

La Cartographie (partie 1)

1ere année master écologie fondamentale et appliquée

Chargé du cours : Mr Khelfaoui

Types de cartes

On traduit l'Information Géographique par des types ou familles de cartes.

Parmi ces familles, on recense :

- les cartes topographiques
- les cartes thématiques
- les autres cartes ..

Une carte topographique

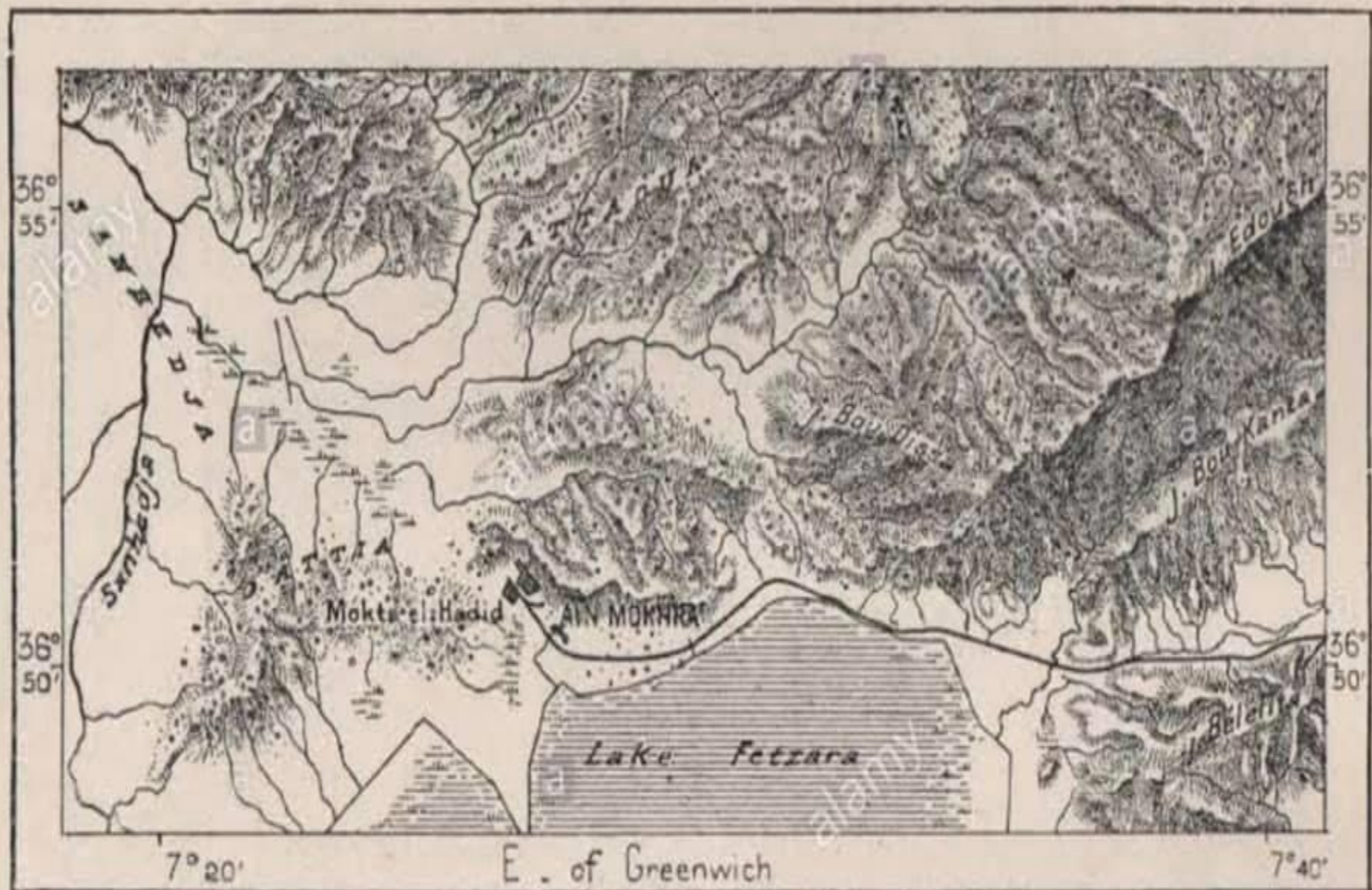
- échelle réduite représentant :
 - les éléments naturels (végétation, hydrographie, ...)
 - artificiels (aménagement humains)
- situés sur la surface terrestre, ainsi que le relief d'une région géographique de manière précise et détaillée sur un plan horizontal

Une carte topographique

- Des très nombreuses informations, correspondant aux phénomènes qui existent de façon permanente dans le paysage figurent sur les cartes topographiques.
- Pratiquement, on les classe en trois catégories :
 - - Les éléments de la topographie,
 - - Les éléments de la planimétrie,
 - - Les éléments de la toponymie.

Fig. 88.—EDUGH AND LAKE FETZARA.

Scale 1 : 295,000.



