

Introduction à la cartographie

Séance 1

- Objectifs et plan du cours
- La cartographie et son évolution historique

Objectifs et approche pédagogique

- Introduction aux concepts de base en:
 - Cartographie mathématique
 - Cartographie topographique
 - Cartographie thématique

Cours magistraux, travaux pratiques

- Introduction à la cartographie numérique:

Laboratoires LEMIG avec logiciel MapInfo (M. Jean Daoust)

Évaluation

- 3 travaux pratiques (45%)
- 1 travail de session (25%)
- 2 examens:
 - Mi-session (10%)
 - Final (20%)

Travaux pratiques

- TP 1: Projections cartographiques
- TP 2: Carte topographique
- TP 3: Carte thématique

**** Travail manuel + Travaux avec Matlab**

Les textes des rapports toujours à l'ordinateur

Travail de session (MapInfo)

- Travail en équipe
 - Numérisation du fond de carte, acquisition et saisie de données statistiques
 - Analyse de données géographiques et cartographie thématique

Le texte du rapport doit être fait à l'ordinateur

La cartographie et son évolution historique

Partie 1

- Définition: la cartographie
- Les branches de la cartographie
- Définition: la carte
- Caractéristiques de la carte
- Typologie des cartes
- Les difficultés de la représentation cartographique

La cartographie

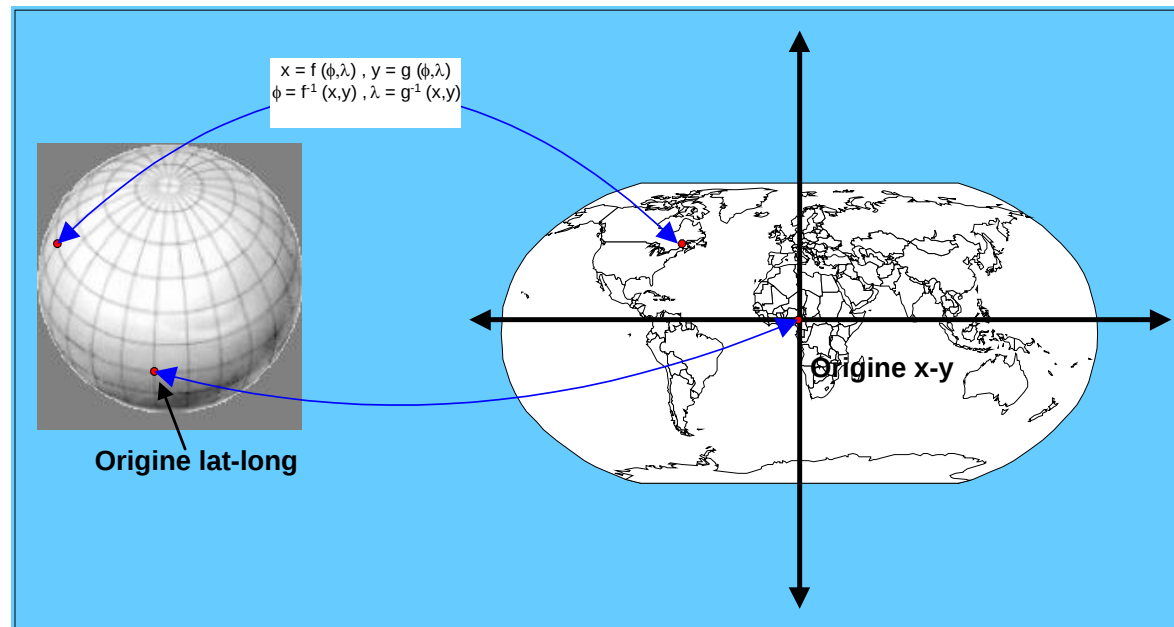
La science, la technique et l'art qui a pour objet la conception, la préparation, la rédaction et la réalisation de tous les types de plans et de cartes; elle implique notamment l'étude de l'expression graphique des phénomènes, de la surface terrestre, à représenter.

Les branches de la cartographie

- **Cartographie mathématique**
- **Cartographie topographique**
- **Cartographie thématique**
- **Cartographie numérique**

Cartographie mathématique

Son problème fondamental: Comment représenter la Terre ou une portion de sa surface sur le plan d'une carte



Cartographie topographique

Son problème fondamental: comment localiser et représenter sur une carte avec une exactitude rigoureusement contrôlée les objets physiques qui nous entourent (lacs, ponts, bâtiments, etc.) ainsi que le relief topographique (Module II du cours)

La cartographie thématique

Son problème fondamental: comment représenter sur une carte des objets et des phénomènes biophysiques ainsi que des phénomènes socioéconomiques (Module III du cours).

La cartographie numérique

Son problème fondamental: comment utiliser l'ordinateur et ses périphériques pour accomplir le processus cartographique, de la conception à l'édition finale (Labo LEMIG)

La carte

Elle est une représentation graphique, simplifiée et conventionnelle sur un plan, des objets et des phénomènes qui ont lieu ou se manifestent sur ou près de la surface terrestre, et ceci selon un rapport de similitude que l'on qualifie d'échelle cartographique.

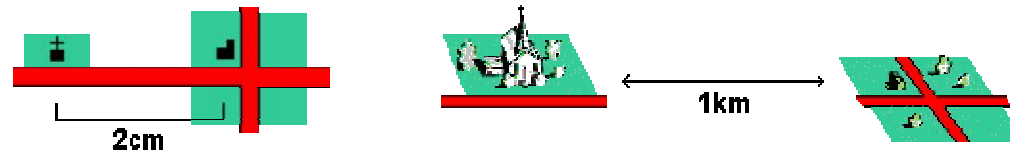
Décortiquons la définition
d'une carte....

La carte est une représentation graphique



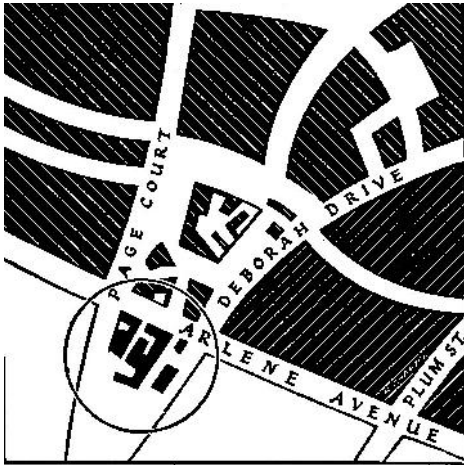
La carte est un modèle réduit de la réalité

Échelle (Le rapport de similitude) : Les cartes sont des **modèles** réduits de la réalité

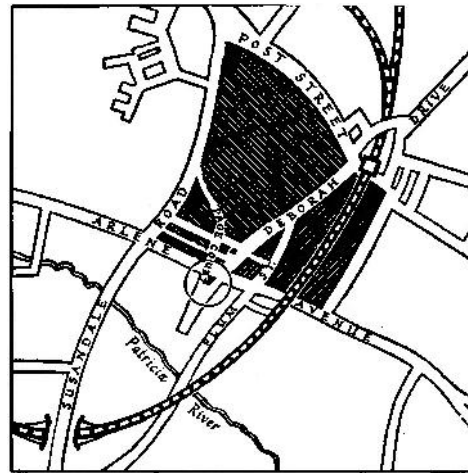


$$\frac{\text{Distance sur la carte}}{\text{Distance sur le terrain}} = \frac{2 \text{ cm}}{1 \text{ km}} = \frac{2 \text{ cm}}{100\,000 \text{ cm}} = \frac{1}{50\,000}$$

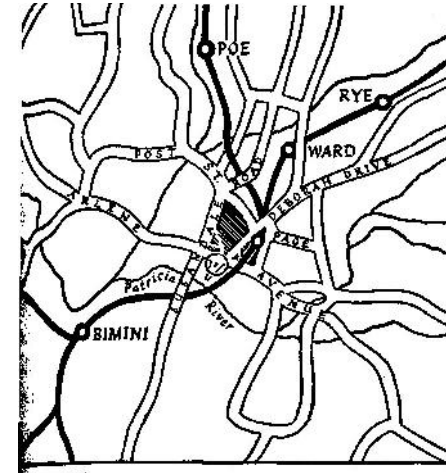
Échelle = **1/50 000**



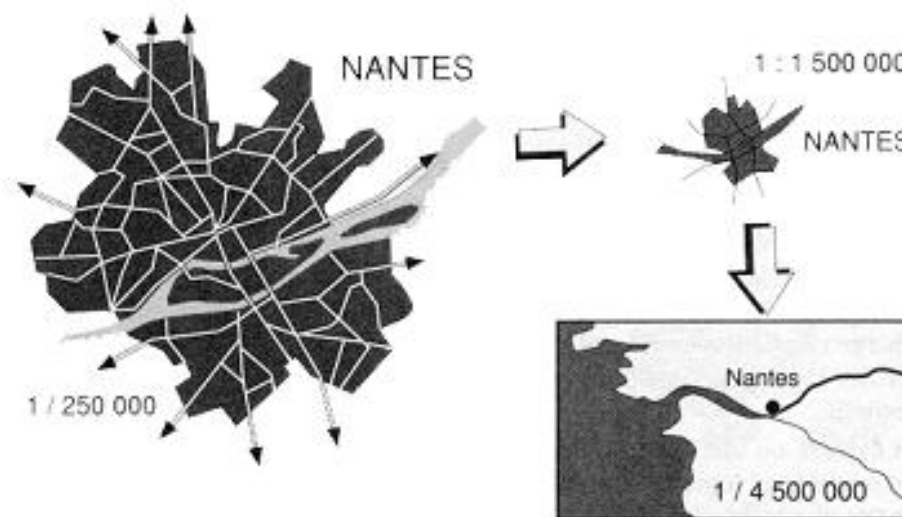
1:30 000



1:60 000



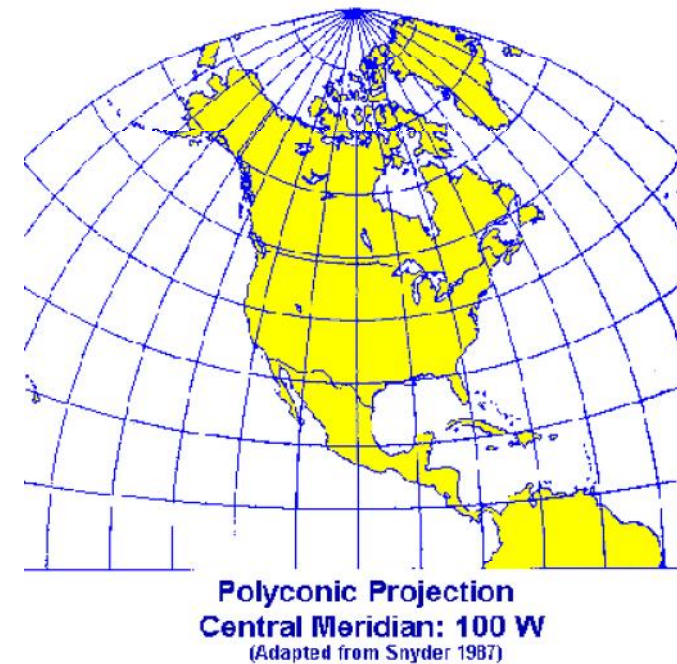
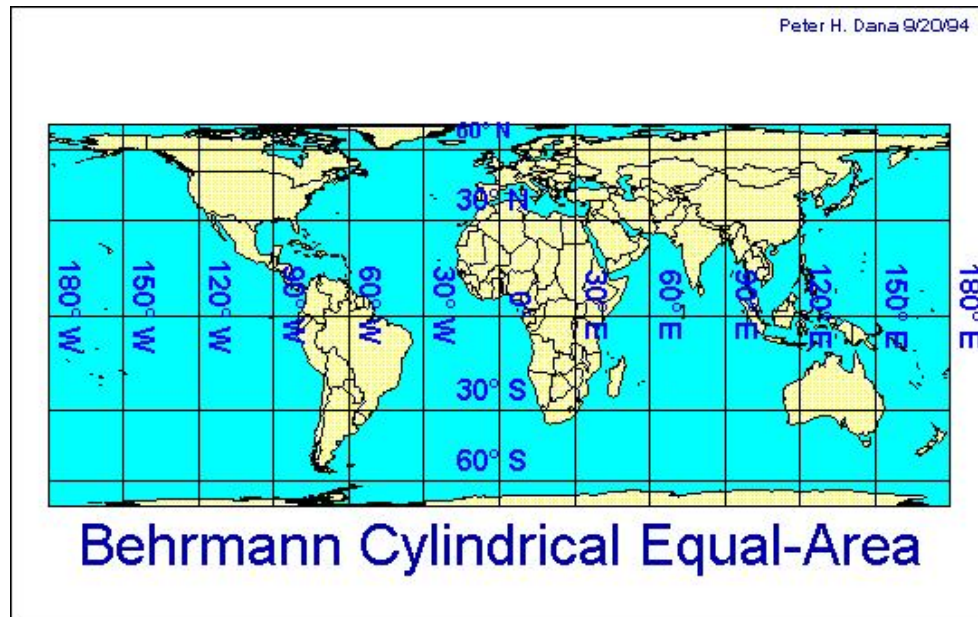
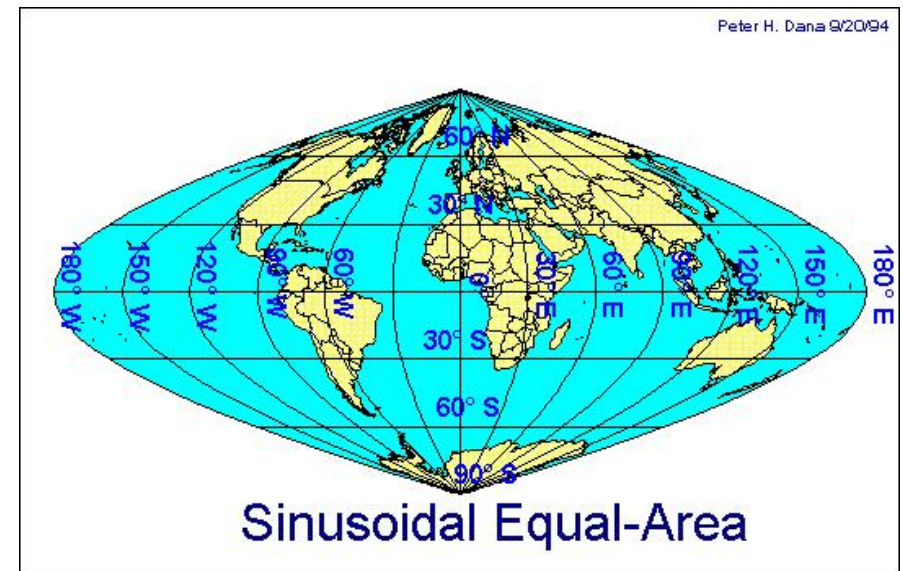
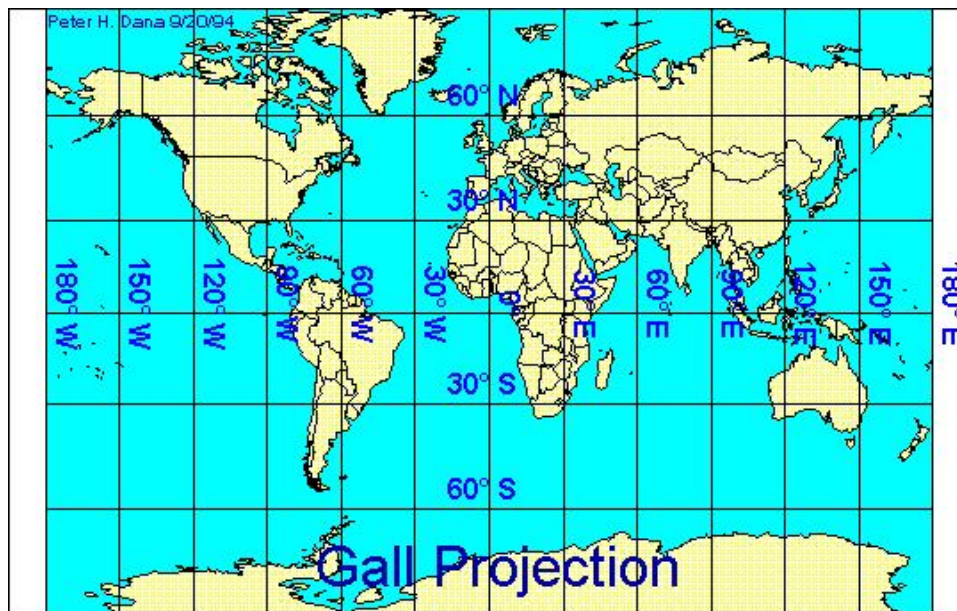
1:90 000



La carte est une projection

Toute carte implique la transposition des objets de la surface courbe et irrégulière de la Terre à un plan.

Ceci ne peut se faire sans distorsion des formes, des distances, des aires. L'échelle, le thème et les distorsions permises dictent le choix d'une des quelques 400 projections différentes proposées depuis l'antiquité.



Chacune des projections a ses propres défauts

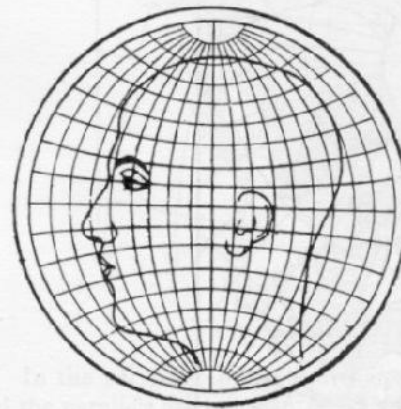


FIG. 43.—Man's head drawn on globular projection.



FIG. 44.—Man's head plotted on orthographic projection.



FIG. 45.—Man's head plotted on stereographic projection.

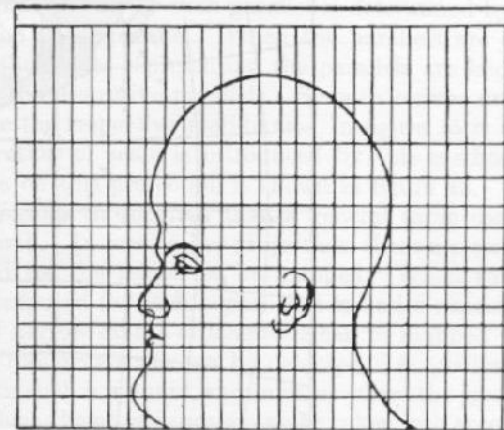
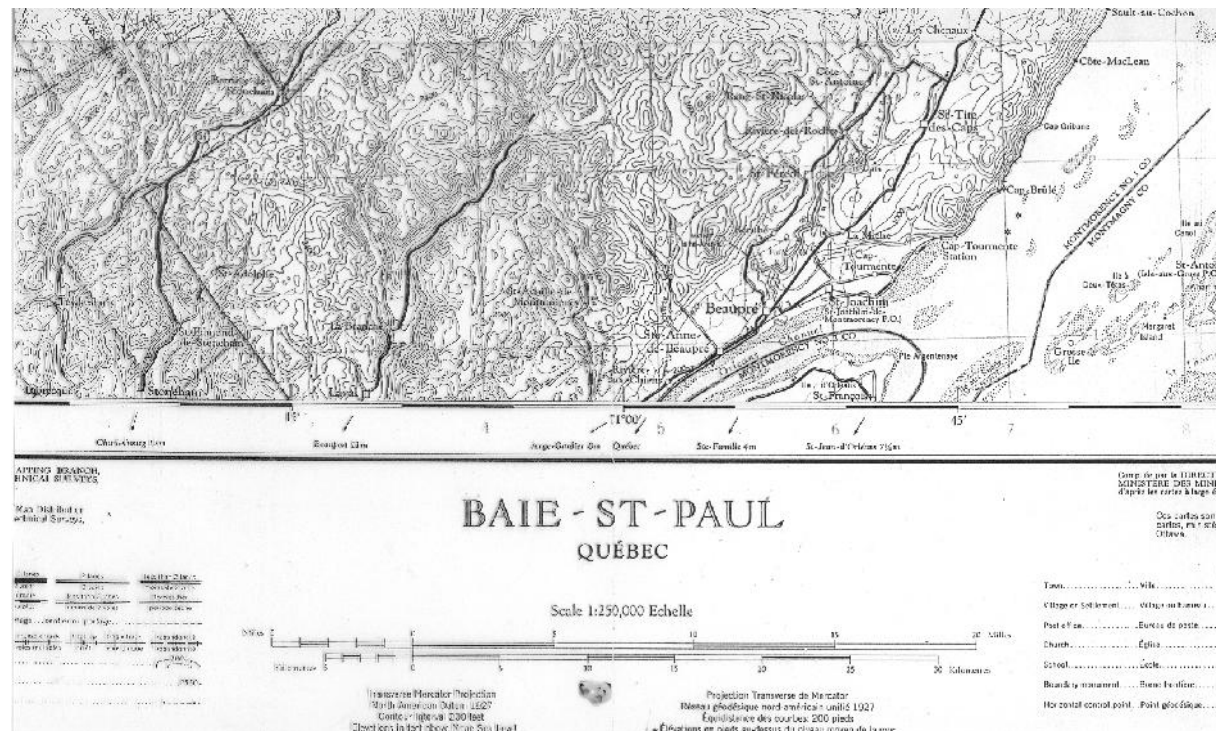


FIG. 46.—Man's head plotted on Mercator projection.

La carte est un message « codé »

Le lecteur doit avoir tous les renseignements nécessaires pour décoder ce message...



Typologie des cartes topographiques

- Selon l'échelle: 1:1 000 000 à 1:1000;
échelle plus grande que 1:1000 = plans



1:1 000 000



1:500 000



1:250 000



1:125 000



1:50 000



1:25 000

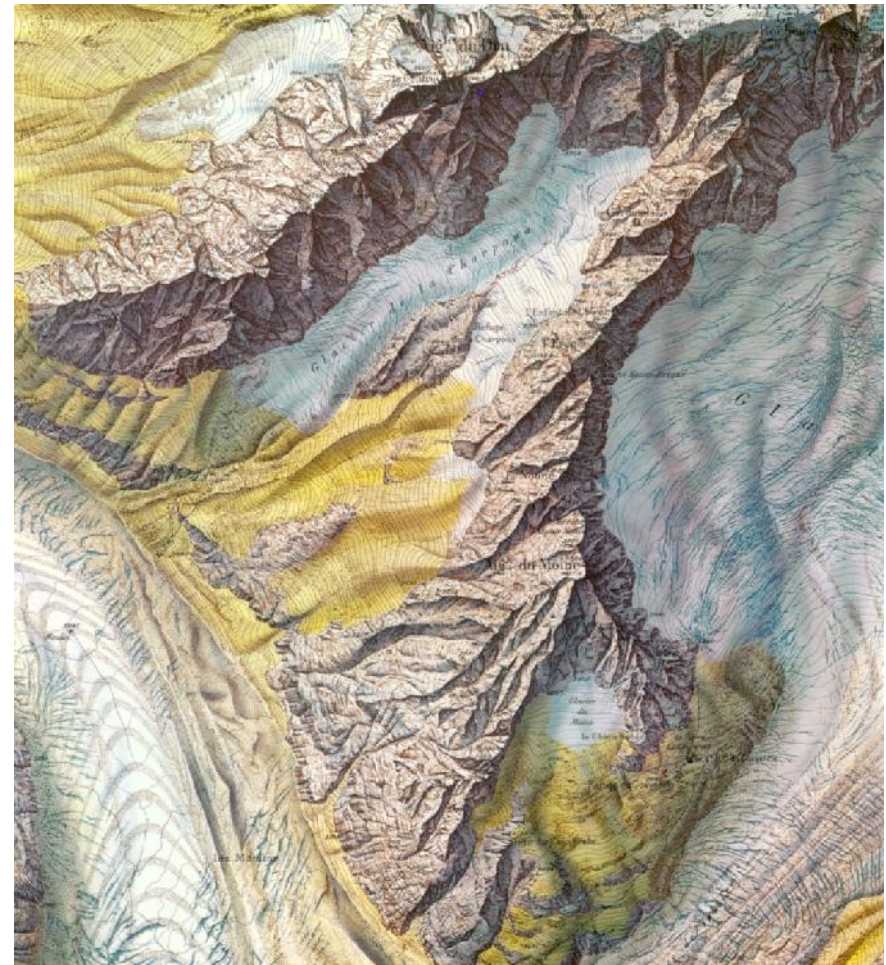
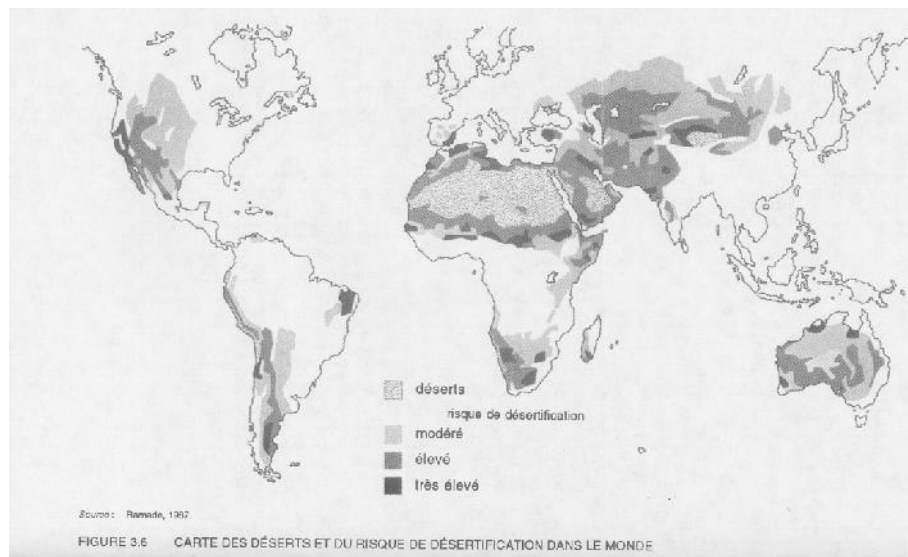
Typologie des cartes thématiques

- **Selon l'échelle:** Les cartes peuvent être classées selon trois grandes familles d'échelles: petite échelle, échelle moyenne, grande échelle. La catégorie d'échelles est fonction de la surface du globe représentée sur la carte. Les cartes thématiques souvent de moyenne à petite échelle
- **Selon le sujet:** il y a une quantité énorme de catégories possibles : cartes géologiques, d'utilisation du sol, climatiques, etc.

Cartographie thématique

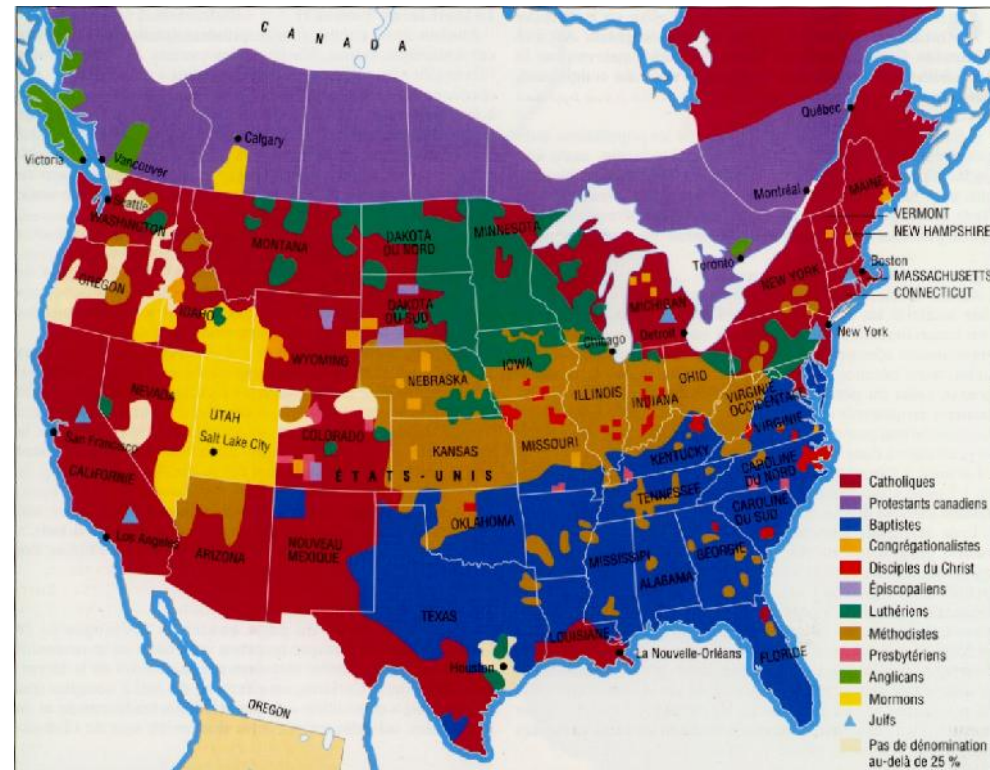
- Environnement physique
 - 1. Géologiques
 - 2. Géophysiques
 - 3. Géomorphologiques
 - 4. Atmosphériques
 - 5. Hydrologiques
 - 6. Pédologiques
 - 7. Phyto – ou zoo – géographiques
 - 8. Etc.

