

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

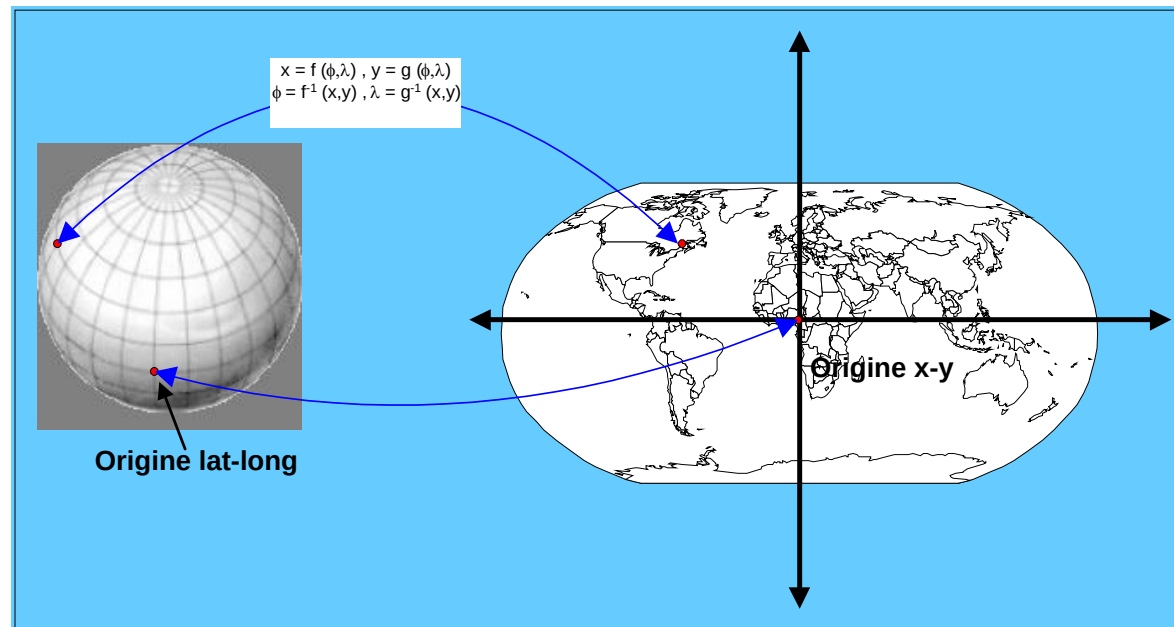
La science, la technique et l'art qui a pour objet la conception, la préparation, la rédaction et la réalisation de tous les types de plans et de cartes; elle implique notamment l'étude de l'expression graphique des phénomènes, de la surface terrestre, à représenter.

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.

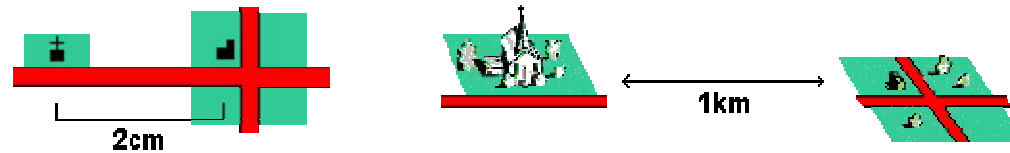
Décortiquons la définition
d'une carte....

La carte est une représentation graphique



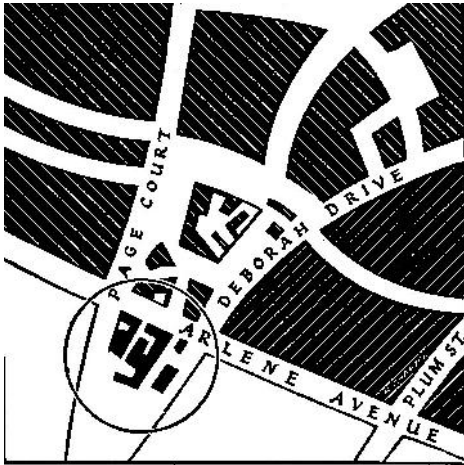
La carte est un modèle réduit de la réalité

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

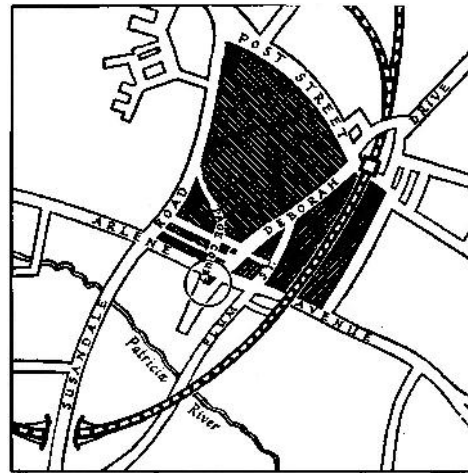


$$\frac{\text{Distance sur la carte}}{\text{Distance sur le terrain}} = \frac{2 \text{ cm}}{1 \text{ km}} = \frac{2 \text{ cm}}{100\,000 \text{ cm}} = \frac{1}{50\,000}$$