Carte thématique

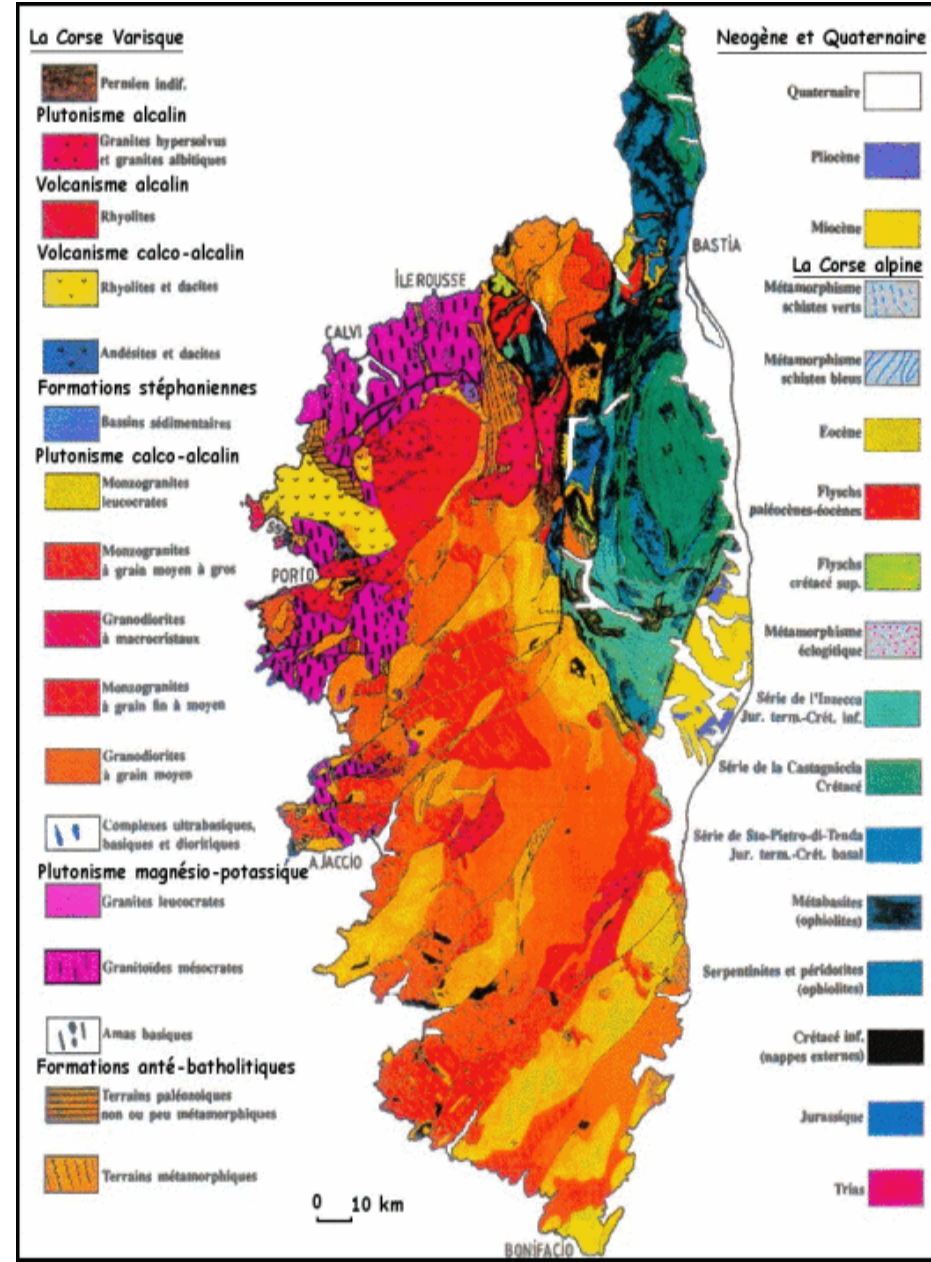
- Carte représentant sur un fond repère topographique, hydrographique, chorographique ou géographique, des phénomènes localisables de toute nature, qualitatifs ou quantitatifs.

Carte thématique

- Ces cartes décrivent la représentation sur un fond repère généralement topographique d'un ou plusieurs phénomènes localisés faisant appel à différents types d'informations :
 - 1, inventaire ou descriptif
 - 2, aménagement
 - 3, statistique

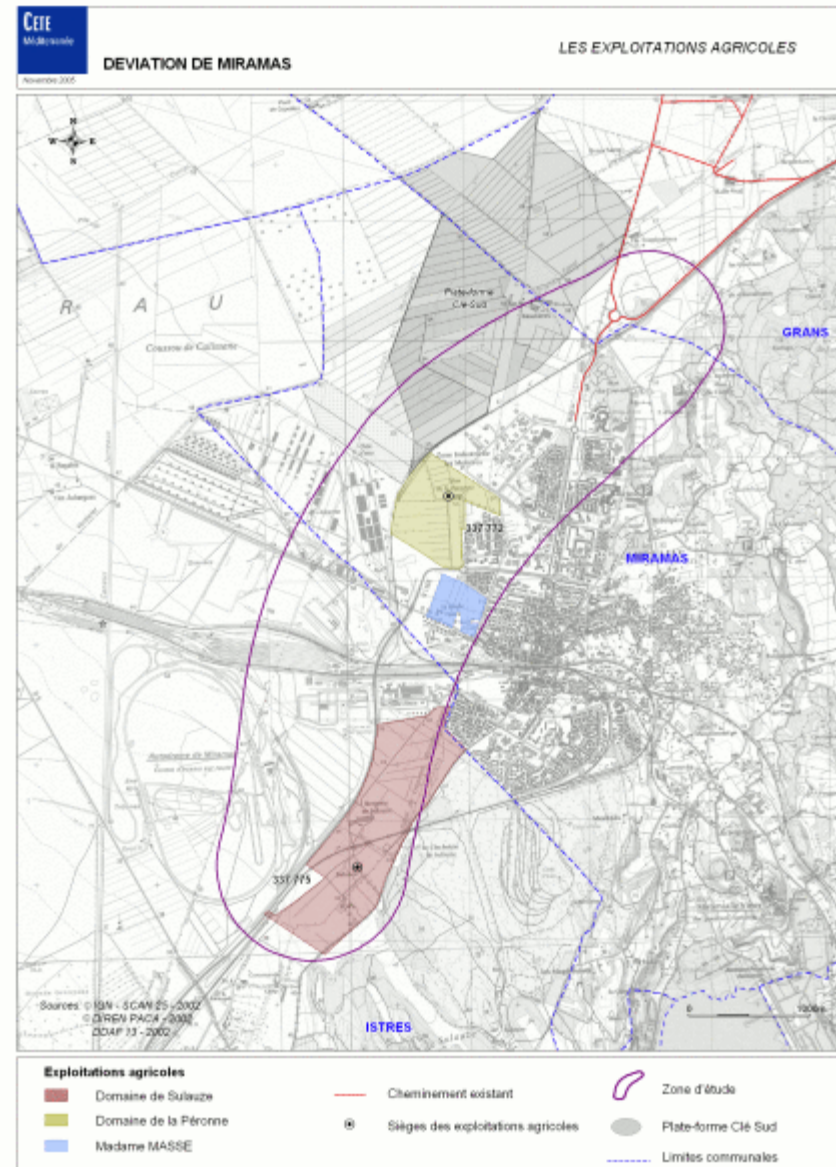
1. La carte d'inventaires ou descriptive

- On visualise l'information en lecture primaire puis le fond de carte en lecture secondaire.
- Les cartes de ce type sont de hauts niveaux de spécialisation liés aux métiers.