L'environnement physique



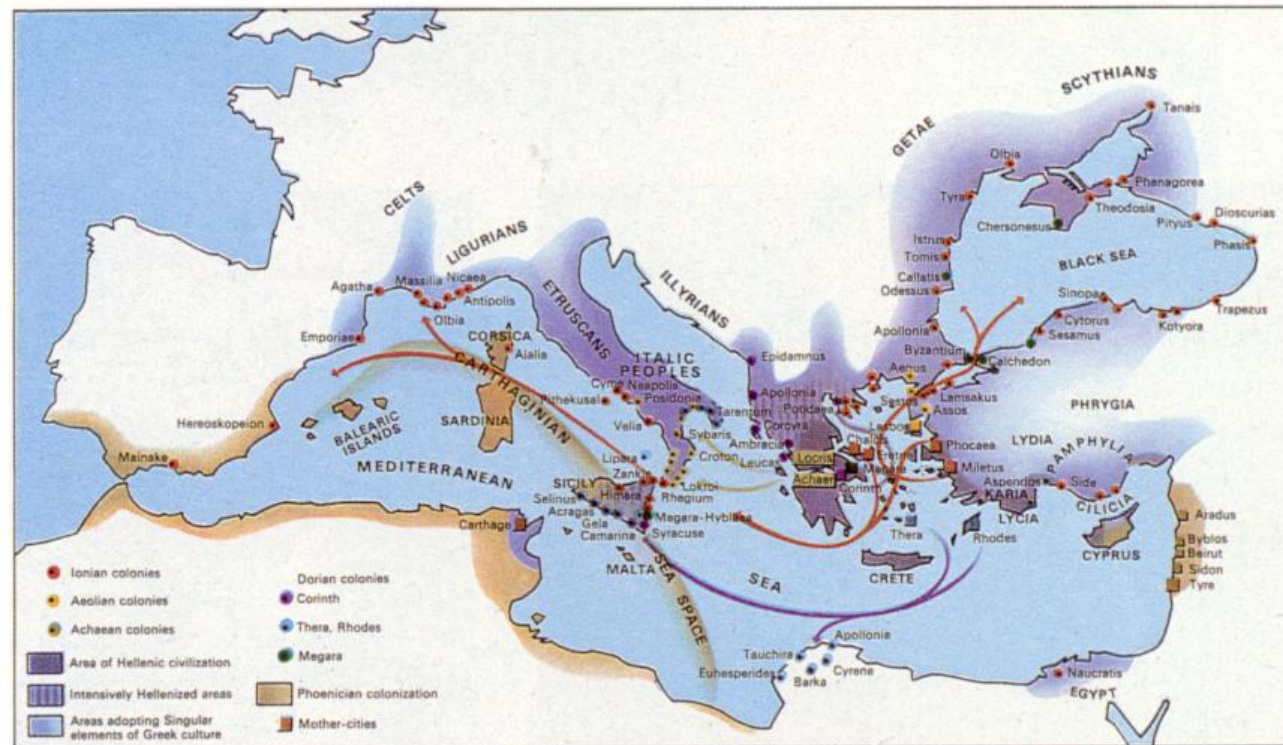
Cartographie thématique

- Population et culture



Cartographie thématique

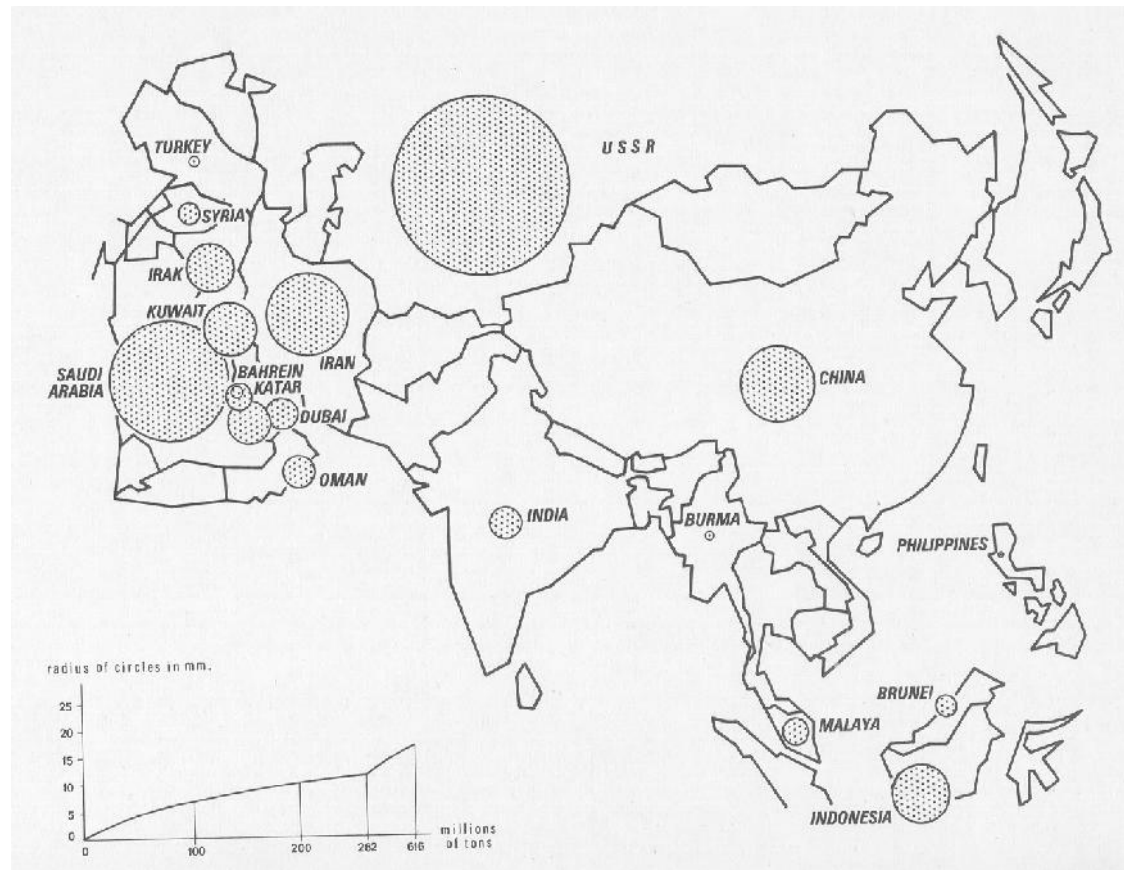
- Histoire



Greek colonization, 750–550 B.C.

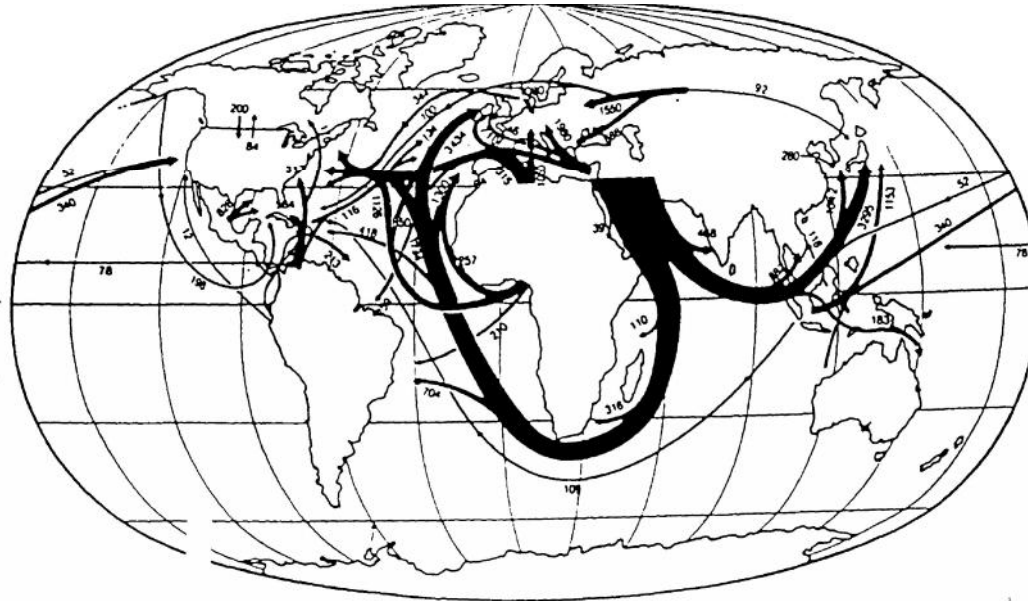
Cartographie thématique

- Économie



Cartographie thématique

- Communication (transport et commerce)



Les caractéristiques de la carte

Localisation: position d'un objet dans un espace à 2 dimensions grâce aux coordonnées.

Attribut: donnée (observation, mesure) sur un objet ou un phénomène: le volume de trafic automobile , la température, le relief topographique, les sols, la densité de population, la langue, la religion....

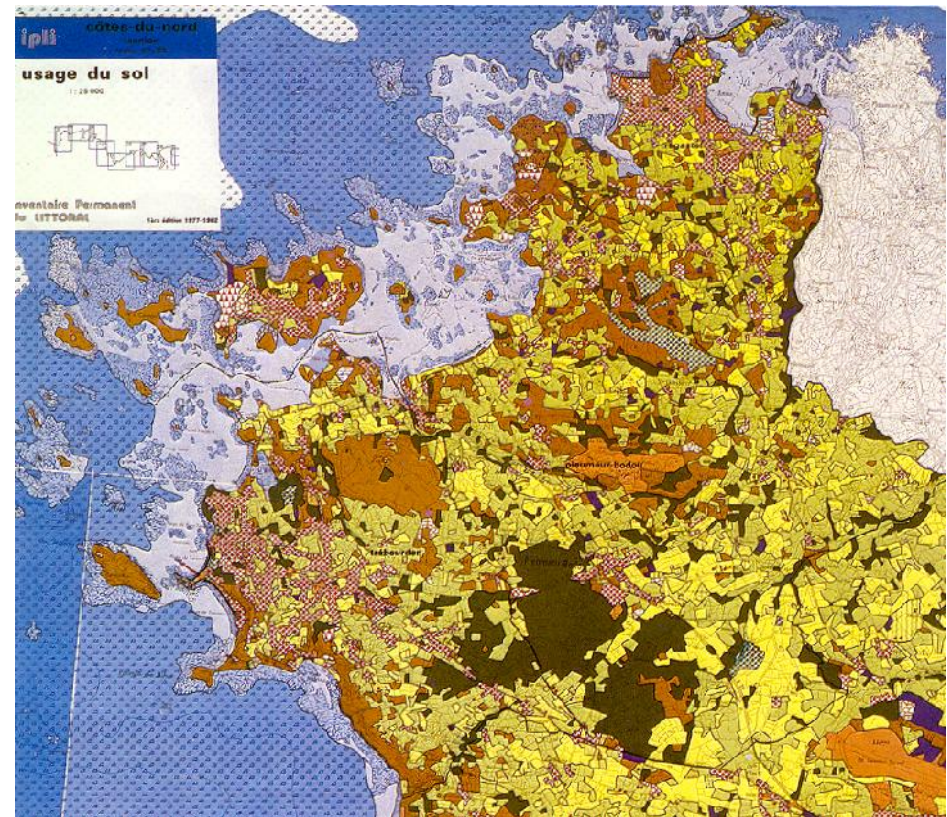
Les caractéristiques de la carte

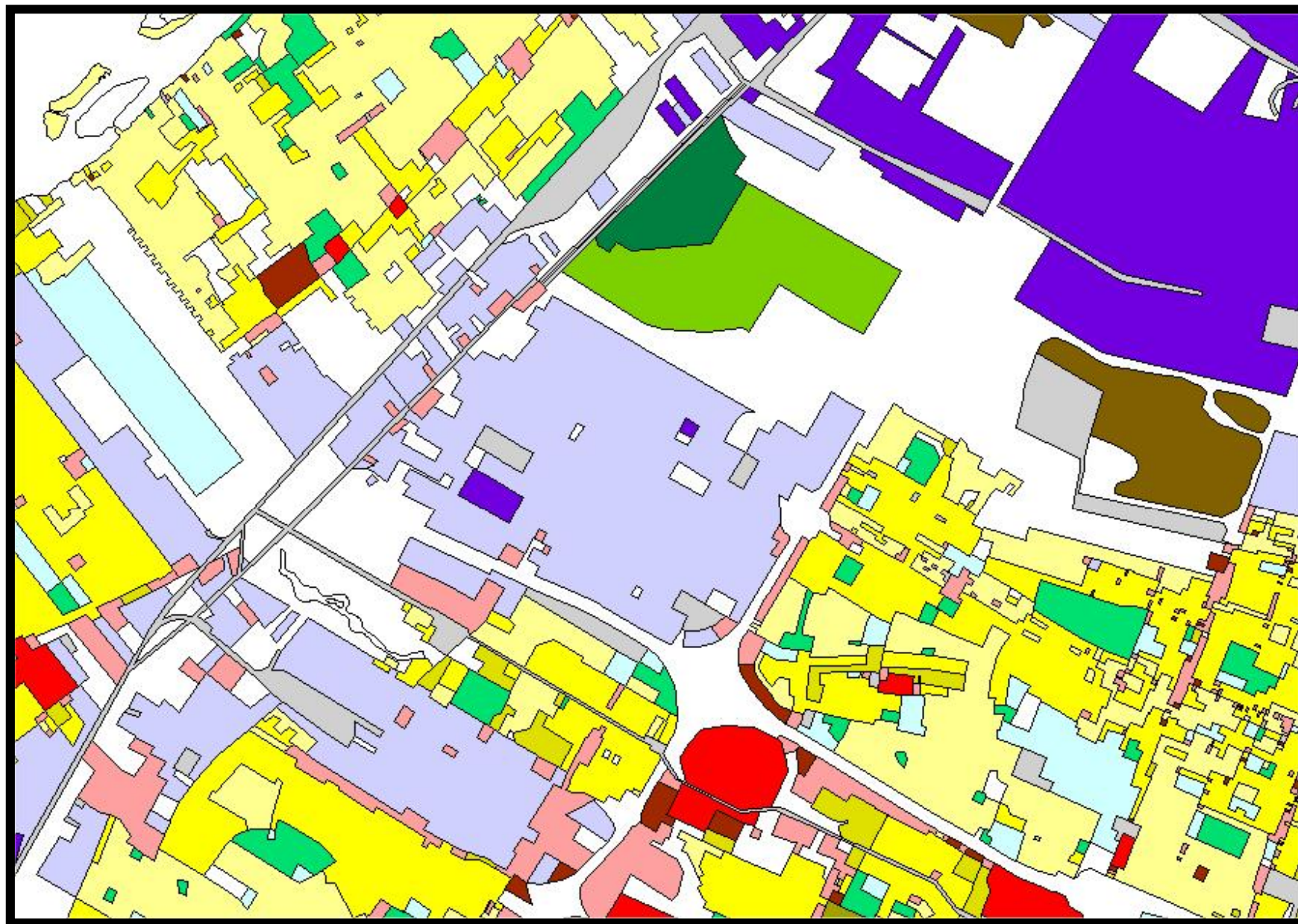
De ces 2 éléments de base trois types de relations peuvent être formés:

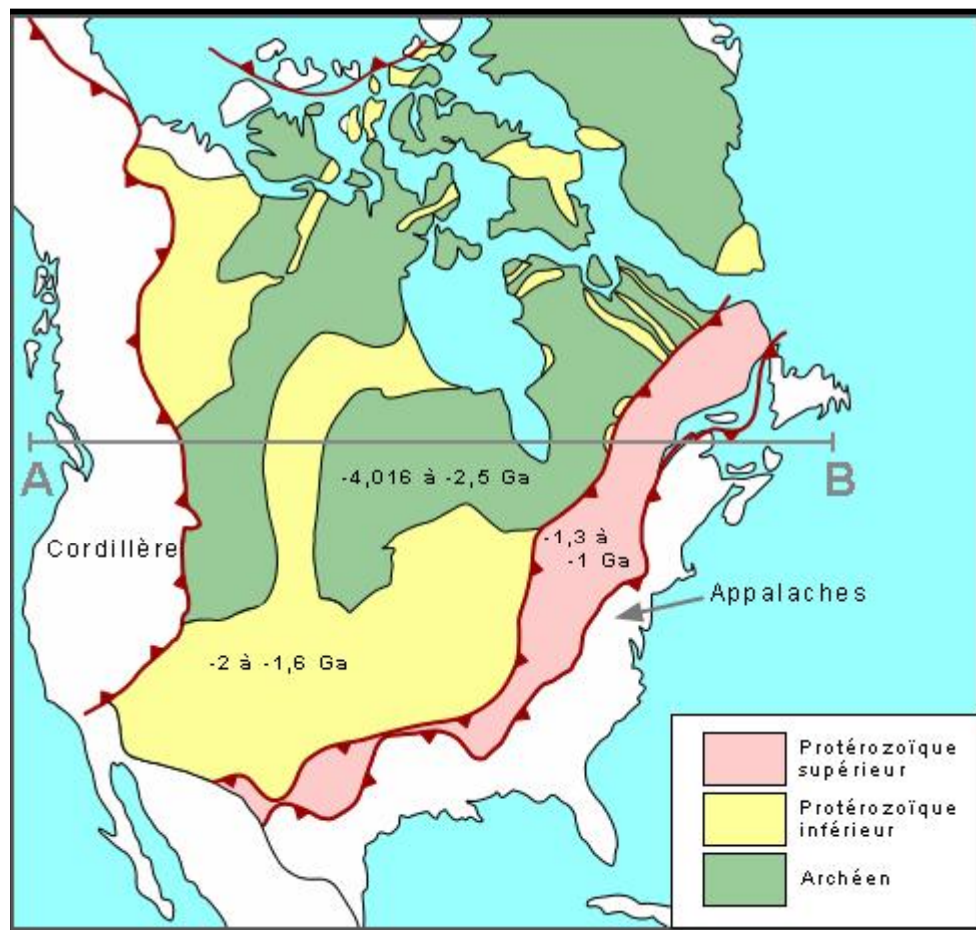
- Relations géométriques : distance entre deux points, forme des objets, réseaux,...
- Distribution spatiale des objets, des phénomènes: occurrence des bâtiments, précipitations, chômage, pauvreté,...
- Relation entre différents endroits par la transformation ou le jumelage de plusieurs attributs : la densité de population par zone de recensement, salaire moyen per capita en relation avec le niveau d'éducation,...

Cartographie thématique

- Planification et gestion

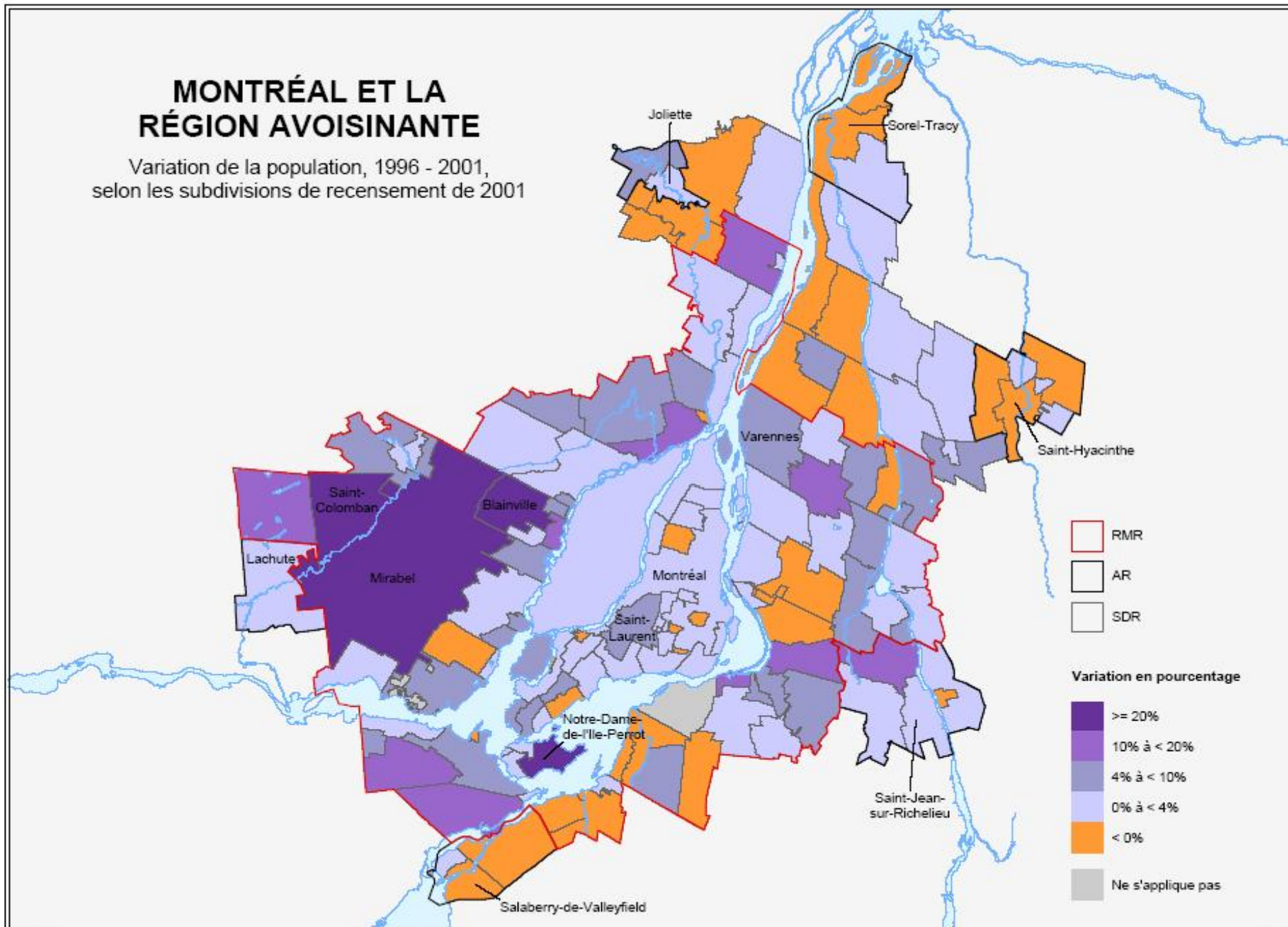






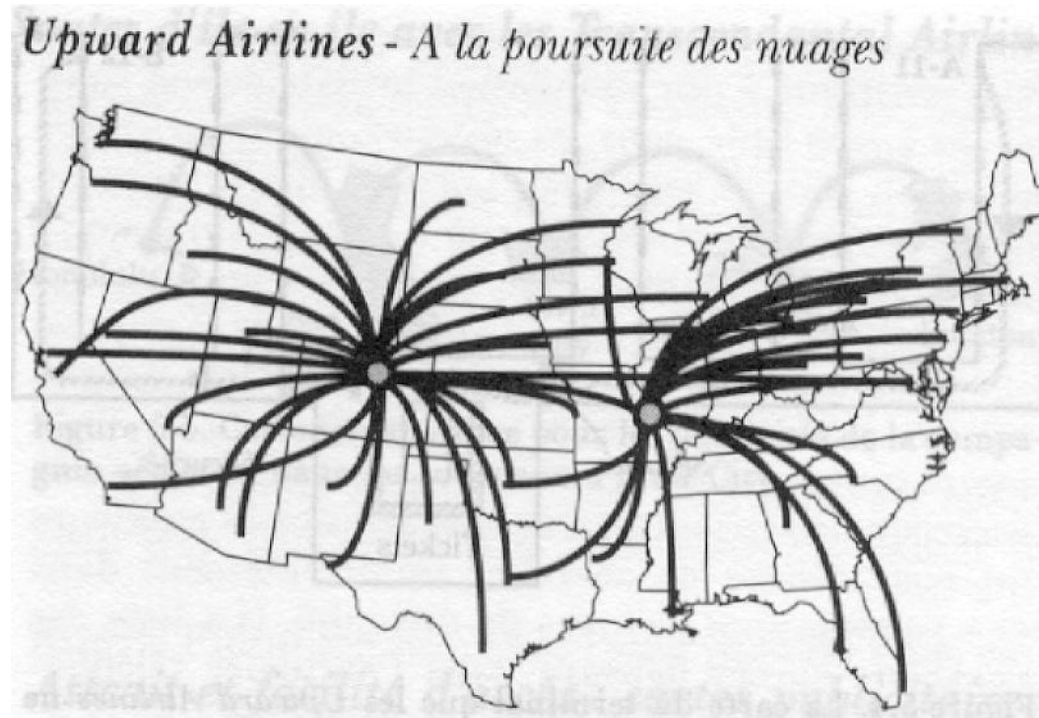
MONTRÉAL ET LA RÉGION AVOISINANTE

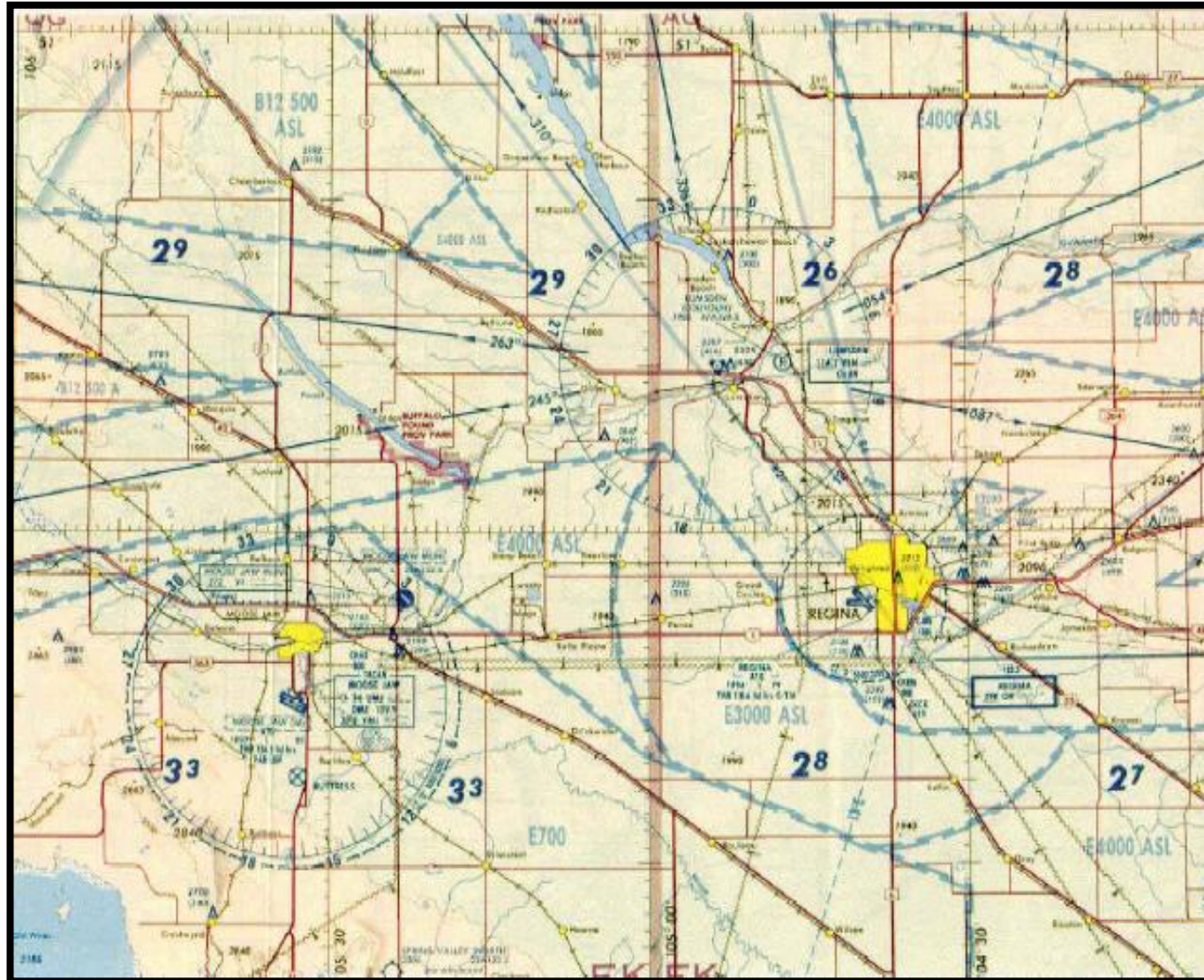
Variation de la population, 1996 - 2001,
selon les subdivisions de recensement de 2001



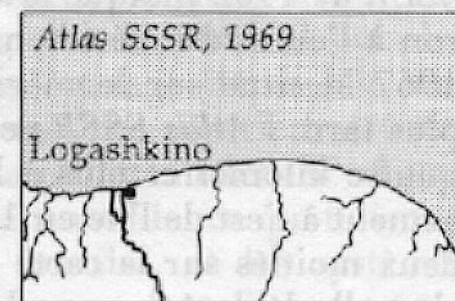
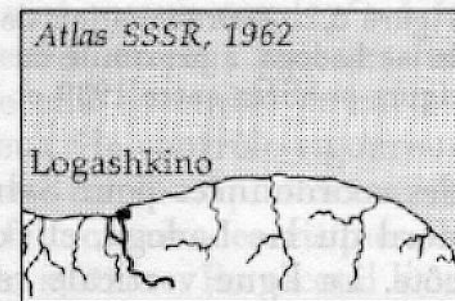
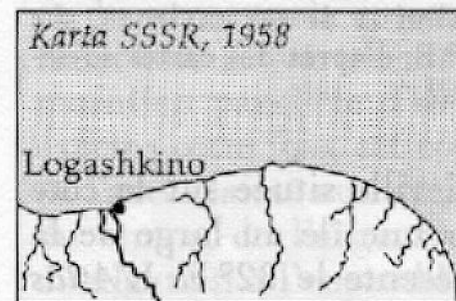
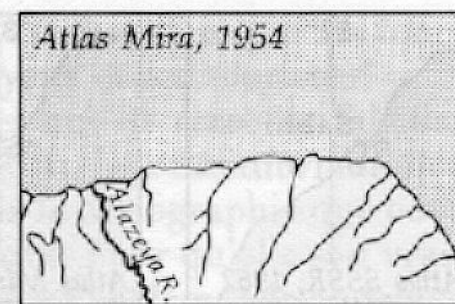
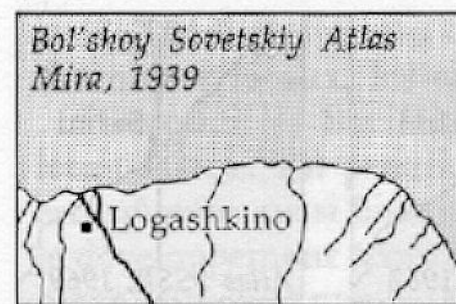
Cartographie thématique

- Autres (touristiques, publicitaires, etc.)





