner des erreurs dans l'utilisation de la base.

2.4 - Exploitation du SIG :

2.4.1 - Notion de projets, calques, tables

Les travaux sont organisés en projets, qui contiennent des documents de plusieurs natures différentes. Une des grosses particularités des SIG étant de manier des données multi-sources, les SIG permettent d'intégrer dans le même environnement des documents venant de supports différents :

- des fonds scannés
- des fichiers vectoriels associés à leur tables
- des images satellites
- des photos aériennes
- des tables excel
- des données 3D
- ...

La gestion de tous ces supports dans le but de production d'une carte est une opération complexe demandant de l'organisation.

Le principe des SIG veut que chaque composant ne contienne qu'un seul type d'informations. Dans le cas des calques vectoriels, notamment, chaque couche ne doit posséder qu'un seul type d'objet, même si la plupart des logiciels ne mettent aucun garde-fous pour empêcher cela. Ceci permet à la fois de ne pas faire de mauvaises manipulations sur les objets, de permettre des opérations sur tous les objets d'un calque en une seule fois (puisque'ils sont identiques sur le plan géométrique), mais aussi de manipuler et placer les objets de manière rigoureuse et cohérente.



La production finale des cartes induit la création de nouveaux composants, eux-mêmes armés d'un certain nombre de fonctions. L'échelle, la légende, la flèche nord, le titre, sont ajoutés à la carte, qui devient par elle-même un composant compliqué et délicat à manipuler. La carte étant le résultat de toutes les opérations précédentes, elle ne doit être faite qu'à la fin du travail.

Une bonne organisation des fichiers sur le disque dur, mais aussi au sein du projet, est importante pour retrouver rapidement ses données, et un système d'archivage cohérent permet à chacun de gagner du temps dans la recherche de données et des informations.

2.4.2 - Enrichissement de la BD (masques de saisie, nouvelle saisie de fonds de cartes)

La mise à jour de la BD est un travail de maintenance, qui peut s'effectuer au quotidien. Il s'agit d'intégrer de nouvelles données, de supprimer ou d'archiver les anciennes. Les données se récoltent de diverses manières selon leur nature.

Des données statistiques se récoltent par le biais d'enquêtes sur le terrain, qui sont répertoriées sur des questionnaires. La saisie de questionnaire est une tâche relativement courante en SIG, et peut être optimisée par la préparation d'un masque de saisie.

Les questionnaires doivent être préparés selon l'information que l'on souhaite récolter, et l'enquête sur le terrain doit être menée de manière rigoureuse. La saisie des données se fait sur le tableur, et sera partie intégrante de la conception de l'enquête. La création du masque de saisie est en effet étroitement liée à la nature du questionnaire, mais aussi au format des données renseignées, et aux besoins que l'on a des données.

Des données de localisation se récoltent de plus en plus par GPS, pour être ensuite importées dans le logiciel. La récolte se fait également sur le terrain mais demande plutôt un travail de préparation en examinant des documents cartographiques pré-existants. Selon les thèmes traités, les cartes topographiques, les photographies aériennes voire les images satellites sont des supports de repérages indispensables avant de procéder à des localisations plus précises. La précision est à ce titre autant au niveau géographique qu'au niveau thématique, puisqu'un repérage terrain permet de certifier la nature de l'objet répertorié.

Ces supports restent néanmoins couramment utilisés pour enrichir des données, avec chacun leur centres d'intérêt :

- les cartes topographiques peuvent être utilisées pour élargir l'emprise territoriale du SIG, ou pour lui ajouter un niveau d'échelle. Ainsi on peut, dans une application très complète, jongler avec plusieurs échelles pour obtenir de plus grandes précisions ou une vue générale mieux illustrée.
- Les photographies aériennes permettent d'avoir une vue bien actualisée à une échelle du 1/5000 au 1/10000 environ. Cependant l'emprise d'une photo est le plus souvent d'environ 10 km * 10 km, ce qui réduit l'emprise géographique. La construction d'un orthophotoplan est alors nécessaire, pour couvrir des portions de territoires plus larges.
- Les images satellites sont également une source d'information très riche, avec deux particularités : les possibilités multi-thématiques, et la fraîcheur des informations. Les satellites récoltent des images de la terre à différentes résolutions, et apportent une information très riche.