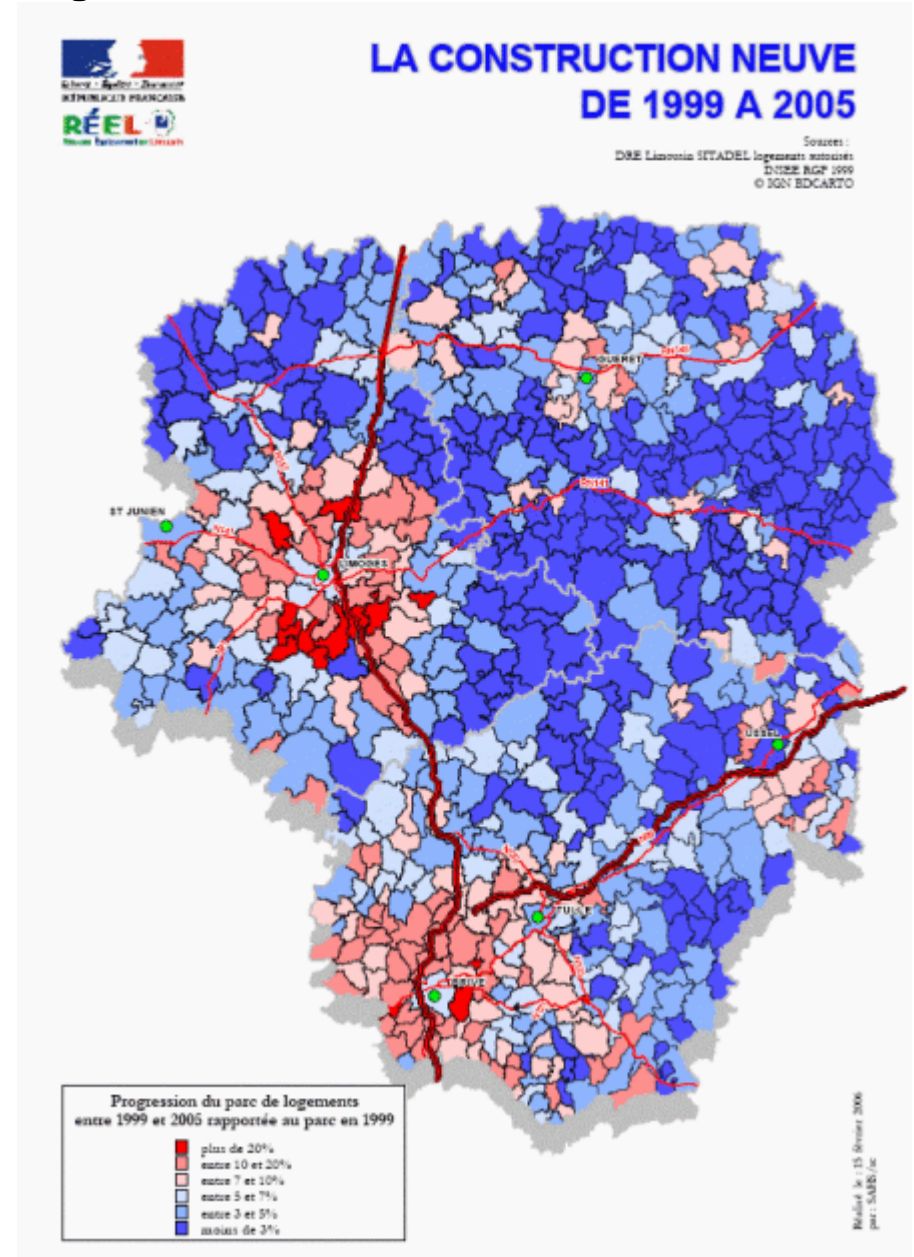
2. La carte d'aménagement

- Ces cartes sont composées d'un fond de plan (permettant de localiser les informations) et de couches thématiques.
- Elles ont une dimension stratégique et/ou politique (planification du territoire).



3. La carte statistique

- Ces cartes permettent une lecture globale du territoire et sont largement utilisées par les services.
- Leur fabrication fait appel à des traitements statistiques de données et des modes de représentations spécifiques.
- les valeurs ne doivent pas figurer sur la carte (elles ne remplacent pas le tableau de valeurs).