Extrait d'une carte aéronautique (Ressources Naturelles Canada)



Mais ... attention le carte peut contenir des vraies ... mensonges...

Ou tout autre chose

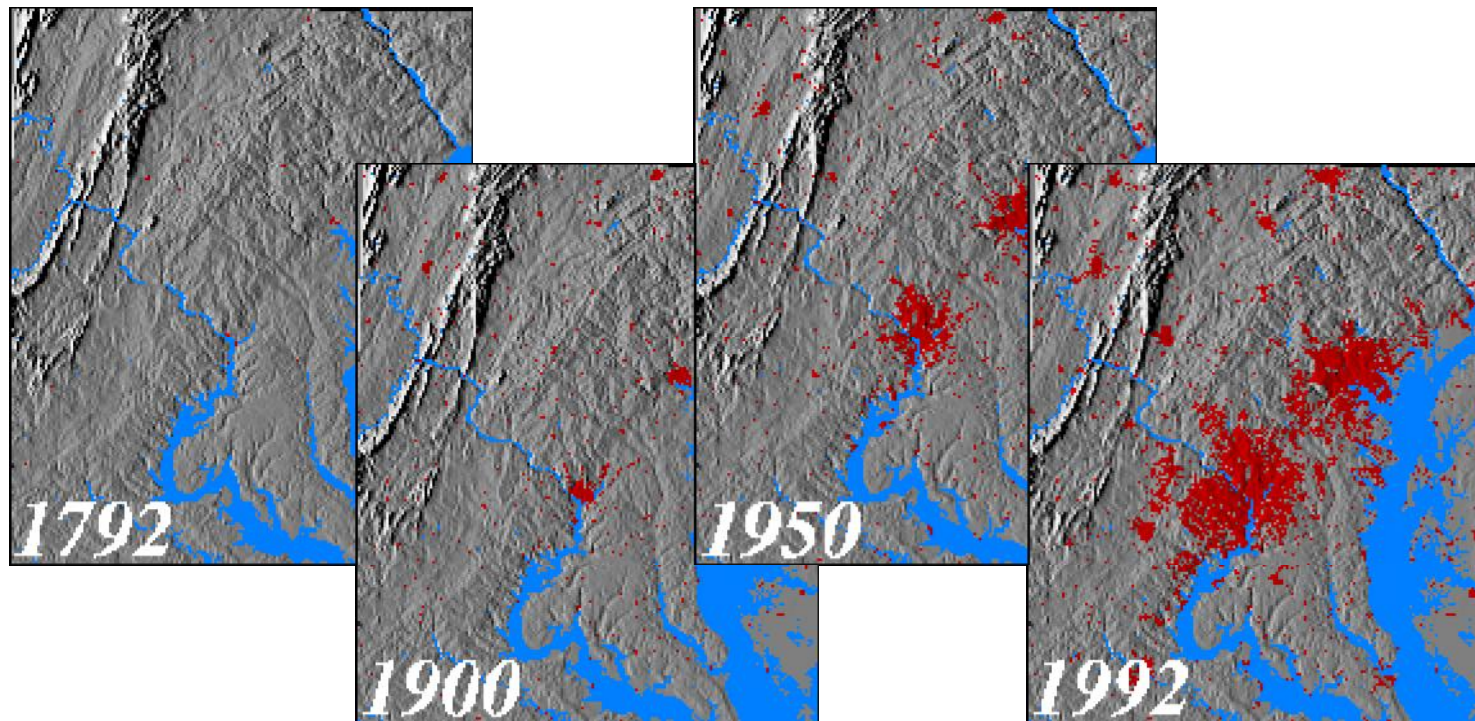


Les caractéristiques de la carte

Les difficultés de la représentation cartographique:

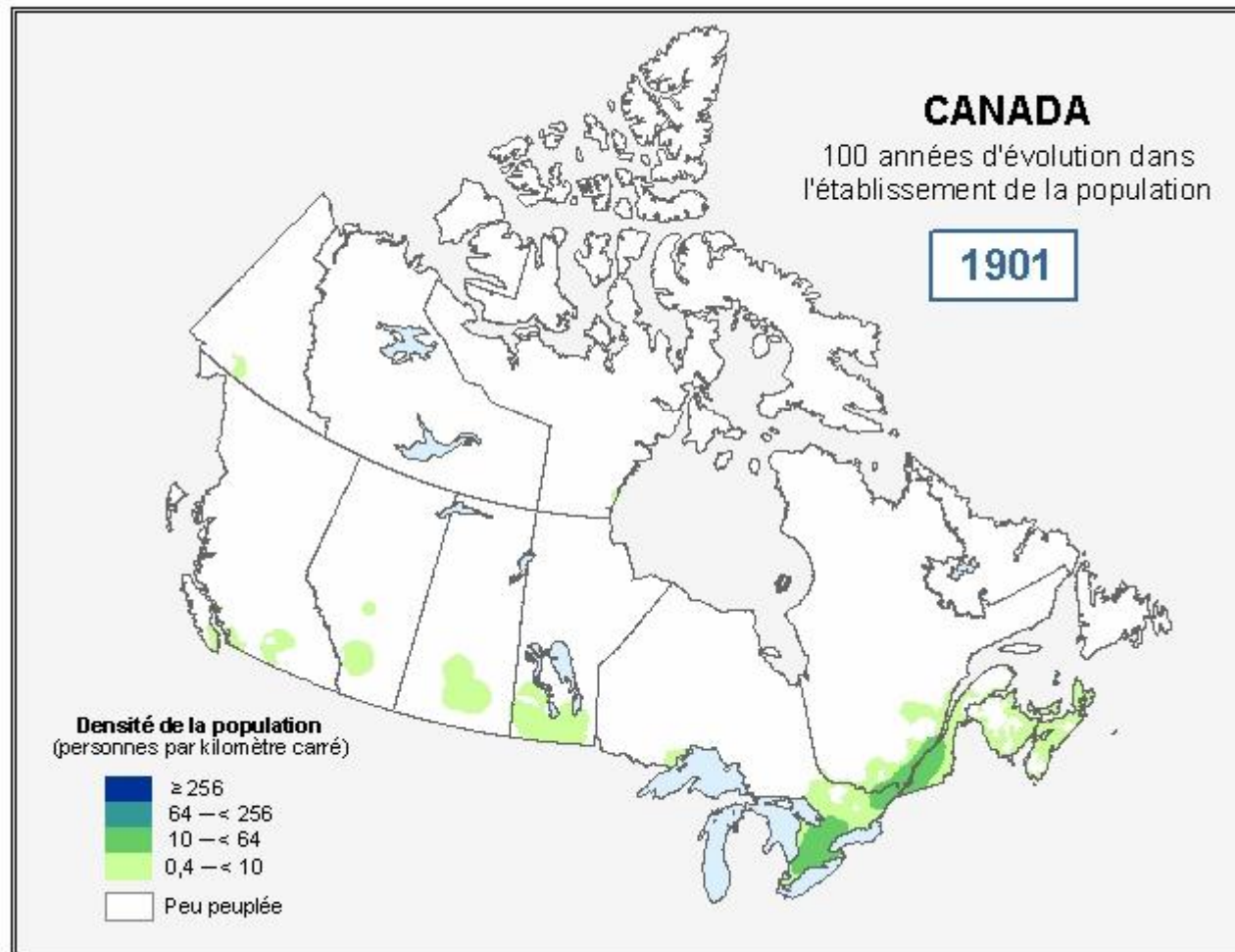
- Relations entre plusieurs attributs à un endroit : température, précipitation, type de sol, population. La solution contemporaine: les systèmes d'information géographique
- Relations spatio-temporelles: comment un phénomène évolue dans le temps et dans l'espace--- La solution contemporaine dans certains cas: les cartes d'animation par ordinateur.

La dimension temporelle

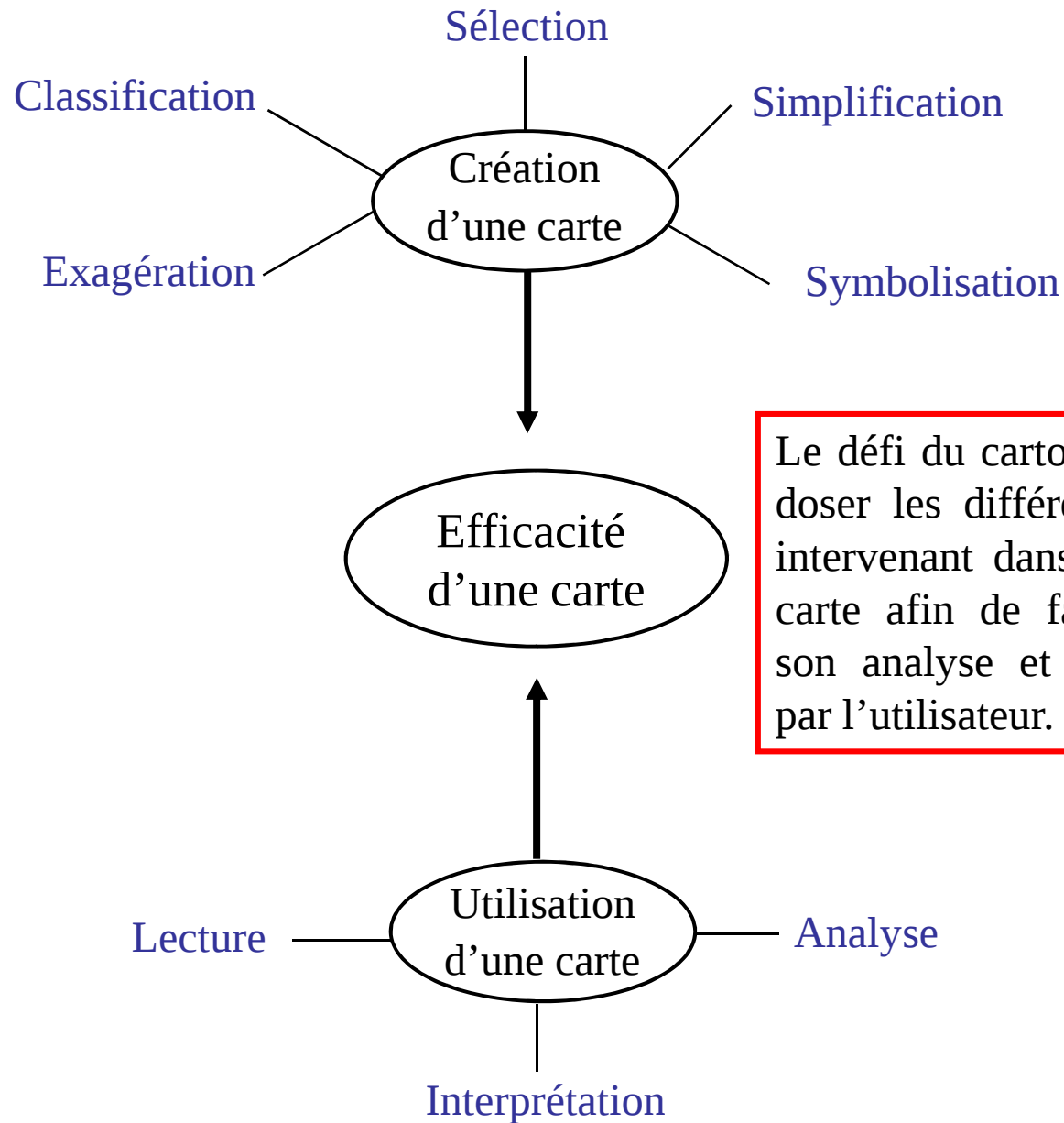


Urban Development in the Baltimore/Washington Region
(source: site web du US Geological Survey)

L'animation cartographique



Le processus cartographique



Le défi du cartographe est de bien doser les différentes composantes intervenant dans la création de la carte afin de faciliter sa lecture, son analyse et son interprétation par l'utilisateur.

Conclusions

Il y a 4 grandes étapes en cartographie :

- Collecte et sélection des données (différentes sources)
- Manipulation et généralisation de l'information
- Lecture et consultation de la carte
- Interprétation et réaction à l'information contenue dans la carte

Un bon cartographe doit connaître les différentes étapes de production ainsi que la base des sciences reliées à la cartographie comme la géodésie, photogrammétrie, télédétection, etc.

Un bon cartographe doit également être capable de se mettre dans la peau de l'utilisateur afin de rendre l'information facilement assimilable.

- **Un bon géographe** doit être en mesure de concevoir des cartes thématiques en respectant les principes de la discipline cartographique
- **Un bon géographe** doit être en mesure de bien utiliser les cartes topographiques

2.Systèmes de coordonnées géographiques

2.1. Système géodésique

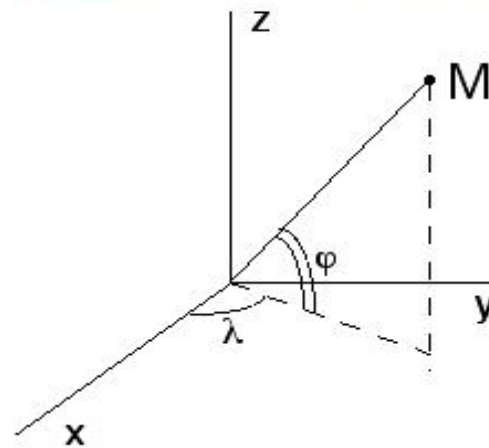
C'est un repère qui permet d'identifier chaque point du globe d'une manière unique.

Un point est repéré par sa longitude et sa latitude sur la Terre qui a une forme approximative d'ellipsoïde .

Le positionnement des ponts dans l'espace et le temps au voisinage de la Terre nécessite la définition d'un système géodésique de référence. Il s'agit d'un repère affine (O,i,j,k) tel que :

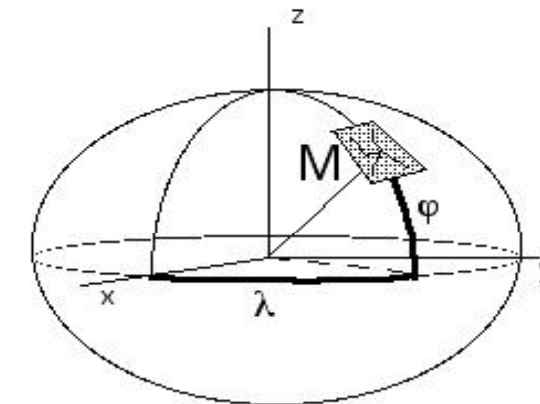
- 1.est proche du centre de la Terre
- 2.OZ est proche de l'axe de rotation de la Terre
3. OXZ est proche du plan méridien origine

Système de référence terrestre



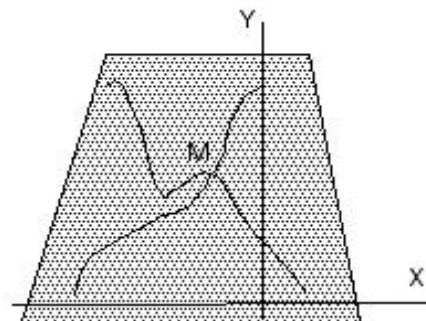
$(x, y, z) \longrightarrow (\varphi, \lambda)$

1 : choix d'un ellipsoïde



2 : choix d'une projection

$(\varphi, \lambda) \longrightarrow (X, Y)$

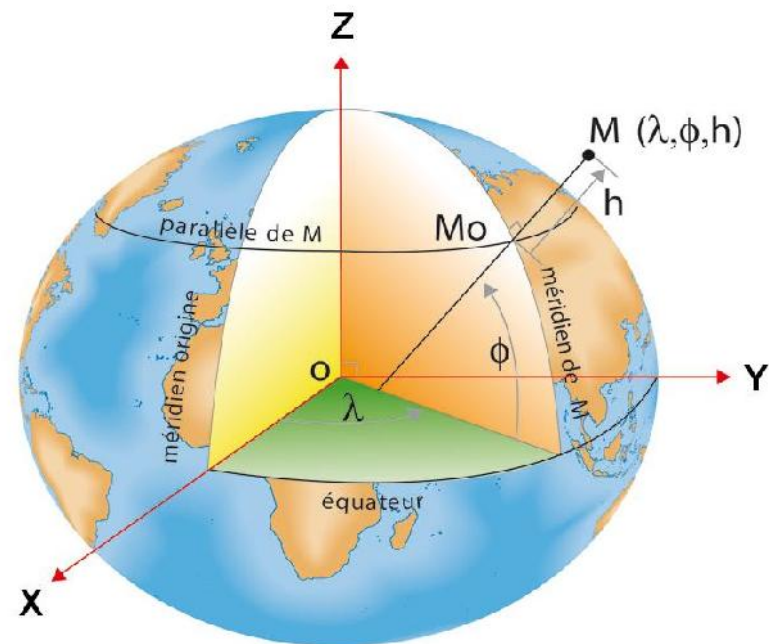


De la Terre à la carte

Référentiel géographique

Le système de référence terrestre (SRT)

- L'espace géométrique au voisinage de la Terre est parfaitement décrit par 3 dimensions.
- Le SRT = un système d'axes cartésien centré au centre de la Terre tournant avec la Terre.
- On parle aussi de système géodesique



Plusieurs SRT possibles

- Autrefois, calculs par triangulation : réseau de points et mesures angulaires.
Multiplicité des systèmes (un par pays voire par île) et écarts importants entre eux (plusieurs kilomètres).
- Aujourd'hui, mesures spatiales (satellites GPS, etc.)
Peu de systèmes et forte cohérence entre eux (quelques centimètres)

Les principaux SRT utilisés en 2012

- Dans le Monde : le WGS 84(World Geodetic System 1984), associé au système GPS

Également pour la Guadeloupe et la Martinique

- En Europe, le ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989)
- En France métropolitaine, le RGF 93 officiel depuis 2001 (avant : le NTF datant de 1920)

Compatible avec le WGS84 pour des précisions égales ou supérieures à 10 m

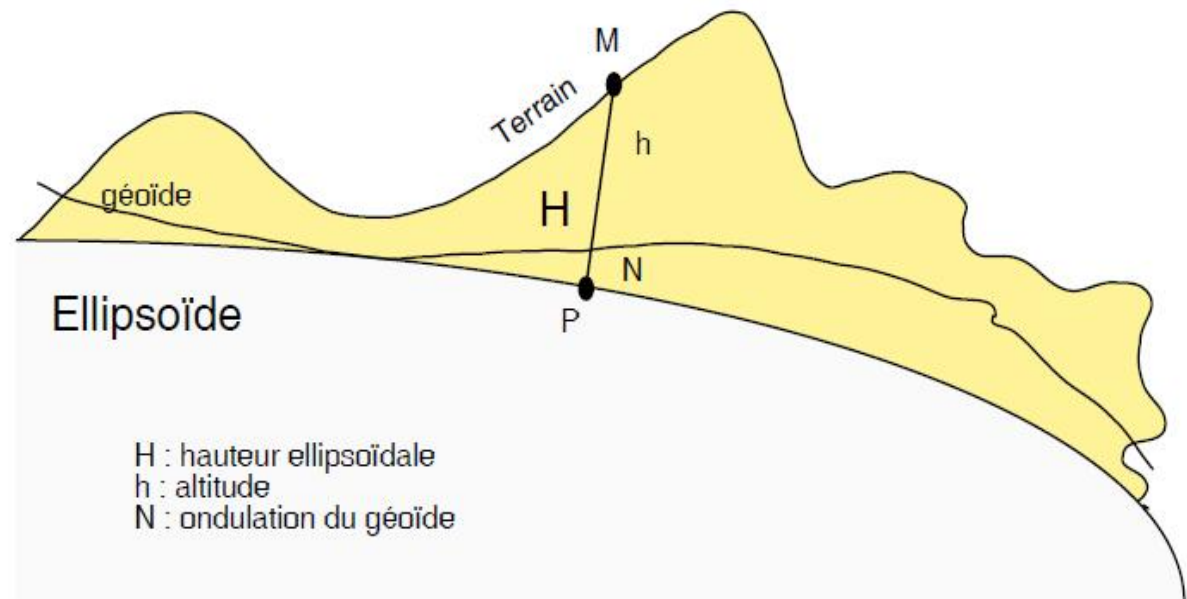
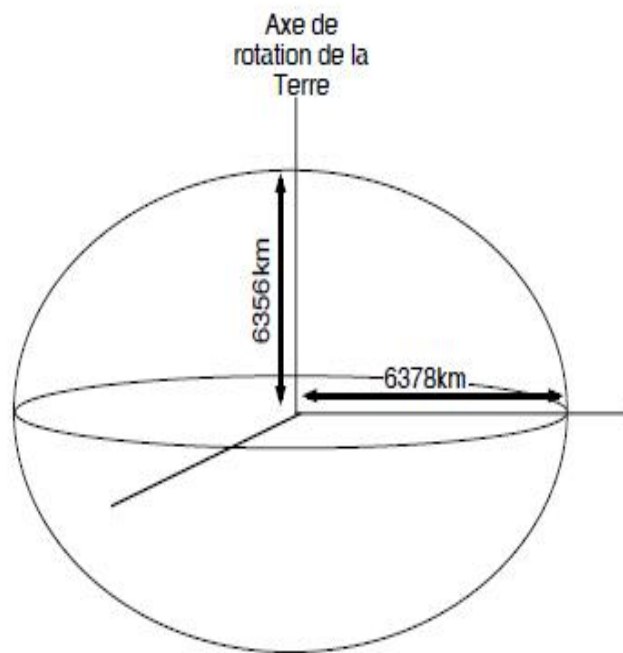
- Outre-Mer : RGFG95 pour la Guyane, RGR92 pour la Réunion, RGM04 pour Mayotte

L'ellipsoïde de révolution

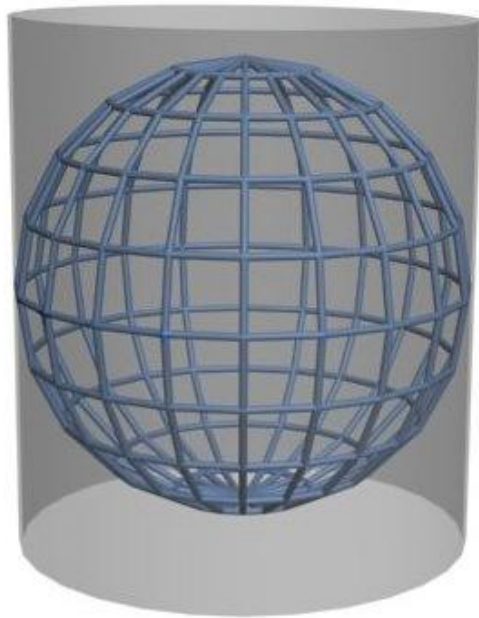
- . Un modèle de Terre aussi proche que possible de la réalité
- . Cartographier la Terre en
 - précisant ses irrégularités par rapport à cette surface (**altitude**)
 - en appliquant les détails horizontaux directement sur cette surface (**planimétrie**).

L'ellipsoïde est un compromis

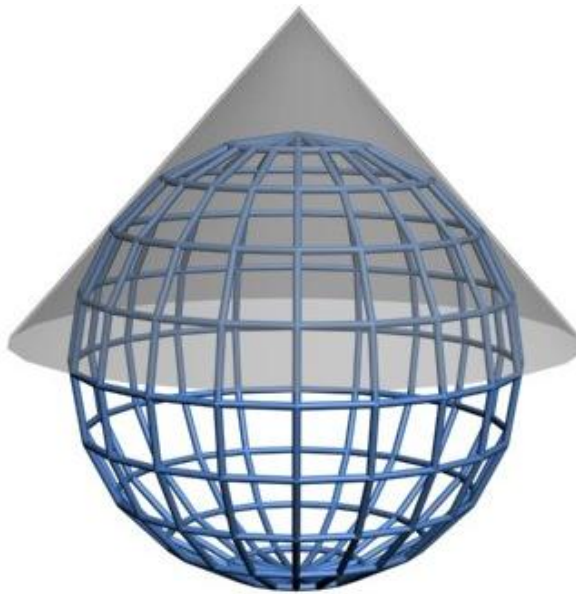
- aplati aux pôles, de demi-grand axe (a) 6378km et de demi-petit axe (b) 6356 km
- On ajoute un géoïde pour prendre en compte l'altitude



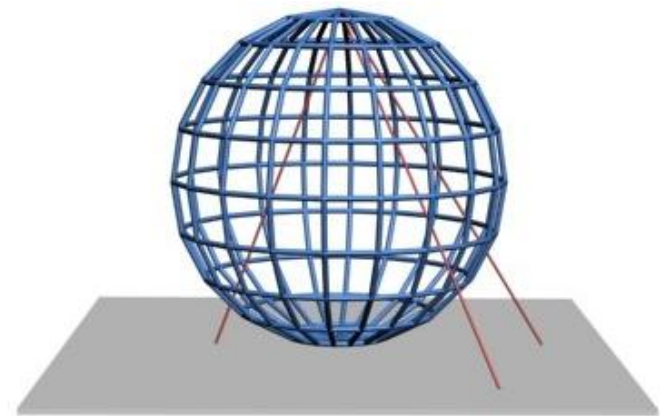
- Plusieurs type de projections possibles là encore...



- Cylindrique



conique



azimutale

La projection conique Lambert

- La plus utilisée au monde pour réaliser des cartes
- En France, deux projections Lambert co-existent encore :
 - Lambert 93 : elle utilise le RGF93 et le modèle IAG GRS80 (méridien de référence : Greenwich)
 - Lambert 4 zones (utilisée à l'Insee) : basée sur le NTF et sur le modèle de Clarke 1880 (méridien de référence : Paris)

La représentation du relief sur une carte

L'orographie est la représentation du relief terrestre. Plusieurs éléments décrivent les formes du terrain : les courbes de niveau et les points cotés.

a/ Les courbes de niveau

Le relief du terrain est dessiné sur la carte par des courbes de niveaux

Définition

. Les courbes de niveau ou isoplètes sont des lignes imaginaires placées sur une carte de géographie, qui joignent tous les points situés à la même altitude.

C'est aussi la ligne d'intersection d'un plan horizontal avec le relief du terrain.

Principe de construction des courbes de niveaux

Pour comprendre la représentation du relief par les courbes de niveau, il suffit d'imaginer une montagne découpée en gradins et de la survoler par la pensée.

Équidistance

L'équidistance est la distance verticale séparant deux courbes de niveau : C'est la différence d'altitude ou dénivellation entre deux courbes de niveau simples.

Elle est toujours multiple entier de 5 et ne varie jamais dans une carte, ainsi les altitudes des toutes les courbes de niveau dans cette carte sont multiples entiers de l'équidistance.