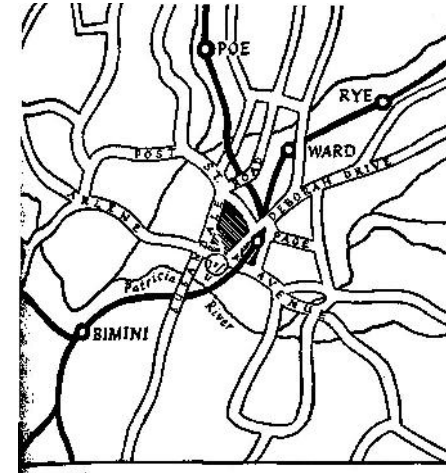
Échelle = **1/50 000**



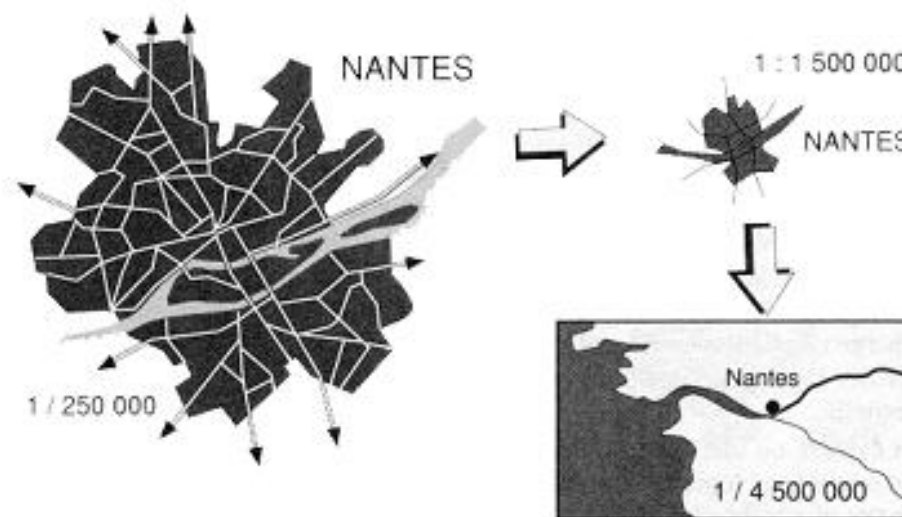
1:30 000



1:60 000



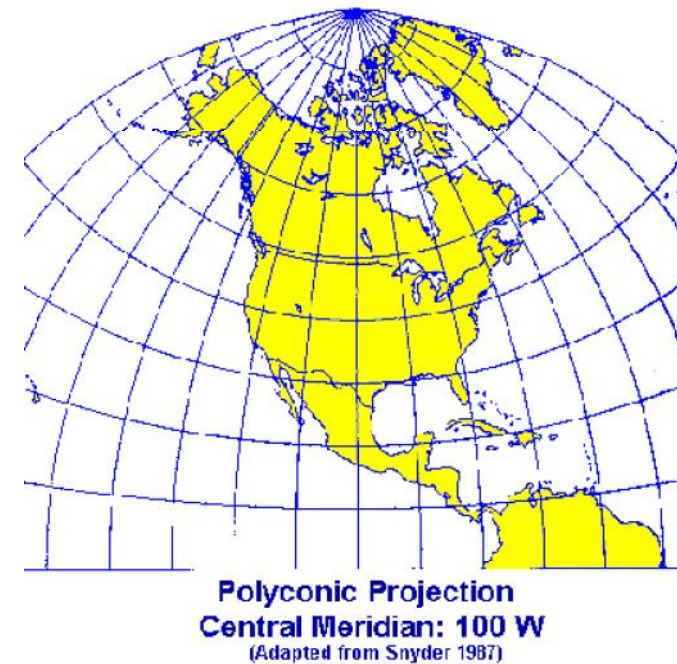
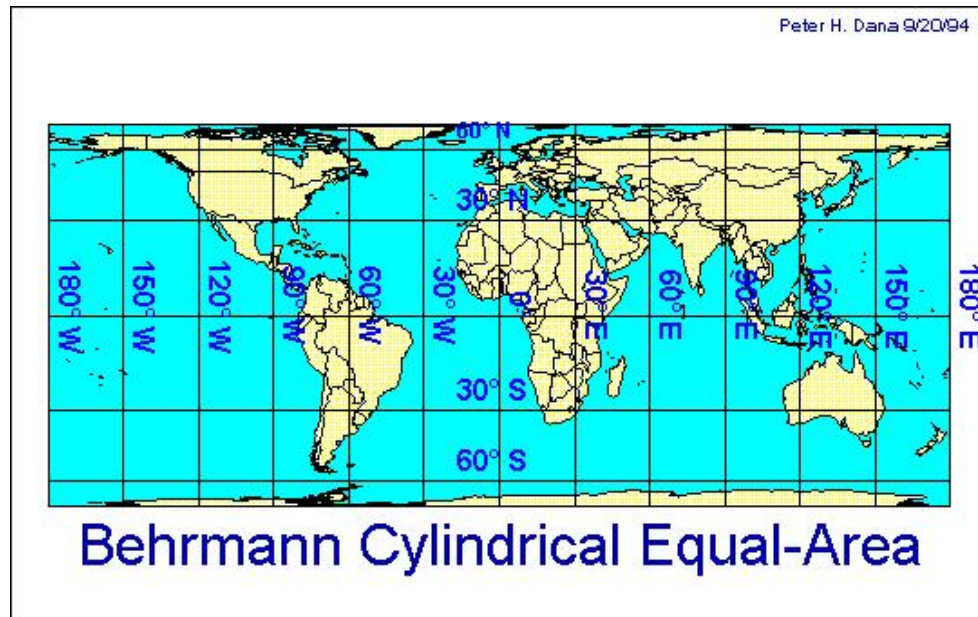
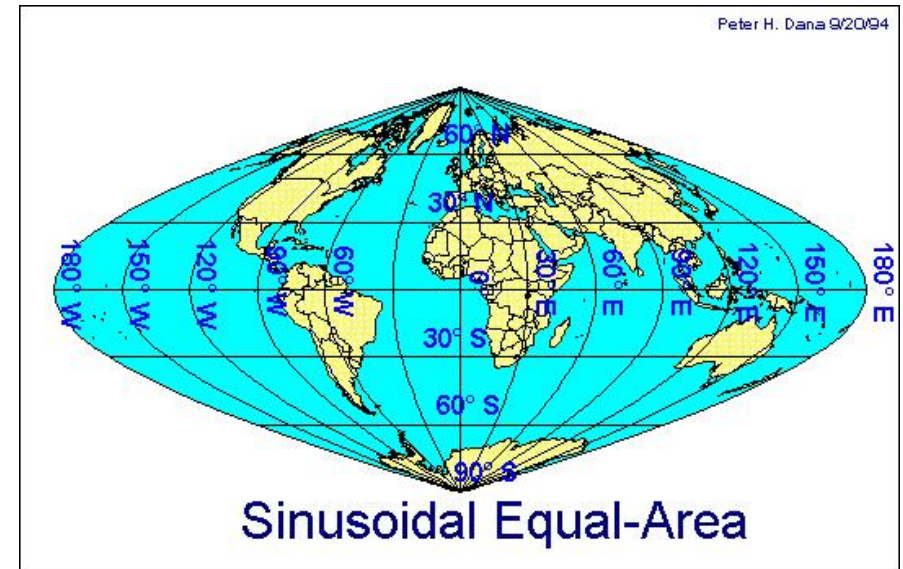
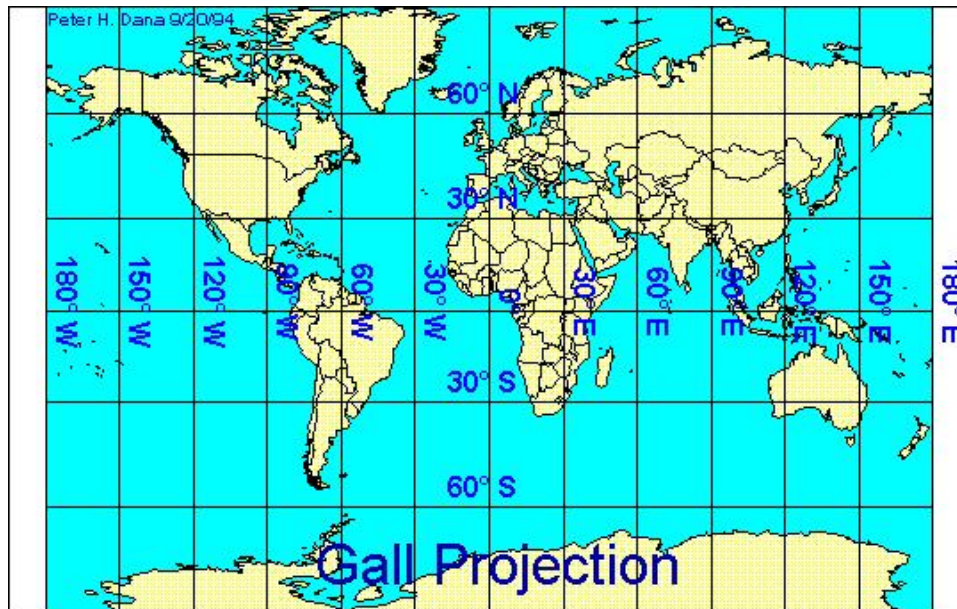
1:90 000



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

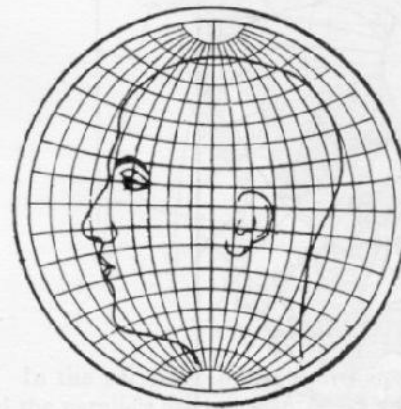


FIG. 43.—Man's head drawn on globular projection.



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



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

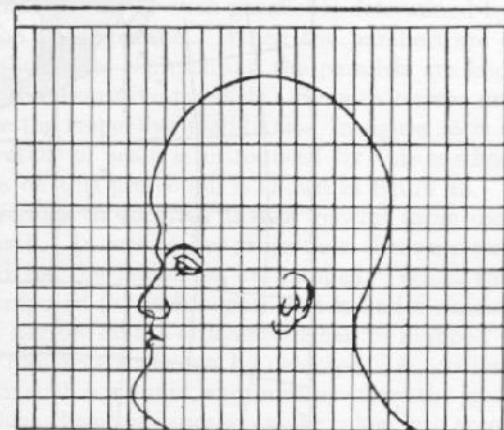
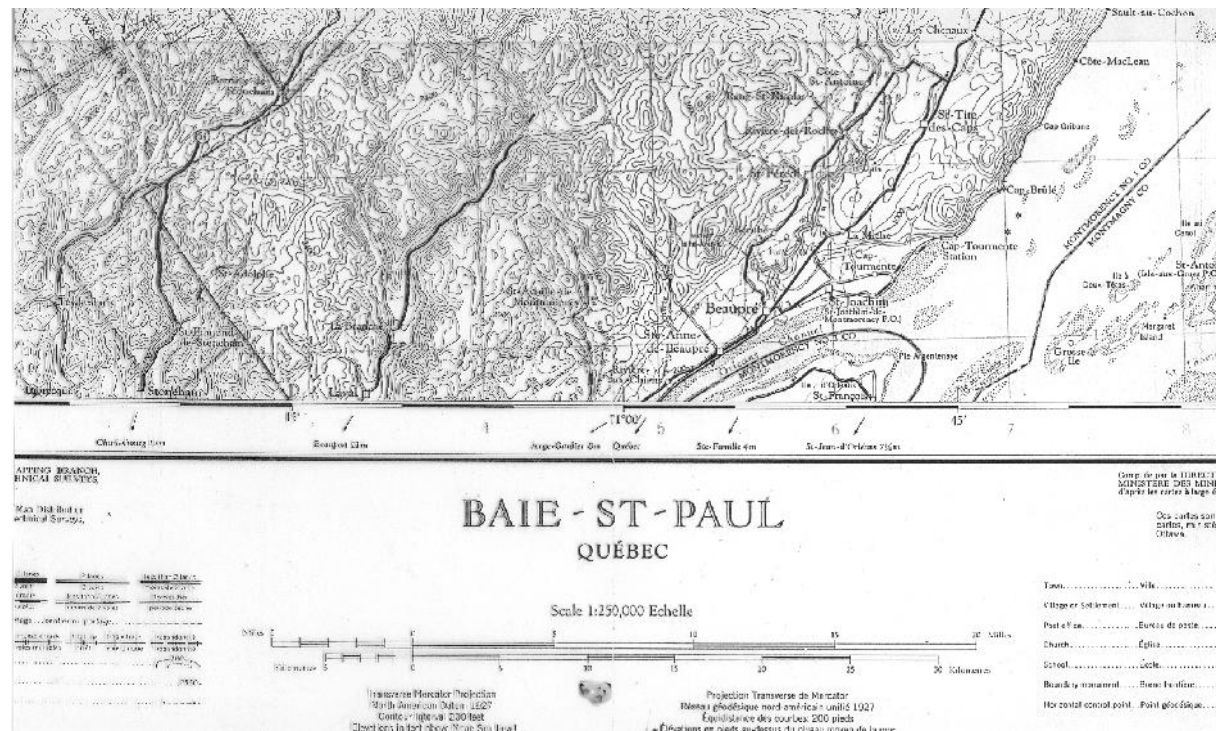


FIG. 46.—Man's head plotted on Mercator projection.