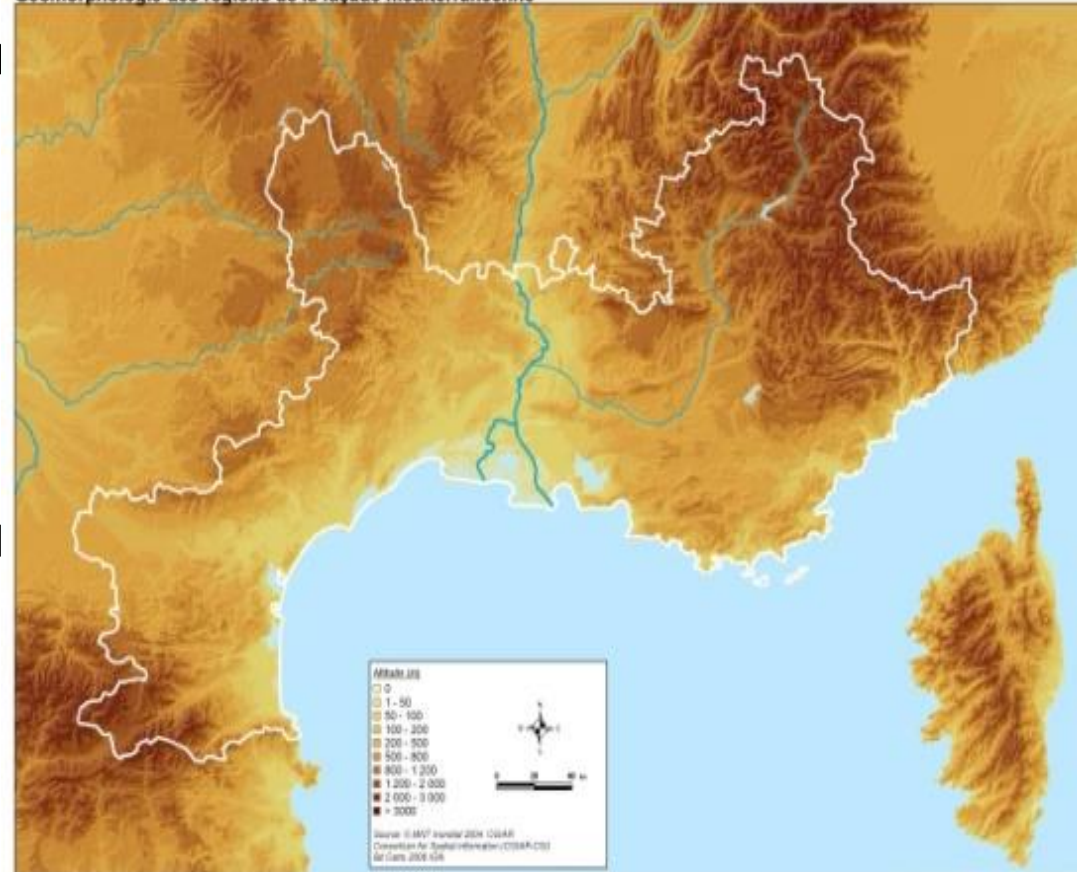


Le modèle numérique de terrain (MNT)

- (MNT) est une représentation de la topographie (altimétrie et/ou bathymétrie) d'une zone terrestre par un calculateur numérique permettant de :

- reconstituer une vue en images de synthèse du terrain ;
- déterminer une trajectoire de survol du terrain ;
- calculer des surfaces ou des volumes ;
- tracer des profils topographiques.

Géomorphologie des régions de la façade méditerranéenne

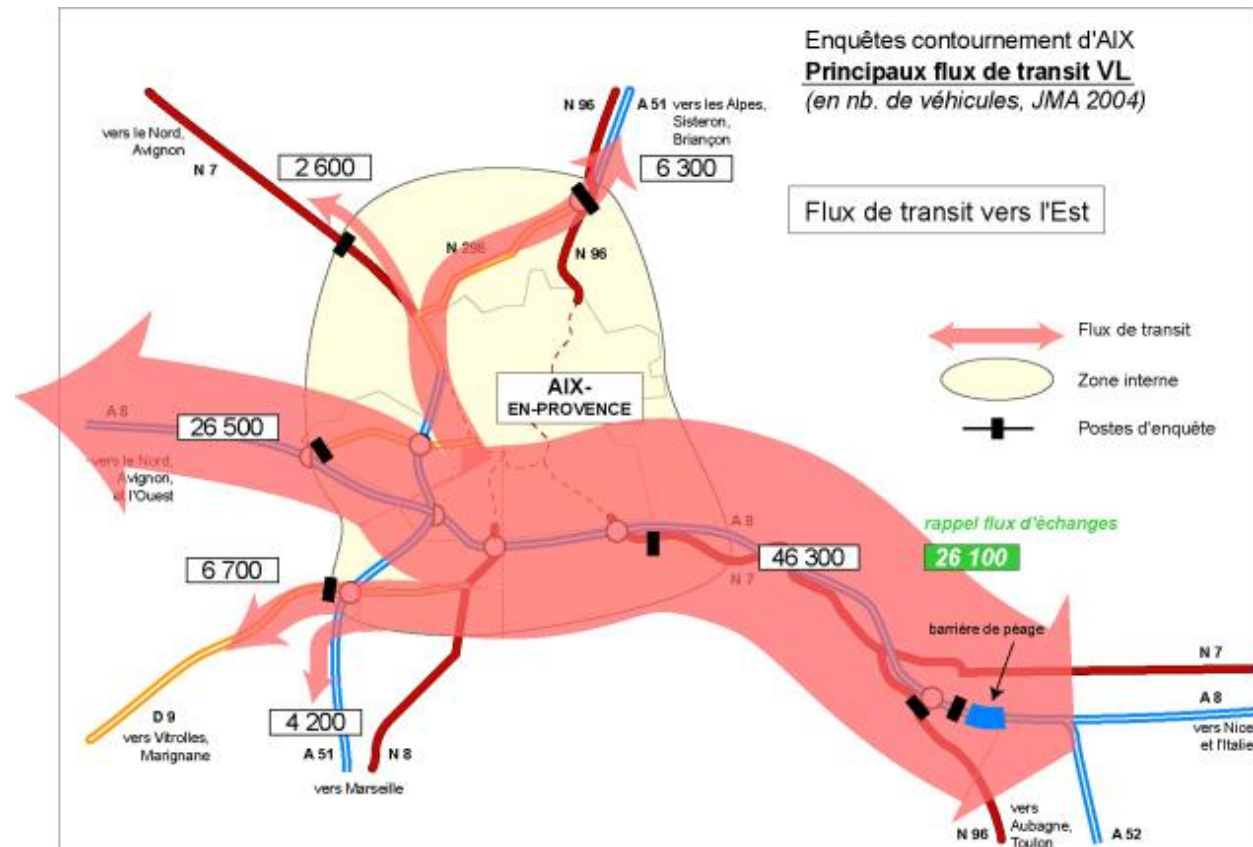


Les cartes en 3D

- Les cartes en 3D ne sont plus des "cartes" mais de la vidéo .
- On met en scène un projet dans un territoire.

Le schéma

- Le schéma est une figure simplifiée servant à montrer les parties essentielles de l'information à transmettre.



Les orthophotos

- Les orthophotos sont des informations image géo-référencées issues de prises de vues aériennes.