Elle peut varier d'une carte à l'autre en fonction de l'échelle et du relief cartographié.

Principe de calcul de l'équidistance notée le plus souvent par e

$$e = \frac{\text{Altitude d'une courbe } C_1 - \text{Altitude d'une courbe } C_2}{\text{Nombre d'intervalle entre } C_1 \text{ et } C_2}$$

L'unité de l'équidistance e est toujours le mètre (m)

Types de courbes de niveau

On distingue sur la carte trois types de courbes de niveau:

- Les courbes simples ou « traditionnelles » dessinées en trait fin continu.
- Les courbes maitresses ou directrices, appelées aussi courbes principales, qui sont dessinées en trait épais continu. Une courbe maîtresse sera généralement associée à une altitude indiquée par des chiffres orientés en fonction de la pente repérée : cela permet de compter rapidement la dénivelée
- Les courbes intermédiaires, dessinées en traitillés ou en pointillés sur la carte et qui se situent à la demi-équidistance. On les représente sur la carte uniquement lorsque la pente n'est pas régulière entre deux courbes de niveaux "traditionnelles" ou entre une courbe directrice et une courbe « traditionnelle ».

Caractéristiques des courbes de niveau

- L'altitude est précisée à certains endroits sur les courbes de niveaux : le haut des chiffres indique la partie haute de la pente, et le bas des chiffres la partie basse de la pente.
- Pente : Plus les courbes de niveau sont rapprochées, plus la pente est raide ; plus elles sont espacées, plus la pente est douce.
- Distinguer les cuvettes des sommets

Un *Sommet* est représenté par des courbes concentriques dont l'altitude centrale est plus élevée par rapport à l'altitude périphérique

Notion d'échelle cartographique

L'échelle est définie comme le rapport entre la distance sur la carte et la distance sur le terrain. Elle correspond à un degré de généralisation de la représentation graphique (perte partielle d'information).

Tableau 2.1. Echelles et applications (Source Caloz, 1997) c

Echelle	Application
1:100 – 1 :2 000	Cadastre Construction d'ouvrage Réseaux de drainage
1:5 000 – 1 :10 000	Plan d'aménagement Avant projet Inventaires locaux
1:25 000 – 1 :50 000	Cartes topographiques Grands inventaires Aménagements régionaux

LES SYSTEMES DE PROJECTION

Le réseau géodésique Doppler

Cette technique utilise le Radar Doppler. Un **Radar Doppler** est un radar qui utilise l'effet Doppler-Fizeau de l'écho réfléchi par une cible pour mesurer sa vitesse radiale. Le signal micro-onde — émis par l'antenne directionnelle du radar — est réfléchi par la cible et comparé en fréquence avec le signal original allé et retour.

Les radars Doppler sont utilisés pour la défense aérienne, pour le contrôle du trafic aérien, pour la surveillance des satellites, pour les contrôles de vitesse sur route, en radiologie et dans les réseaux d'assainissement.

Le réseau de points Doppler a été réalisé par l'INCT entre 1980 et 1990. Il est composé de 122 points d'une précision relative de 10 à 15m (Figure 3). Ce réseau a été renforcé par 8 points du réseau ADOS (African DOppler Survey) d'une précision moyenne relative de 1m.

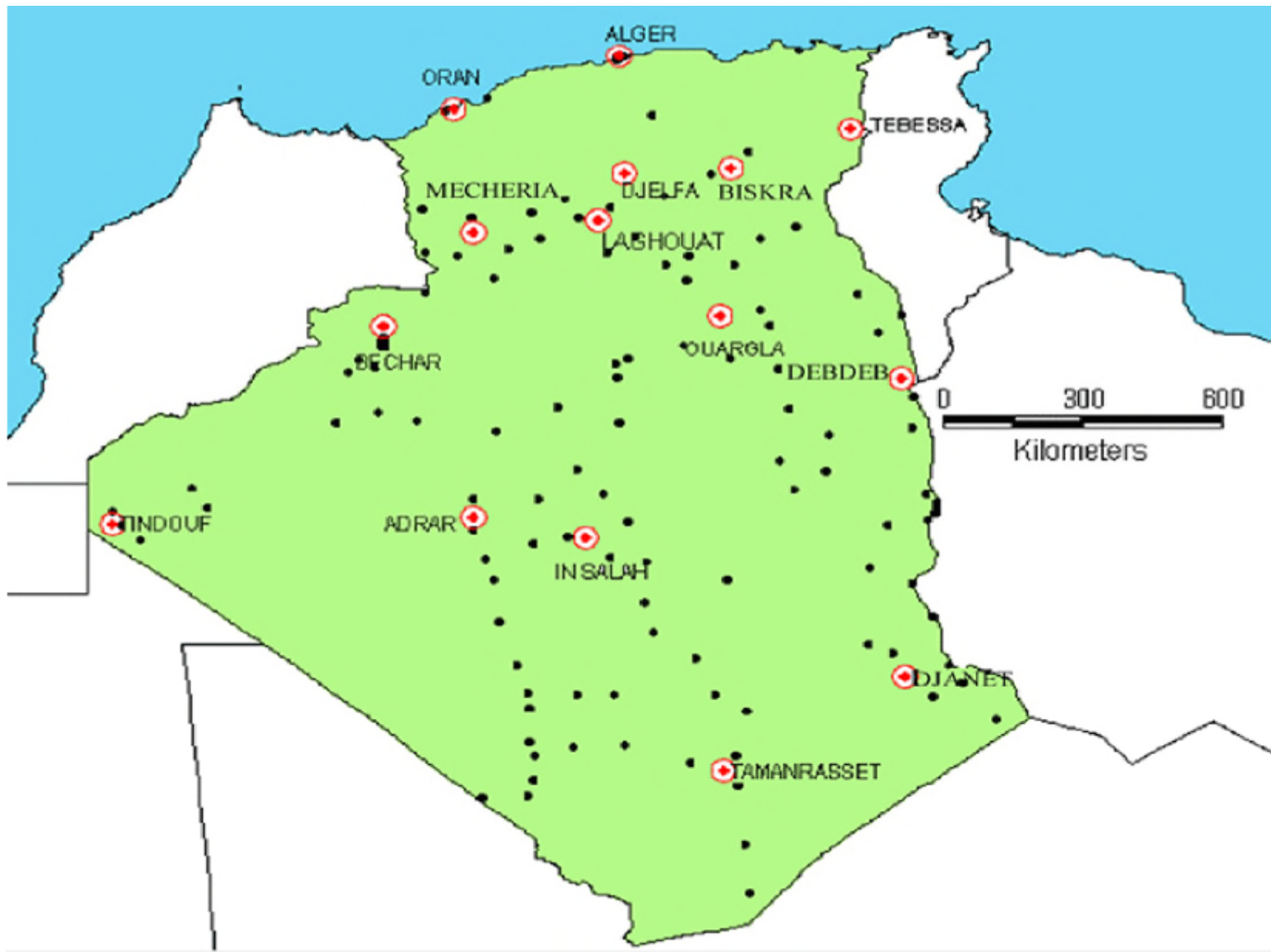


Figure 3 : Le réseau géodésique DOPLER (3. Le réseau géodésique GPS)

Le réseau GPS a été réalisé en deux parties (Figure 4) :

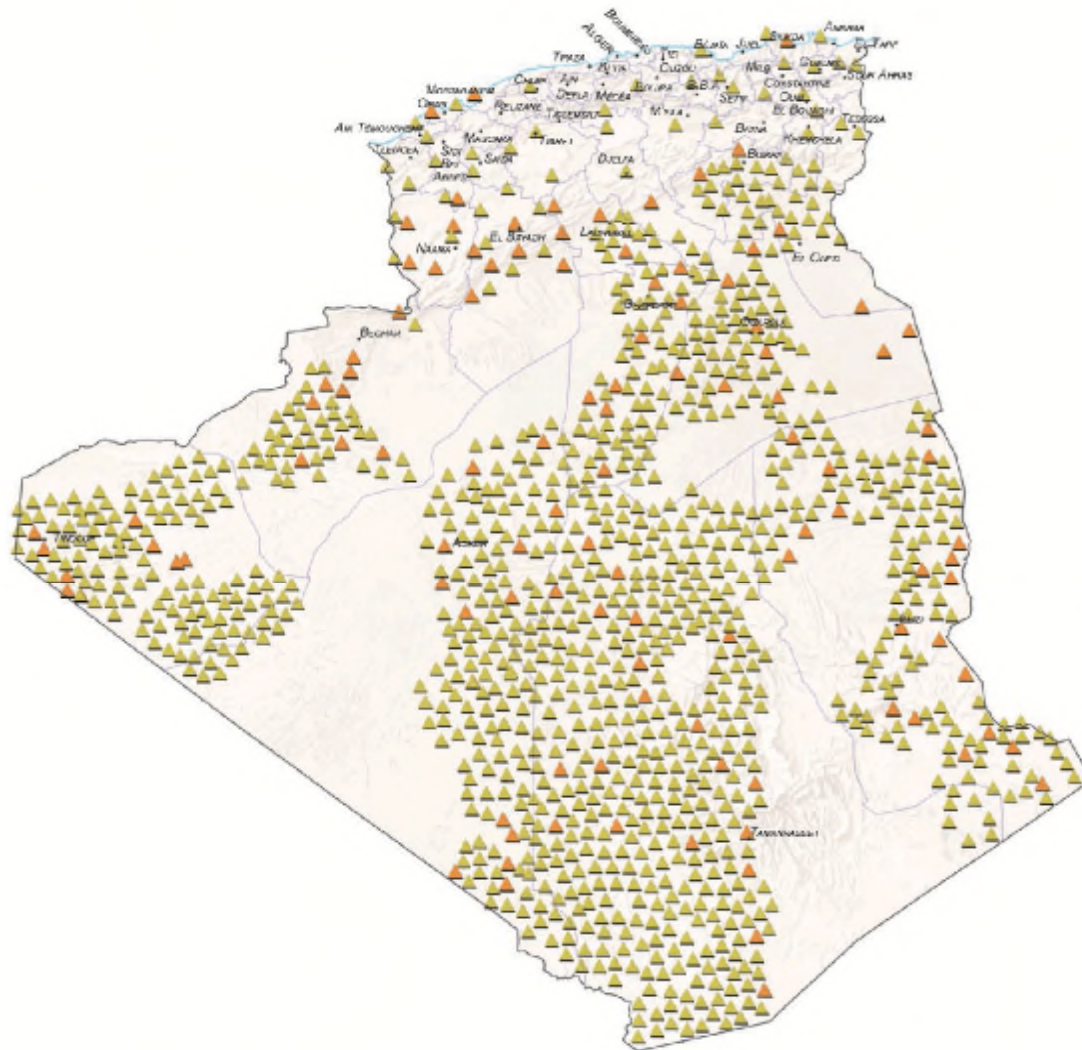
3.1. Le réseau GPS d'ordre Zéro

L'opération a été réalisée entre 1998 et 2005. Elle comprend 20 points d'une précision moyenne planimétrique de 5mm et altimétrique de 1cm.

3.2. Le réseau de densification GPS

Il consiste à la détermination d'un ensemble de points de grande précision appartenant au réseau de géodésie classique par GPS. Ces points ont servi à unifier les deux systèmes de projection (WGS84 et Nord Sahara) en déterminant les paramètres de passage les plus précis que possible. Ce réseau compte 1290 points espacés de 20 à 30 Kms. La précision relative de ce réseau planimétrie est de l'ordre de 2cm et en altimétrie de 5cm.

GEODESIE SPATIALE



▲ Point GPS.

▲ Point doppler.

Réseau Doppler

122 points couvrant l'ensemble du territoire national, ils sont déterminés en utilisant la technique Doppler basé sur le système Transit.

Réseau GPS

1290 points matérialisés et réalisés avec la technique GPS.

Figure 4 : Le réseau GPS

3. Les systèmes de projection utilisés en Algérie

Pour les besoins cartographiques, on est contraint de représenter l'image de la terre sur une surface plane assimilée à un ellipsoïde donné. Les coordonnées planes obtenues permettent d'effectuer des mesures directes sur la carte.

Les cartes de l'Algérie sont réalisées selon différents systèmes de projection en fonction de la période durant laquelle elles ont été établies.

On distingue quatre systèmes de projection principaux selon lesquels sont réalisées les cartes en Algérie.

III.4.1. La projection Lambert

Durant la période coloniale, l'Algérie a utilisé la projection Lambert qui se caractérise par les points suivants :

a- Caractéristiques de la projection Lambert :

C'est une projection conique conforme tangente de Lambert. Dans le but de minimiser les déformations (altérations linéaires), l'Algérie a été découpée en **deux zones (Figure III.9)**: - Une projection appelée "Lambert Nord" qui couvre le nord de l'Algérie

- Une projection appelée "Lambert Sud" qui couvre le sud de l'Algérie.

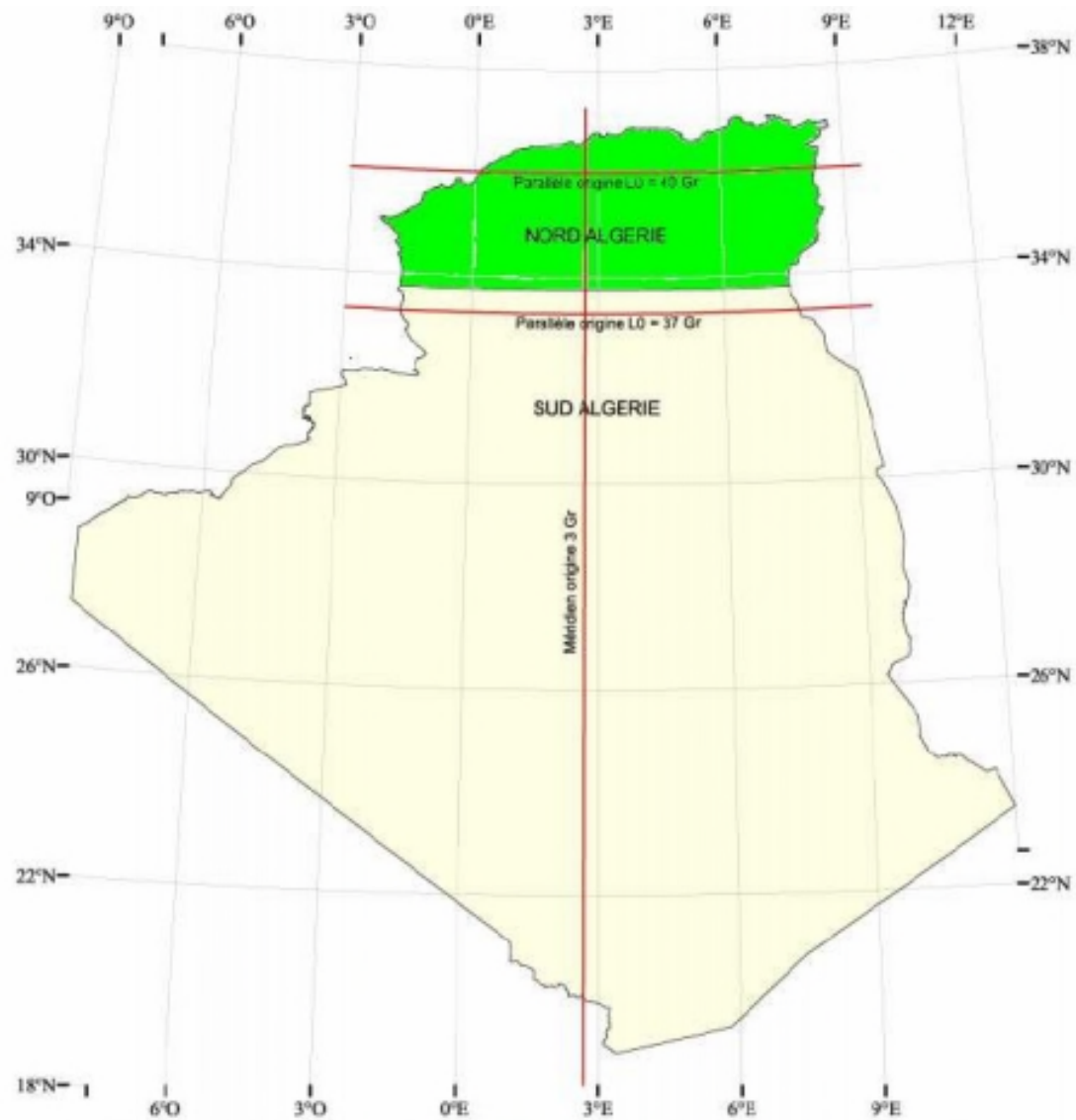


Figure III.9: Projection Lambert en Algérie.

III.4.2. La représentation cartographique UTM.

La projection cylindrique UTM couvre le monde entier et est constituée de 60 fuseaux de 6 degrés d'amplitude en longitude. Cette projection est réalisée selon l'ellipsoïde de Clarke 1880.

La représentation cartographique plane en vigueur adopté par l'Algérie en 2003 est l'UTM (Universel Transverse Mercator). L'Algérie s'étale de l'Ouest à l'Est sur quatre fuseaux : le 29, 30, 31 et 32 soit de 9° à l'Ouest du méridien d'origine et à 12° à l'Est du méridien d'origine (**Figure III.10**).

La Base de données applicable pour l'Algérie présente quatre fuseaux (Figure 5) :

UTM zone 29N entre 12° et 6° Ouest,

UTM zone 30N entre 6° Ouest et 0° Greenwich,

UTM zone 31N entre 0° Greenwich et 6° Est,

UT M zone 32N entre 6° et 12° Est.

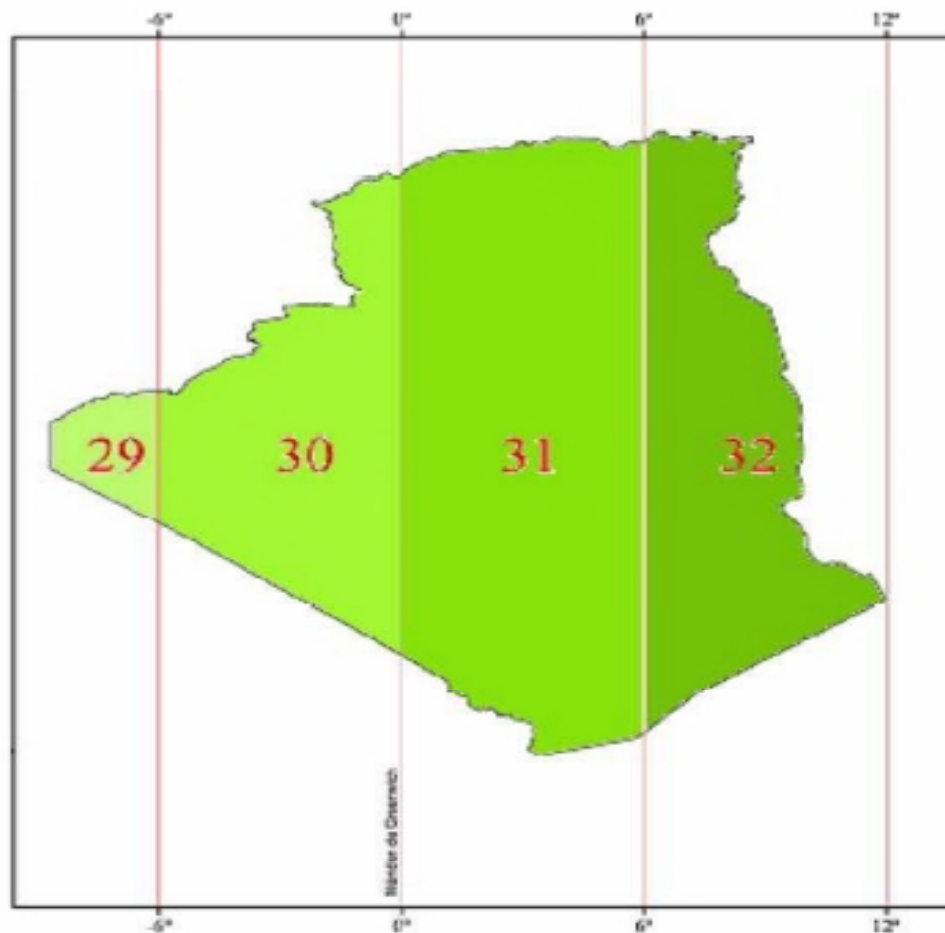


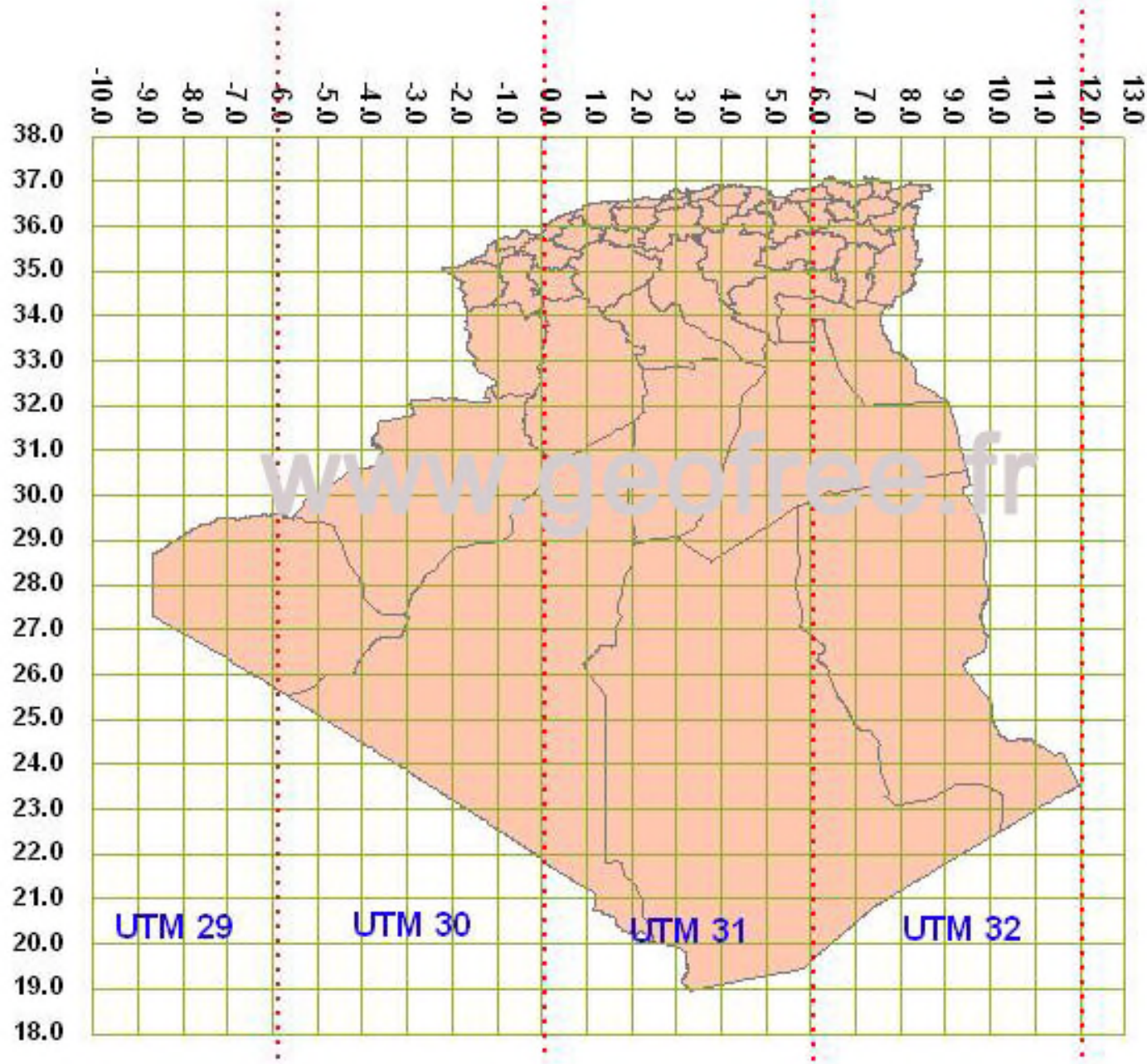
Figure III.10: Fuseaux de la projection UTM en Algérie.

3.4. Le système WGS84

WGS 84 (World Geodetic System 1984) est un système mondial mis au point par le département de la défense des États-Unis et utilisé par le GPS, basé sur l'ellipsoïde WGS84. Ce système utilise une projection cylindrique.

Note importante : Google utilise une projection Mercator / géodésie WGS84 pour la visualisation en 2D des cartes et images satellites/aériennes de son application web **Google Maps**.

Google utilise une projection cylindrique simple (appelée aussi Plate Carrée ou Lat/Lon) / géodésie WGS84 pour son logiciel 3D **Google Earth**,
(C'est une projection cartographique simple dans laquelle les méridiens et les parallèles sont des lignes droites équidistantes, avec des intersections à angle droit).



Il est essentiel de savoir convertir des coordonnées entre différents systèmes géographiques. Les coordonnées sont soit des latitudes/longitudes, soit des coordonnées cartésiennes

dans différents systèmes de projection cartographiques.

La conversion des degrés sexagésimaux (minutes et secondes) en degrés décimaux se fait selon la formule suivante :

Degrés décimaux = degrés + (minutes / 60) + (secondes / 3600)

Les étapes pour convertir les degrés décimaux en degrés sexagésimaux pour, par exemple, la longitude d'Oran : 35.702788

- Le nombre avant la virgule indique les degrés $\Rightarrow 35^\circ$
- Multiplier le nombre après la virgule par 60
$$\Rightarrow 0,702788 * 60 = 42,16728$$
- Le nombre avant la virgule devient la minute (42')
- Multiplier le nombre après la virgule par 60 $\Rightarrow 0,16728 * 60 = 10.03$
- Le résultat correspond aux secondes (10").
- Notre longitude sera de $35^\circ 42' 10''$

Localité	Coordonnées sexagésimales							
	Latitude				Longitude			
	Degré	minute	seconde	Direction	Degré	minute	seconde	Direction
Oran	35	42	10	Nord	0	38	57	Ouest

Coordonnées décimales	
Latitude	Longitude
35.70277778	-0.64916667

Pour convertir les coordonnées décimales en radian, il suffit de les multiplier par Pi et de les diviser par 180.

Coordonnées en radian	
Latitude	Longitude
0.623131024	-0.011330096

SYSTEME D' INFORMATION GEOGRAPHIQUE

Un Système d'Information Géographique (S.I.G) est un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace (**Figure I.1**).



Figure I.1 : Informatisation des données géoréférencées à l'aide du SIG.

Les S.I.G se placent au croisement de quatre disciplines auxquelles ils empruntent une partie de leurs histoires, de leurs principes et de leurs technologies (**Figure 2**).

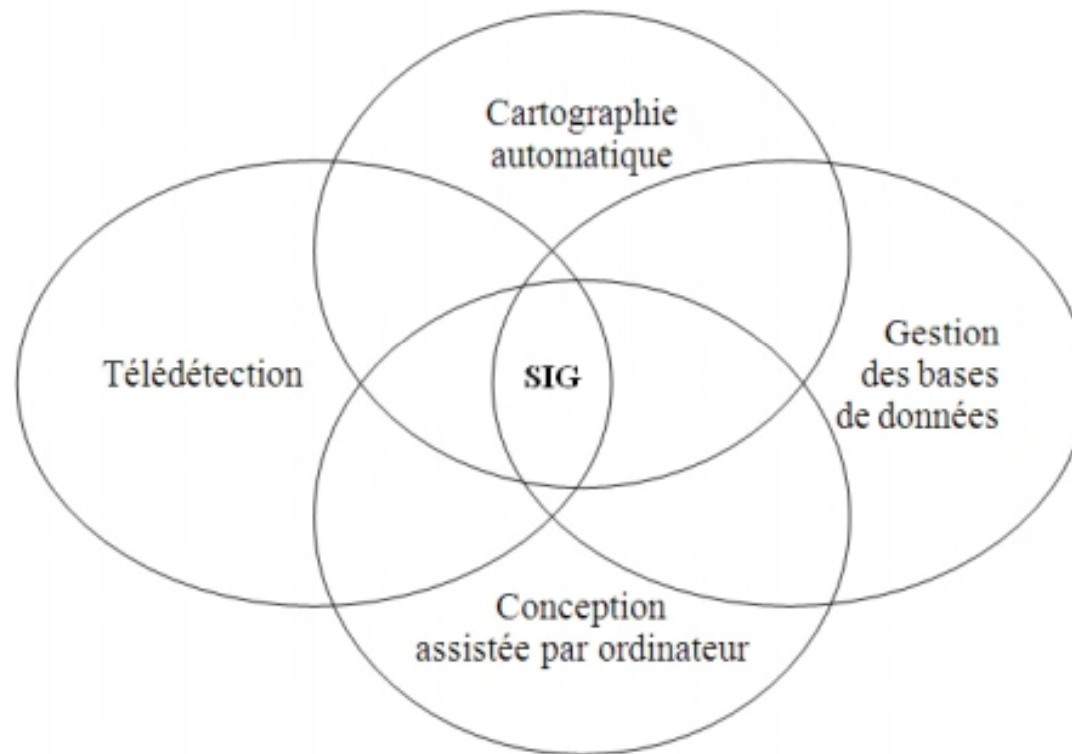


Figure I.2 : Les disciplines contribuant au S.I.G.