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

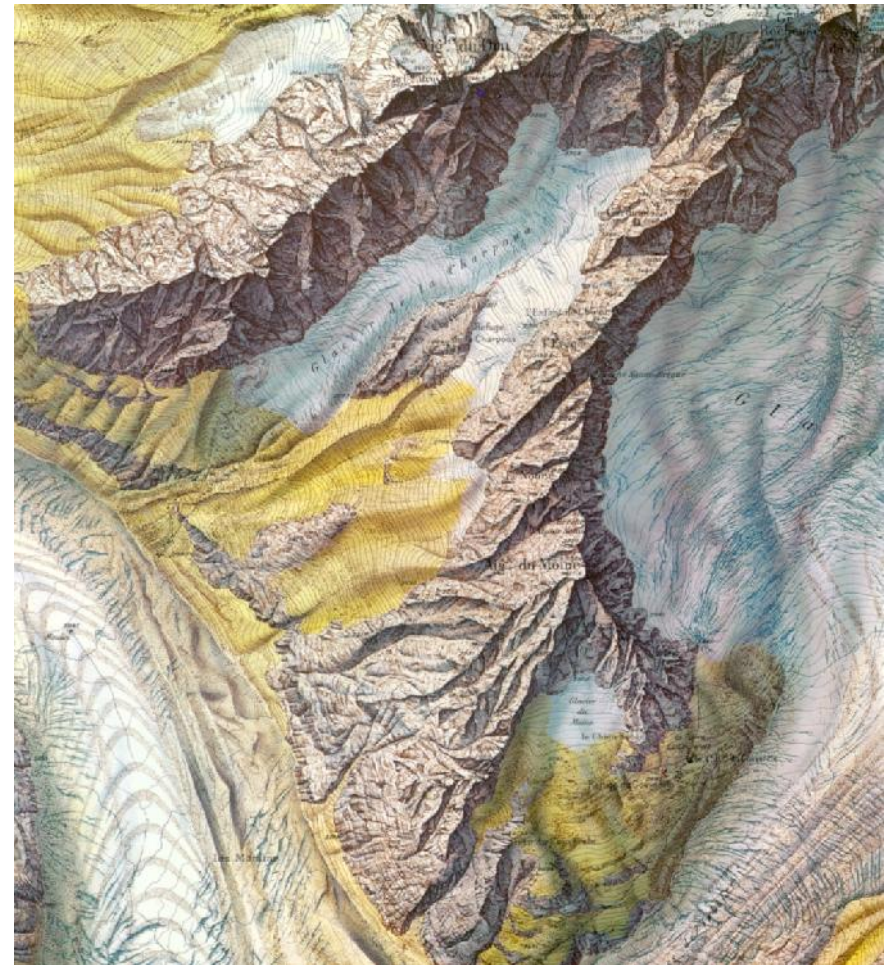
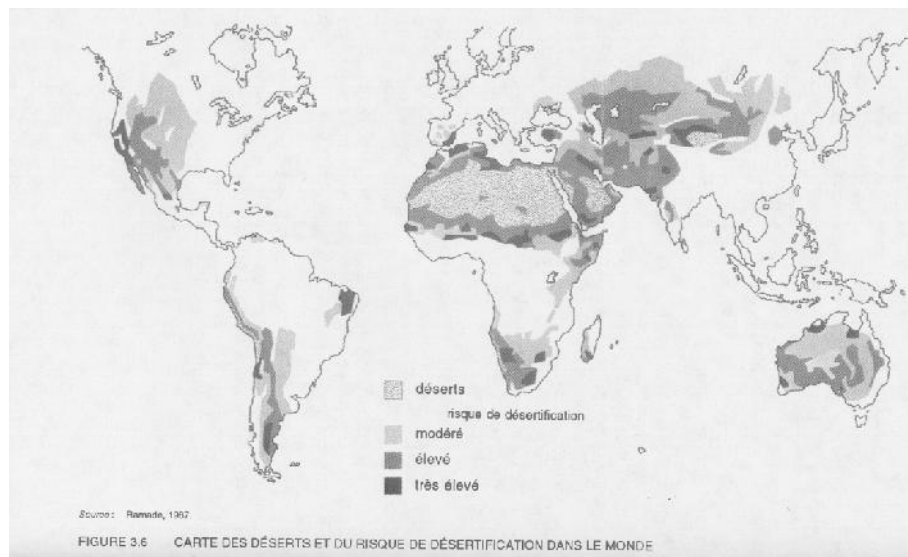
Typologie des cartes thématiques

- **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

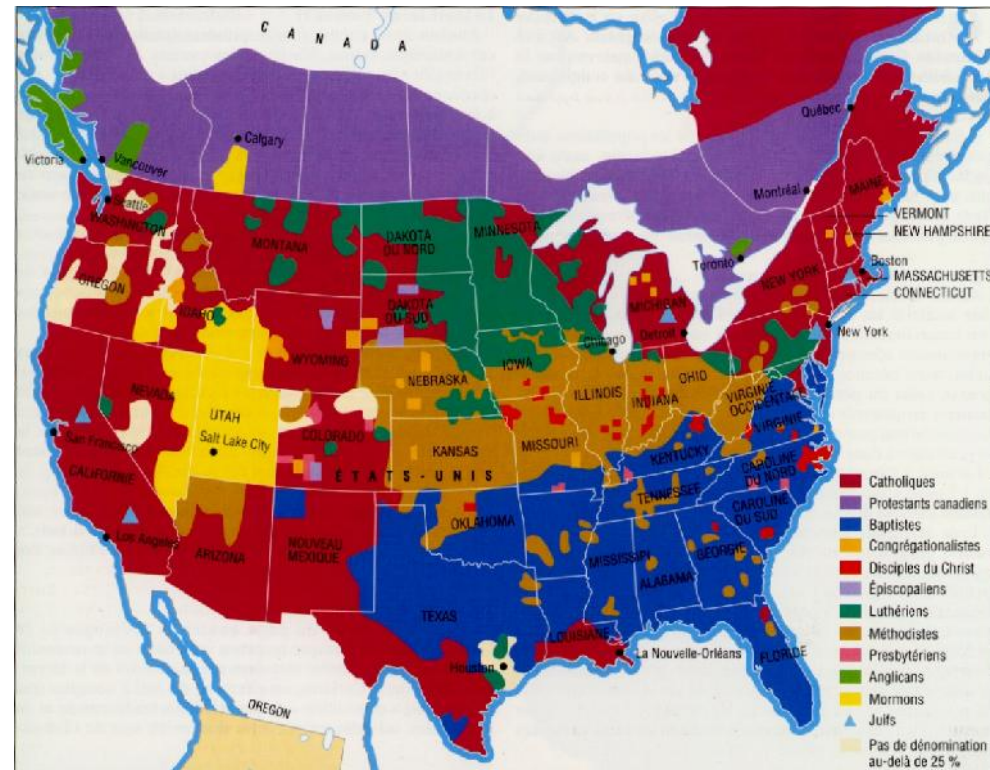
- Environnement physique
 - 1. Géologiques
 - 2. Géophysiques
 - 3. Géomorphologiques
 - 4. Atmosphériques
 - 5. Hydrologiques
 - 6. Pédologiques
 - 7. Phyto – ou zoo – géographiques
 - 8. Etc.