L'ECHELLE

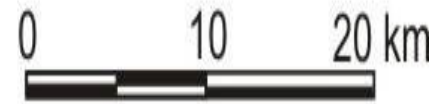
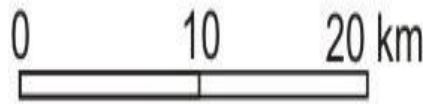
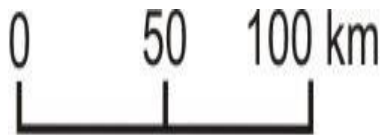
- L'échelle est le rapport de réduction entre une longueur mesurée sur la carte et la mesure réelle effectuée sur le terrain.
- Elle doit systématiquement être présente.
- Elle permet d'évaluer les dimensions du territoire cartographié et peut se présenter sous forme numérique ou graphique.

L'ECHELLE

- **L échelle numérique** s'exprime sous la forme d'une fraction dont le numérateur est une unité de longueur portée sur la carte et le dénominateur, la distance correspondante sur le terrain.
- Rapport $1/25\ 000 \Rightarrow 1\text{ cm sur la carte} = 25\ 000\text{ cm sur le terrain}$ soit 250 mètres,
- Rapport $1/14\ 900\ 000 \Rightarrow 1\text{ cm sur la carte} = 14\ 900\ 000\text{ cm sur le terrain}$ soit 149 km. L'objet sur le terrain est de 14 900 000 fois plus grand que sur la carte.

L'ECHELLE

- **L échelle graphique** est un dessin composé d'une droite horizontale divisée en segments égaux.
- Chaque segment est délimité par un trait vertical appelé la barbule.
- Les chiffres sont centrés à l'aplomb des barbules et doivent être des chiffres ronds.
- L'échelle graphique est plus rapidement lisible et mémorisable.



Classification des échelles

- De manière traditionnelle, les échelles peuvent se classer de la façon suivante :
 - Les plans : échelle inférieure à $1/5\ 000$;
 - Les cartes à grandes échelle : entre $1/5\ 000$ et $1/50\ 000$
 - Les cartes à échelles moyenne : entre $1/50\ 000$ et $1/500\ 000$
 - Les cartes à petites échelles : entre $1/500\ 000$ et $1/1\ 000\ 000$ (cartes des régions ou des Etats)
 - Les cartes à très petite échelle : au-delà du $1/1\ 000\ 000$ (cartes des continents ou de la terre entière).

Les projections cartographiques

- Afin de se repérer et de localiser l'information sur la surface terrestre, il est nécessaire d'utiliser un système de positionnement et de cartographie.
- Pour cela, des notions de géodésie sont nécessaires, comme:
 - la définition d'un référentiel géodésique (ellipsoïde, méridien d'origine),
 - le choix d'un système de projections et de coordonnées (géographiques ou planes).

Systeme de référence géodésique

- Le but d'un système de référence géodésique est de fournir à tous les utilisateurs des points stables et matérialisés par des bornes de coordonnées connues.
- Ils servent de repères de référence pour le positionnement d'appareil de mesure (GPS,,).
- La terre, aplatie aux pôles et enflée à l'équateur, est géométriquement imparfaite.

Systeme de référence géodésique

- Pour l'approcher mathématiquement, on a créé :
- Une **sphère** (représentation la plus simple),
- Des **ellipsoïdes** de révolution (surface géométriquement parfaite ne tenant pas compte des irrégularités de la croûte terrestre).

Systeme de référence géodésique

→ La Terre : *sphère*



→ La Terre : *ellipsoïde*



→ La Terre : *surface topographique*



Systeme de référence géodésique

- Les systèmes de référence géodésique et leurs ellipsoïdes associés :
- **NTF, Nouvelle Triangulation Française**
: ellipsoïde de CLARKE 1880 IGN.
- La NTF est le système géodésique national français défini par le service topographique de l'armée à partir de 1870, et repris par l'IGN à sa création. En 2001, elle est officiellement remplacée par le RGF 93.