La connaissance de plusieurs concepts est nécessaire : Les systèmes de référence et les systèmes de projection, l'analyse des données, les processus de modélisation, le traitement statistique et le traitement graphique.

I.2. La structure de l'information géographique.

L'information spatiale dans un S.I.G est sous forme de couches superposables reliées à des données alphanumériques structurées dans une base de données **(Figure I.3)**.

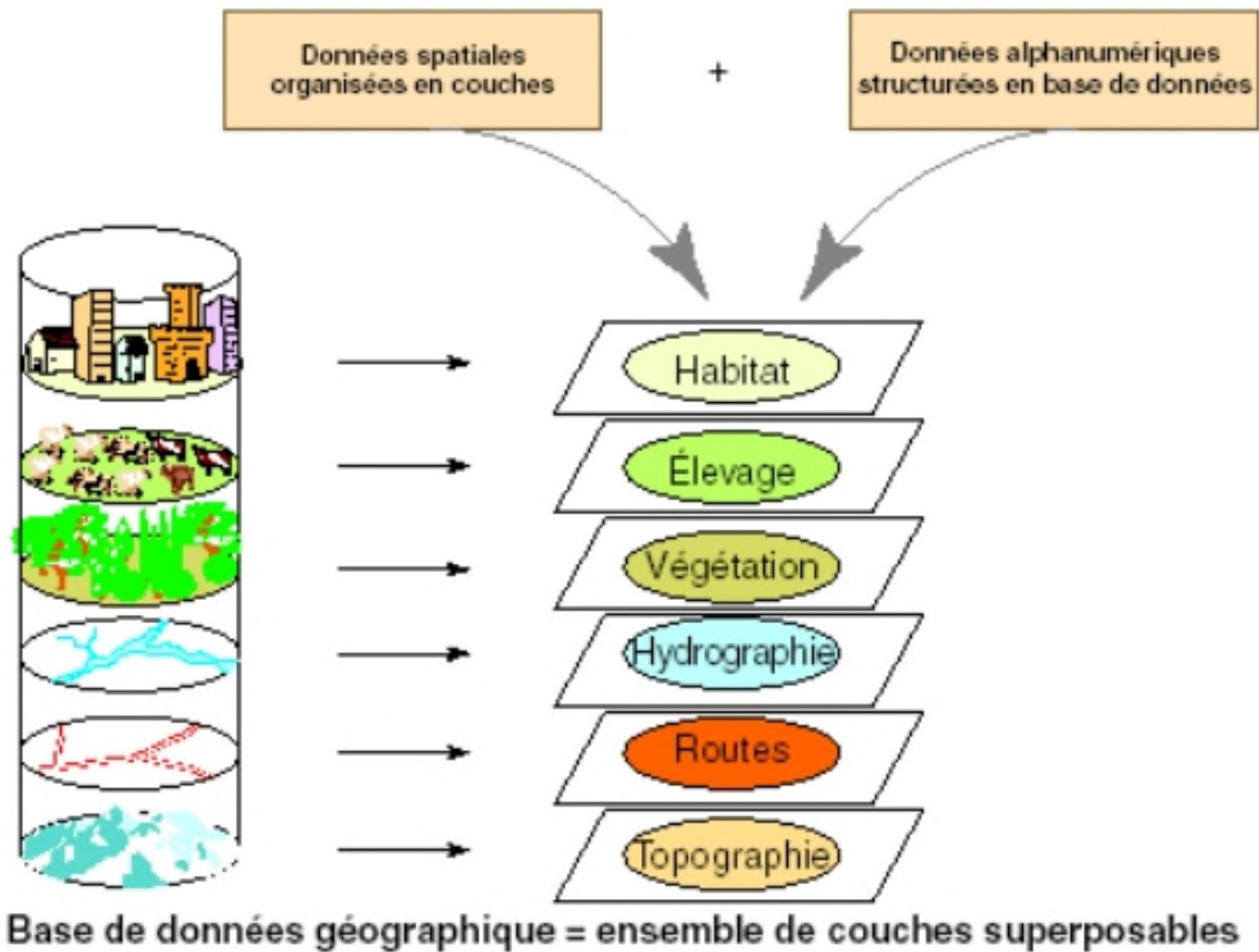


Figure I.3 : La structure de l'information spatiale dans un S.I.G.

I.3. Les modes de représentation de l'information géographique dans un

S.I.G. Il existe deux modes de représentation de l'information géographique dans un S.I.G:

- le mode maillé ou Raster en anglais
- le mode vectoriel (ou vecteur).
- Ces deux modes synthétisées en images de la manière suivante (**Figure I.4**) :

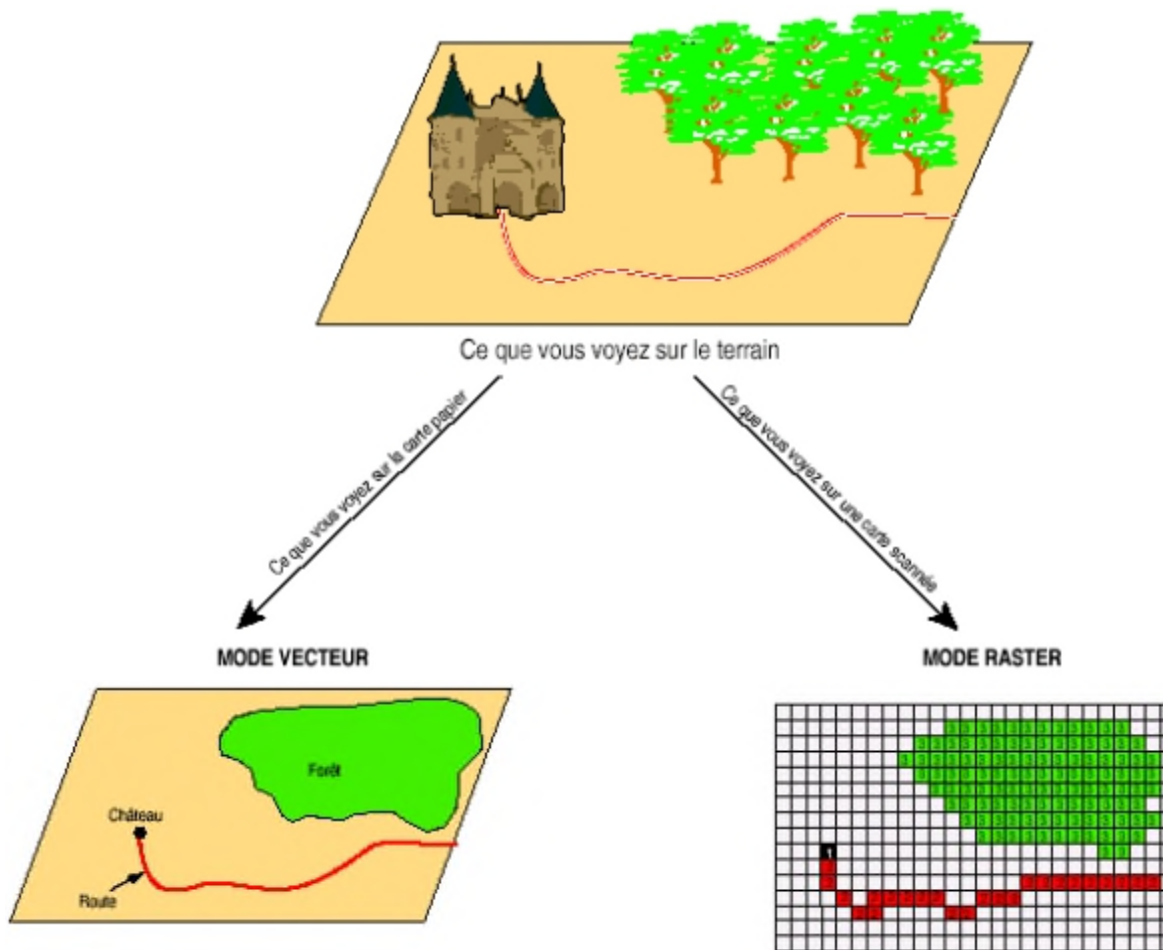


Figure I.4: Les modes de représentation de l'information géographique dans un S.I.G.

I.4. Les données de base.

I.4.1. Les données Raster.

La réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information. Une forêt sera "représentée" par un ensemble de points d'intensité identique (**Figure I.5**).

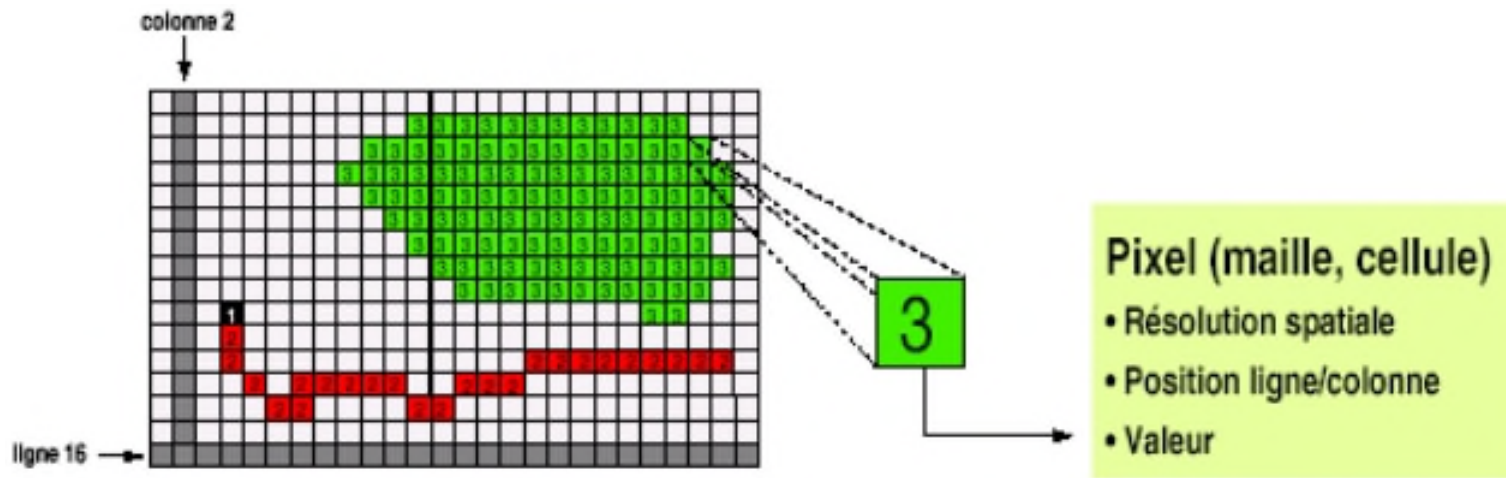


Figure I.5: Décomposition d'une zone d'étude selon une grille.

Les données raster sont sous forme d'une matrice de pixels (picture elements) découpant régulièrement l'espace et dont la valeur est représentative de l'information à mesurer sur le terrain. Une image raster peut être un plan scanné, une photographie aérienne ou une image satellitaire (**Figure I.6**).

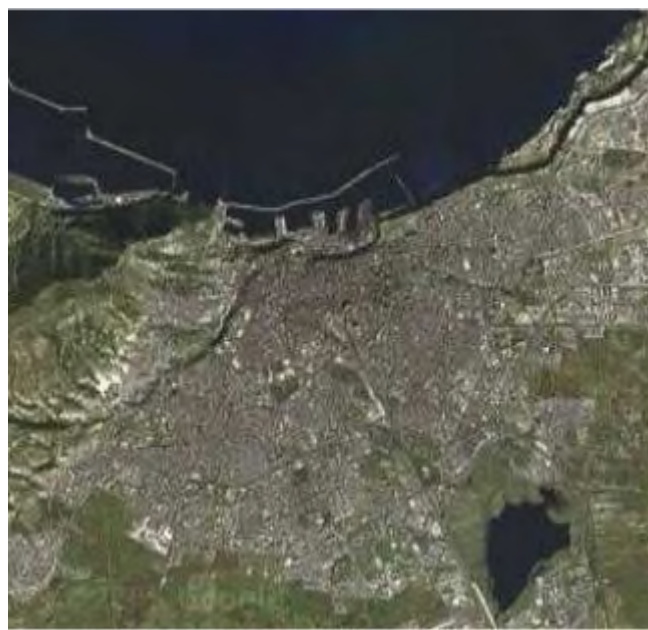
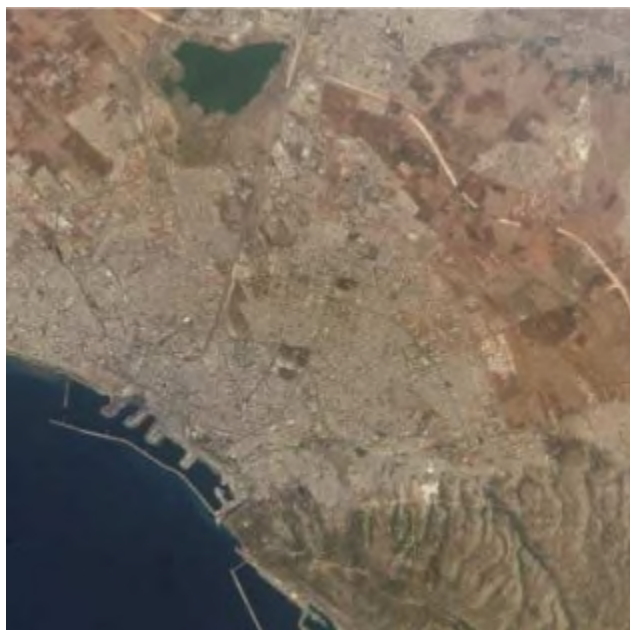


Figure I.6: Exemples de données raster: Photographie aérienne, image satellitaire, plan scanné.

I.4.2.Les données vectorielles.

Les limites des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les arcs, et les arcs des polygones. Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire (**Figure I.7**). Par exemple : une table MapInfo, une table MS-Access, ou une table Oracle.

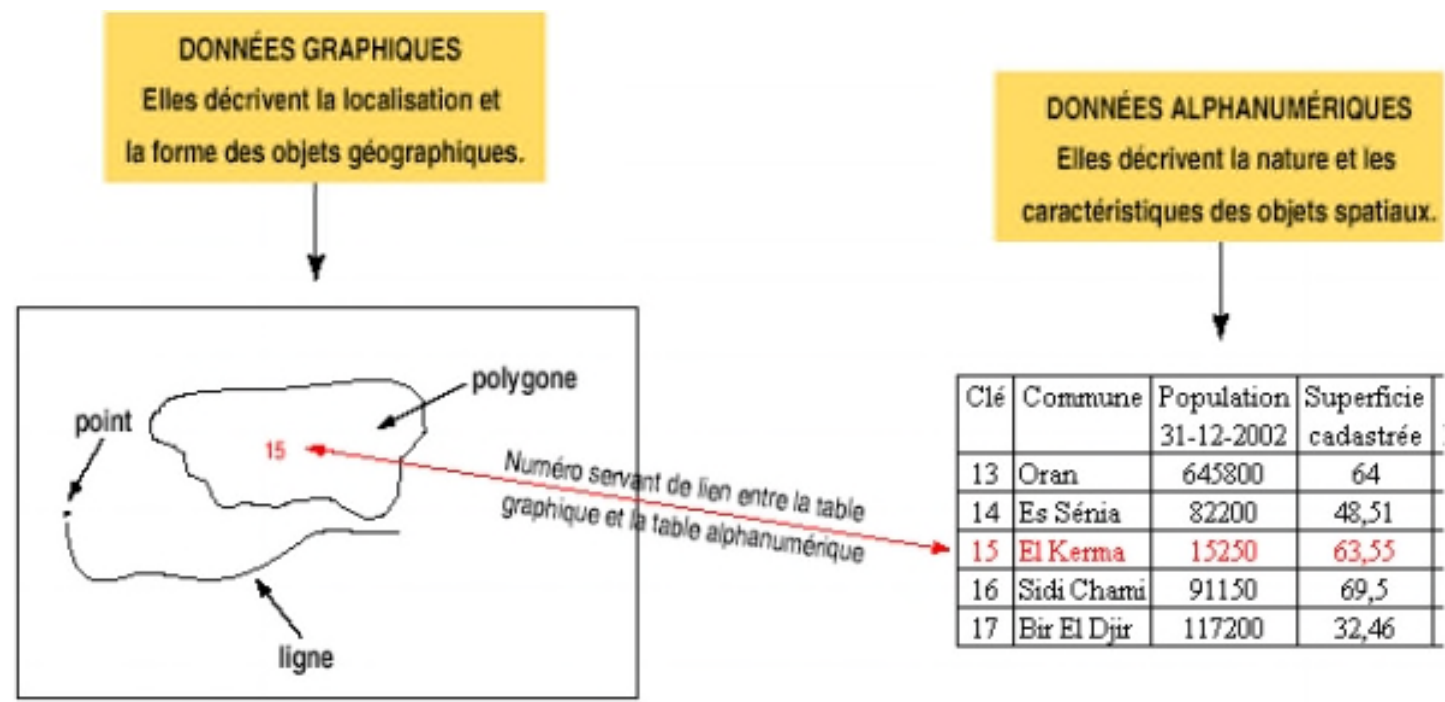


Figure I.7: Lien entre les données graphiques et les données alphanumériques dans un S.I.G.

Les points : définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

Les lignes : représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex: rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

Les polygones : représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, ou des types de sols. (**Figure I.8**)

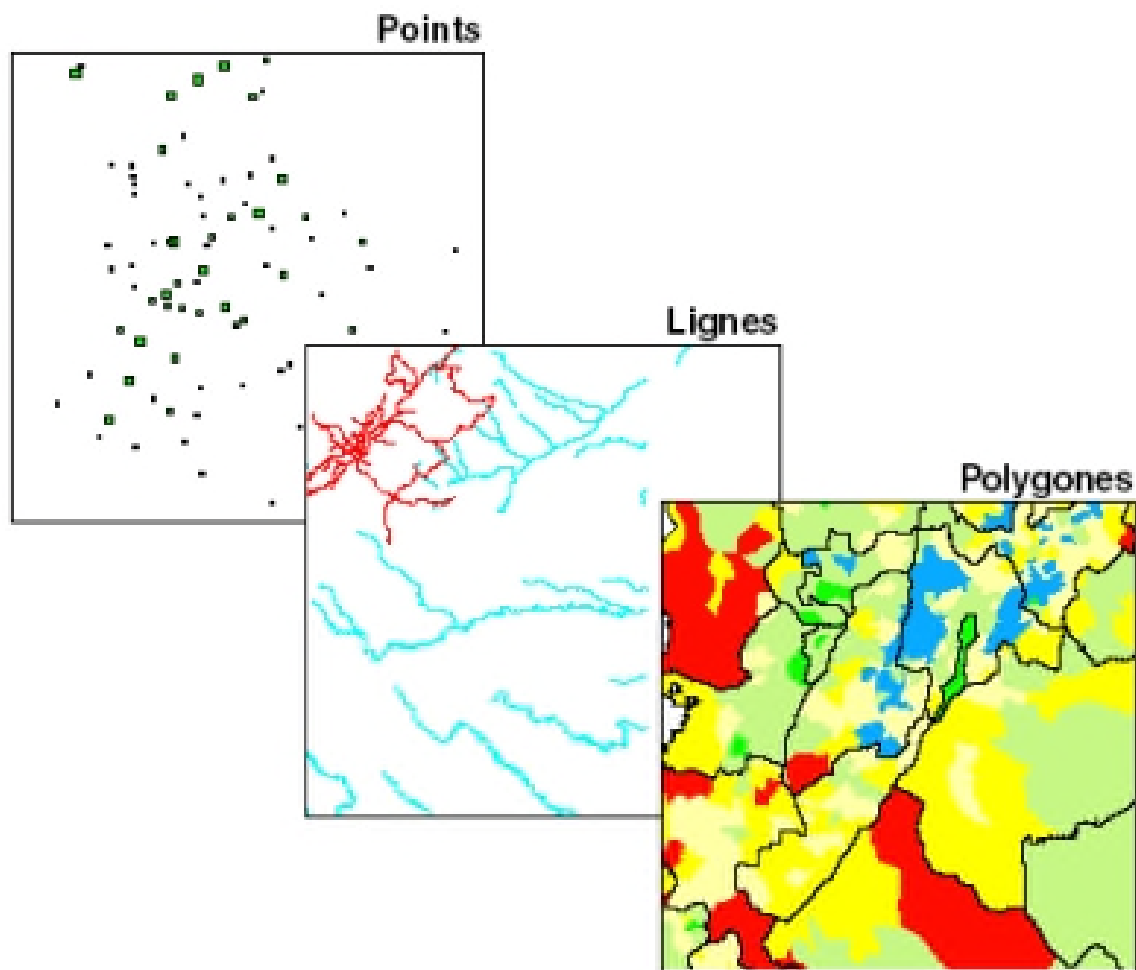


Figure I.8 : Exemples de données vectorielles.

Par ailleurs, il est possible de convertir une table vectorielle en table raster ou une table raster en table vectorielle. Cependant, le passage du mode vecteur au mode raster est facile tandis que le passage du mode raster au mode vecteur nécessite des cartes de bonne résolution (Figure 4).

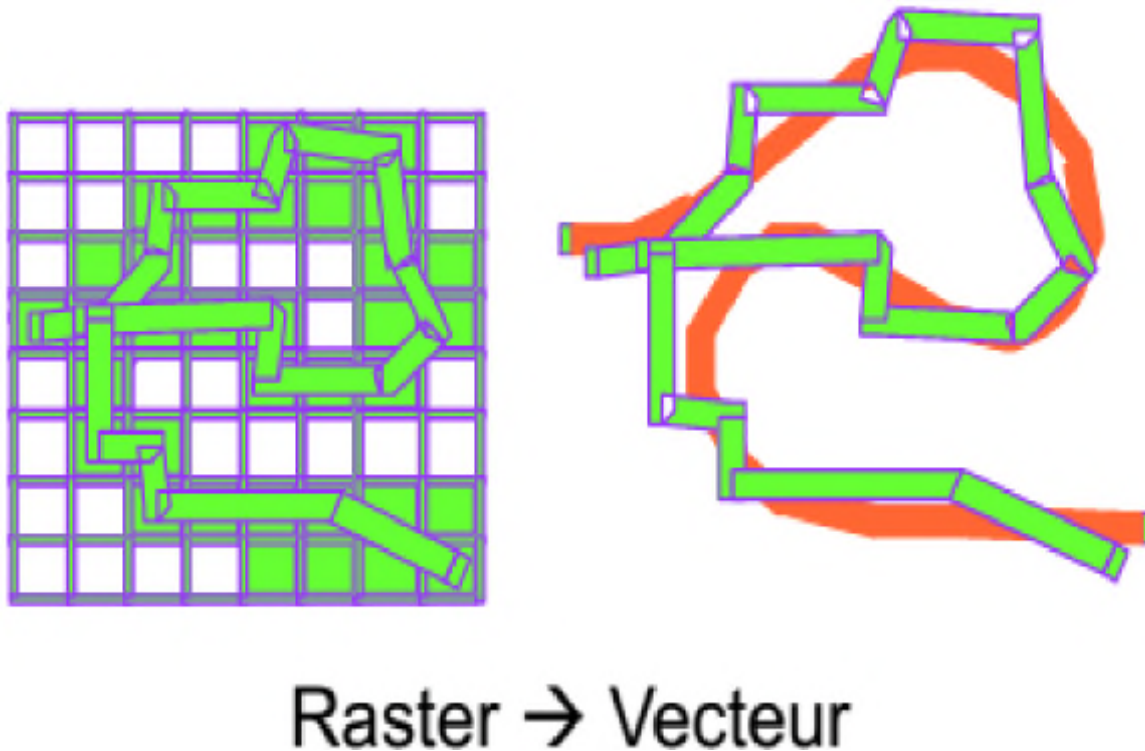


Figure 4 : Image montrant le passage du mode Raster en mode Vecteur

Le mode raster par rapport le mode vecteur

Tabl.1: Comparaison entre le mode Raster et le mode vecteur

	Avantages	Inconvénients
Raster	• bonne représentation des réalités continues • structure de données simple • analyse spatiale aisée • combinaison de thèmes aisée (unités spatiales directement comparables) • calculs rapides	• prend beaucoup de place • faible qualité d'affichage et d'impression • position et forme des objets peu précises (selon résolution)
Vecteur	• prend peu de place • excellente qualité d'affichage et d'impression • représentation précise de la position et de la forme des objets • bonne intégration et mise à jour facile • approche par objet	• peu adapté à la représentation des réalités continues • structure de données complexe • croisement de thèmes complexe (nécessité de créer de nouvelles unités spatiales) • calculs lents

Les Composantes d'un SIG

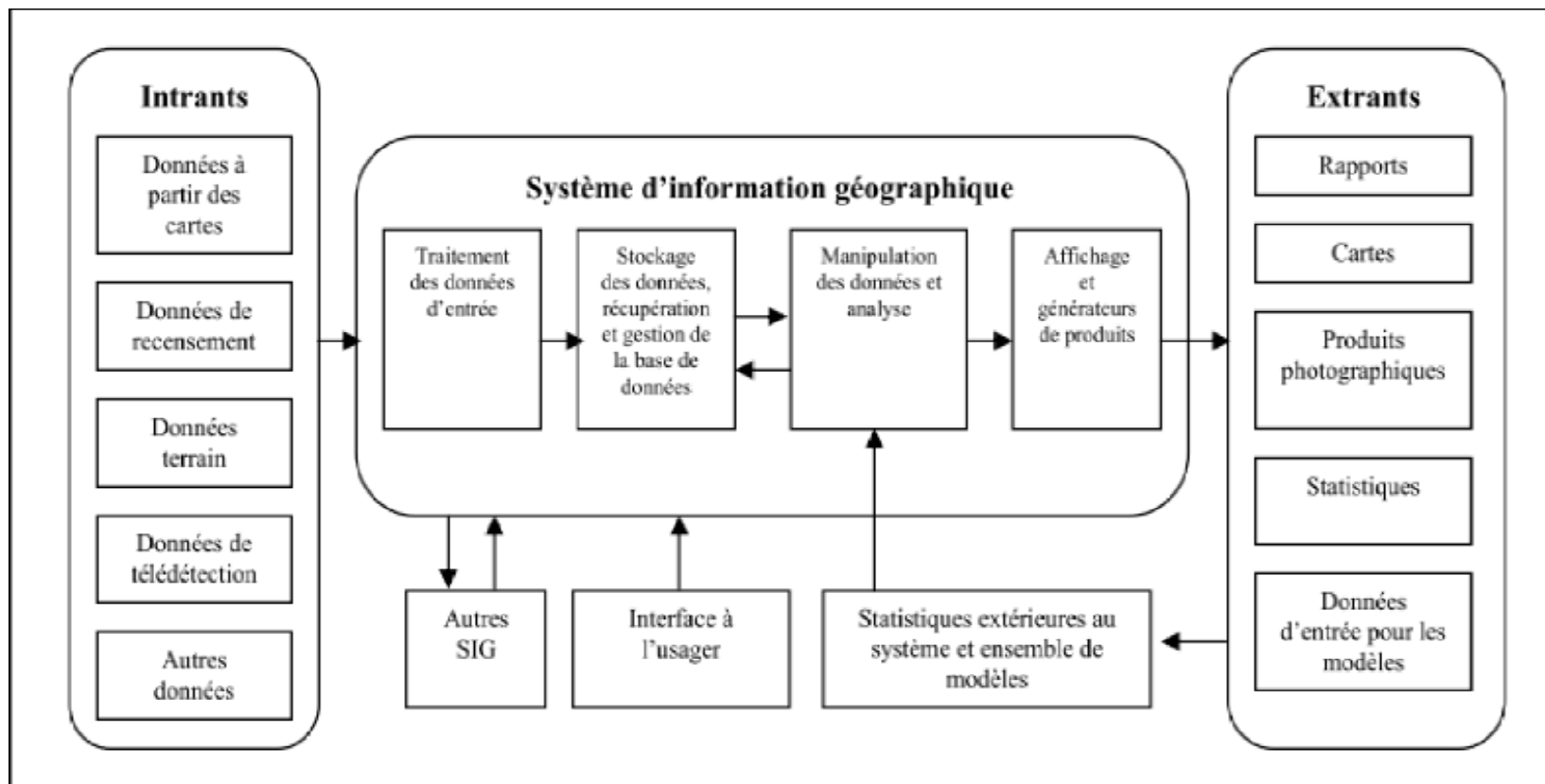


Figure 1 : Composantes d'un SIG (*FISCHER et al., 1993*).