L'environnement physique



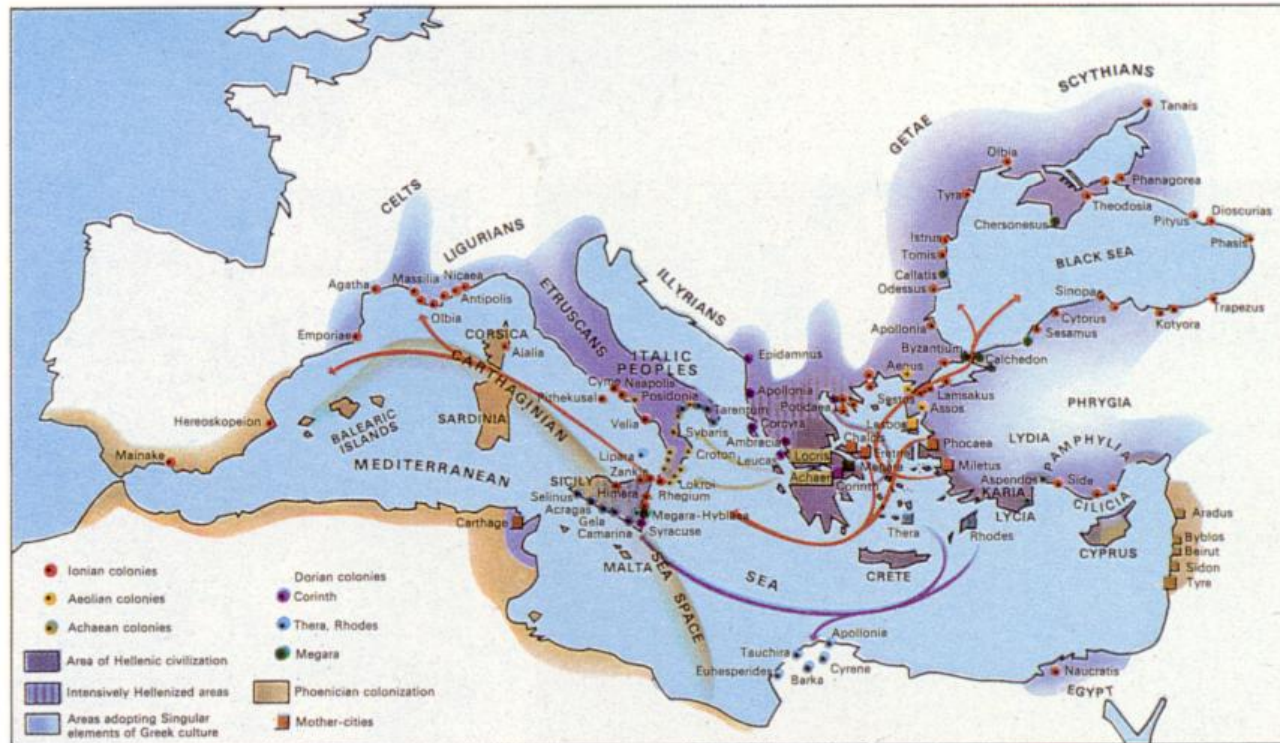
Cartographie thématique

- Population et culture



Cartographie thématique

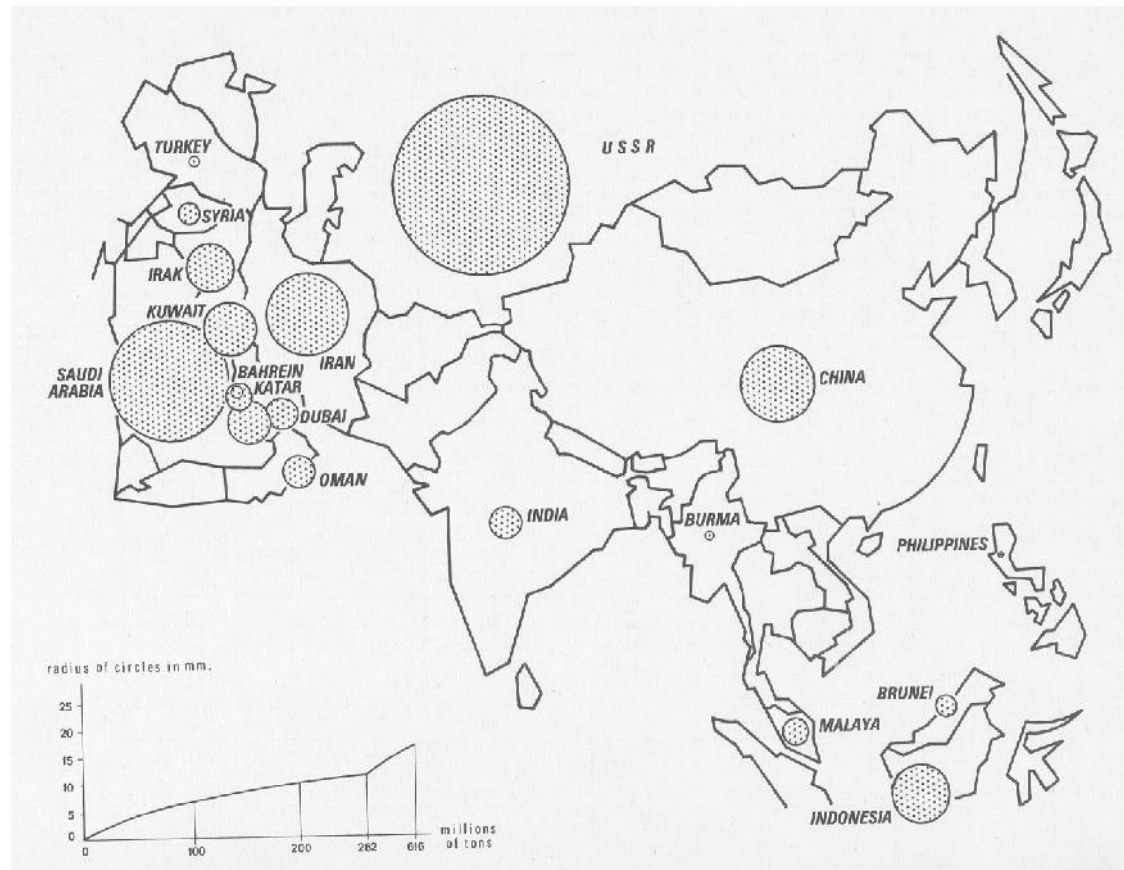
- Histoire



Greek colonization, 750–550 B.C.

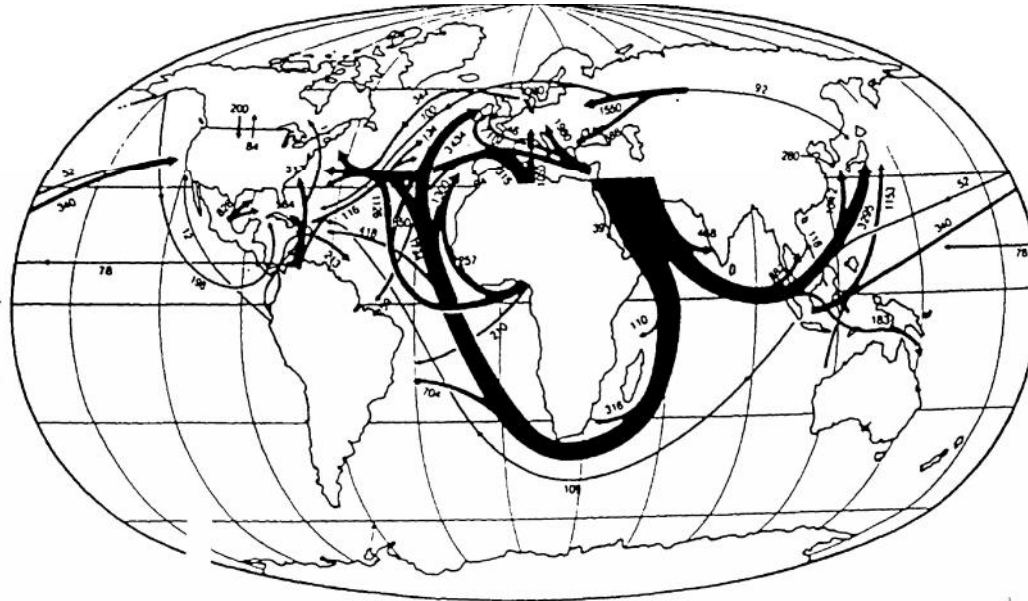
Cartographie thématique

- 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....

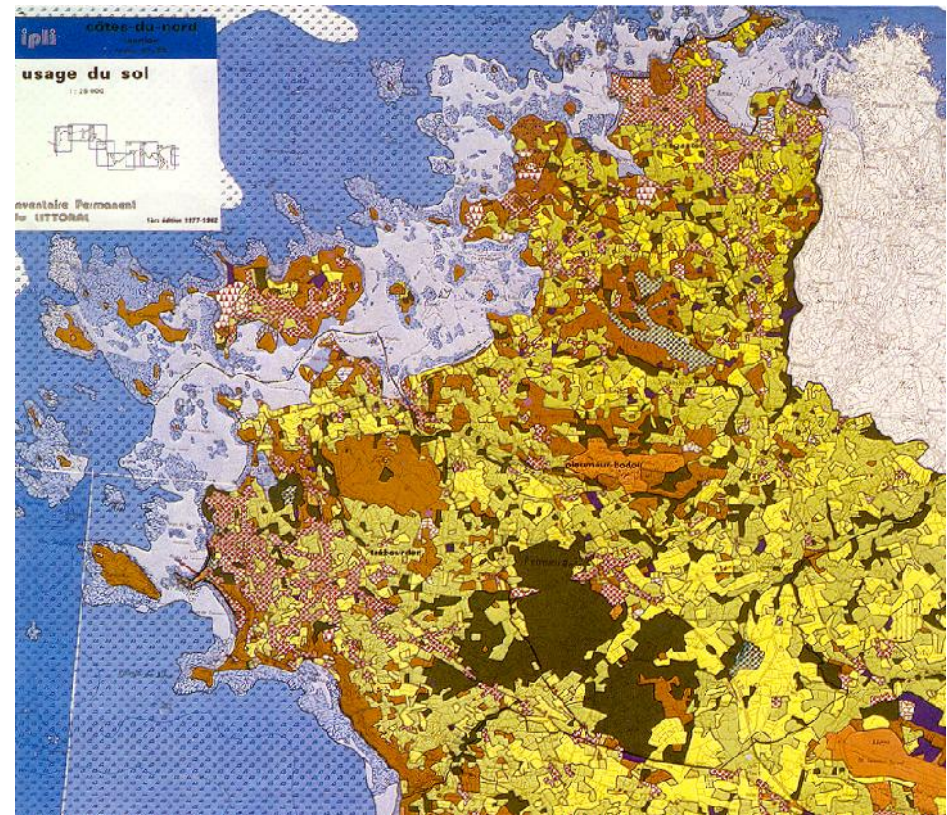
Les caractéristiques de la carte

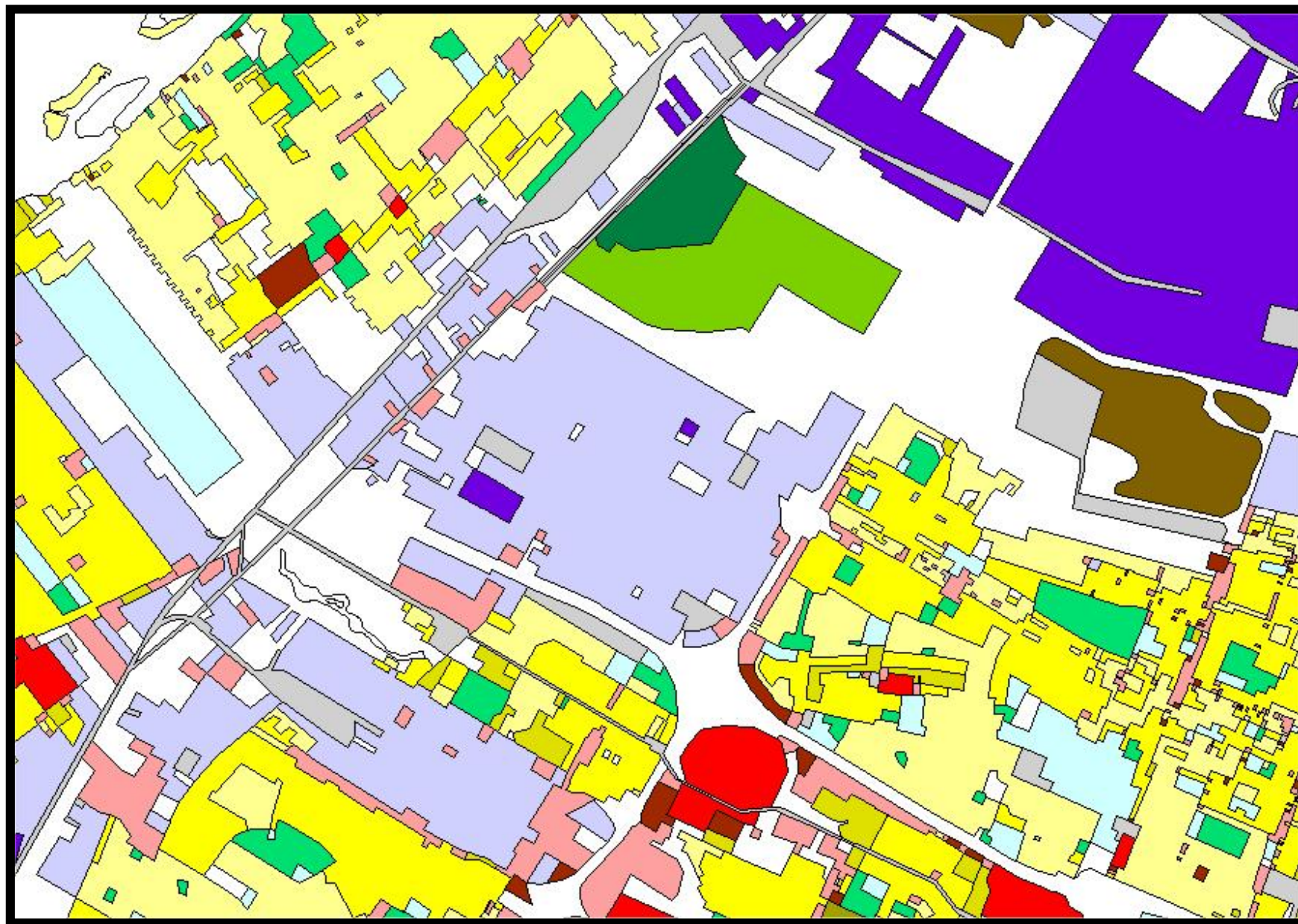
De ces 2 éléments de base trois types de relations peuvent être formés:

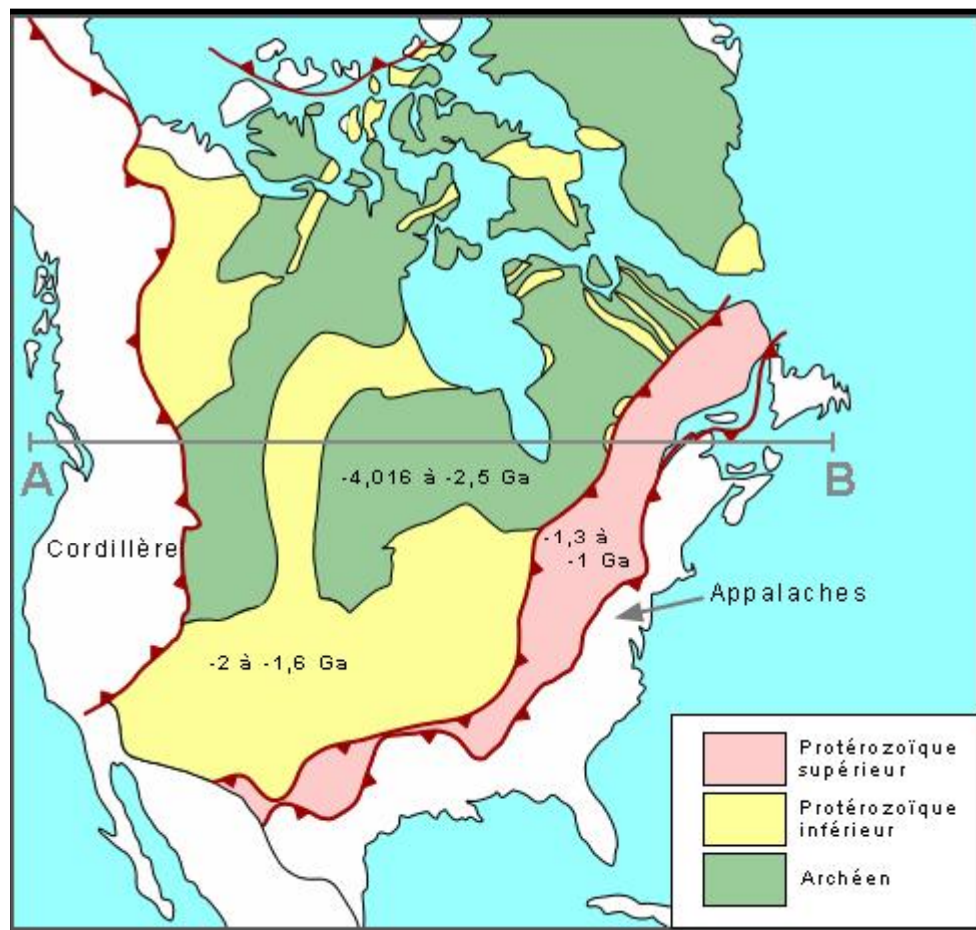
- Relations géométriques : distance entre deux points, forme des objets, réseaux,...
- Distribution spatiale des objets, des phénomènes: occurrence des bâtiments, précipitations, chômage, pauvreté,...
- Relation entre différents endroits par la transformation ou le jumelage de plusieurs attributs : la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