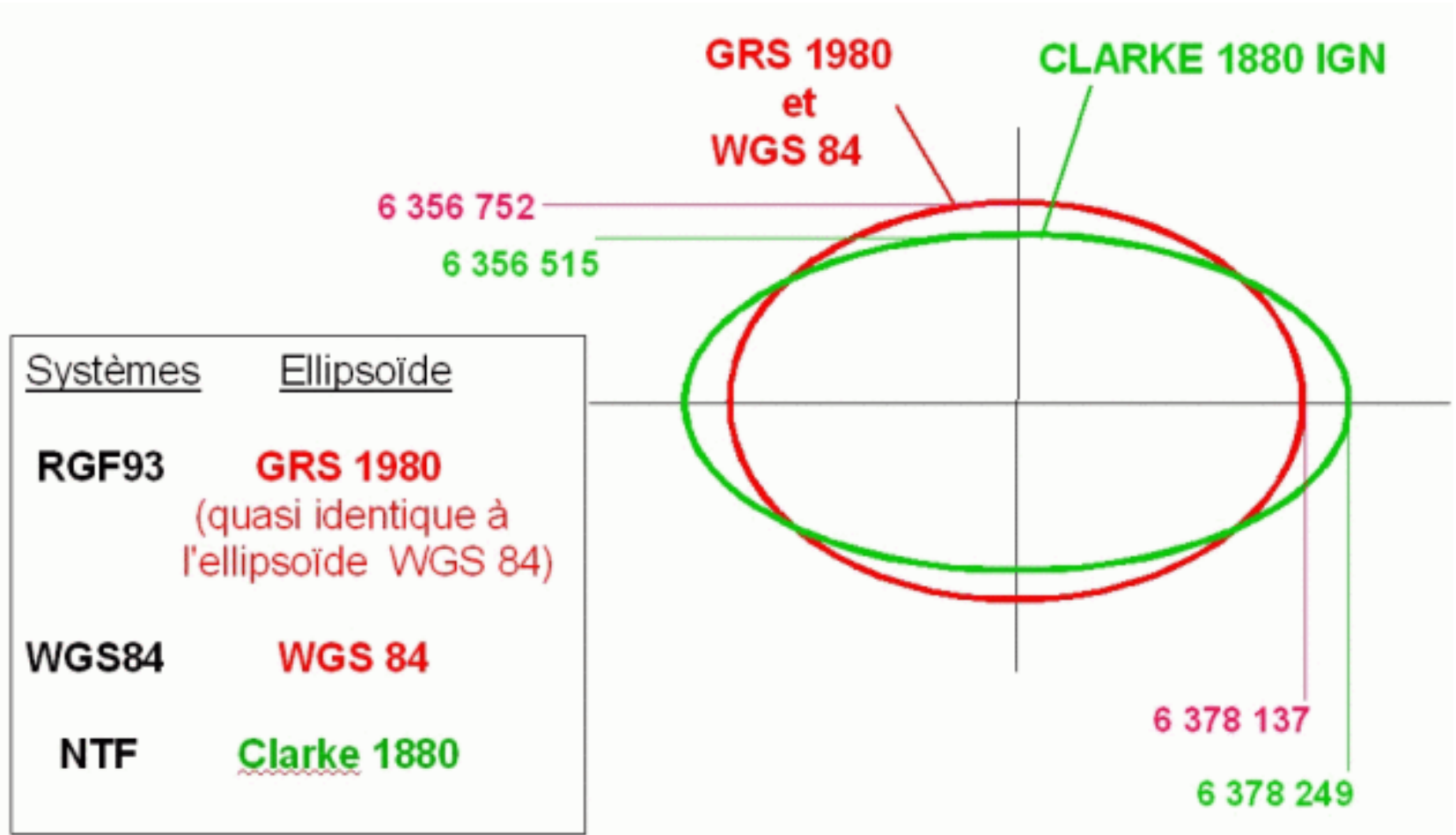
Systeme de référence géodésique

- **WGS 84, World Geodetic System** : *ellipsoïde WGS 84*.
- Le WGS 84 est le système géodésique défini par le département de la défense américain associé au système GPS. Il s'est rapidement imposé comme la référence universelle pour la cartographie (en marine comme en terrestre).

Systeme de référence géodésique

- **RGF 93, Réseau Géodésique Français** : *ellipsoïde GRS 1980 (Geodetic Reference System 1980)*.
- Le GRS 1980 est l'ellipsoïde international quasiment identique à l'ellipsoïde WGS 84
- **Le RGF93 est, depuis 2001, le système national français de référence de coordonnées.**

Systeme de référence géodésique



coordonnées géographiques

- Un point M à la surface de la terre a pour **coordonnées géographiques** :
 - La longitude (λ) : angle entre le méridien d'origine (Greenwich) et le méridien du point M,
 - La latitude (ϕ) : angle entre l'équateur et le parallèle du point M,
 - La hauteur (h) : distance entre l'ellipsoïde et le point M.

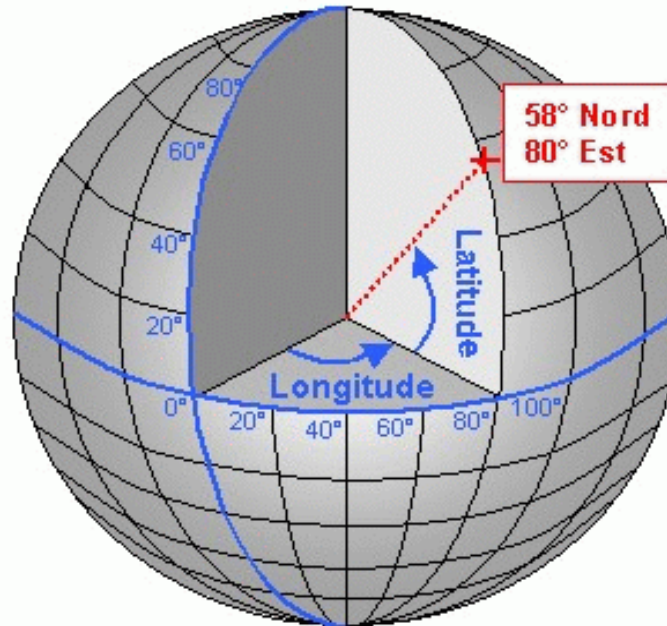
coordonnées géographiques

- Le méridien d'origine peut être celui de Greenwich (=> méridien international) mais également un méridien local propre à la géodésie d'un pays (=> méridien de Paris dans la NTF).
- Annaba (Ex Bône) : Point de nivellement géodésiques de la ville d'Annaba. C'est à partir de ce repère que fût pensé et conçu l'extension et la création de la nouvelle ville au 19 e siècle



coordonnées géographiques

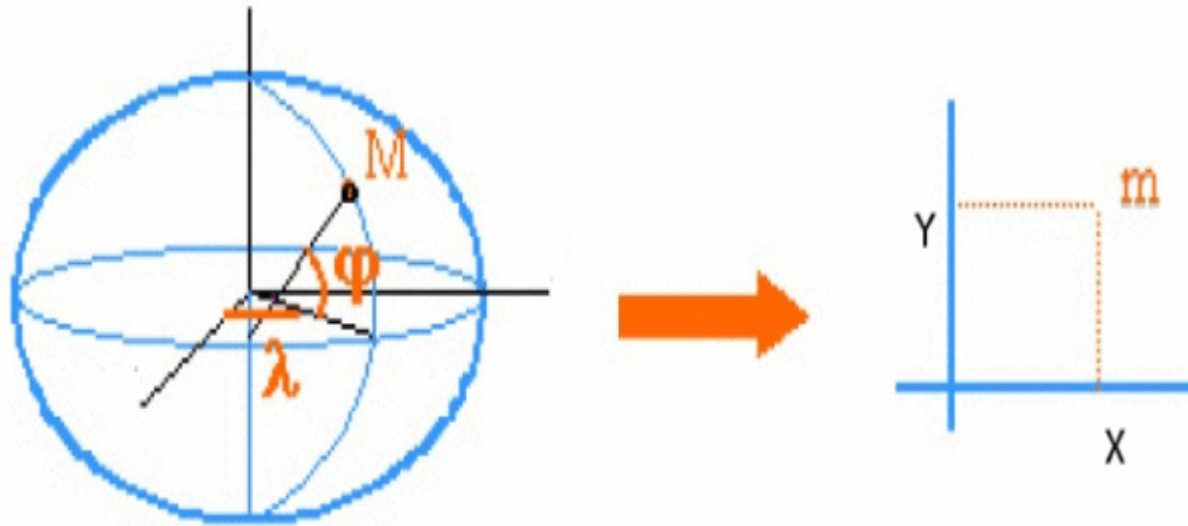
- La longitude et la latitude sont généralement exprimées en degrés décimaux ou degrés minutes secondes sexadécimaux [$^{\circ}$ ' "] et quelquefois en grades comme c'était le cas pour la NTF