5. Étapes de construction et sorties d'un SIG

Pour construire un système d'information « SIG » fiable, Il est nécessaire de suivre un cheminement dit « *la méthode des (05 A)* ». Cette méthode consiste à suivre 05 étapes pour la réalisation du SIG, il s'agit :

- **Acquisition** des données (raster, lever topo, essais,...)
- **Abstraction** (dépouille) des données : Il s'agit de l'étape la plus difficile et la plus importante lors de laquelle les données sont traitées par des spécialistes afin d'éliminer certaines données floues ou illogiques.
- **Archivage** des données (base de données, couches vectorielles)
- **Affichage** des données

- **Analyse** des données (répondre aux questions liées au problème traité)

L’affichage et l’analyse des données, également appelé sorties du SIG, peuvent être de différentes natures. Les sorties obtenus par l’application d’un SIG constituent des réponses à des questions posées par l’utilisateur afin d’analyser une problématique (gestion du réseau routier, gestion de l’alimentation en eau potable, gestion des secours,...) et de produire des documents nécessaires à la prise de décision. La figure 6 montre les types principaux de sorties qu’on peut obtenir avec un SIG.

I.5. Les domaines d'application des S.I.G.

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés.

- Tourisme : gestion des infrastructures, itinéraires touristiques.
- Marketing : localisation des clients, analyse d'un site sur le plan commercial.
- Planification urbaine : cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement.
- Protection civile : gestion et prévention des catastrophes.
- Protection civile : gestion et prévention des catastrophes.
- Transport : planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires

(Figure I.9)

- Hydrologie : état des eaux superficielles, réseau d'observations sur les eaux de charriage.
- Forêt : cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture.
- Géologie : prospection minière.
- Biologie : études du déplacement des populations animales.
- Télécoms : implantation d'antennes pour les téléphones mobiles.

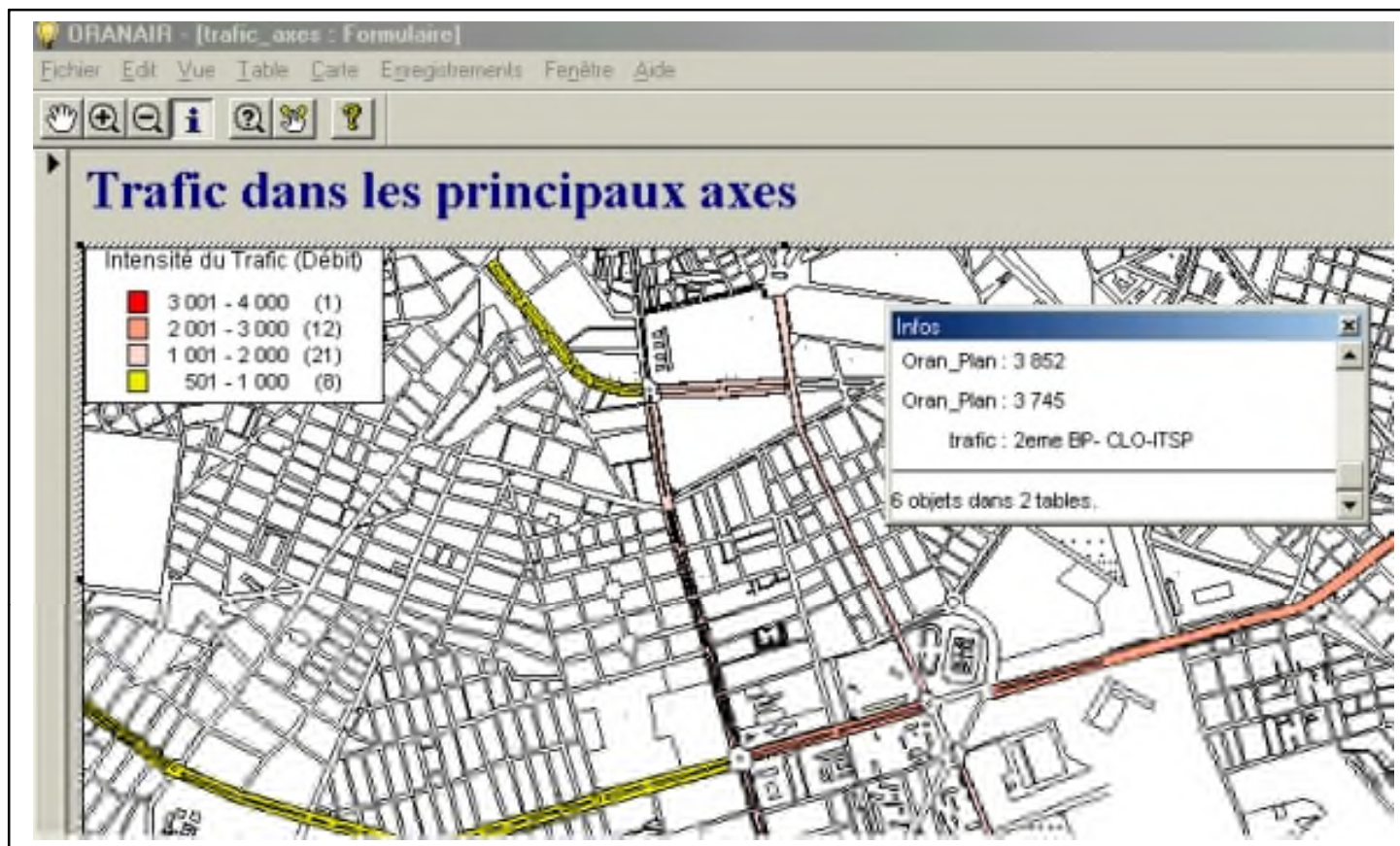


Figure I.9: Un S.I.G dédié au trafic routier dans la ville d 'Oran.

I.6. L'intérêt des S.I.G.

L'un des principaux intérêts des S.I.G est de pouvoir croiser les informations entre elles et d'en tirer une plus-value. Les S.I.G permettent de :

- stocker les informations de façon claire et définitive
- gérer une multiplicité d'informations attributaires sur des objets.
- comprendre les phénomènes, prévoir les risques par le biais de simulations.
- établir des cartographies rapides
- localiser dans l'espace et dans le temps
- réagir rapidement après des événements ayant un impact sur le territoire
- calculer des coûts ou des bénéfices
- associer un plus grand nombre de partenaires aux choix d'aménagement
- fournir des itinéraires et des plans adaptés

I.7. Quelques exemples de questions auxquelles un S.I.G peut répondre.

- Quel est l'état des routes sur une commune ?
- Qu'est-ce qui a changé depuis 2010 ?
- Quelles sont les parcelles concernées par une inondation éventuelle ?
- Quelles sont les zones sensibles en cas de glissement de terrain ?
- Quel est le chemin le plus rapide pour aller de la caserne des pompiers à l'incendie ?
- Que se passe-t-il si une substance toxique se déverse à tel endroit ?
- Où implanter des postes de surveillance d'incendie de forêt ?
- Où se trouve les zones favorables à la culture du blé ?
- Comment évolue la déforestation en Algérie ?
- Quelle est l'avancée du sable venant du Sahara.

I.8. Les possibilités offertes par les S.I.G.

Les S.I.G permettent de :

- convertir les objets graphiques d'un système à un autre
- disposer les objets dans un système de référence géoréférencé,
- faciliter la superposition de cartes de sources différentes
- extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée d'une route
- fusionner des objets ayant une caractéristique commune (par exemple : toutes les maisons raccordées à un réseau d'eau potable)
- déterminer l'itinéraire le plus court pour se rendre à un endroit précis
- définir des zones en combinant plusieurs critères (par exemple : définir les zones inondables en fonction de la nature du sol, du relief, de la proximité d'une rivière)

LES BASES DE DONNÉES

I.9. Conclusion.

Les S.I.G sont des outils d'aide à la décision et de prospective, très utiles dans une stratégie d'aménagement de l'espace. Une des finalités des S.I.G est de produire des cartes et des analyses, afin d'élaborer un diagnostic, aider à la décision et servir d'appui aux débats.

II.1. Introduction.

La bonne compréhension des bases de données est absolument nécessaire pour la maîtrise des systèmes d'information géographique dont la puissance de traitement de l'information et la finesse des analyses découlent principalement des systèmes de gestion de bases de données qui y sont intégrés.

II.2. Qu'est-ce qu'une base de données ?

Une base de données (son abréviation est BD, en anglais DB, *database*) est une organisation particulière d'une masse d'informations ou d'observations. C'est une entité dans laquelle il est possible de stocker des données de façon structurée et avec le moins de redondance (répétition) possible.

Son but est donc de simplifier l'accès aux données et d'économiser l'espace occupé par les fichiers informatiques en réduisant la redondance d'informations

Les données doivent pouvoir être utilisées par des programmes, par des utilisateurs différents.

Ainsi, la notion de base de données est généralement couplée à celle de réseau, afin de pouvoir mettre en commun ces informations, d'où le nom de **base**. On parle généralement de système d'information pour désigner toute la structure regroupant les moyens mis en place pour pouvoir partager des données selon une architecture clients-serveur ou trois-tiers (**Figure II.1**).

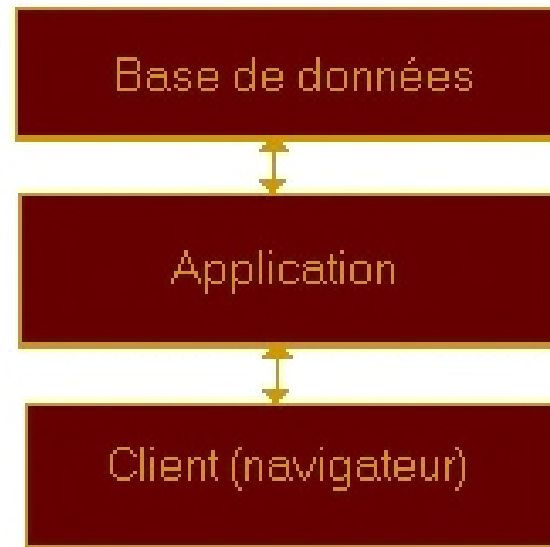
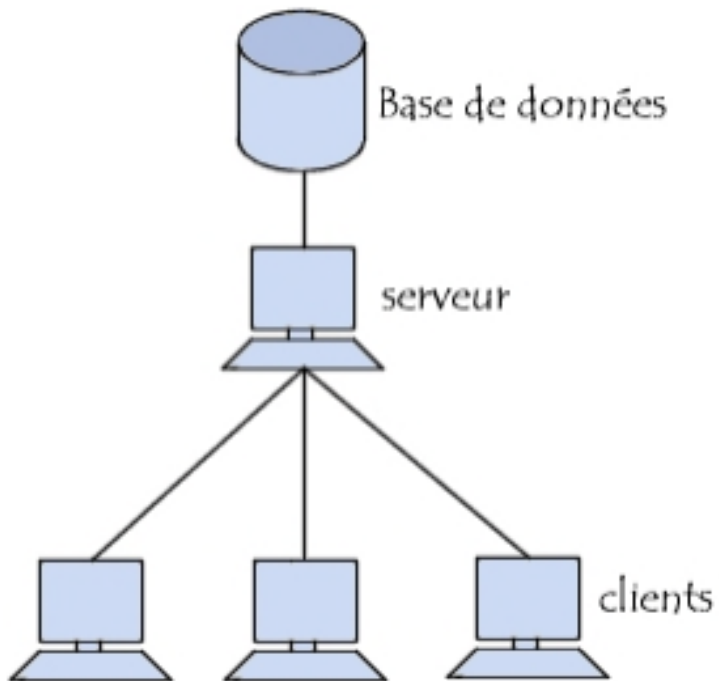


Figure II.1 : Architecture clients-serveur - Architecture trois tiers.

Utilité d'une base de données

Comment gérer (mémoriser et traiter) un ensemble d'étudiants (N°, Nom, Prénom, Groupe, Filière...) ?

Première solution : L'utilisation d'un tableur (Excel, par exemple)

Mais comment traiter la requête suivante ?

- Quelle est la moyenne des Tests des redoublants, qui ont plus de 3 absences et qui habitent Oran ?

Un tableur ne répond pas totalement à ce besoin surtout si le nombre d'étudiant est important.

Solution

- Séparation entre les données et le traitement.
- Utilisation d'un Système de Gestion de Base de Données (S.G.B.D).

Une base de données permet de mettre des données à la disposition d'utilisateurs pour une **consultation**, une **saisie** ou bien une **mise à jour**, tout en s'assurant des droits accordés à ces derniers. Cela est d'autant plus utile que les données informatiques sont de plus en plus nombreuses.

L'avantage majeur de l'utilisation de bases de données est la possibilité de pouvoir être accédées par plusieurs utilisateurs simultanément.

Le bon fonctionnement d'une base de données dépend avant tout de son organisation et c'est là où réside la principale difficulté. Il faut commencer par réfléchir à **la structure de l'information** avant de faire quoi que ce soit. Immédiatement après, il faudra bien cibler les

La gestion des bases de données

Afin de pouvoir contrôler les données ainsi que les utilisateurs, le besoin d'un système de gestion s'est vite fait ressentir. La gestion de la base de données se fait grâce à un système appelé **S.G.B.D** (système de gestion de bases de données) ou en anglais DBMS (Database management system). Le S.G.B.D est un ensemble de services (applications logicielles) permettant de gérer les bases de données, c'est-à-dire :

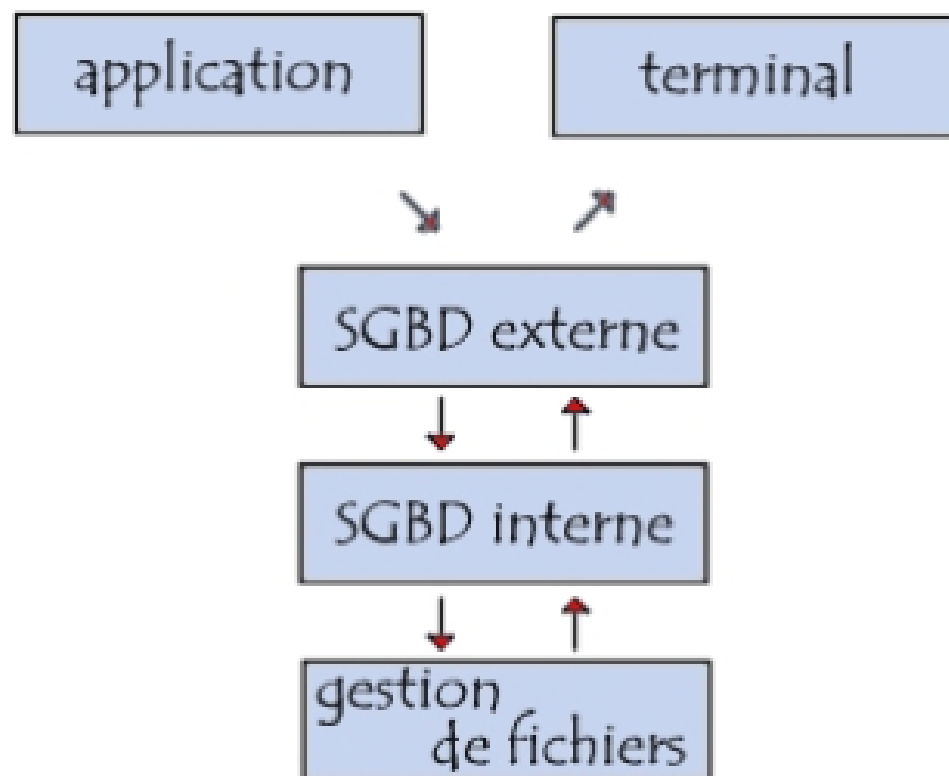
- permettre l'accès aux données de façon simple
- autoriser un accès aux informations à de multiples utilisateurs
- manipuler les données présentes dans la base de données (insertion, suppression, modification)

Le S.G.B.D peut se décomposer en trois sous-systèmes (**Figure II.2**) :

le système de gestion de fichiers : il permet le stockage des informations sur un support physique

le S.G.B.D interne : il gère l'ordonnancement des informations

le S.G.B.D externe : il représente l'interface avec l'utilisateur



Les caractéristiques d'un S.G.B.D

Les données sont enregistrées dans des tableaux à deux dimensions (lignes et colonnes). La manipulation de ces données se fait selon la théorie mathématique des relations.

L'architecture à trois niveaux permet d'avoir une indépendance entre les données et les traitements. D'une manière générale un S.G.B.D doit avoir les caractéristiques suivantes :

Indépendance physique : le niveau physique peut être modifié indépendamment du niveau conceptuel. Cela signifie que tous les aspects matériels de la base de données n'apparaissent pas pour l'utilisateur, il s'agit simplement d'une structure transparente de représentation des informations.

Indépendance logique : le niveau conceptuel doit pouvoir être modifié sans remettre en cause le niveau physique, c'est-à-dire que l'administrateur de la base doit pouvoir la faire évoluer sans que cela gêne les utilisateurs.

Manipulabilité : des personnes ne connaissant pas la base de données doivent être capables de décrire leur requête sans faire référence à des éléments techniques de la base de données

Rapidité des accès : le système doit pouvoir fournir les réponses aux requêtes, le plus rapidement possible, cela implique des algorithmes de recherche rapides.

Administration centralisée : le S.G.B.D doit permettre à l'administrateur de pouvoir manipuler les données, insérer des éléments, vérifier son intégrité de façon centralisée

Limitation de la redondance : le S.G.B.D doit pouvoir éviter dans la mesure du possible des informations redondantes, afin d'éviter d'une part un gaspillage d'espace mémoire mais aussi des erreurs.

Vérification de l'intégrité : les données doivent être cohérentes entre elles, de plus lorsque des éléments font référence à d'autres, ces derniers doivent être présents.

Partageabilité des données : le SGBD doit permettre l'accès simultané à la base de données par plusieurs utilisateurs.

Sécurité des données : le SGBD doit présenter des mécanismes permettant de gérer les droits d'accès aux données selon les utilisateurs.

Exemple de base de données.

des tables

des requêtes

des formulaires

des états

des macros, des modules.

C'est dans une table que vous allez enregistrer vos informations. Par information, on entend ici vos données.

Vous commencez par définir vos **champs**. C'est l'étape la plus importante.

le **nom** du champ correspond à l'en-tête de colonne de votre tableau ;

il est associé à un **type de données**, qui définit le format des données saisies dans cette colonne (**Tableau II.1**).

Tableau II.1 : Les principaux types de données

Type de données	Définition	Exemples d'utilisation
Texte	chaîne alphanumérique limitée à 255 caractères	Nom, Adresse, Profession,
Mémo	bloc de texte pouvant contenir jusqu'à 65536 caractères	Informations, CV,
Numérique	caractères numériques, entiers ou non (le séparateur - point ou virgule est celui défini dans les paramètres régionaux de votre panneau de configuration)	Age, Nombre d'enfants, ...
Date/Heure	données au format date (03/05/2015 par exemple)	Date d'inscription, de naissance...
NuméroAuto	nombre qui s'incrémente automatiquement à chaque nouvel enregistrement dans la table	Référence Classement, ...

Les Requêtes.

une requête **enregistre vos critères** de sélection, ou les calculs que vous souhaitez réaliser : ainsi, à chaque fois que vous exécutez la requête, elle prend en compte les dernières informations saisies dans la table, sans y modifier aucune valeur.

exécuter une requête, c'est visualiser toute ou une partie de votre table, à un instant **t**, sous certaines conditions que vous définissez vous-mêmes.

Si les requêtes sont typiques des bases de données, elles sont aussi directement **programmables en VB**.

Les Formulaires.

Un formulaire permet de **faciliter la saisie** des données.

un formulaire, c'est une **interface** plus ou moins soignée entre un utilisateur et la base : il permet de remplir les tables sans être directement sur la feuille de données ;

réaliser un formulaire, c'est aussi **améliorer la saisie** des données (bulles d'aide, cellules mieux paramétrées pour recevoir les informations, ...).

Les Etats, Macros, Modules.

- **Un état** : c'est l'équivalent d'un aperçu avant impression. Vous y définissez ce que vous voulez imprimer, et comment vous voulez l'imprimer, le logiciel vous aide en vous permettant d'**intervenir** sur la présentation, la sélection des informations. Vous pouvez même effectuer des calculs directement sur votre page.

Une macro : facilite un travail répétitif.

une macro est une fonction qui vous permet d'**enregistrer une série d'opérations**

à chaque **exécution** de la macro, ces mêmes commandes s'exécutent, permettant un gain de temps et d'énergie.

Un module : c'est un programme en Visual-Basic (**VB**). Vous **programmez** vous-même vos commandes en **VB** sur un éditeur qui peut intégrer quelques assistants.

Gestion du patrimoine architectural de la ville de Tlemcen

Le patrimoine architectural de l'Algérie souffre d'une méconnaissance et d'une considération insuffisante de son intérêt et de sa valeur. Cela conduit à sa destruction ou à sa dégradation mais aussi à la perte des particularités de la culture et de l'identité locale.

Pour remédier à cette situation, il est nécessaire d'**inventorier l'ensemble des éléments patrimoniaux** d'une ville à l'aide d'une base de données évolutive.

Le but étant de **mettre en place un outil** qui participe à préserver notre patrimoine architectural et à le valoriser.

Les champs constitutifs de la table du patrimoine de Tlemcen.

Tlemcen		
	Nom du champ	Type de données
🔑	ID	Numérique
	Identification	Texte
	Localisation	Texte
	Période	Texte
	Chronologie	Texte
	Etat	Texte
	Protection	Texte
	Observation	Texte
	Image	Texte

La table des éléments patrimoniaux de Tlemcen en mode exécution.

Tlemcen				
ID	Identification	Localisation	Période	Chronologie
12	Cimetière Sidi Es Snousi	Sud-est de Tlemcen, coté Nord de boulevard des 24 m	Zianide	13ème siècle
13	Dar El Hadith	Sur la rue de France	Coloniale	1940
14	Eglise Saint Michel(galerie d'art)	Sur le BN Colonel Lotfi coté Sud en face de PTT	Coloniale	1863
15	Foundouk Er Rommana	Rue El Azhari	Almoravide	Fin du 12ème siècle
16	Grand bassin	En dehors de la médina coté ouest	Zianide	réalisé par Abou Tach
17	Hammam Es Sabbaghine	Derb Es Sabbaghine	Almoravide	Fin du 12ème siècle
18	Hotel Agadir	Situé sur le boulevard Ghazlaoui Abdessatar(ex Boulevard)	Coloniale	1938
19	kessaria	Situé au Nord-est d'El Mechouar	Zianide	Réalisé en 1286 par Al
20	Ksar Es Soltane	Partie Nord de complexe	Mérinide	Construite par Abou f
21	La grande mosquée	Centre ville de Tlemcen, place de la mairie	Almoravide	Construite en 1136 pa
22	La grande poste	Sur le BN Colonel Lotfi coté Nord	Coloniale	1928
23	La mairie	L'emplacement de musée(place de la mairie)	Coloniale	Première période col
24	Le mausolée de Sidi Boumediène	Partie Nord de complexe	Almohade	Construite par Nasser
25	Le palais d'El Mechouar	Dans l'enceinte d'El Mechouar, située au Nord	Zianide	Construite par Yaghm
26	Lycée Maliha Hamidou	En face de l'enceinte Sud du Mechouar	Coloniale	1936-1938

Le formulaire dédié à la gestion des informations sur le patrimoine architectural de Tlemcen.

Inventaires des monuments historiques de la ville de Tlemcen

ID:	2
Identification:	Bab El Karmadine
Localisation:	Coté Nord-ouest de la médina
Période:	Almohade
Chronologie:	12 éme siècle
Etat:	en ruine
Protection:	classée
Observation:	Existe toujours, constitué de deux bordj en plus de deux tours situées dans la 2 éme muraille

Fichier Image
Bab El Karmadine.jpg

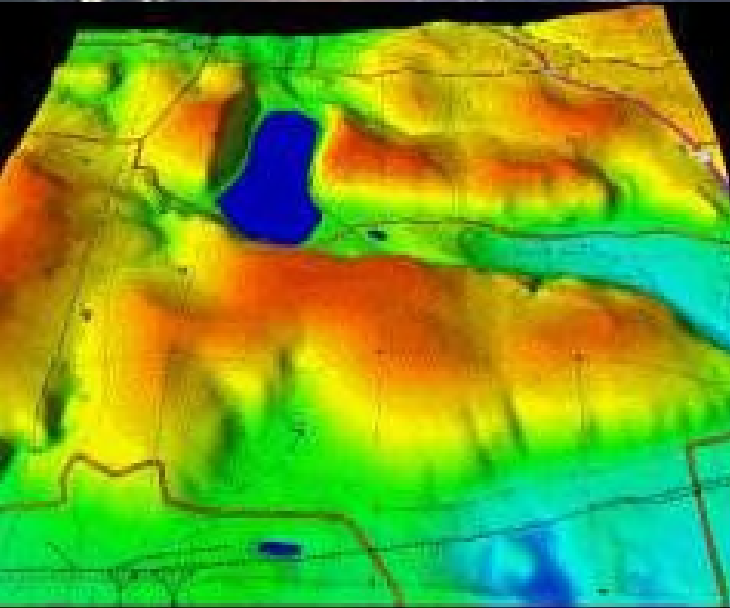
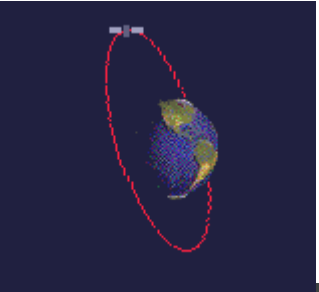




1. *Journal of the American Medical Association*, 2000; 283: 2686-2692.

1. *Journal of the American Medical Association*, 2000; 283: 2686-2692.

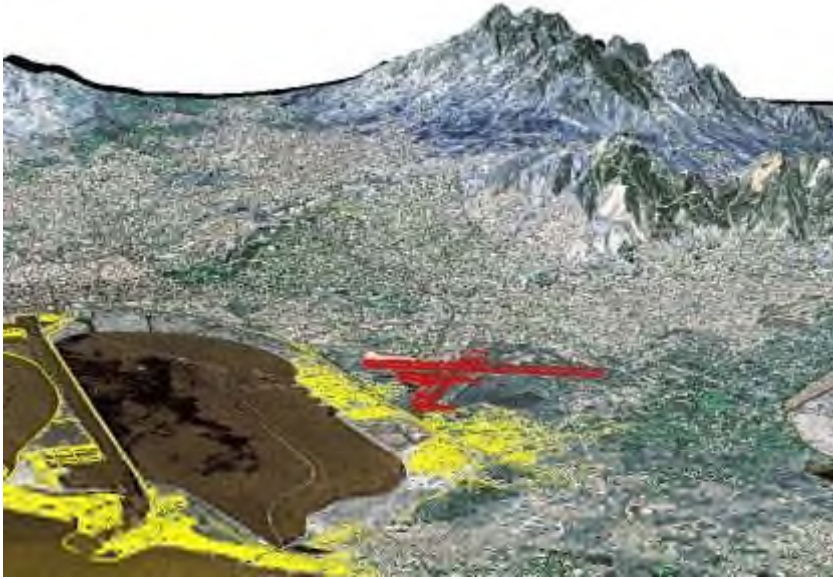
Cours Télédétection



Définition

« La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci ». « La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information ».

Cartographie 2D ou 3D



- Créer ou mettre à jour** des cartes topographiques ou des plans cadastraux
- Optimiser** des campagnes de relevés de terrain
- Renseigner** des bases de données cartographiques
- Mettre en place** un projet de développement durable.

Défence



- Produire et distribuer** rapidement de l'information géographique (cartes, bases de données...) et du renseignement (surveillance des sites sensibles), sur une zone d'intérêt nationale ou internationale
- Assurer la cohérence** des données géographiques issues de différentes sources : renseignement, cartographiques, topographiques
- Préparer, simuler et évaluer** les missions dans des conditions proches de la réalité avec des modèles 3D : guidage des avions, missiles et drones
- Organiser** les interventions humanitaires, déployer les forces de maintien de la paix.