Cartographie thématique

- Planification et gestion

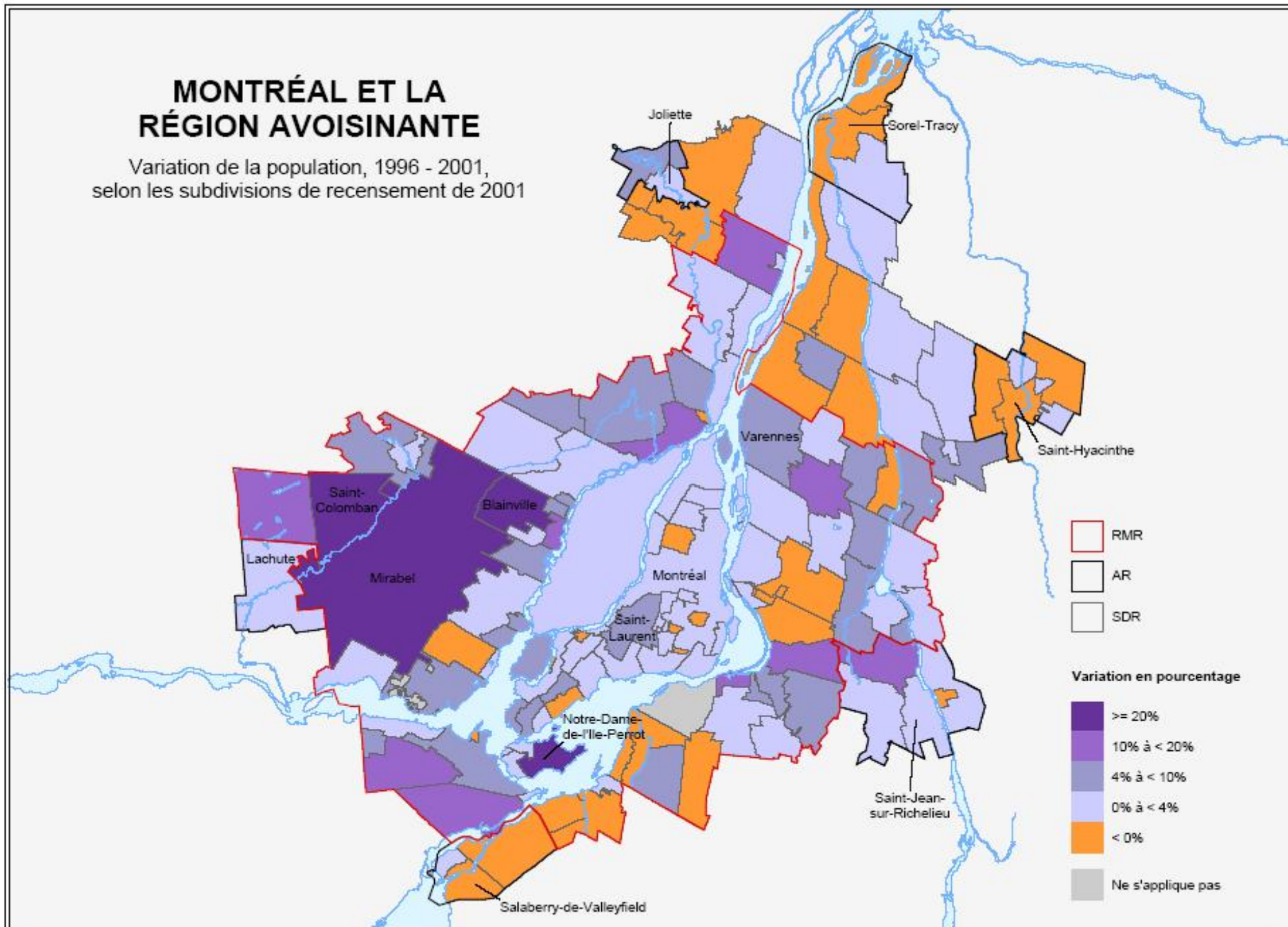






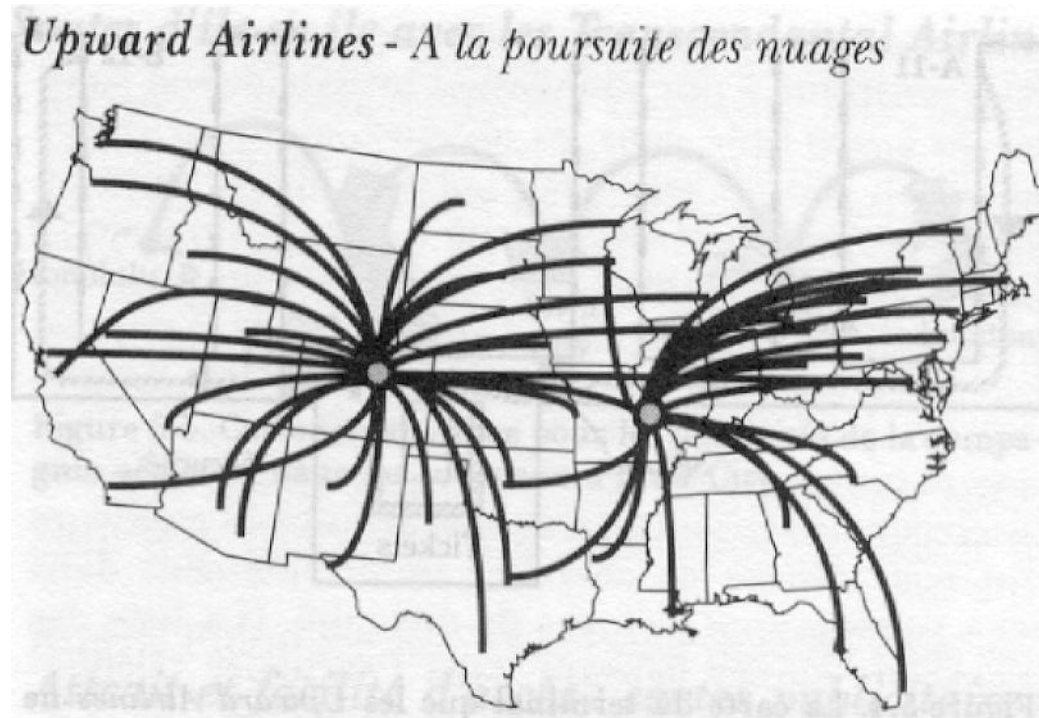
MONTRÉAL ET LA RÉGION AVOISINANTE

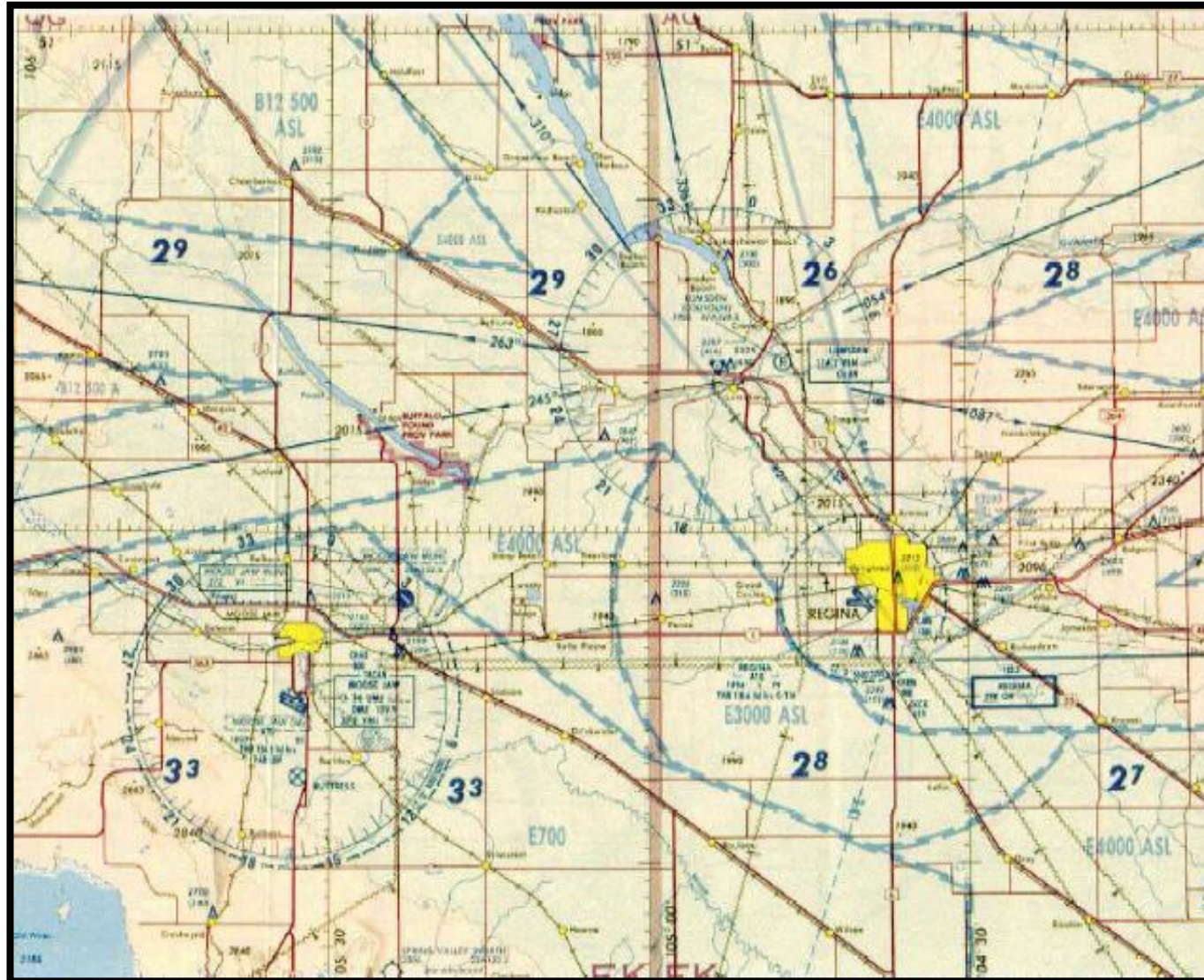
Variation de la population, 1996 - 2001,
selon les subdivisions de recensement de 2001



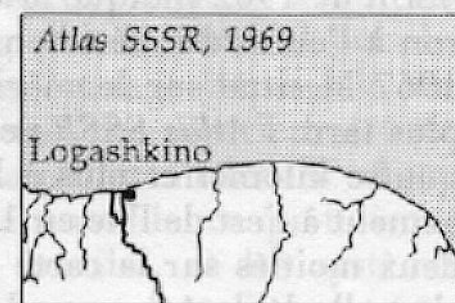
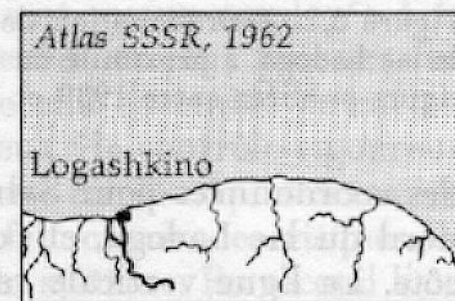
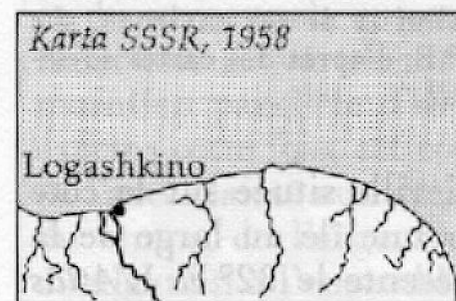
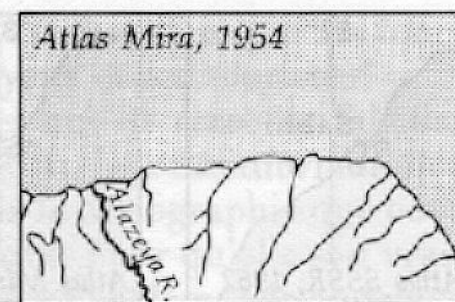
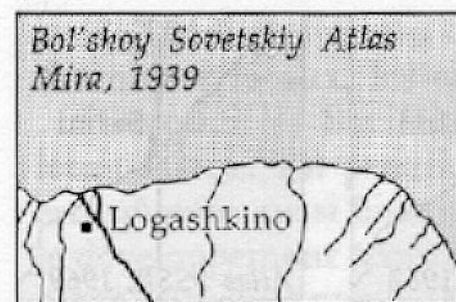
Cartographie thématique

- 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

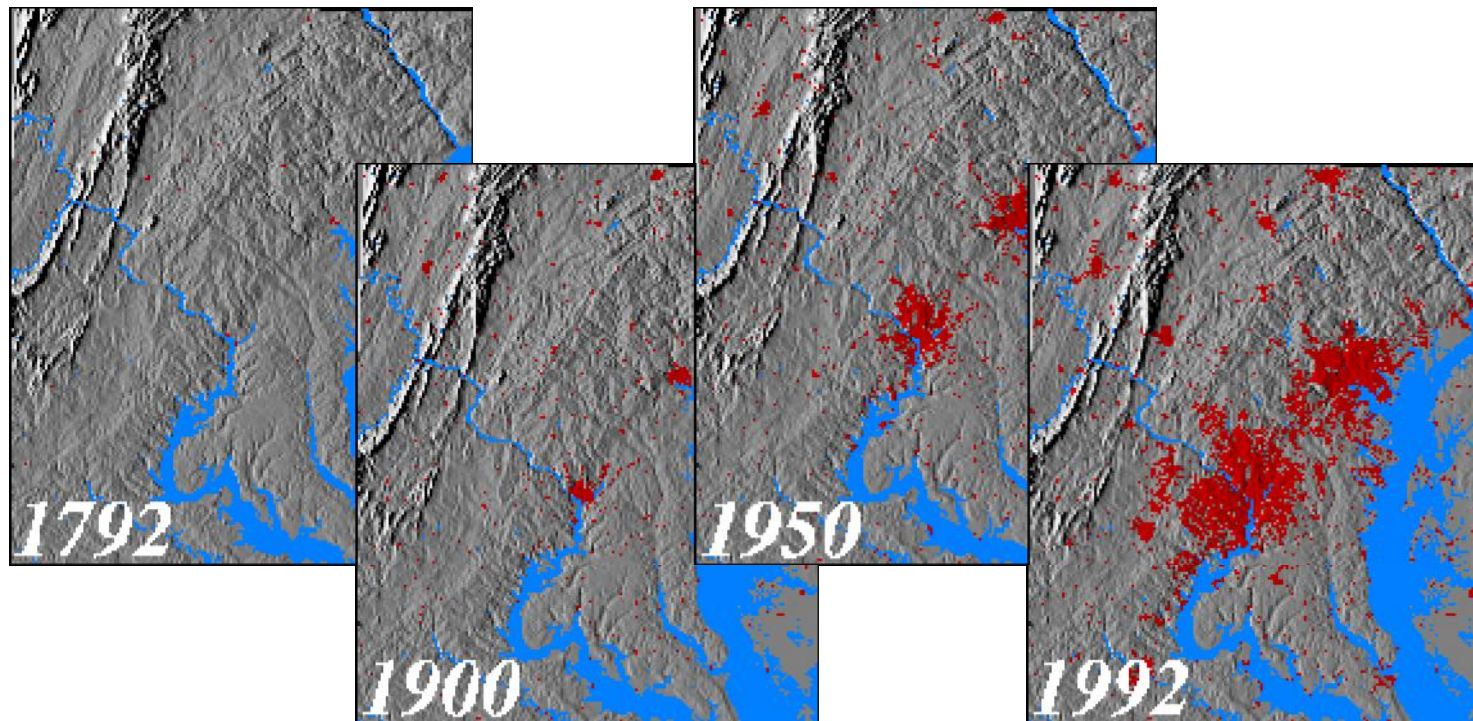


Les caractéristiques de la carte

Les difficultés de la représentation cartographique:

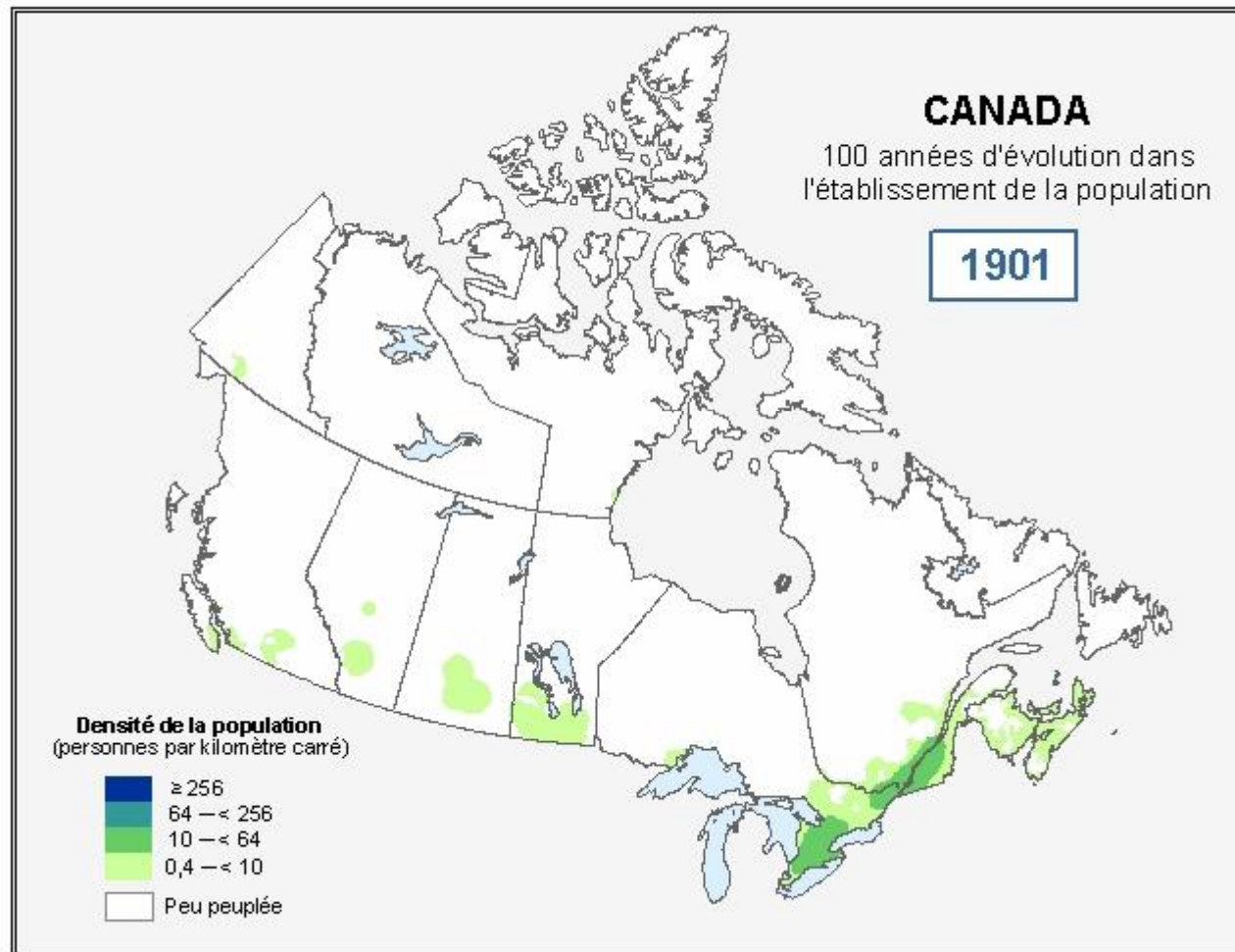
- Relations entre plusieurs attributs à un endroit : température, précipitation, type de sol, population. La solution contemporaine: les systèmes d'information géographique
- Relations spatio-temporelles: comment un phénomène évolue dans le temps et dans l'espace--- La solution contemporaine dans certains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

La dimension temporelle

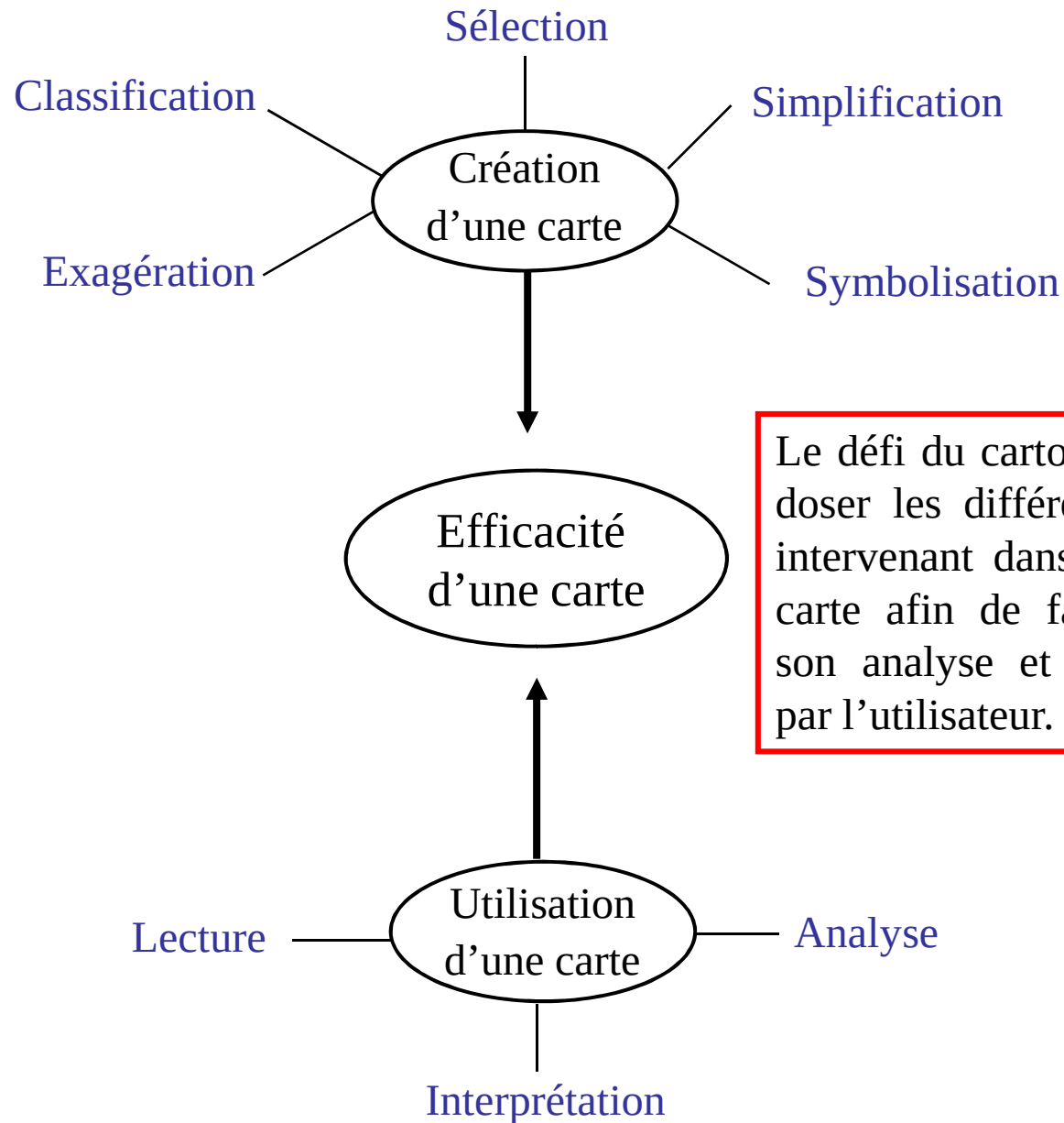


Urban Development in the Baltimore/Washington Region
(source: site web du US Geological Survey)

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

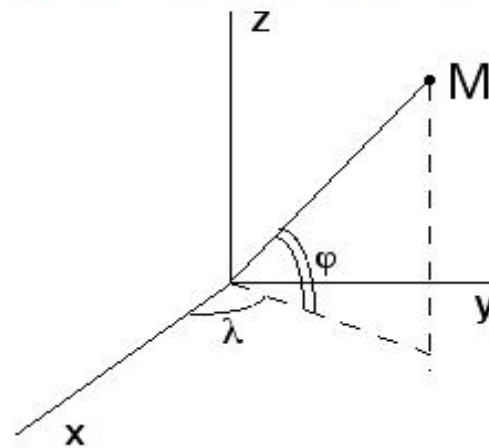
C'est un repère qui permet d'identifier chaque point du globe d'une manière unique.