La projection cartographique

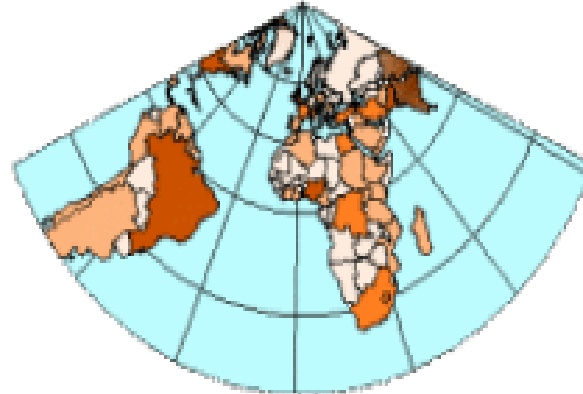
Comment représenter en plan une surface sphérique ?

- Pour les besoins cartographiques, on doit représenter sur une surface plane l'image de la terre assimilée à un ellipsoïde, ce qui nécessite l'utilisation d'une représentation plane (ou projection)
- La représentation plane de l'ellipsoïde fait correspondre à tout point $M (\lambda ; \phi)$ de l'ellipsoïde un point $m (X,Y)$ du plan.

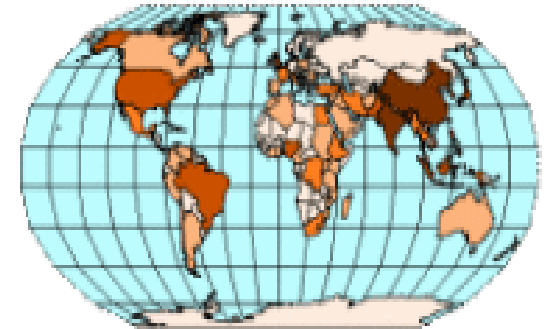


Vu l'impossibilité de développer rigoureusement une sphère sur un plan, toutes les projections introduisent des déformations qui altèrent tout ou partie des éléments de la zone à représenter (longueurs, angles, surfaces).

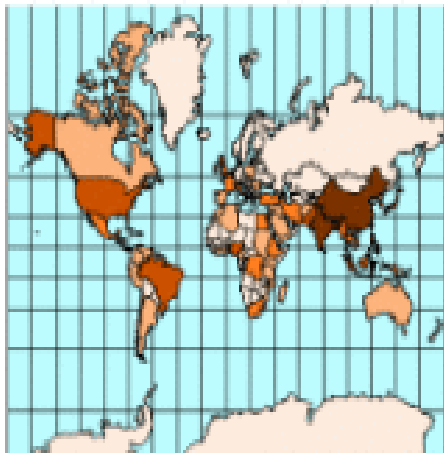
Des systèmes de projection multiples



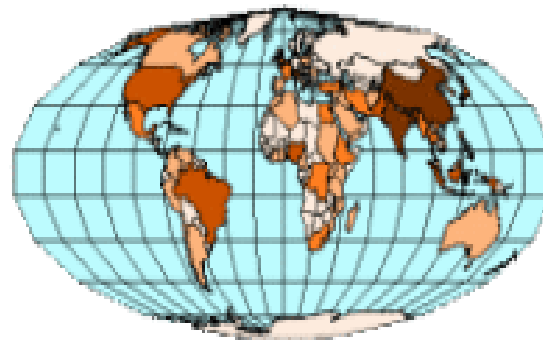
Projection Conique Conforme
Exemple : Lambert II



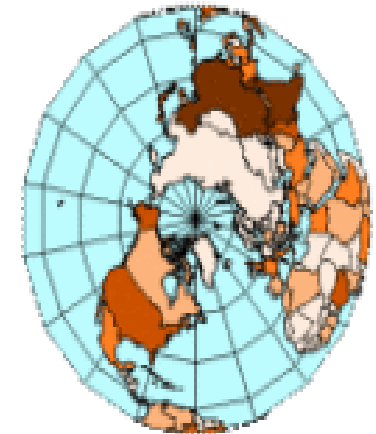
Projection Pseudo-cylindrique
Exemple : Robinson