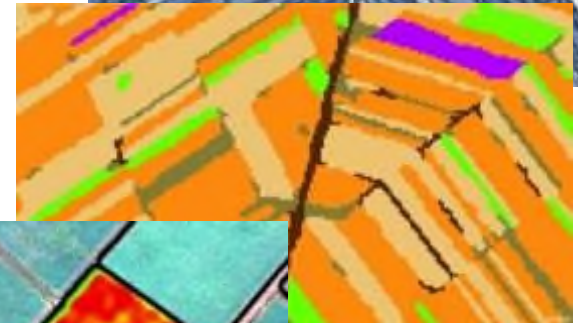
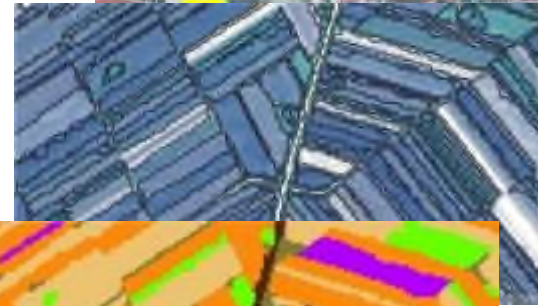
Risques naturels et industriels

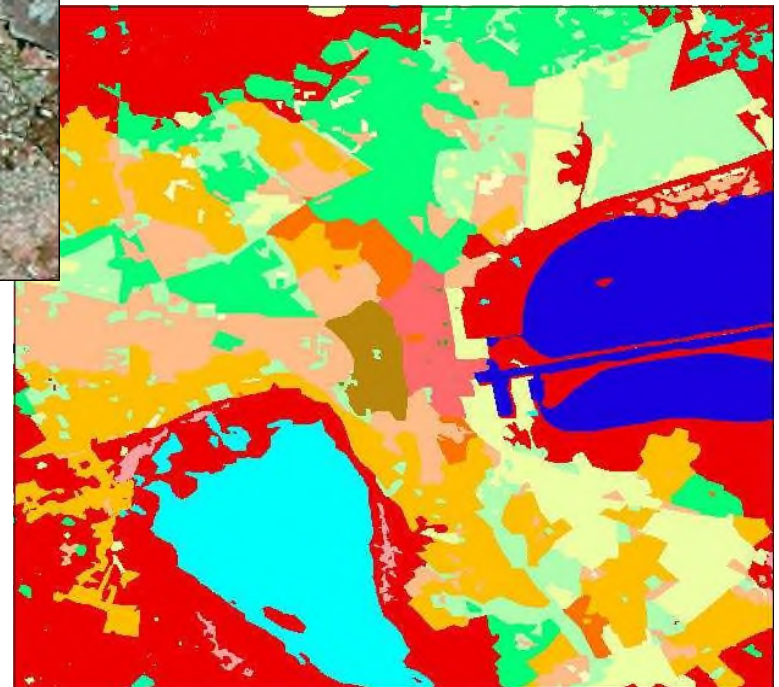


- **Mettre à jour** les plans de prévention des risques
- **Localiser rapidement** les zones affectées et cartographier les dégâts
- **Améliorer les modèles** de prévision et de simulation des phénomènes à risques.

Problématiques liées à l'agriculture

- ❑ Limites de parcelles
- ❑ Les statistiques agricoles fiables à produire avant la récolte
- ❑ Evolution de la croissance et de la santé des cultures
- ❑ Évaluation des dommages causés par la sécheresse
- ❑ Améliorer la performance et déterminer les zones les plus ou moins rentables des parcelles





Occupation du sol
Classification

Les plates formes utilisées en Télédétection

◆ Les Plates-Formes Terrestres

Ce type de plate-forme est utilisé principalement à des fins d'expérimentation et d'étalonnage.



Les Plates Formes Aériennes

■ **Les ballons** : Ils sont constitués en général d'une membrane très mince que l'on gonfle avec un gaz plus léger que l'air : l'air chaud, l'hélium ou l'hydrogène. Ils sont peu utilisés, sauf en météorologie.

■ **Les Avions** : les avions sont des plates-formes d'emploi très souple.

Ils ont trois limitations :

- ❑ la **prise répétitive** des données n'est pas garantie.
- ❑ Le **territoire couvert**, lors d'une seule mission, est assez limité,
- ❑ des **coûts** relativement élevés.

◆ Les plates-formes Spatiales

Les plates-formes spatiales ou satellites sont des vaisseaux en orbite terrestre qui se déplacent selon une **ellipse** dont un des foyers est occupé par le centre de la Terre.

Les déplacements du satellite répondent aux seules forces de gravité suivant les lois de Kepler

$$T^2 = \frac{a^3}{K}$$

T : La période de rotation

a : est le demi grand axe de l'ellipse (le rayon pour un orbite circulaire)

K : est la constante de Kepler

Acquisition des données en Télédétection: les satellites

Les Conditions sur les orbites des satellites en télédétection

- Choix naturel d'une **ORBITE CIRCULAIRE**, afin de ne pas avoir à modifier la focale le long de l'orbite, de plus la vitesse angulaire de tangage reste alors constante.

- le satellite d'imagerie doit donc respecter une

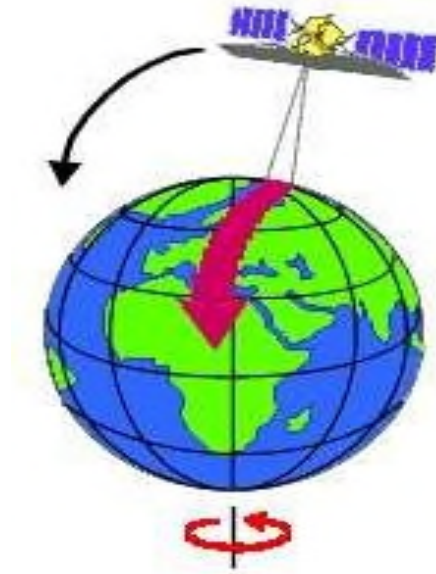
CONDITION DE PHASAGE.

La nécessité de comparaison des images impose de survoler périodiquement les mêmes lieux de la terre, ce qui signifie que la trace sol doit de refermer au bout d'un certain temps T , appelé

PERIODE DE REPETITIVITE.

- En fin la **CONDITION D'HELIOSYNCHRONISME**. La condition est donc d'essayer de survoler un même lieu toujours à la même heure locale.

Les Trajectoires Orbitales des Satellites de Télédétection (IV)

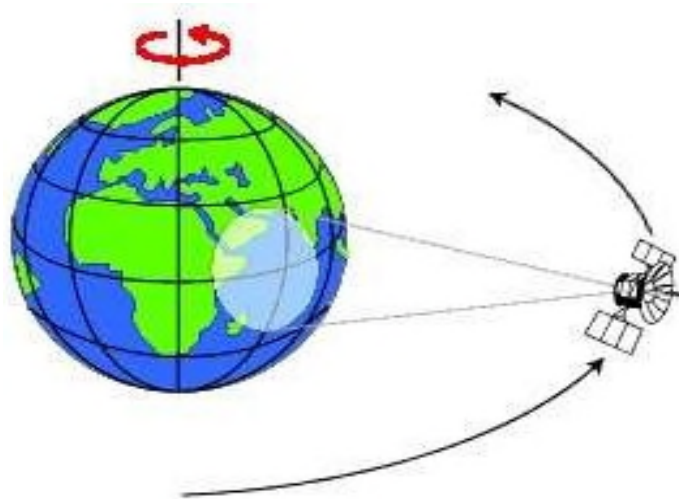


Orbite quasipolaire

Orbite héliosynchrone : Le plan de l'orbite reste fixe par rapport à l'axe Terre soleil.

Altitudes (résolution) 500 1500 km

Exemple : LANDSAT, SPOT. **Altitude** : environ 700 Km



Orbite géostationnaire

■ Une orbite géostationnaire est forcément équatoriale (son plan d'orbite se confond avec le plan équatorial) et circulaire. Altitude :

environ 36 000 Km

GEOS (NOAA Geostationary Operational Environmental Satellite), METEOSAT

- **Orbite circulaire quelconque** : Survole la Terre à la même altitude.

L'excentricité, qui est le rapport de la distance des foyers au grand axe de l'ellipse, devient nulle.

- **Exemple** : ERS-1, RADARSAT, SEASAT

PROCESSUS D 'ACQUISITION D'IMAGES

Source d'énergie ou d'illumination (**A**)

Rayonnement et atmosphère (**B**)

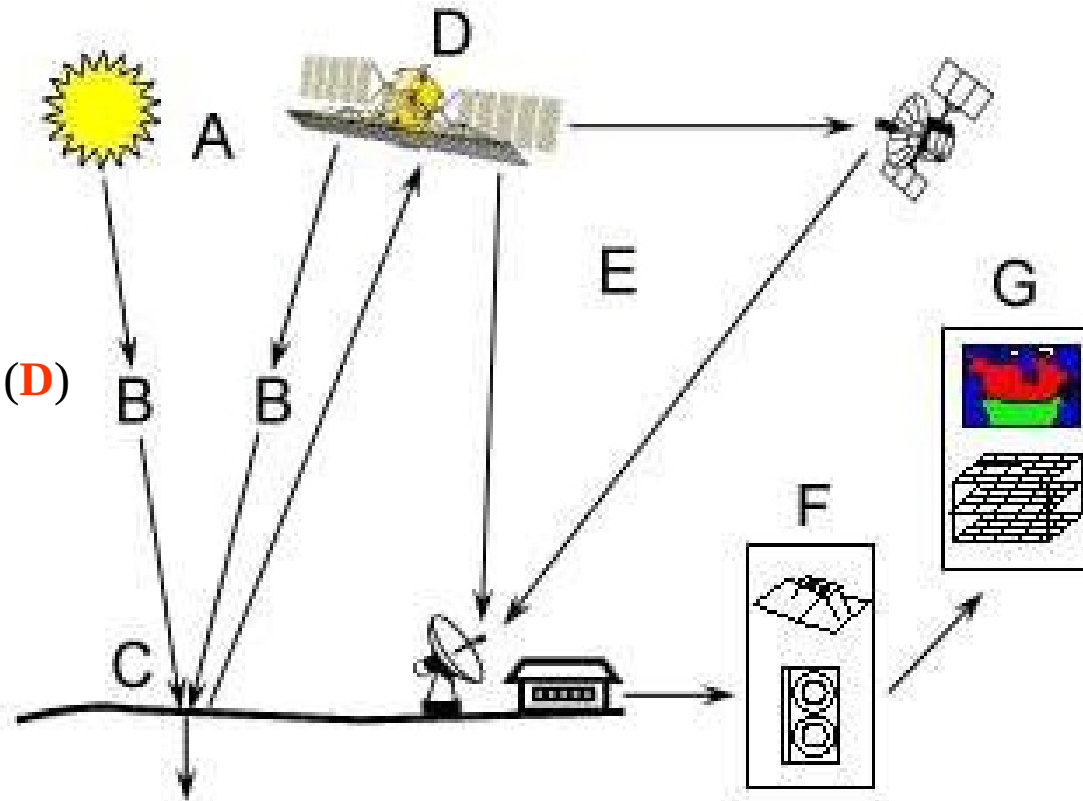
Interaction avec la cible (**C**)

Enregistrement de l'énergie par le capteur (**D**)

Transmission, réception et traitement (**E**)

Interprétation et analyse (**F**)

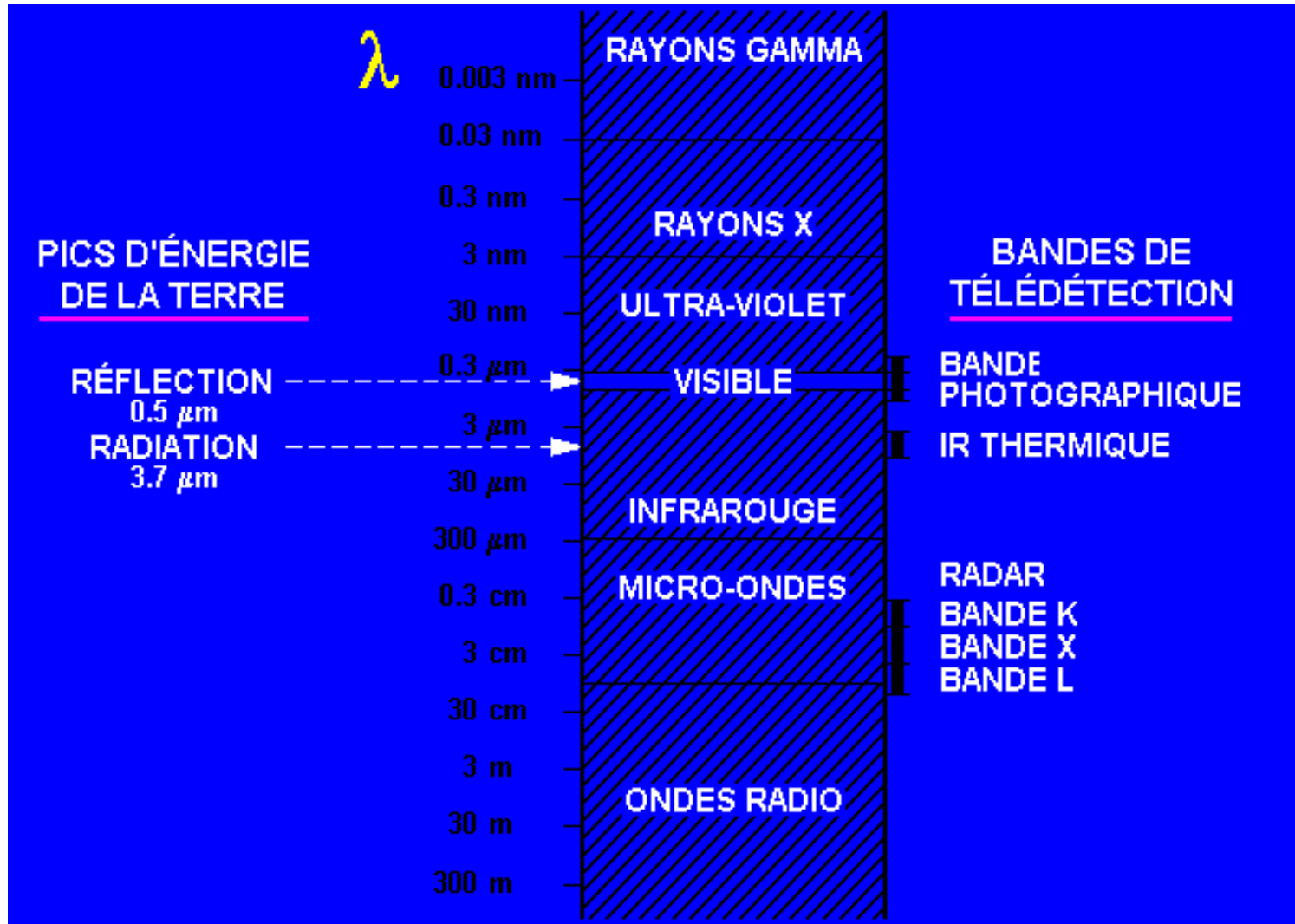
Application (**G**)



Spectre électromagnétique

Longueur d'onde de la source

→ On ne travail pas forcément dans le domaine du visible



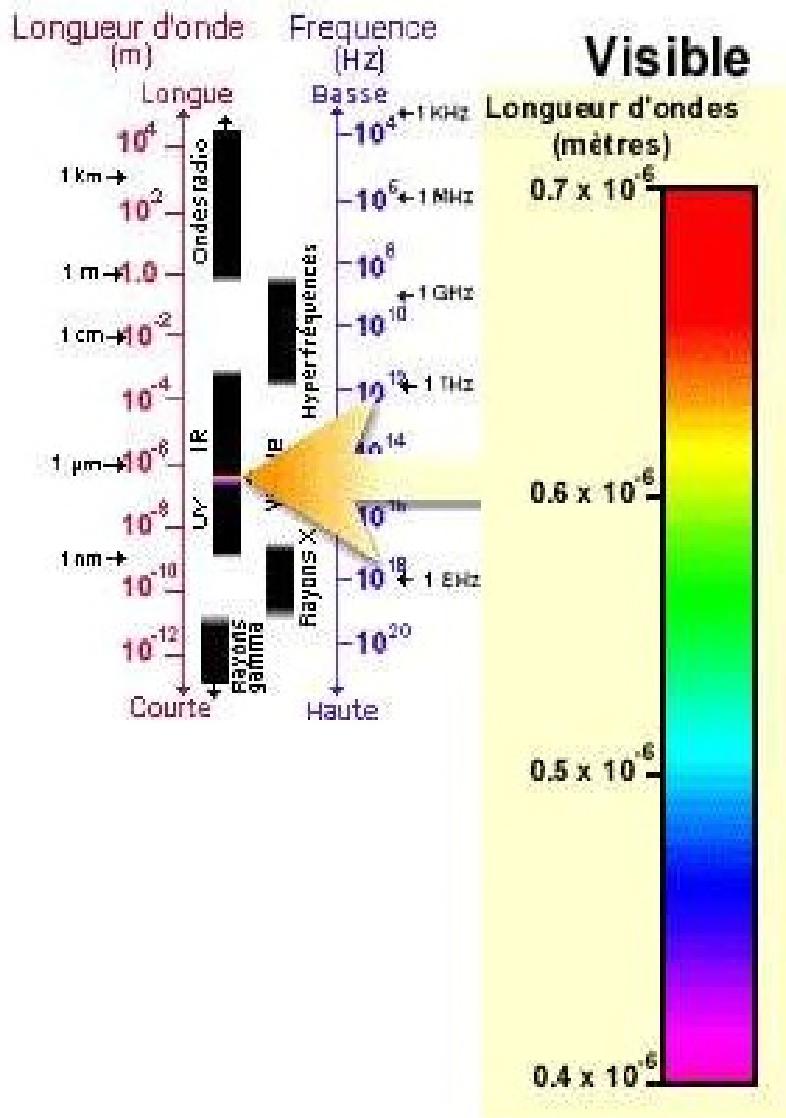
Spectre électromagnétique

Visible

- **violet** : 0.4 - 0.446 μm
- **bleu** : 0.446 - 0.500 μm
- **vert** : 0.500 - 0.578 μm
- **jaune** : 0.578 - 0.592 μm
- **orange** : 0.592 - 0.620 μm
- **rouge** : 0.620 - 0.7 μm

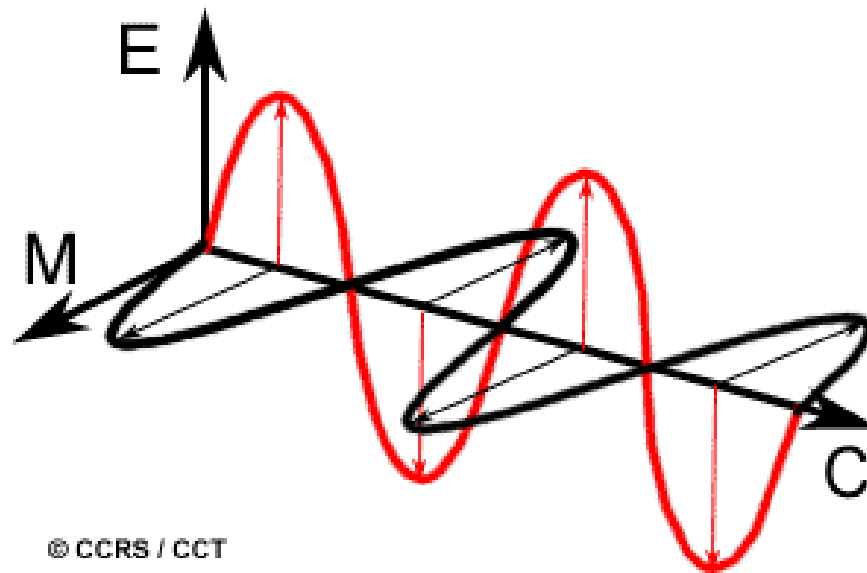
Infra rouge

(0,7 à 100 μm)



Le rayonnement électromagnétique

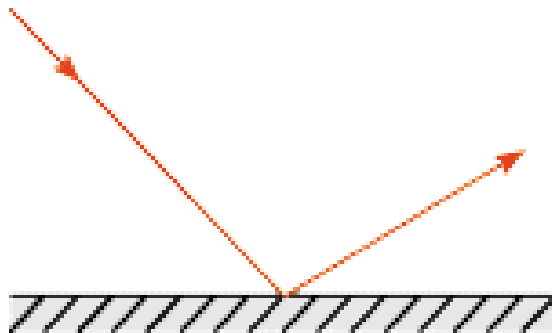
L'énergie transportée dans l'espace sous forme d'ondes ou de particules composé d'un champ électrique (E) et d'un champ magnétique (M)



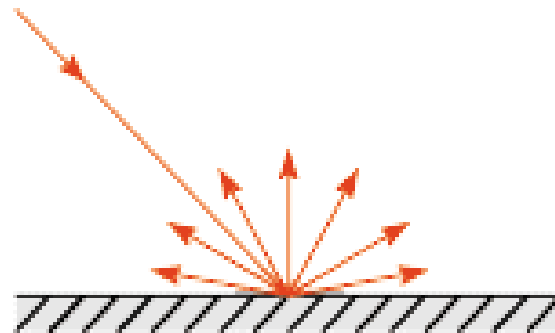
Propriétés des ondes électromagnétiques

la réflexion: un corps qui reçoit un REM peut en réfléchir une partie

albédo : énergie *solaire* réfléchie par une portion d'espace terrestre (% réfléchie) spéculaire ou diffuse



Réflexion spéculaire



Réflexion diffuse

l'absorption Un corps qui reçoit un REM peut en absorber une partie
cette énergie absorbée est transformée et modifie l'énergie interne du
corps peut augmenter la température interne du corps

La transmission un corps qui reçoit un REM peut en transmettre une partie un objet transparent à une transmittance élevée dans les longueurs d'ondes visibles une surface d'eau pure ou le feuillage d'arbres sont des exemples de surfaces susceptibles de transmettre une partie du REM

la diffusion Une très grande importance en télédétection des particules microscopiques dans l'atmosphère amènent la diffusion dans toutes les directions d'une partie du REM le REM traversant ce milieu peut alors être considérablement transformé. environ 25% du rayonnement solaire qui traverse l'atmosphère est diffusé

Interactions avec la cible

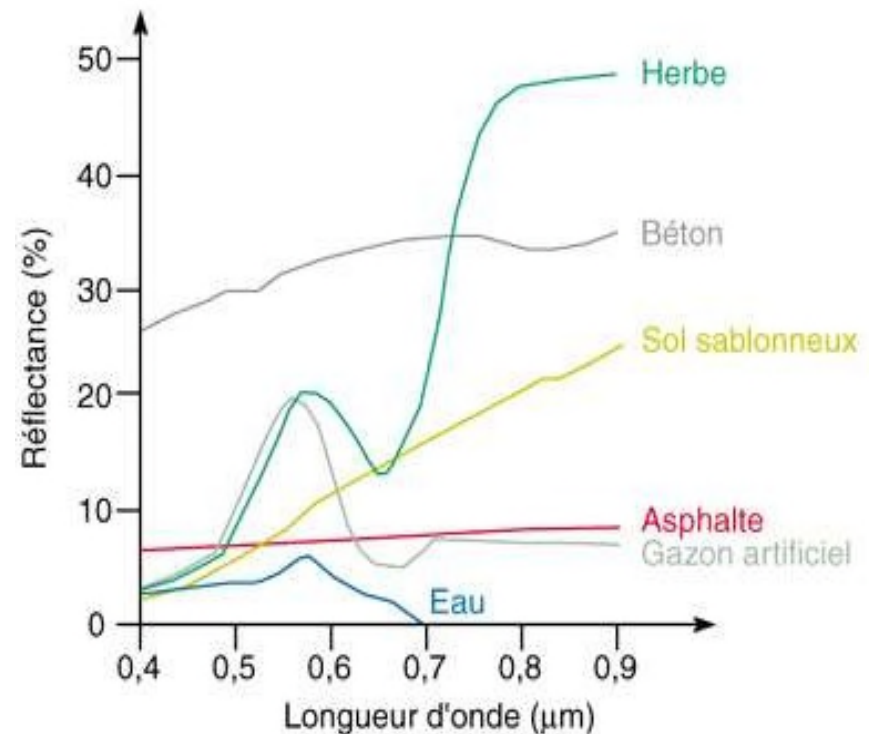
- **violet** : 0,4 - 0,446 μm
- **bleu** : 0,446 - 0,500 μm
- **vert** : 0,500 - 0,578 μm
- **jaune** : 0,578 - 0,592 μm
- **orange** : 0,592 - 0,620 μm
- **rouge** : 0,620 - 0,7 μm

Chaque objet possède des propriétés spécifiques

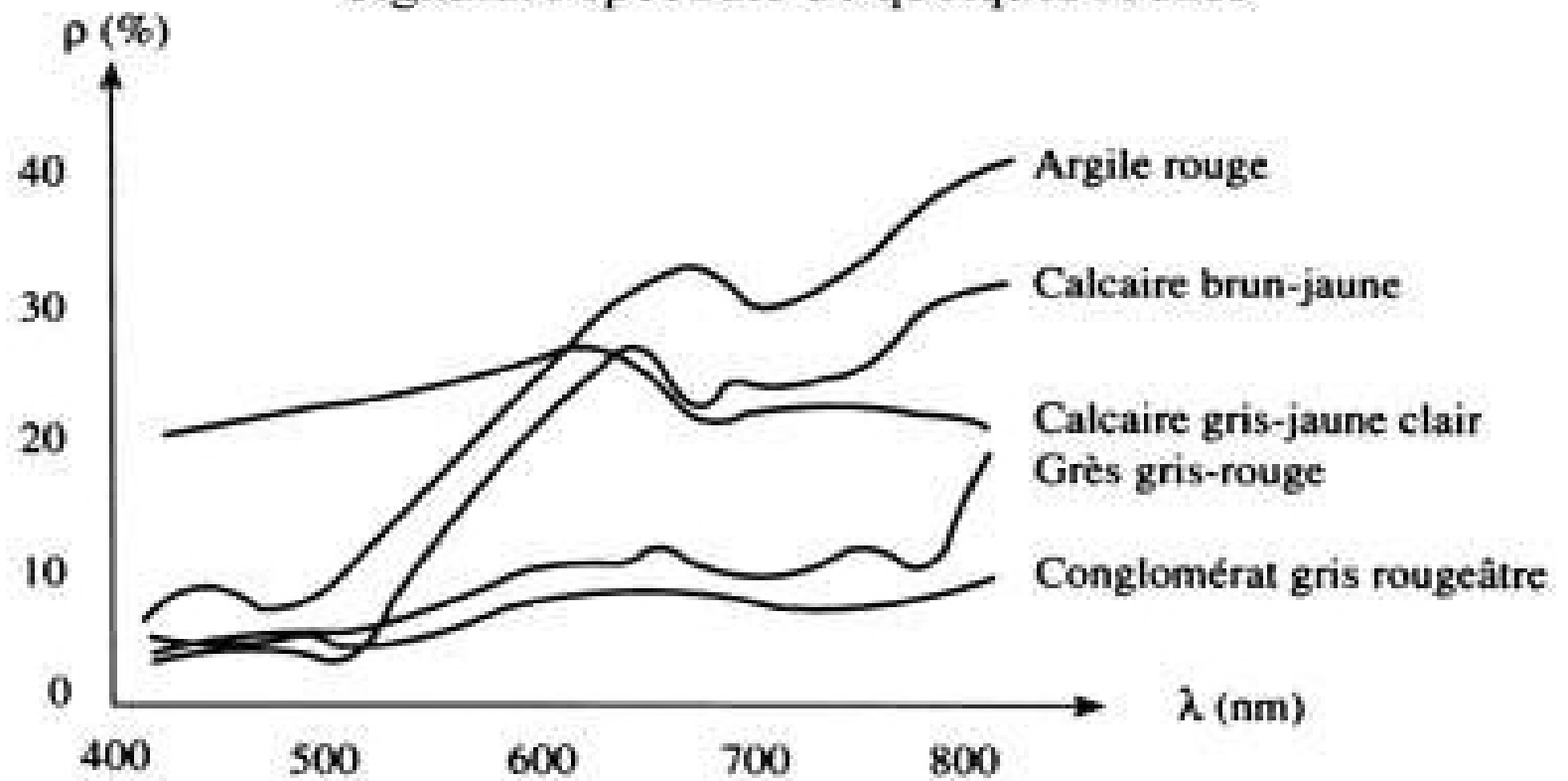
→ **Identification**



Signatures spectrales comparées



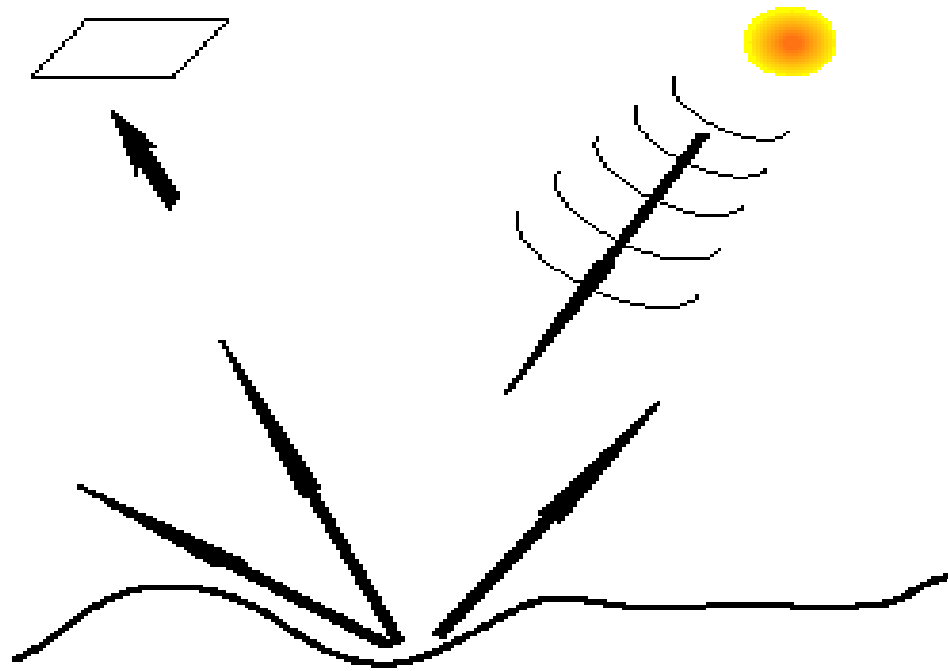
Signature spectrale de quelques roches



Les Capteurs

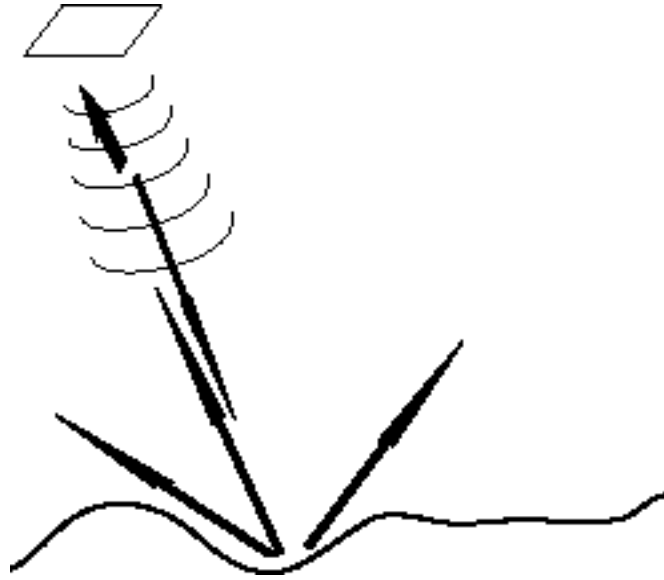
instruments qui permettent de transformer le rayonnement électromagnétique en informations perceptibles et analysables par l'humain

Passif: on se contente d'enregistrer l'énergie naturelle (réfléchié ou émise) provenant de la terre: Radiomètres, les balayeurs thermiques, les balayeurs optiques, les chambres de prise de vue, les spectroradiomètres..etc.