Pour terminer, une base de données est une strate de base d'un SIG. Elle est perpétuellement retravaillée, mise à jour, enrichie, et elle représente de très loin la plus grande partie du travail pour les opérateurs SIG. Ce travail est néanmoins valorisé lors de la production de cartes, qui elles sont relativement plus rapides à réaliser.

2.4.3-Requêtes SQL

Les SIG utilisent de manière encore enrichie les requêtes SQL. Il existe trois niveaux de requêtes SQL dans les SIG⁵.

- **Les requêtes thématiques** : concernent la manipulation des objets à partir de leurs attributs.
- **Les requêtes géométriques** : concernent la manipulation des objets à partir de leurs caractéristiques géométriques (surface).
- **Les requêtes topologiques** : concernent la manipulation des objets à partir de leurs caractéristiques de voisinage et relations aux autres objets (contient, intersecte,...)

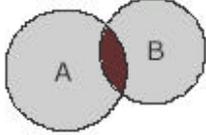
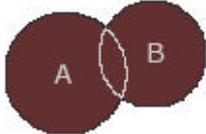
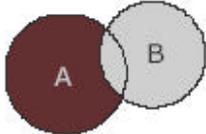
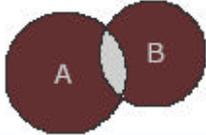
Ces différents niveaux de requêtes constituent un outil très puissant pour les SIG. Ils permettent de réaliser des tris, mais aussi de créer de nouvelles couches, à partir des résultats créés. Tout comme les bases de données, les requêtes SQL ont plusieurs types d'opérateurs.

⇒ les opérateurs de comparaison

OPÉRATEUR	DESCRIPTION	CARDINAL	ORDINAL	NOMINAL
=	opérateur d'égalité	•	•	•
<	opérateur d'infériorité	•	•	
>	opérateur de supériorité	•	•	
<=	opérateur d'infériorité et d'égalité	•	•	
>=	opérateur de supériorité et d'égalité	•	•	
<>	opérateur d'inégalité	•	•	•

⇒ les opérateurs logiques

⁵ EPFL : Tutorial 6.

OPÉRATEUR	DESCRIPTION	EXEMPLE	DIAGRAMME
AND	opérateur logique "et"	A AND B	
OR	opérateur logique "ou", appelé également "ou inclusif"	A OR B	
NOT	opérateur logique "et non"	A NOT B	
XOR	opérateur logique "ou et uniquement ou", appelé également "ou exclusif"	A XOR B	

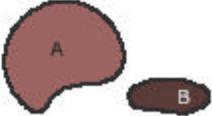
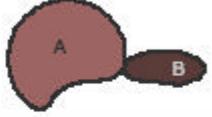
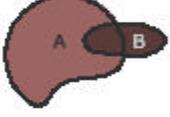
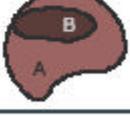
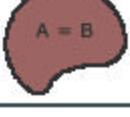
⇒ les opérateurs arithmétiques

OPÉRATEUR	DESCRIPTION	CARDINAL	ORDINAL	NOMINAL
+	opérateur d'addition	•	•	•
-	opérateur de soustraction	•		
*	opérateur de multiplication	•		
/	opérateur de division	•		
^	opérateur exponentiel	•		
MOD	opérateur modulo	•		

⇒ les opérateurs statistiques⁶

⁶ Tous les schémas concernant les SQL sont issus du document de l'EPFL « Introduction à la rédaction de requêtes spatiales en SQL », téléchargeable à l'adresse http://lasig.epfl.ch/services/manifold/manifold_tut_6.pdf.