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 :

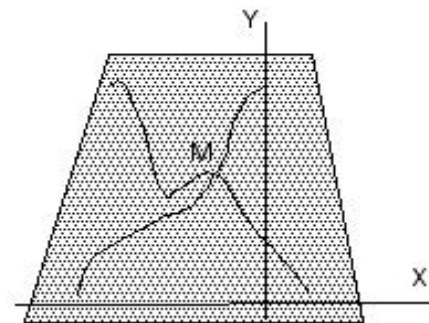
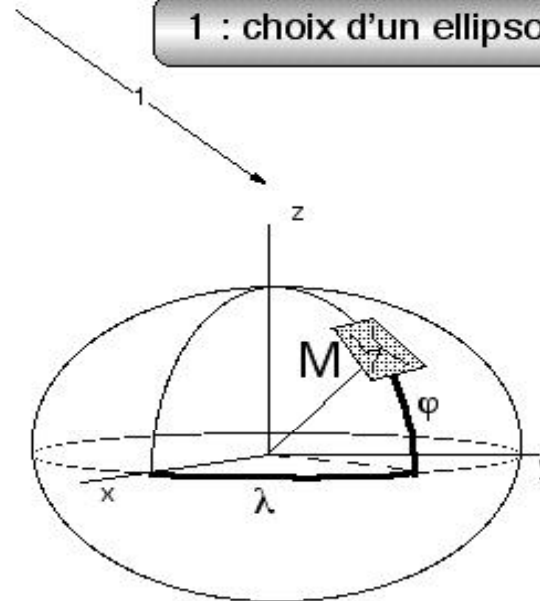
- 1.est proche du centre de la Terre
- 2.OZ est proche de l'axe de rotation de la Terre
3. OXZ est proche du plan méridien origine

Système de référence terrestre



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

1 : choix d'un ellipsoïde



2 : choix d'une projection

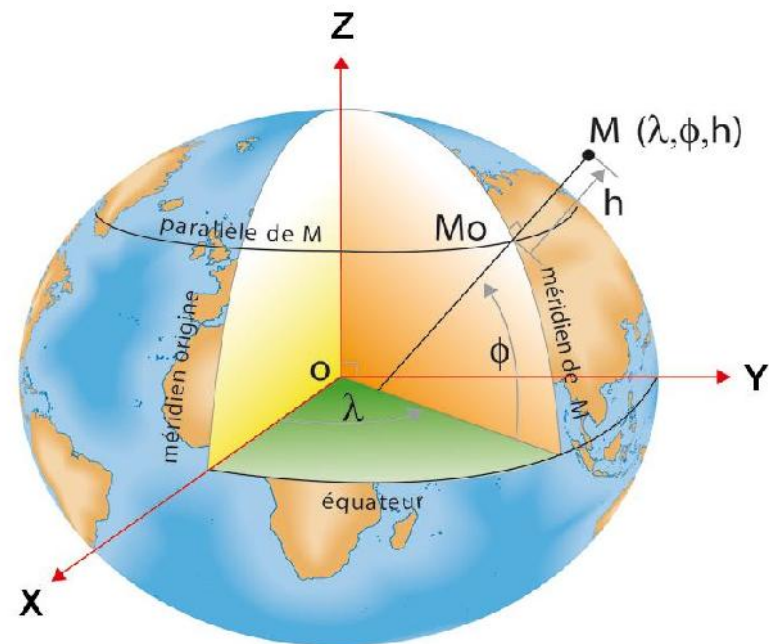
$(\varphi, \lambda) \longrightarrow (X, Y)$

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

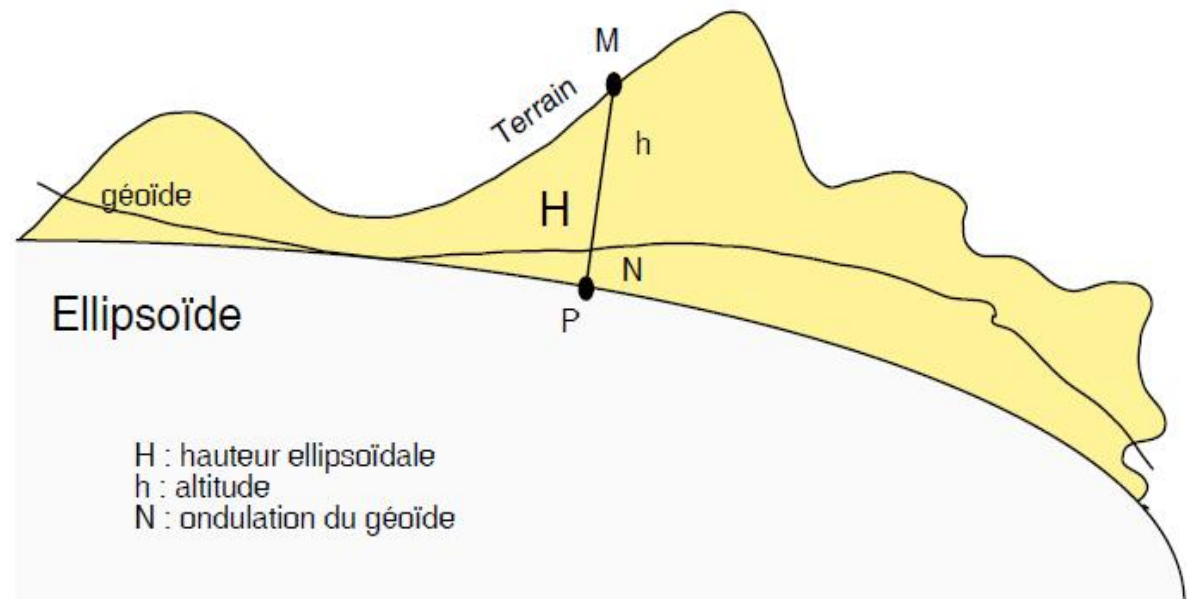
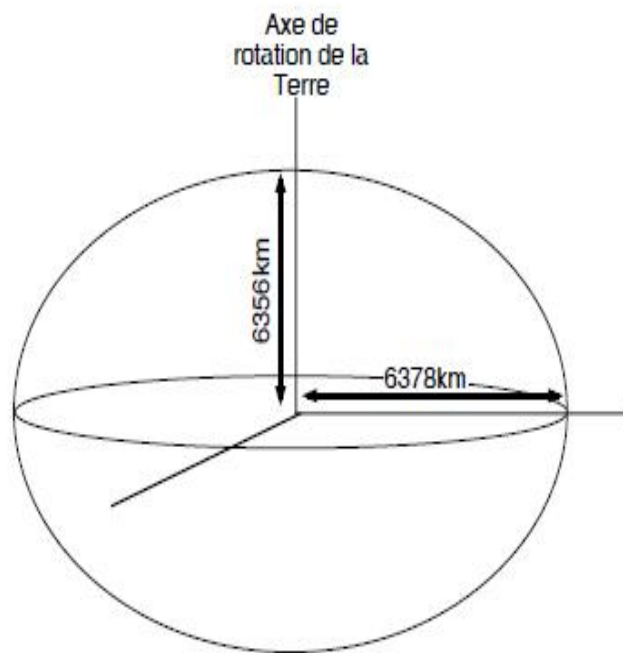
- Outre-Mer : RGFG95 pour la Guyane, RGR92 pour la Réunion, RGM04 pour Mayotte

L'ellipsoïde de révolution

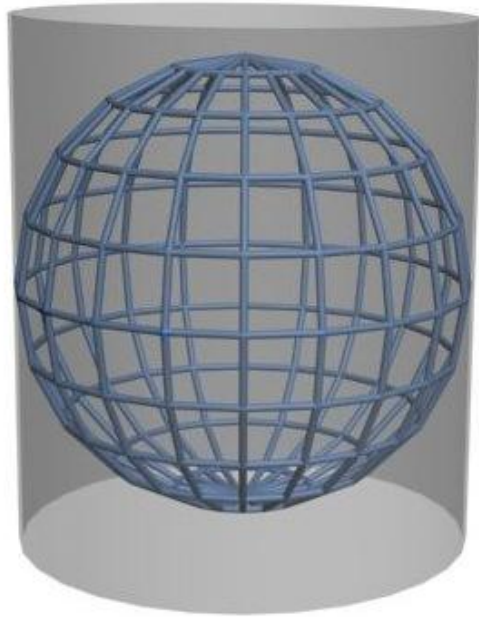
- . Un modèle de Terre aussi proche que possible de la réalité
- . Cartographier la Terre en
 - précisant ses irrégularités par rapport à cette surface (**altitude**)
 - en appliquant les détails horizontaux directement sur cette surface (**planimétrie**).

L'ellipsoïde est un compromis

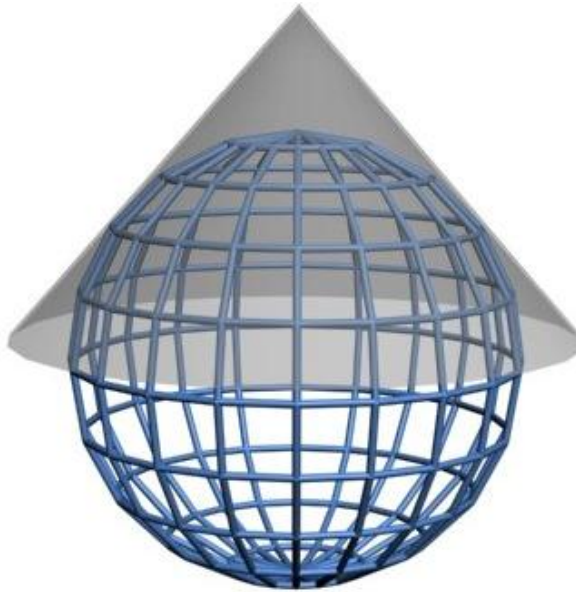
- aplati aux pôles, de demi-grand axe (a) 6378km et de demi-petit axe (b) 6356 km
- On ajoute un géoïde pour prendre en compte l'altitude



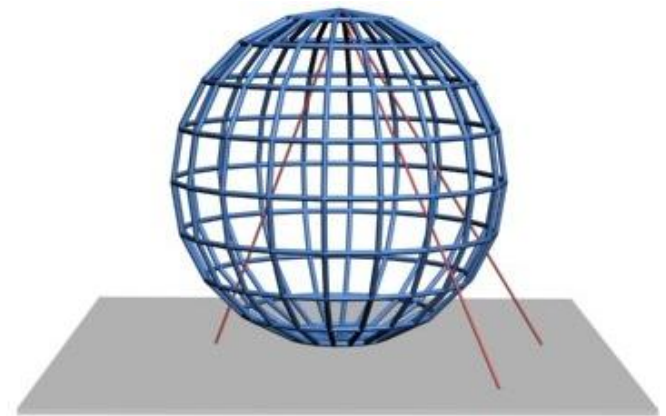
- Plusieurs type de projections possibles là encore...



•
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