Il recueille de l'énergie réfléchié par la scène et provenant d'une autre source (Soleil en général).

Actif: On éclaire artificiellement les corps à étudier avant d'enregistrer l'énergie que ceux-ci renvoient vers le capteur: radars, diffusomètres, lidars..etc.



Il lui est associé un émetteur qui envoie un signal vers la scène.

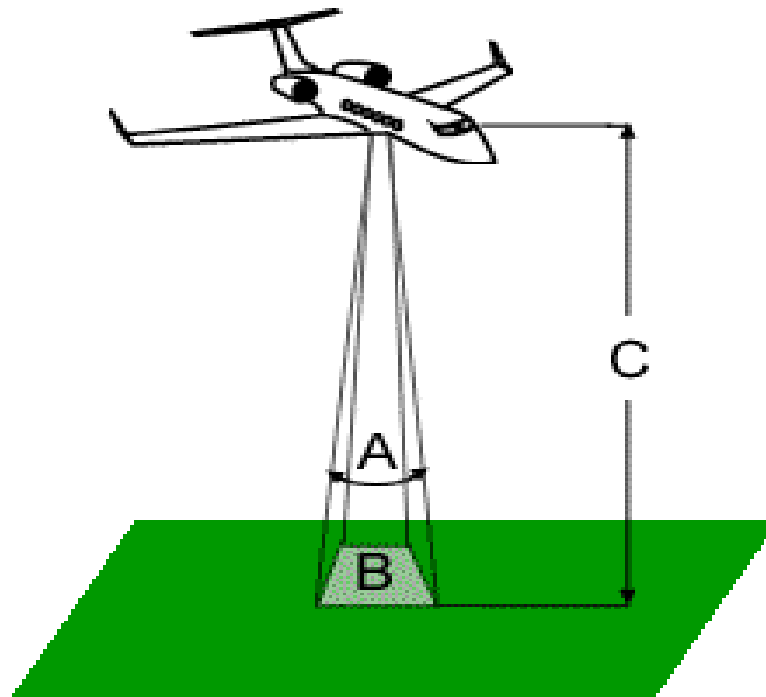
Composantes d 'un capteur

- **Un système optique**: conditionne la limite de résolution spatiale, définit la géométrie, les caractéristique optiques et l 'angle de visée du système.
- **Un filtre spectral**: conditionne le domaine spectral de mesure.
- **Un détecteur**: commande à la fois la limite de résolution radiométrique et la limite de résolution spectrale, transforme le signal physique reçu en une forme de données (voltage, réaction photos-chimique) qui deviennent analysables mathématiquement ou perceptibles à l 'Œil humain (codage).

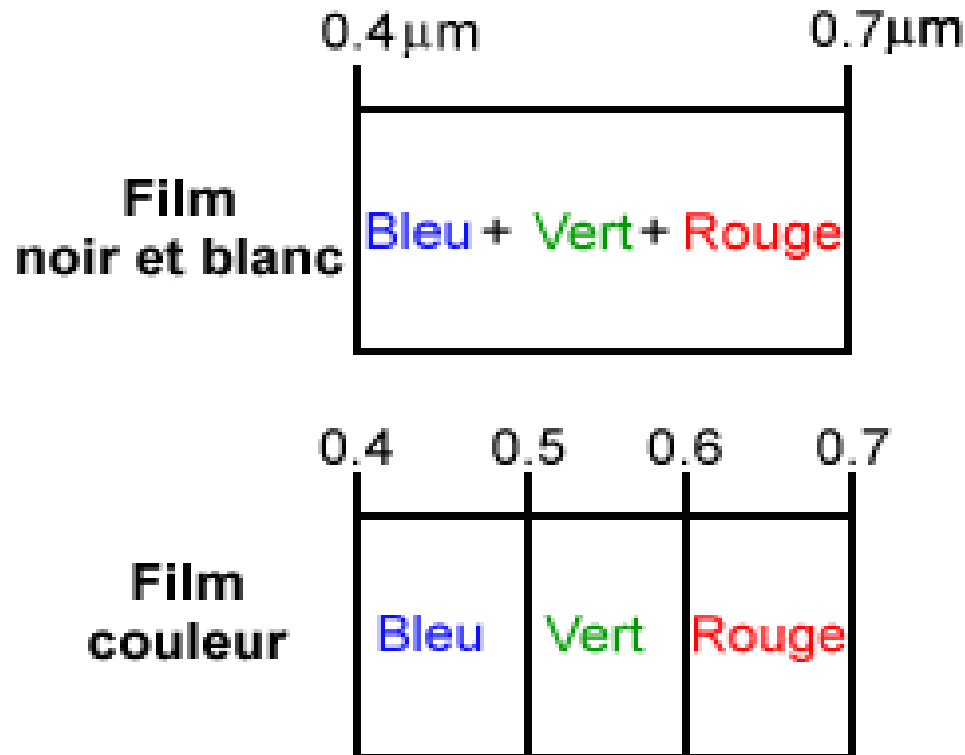
Il ne retient que l'énergie d'une bande du **spectre électromagnétique**. cette bande correspond à la couverture spectrale du satellite.

Résolutions d 'un capteur

La résolution spatiale est fonction de la dimension du plus petit élément qu'il est possible de détecter



La résolution spectrale décrit la capacité d'un capteur à utiliser de petites fenêtres de longueurs d'onde. Plus la résolution spectrale est fine, plus les fenêtres des différents canaux du capteur sont étroites.



La résolution radiométrique d'un système de télédétection décrit sa capacité de reconnaître de petites différences dans l'énergie électromagnétique



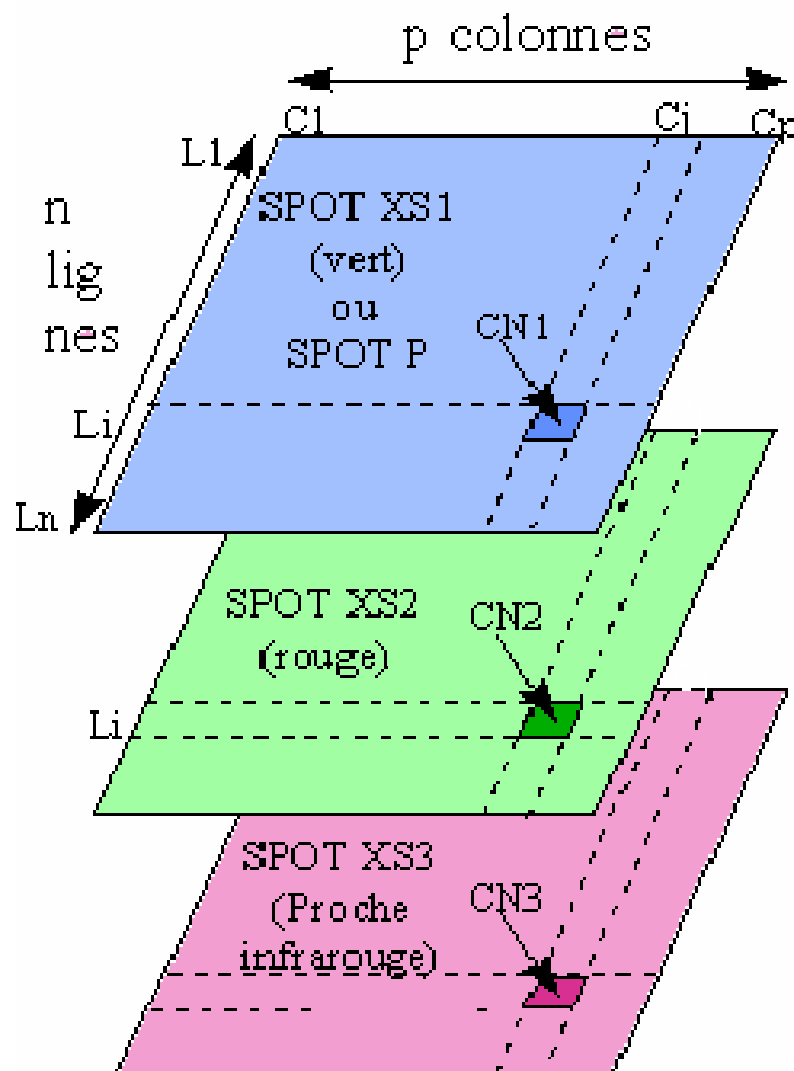
La structure d'une image satellitale

-1. Spatial :

La zone observée est découpée en surfaces élémentaires (pixels) caractéristiques de la résolution spatiale du satellite,

-2. Numérique :

Le signal analogique enregistré par les détecteurs est codé à l'aide d'entiers compris entre 0 et 255.



Une image monospectrale est une grille

Un pixel est défini par :

- 1) i : sa coordonnée en ligne
- 2) j : sa coordonnée en colonne
- 3) CN : son compte numérique
(valeur de luminance codée entre 0 et 255)

Une image multispectrale est composée de k grilles
(k : nombre de bandes spectrales ou canaux)

Un pixel est défini par :

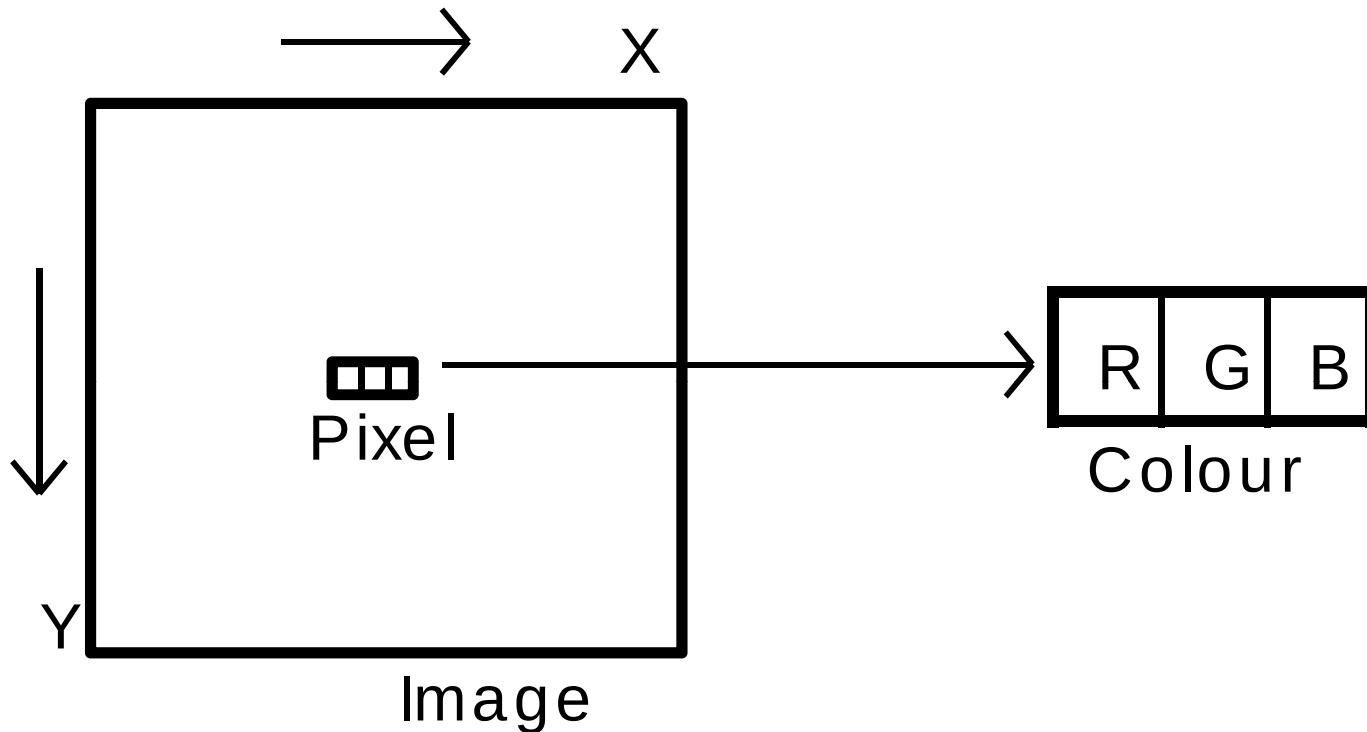
- 1) i : sa coordonnée en ligne
- 2) j : sa coordonnée en colonne
- 3) $CN(k)$: compte numérique dans chaque bande k
(valeur de luminance codée entre 0 et 255)

- Une image numérique est un tableau à deux dimensions.

par exemple, une image SPOT de dimension 60 km x 60 km avec une taille de pixel de 20m x 20m correspond à un tableau de 3 000 lignes x 3 000 colonnes.

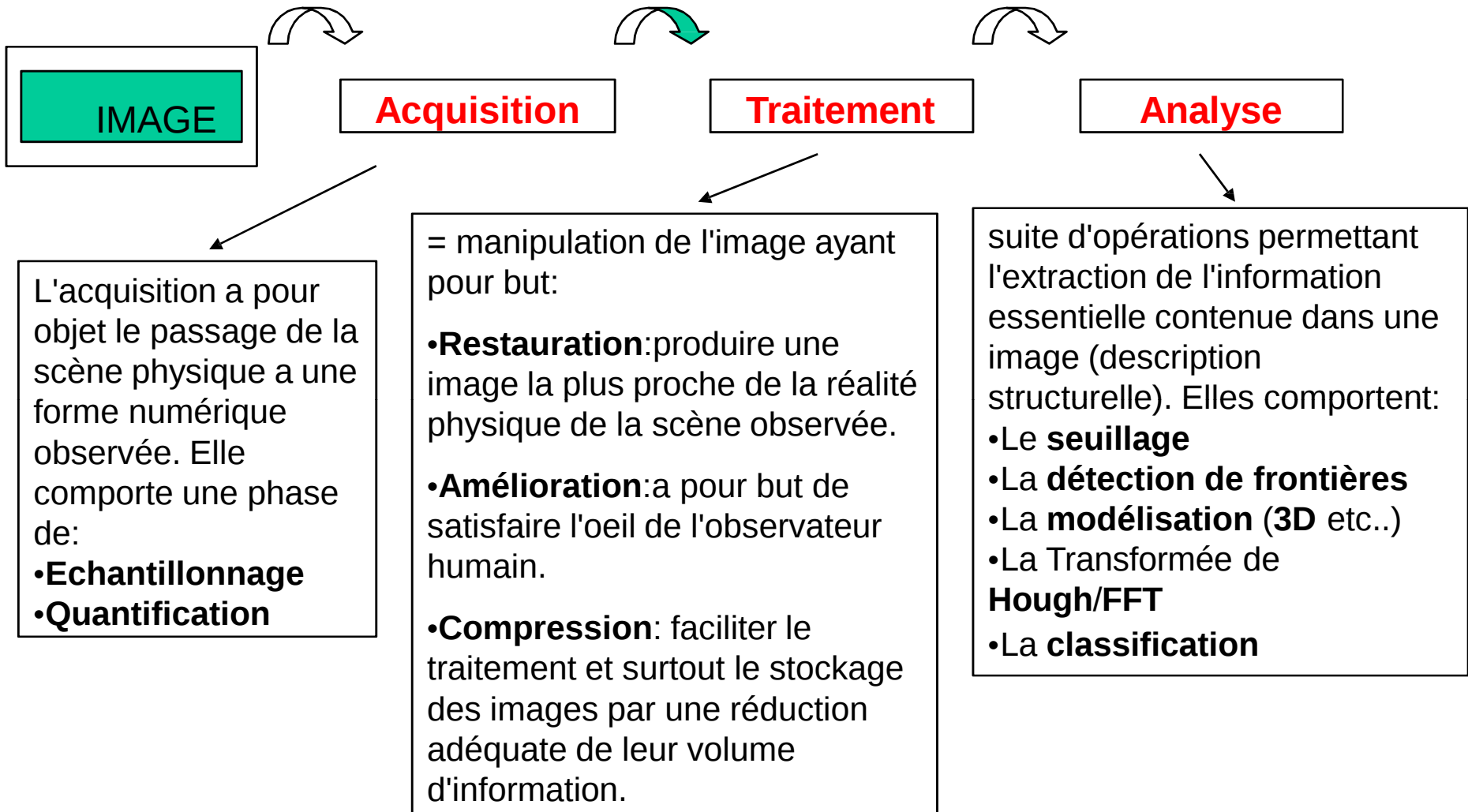
Cette représentation des données est plus connu sous le terme de format raster.

→ Image couleur



Un triplet de valeurs décrit chaque pixel. Ceci peut être vu comme :
(3* Tableau 2D) ou un (tableau 3D).

Traitement/Analyse des images de télédétection



Les indices

Indices spectraux = Nouvelles images dont les valeurs des pixels sont calculées à partir de la combinaison des différentes valeurs dans les différentes bandes

SR = PIR/R

Simple Ratio

pour estimer la biomasse verte

NDVI = (PIR-R) / (PIR+R)

(R800 – R670) / (R800+R670)

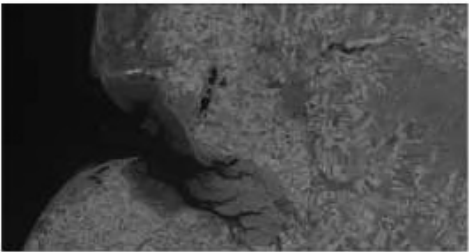
Normalized Difference Vegetation Index

pour estimer la biomasse verte/couverts végétaux

- **NDVI (valeurs entre -1, 1)**
 - **Noir**
 - absence de couverture végétale
 - **Blanc**
 - activité chlorophyllienne très élevée



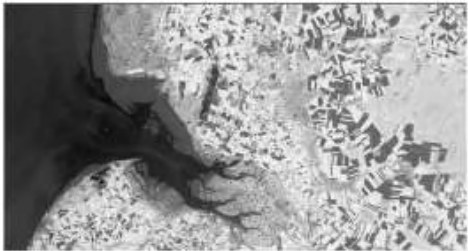
3 canaux
(Infra rouge, Rouge Vert)



Infra rouge



Rouge



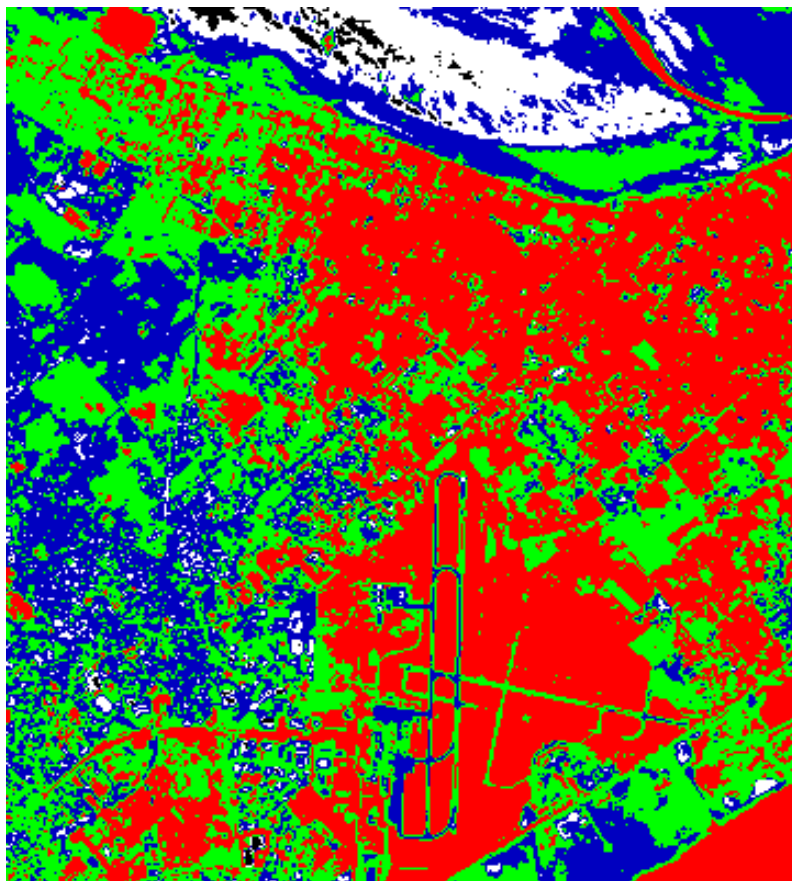
NDVI

- *Indice de brillance des sols*: $IBS = \sqrt{(R)^2 + (PIR)^2}$
 - application en pédologie, pour dissocier les couvertures végétales et minérales
- *Indice de cuirasse* $IC = [(3 \times Vert) - Rouge - 100]$

performant pour la différentiation des surfaces bâties et des sols nus

 - les surfaces végétales et aquatiques apparaissent en noir

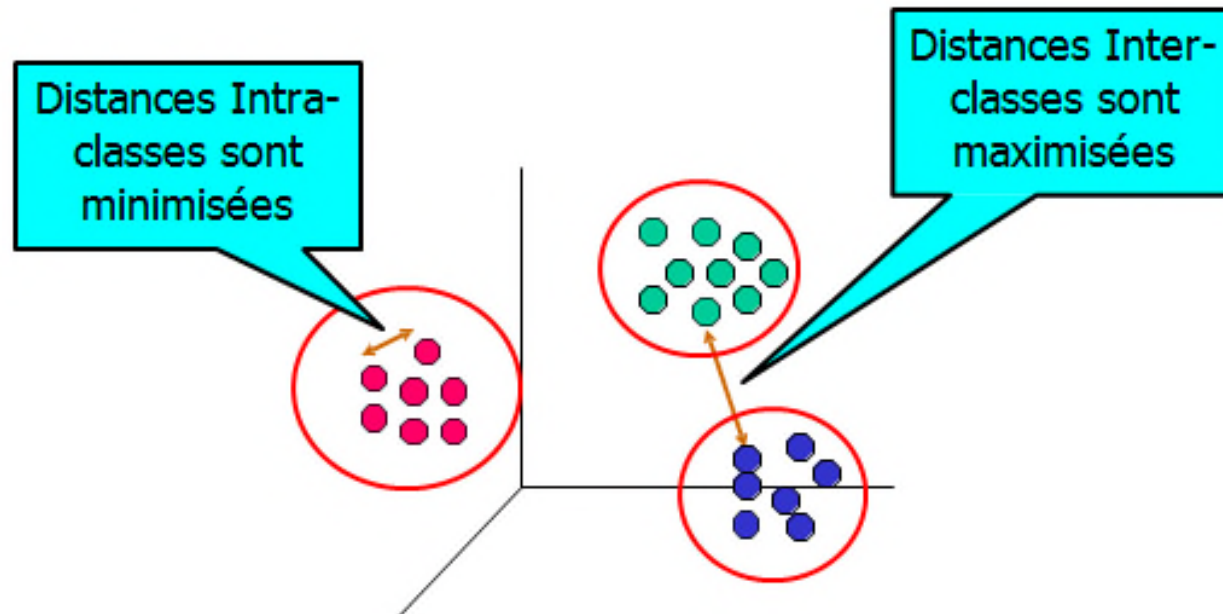
Classification des images satellites



- la classification se résume à une division de l'espace de caractéristiques en partitions disjointes.

Classification = Segmentation + Identification

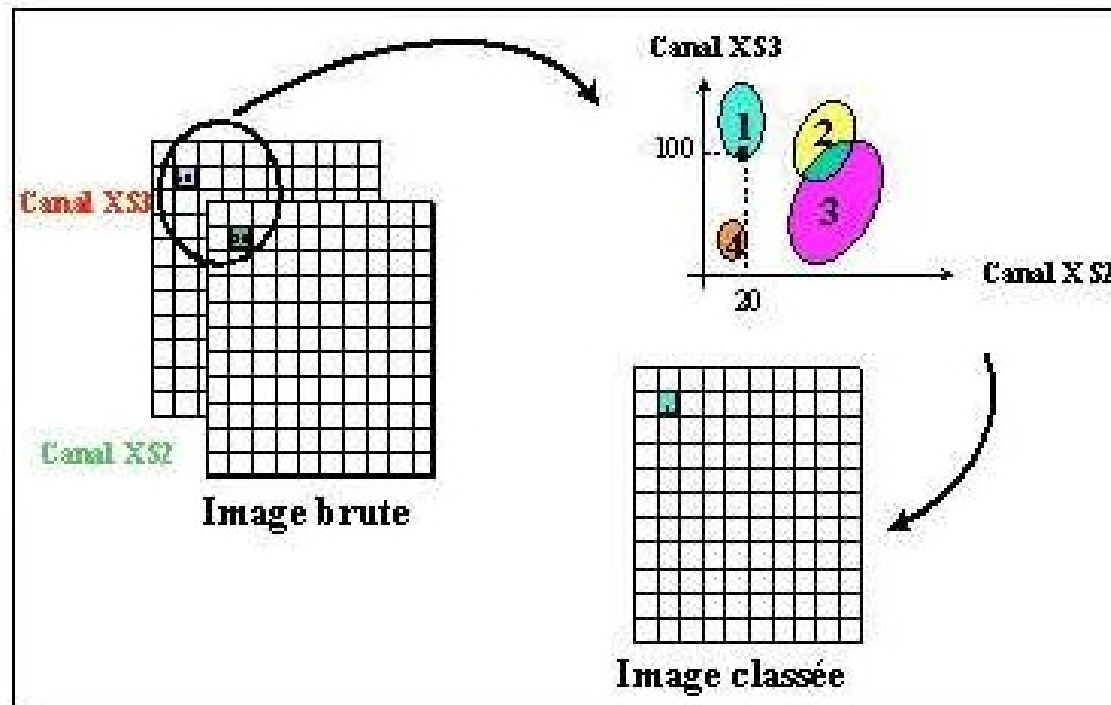
Une bonne classification produit des classes ayant une similarité élevée intra-classes et une similarité faible inter-classes



Classification Non supervisée

Aucune connaissance a priori sur les constituants de l'image

Apprentissage et extraction automatique des caractéristiques des classes



Principe de la classification thématique d'une image

Classification supervisée

L'algorithme va classer les pixels de l'image en utilisant les propriétés spectrales des classes d'apprentissage.