OPÉRATEUR	DESCRIPTION	CARDINAL	ORDINAL	NOMINAL
MAX	valeur maximale rencontrée	•	•	
MIN	valeur minimale rencontrée	•	•	
AVG	moyenne des valeurs	•		
STDDEV	écart-type associé à la moyenne	•		
VAR	variance associée à la moyenne	•		
SUM	somme des valeurs	•	•	
COUNT	nombre d'objet décomptés	•	•	•

OPÉRATEUR	DESCRIPTION	DIAGRAMME
disponible par négation de Touches	Deux objets sont dits disjoints si ni leur bord ni leur corps intérieur ne se touchent	
Adjacent	Deux objets sont dits adjacents si leurs bords uniquement se touchent	
Intersects	Deux objets présentent une intersection si il y a une zone d'intersection non nulle entre leurs corps intérieurs	
Contains	Un objet en contient un autre si son corps intérieur enveloppe entièrement le bords de l'objet contenu	
Touches	Un objet touche un autre si soit son bord soit son corps le touche. Touches correspond à l'union des opérateurs Adjacent, Intersects et Contains.	
pas disponible	Deux objets sont dits égaux si leurs bords et leurs corps intérieurs sont identiques	

2.4.5 - Construction de cartes (en ligne ou papier)

La construction des cartes est, avec la gestion de bases de données, un des buts prioritaires des logiciels de SIG.



Le but n'est jamais de tout décrire d'un seul coup, sur une seule carte. La place étant limitée sur le support de la carte, le compromis consiste à faire passer autant d'informations que possible, tout en ne surchargeant pas trop le support.

La déclinaison des différentes dimensions de votre thématique pourra se faire en démultipliant des cartes, simples mais expressives. L'information passera ainsi de manière plus complète, tout en n'omettant pas les détails.

Quelques conseils pratiques peuvent aider à se repérer pour réaliser des productions efficaces :

- travailler au maximum la préparation de sa carte avant de mettre en route sa production.
- commencer en prévoyant un titre et une légende est une bonne démarche, dans la mesure où cela signifie que l'on connaît le contenu de la carte avant de la commencer. Dessiner la légende avant la carte garantit que l'on a déjà travaillé sur la présentation des données. La réalisation n'est plus qu'une étape graphique à ce moment.
- Utiliser une ou deux familles de polices. Cela a autant de conséquences au niveau de la lisibilité qu'au niveau des manipulations des fichiers (imports/exports vers d'autres versions du logiciel ou vers d'autres logiciels).
- travailler directement à la taille du support final.
- travailler en coopération avec l'utilisateur final, qui a bien souvent une idée très précise de ce qu'il attend.
- Dans le cas où le fichier doit être envoyé chez un imprimeur, prévoir un temps d'échanges avec lui.

3 - MANIFOLD

3.1 - Présentation générale du logiciel.

Voir le document « [présentation des outils de Manifold](#) ».

3.2 - Travaux pratiques.

[Voir le tutorial](#)

4 – MANIFOLD – TRAVAUX PRATIQUES

Session orientée vers les problématiques concrètes des stagiaires. Le but de ces travaux pratiques est de rapprocher le stagiaire du potentiel d'utilisation d'un SIG (et Manifold en particulier) vis à vis de son futur projet. Il s'agira de traiter un exemple conçu à l'avance à partir de données tirées notamment de chaque pays, avec les objectifs suivants :

- import de données GPS déjà récoltées ou de fichiers vecteurs.



- traitement des données dans le but de mettre en valeur ou de découvrir certains aspects du territoire concernant la thématique de l'électrification rurale.
- Opérations sur la base de données monofichier liée aux tables.
- construction d'une carte claire et reportant fidèlement le propos du cartographe.

ANNEXES

⇒ Ressources internet :

- sigplus.free.fr
- Georeference.org

⇒ Forums francophones :

- <http://www.forumsig.org/index.php>
- georezo.net

⇒ Sources des données vectorielles :

- Geogatis : L'état de l'Ontario au format e00, Echelle 1/1000000. (voir les informations de métadonnées à la page <http://geogatis.cgdi.gc.ca/clf/fr?action=fullMetadata&entryId=5340>).
- Geogatis : Images satellites orthorectifiées : (<http://geogatis.cgdi.gc.ca/clf/fr?action=entrySummary&entryId=1583&entryType=productCollection&keymap=outlineCanada>).
- Geogatis : fond vectoriel au 250000 de l'Etat de Vancouver (<http://geogatis.cgdi.gc.ca/clf/fr?action=entrySummary&entryId=8535&entryType=productCollection&keymap=outlineCanada>).