Projection Cylindrique
Exemple : UTM



Projection Elliptique
Exemple : Mollweide



Projection Azimutale

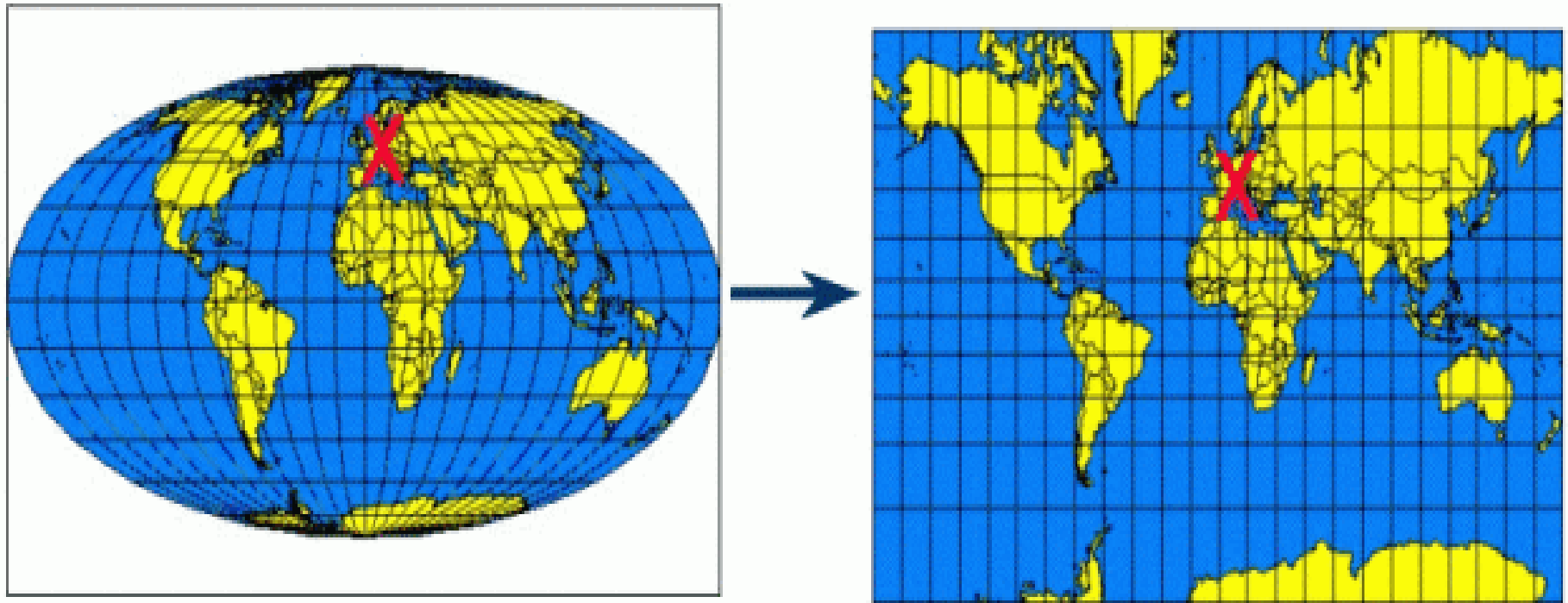
Des systèmes de projection multiples

- **Conforme** : angles et formes conservés
- **Conique** (intérêt local), **Cylindrique** (intérêt global)
- **Équivalentes** : surfaces conservées (Mollweide)
- **Aphylactique** : ne conserve ni angles ni surfaces
- **Azimutale** : conserve les distances au point d'origine

La projection cylindrique UTM (Universal Transverse Mercator)

- Projection conforme, qui minimise l'altération de la forme et des angles. Très utilisée en navigation (les relèvements au compas sont exacts).
- Le méridien central est tangent à l'ellipsoïde de référence.
- Déformations aux pôles

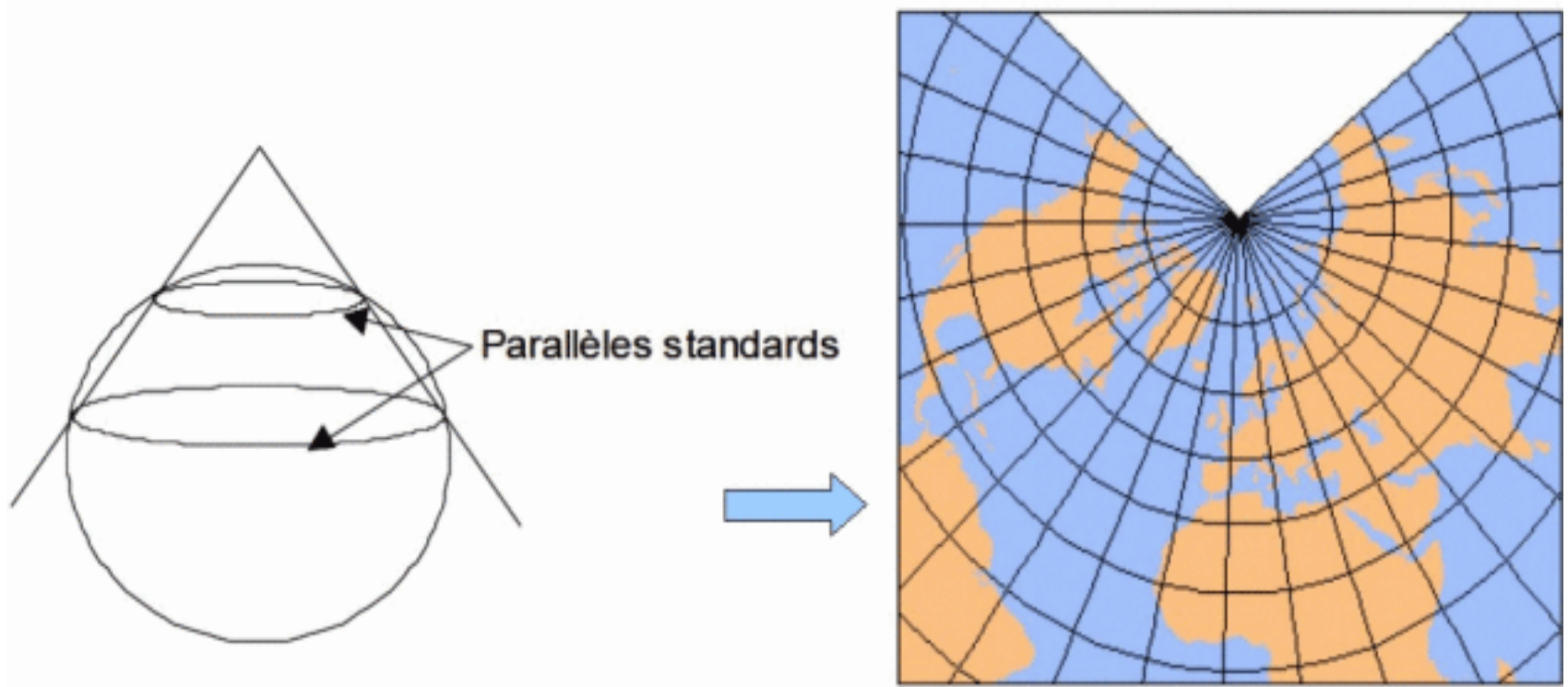
La projection cylindrique UTM (Universal Transverse Mercator)



La projection conique conforme, le système Lambert

- Minimise l'altération des formes et des distances sur une zone proche de l'origine
- Très intéressante pour couvrir des régions limitées du globe mais pas l'ensemble de la surface terrestre.
- Utilisée notamment pour les projections Lambert (France)

La projection conique conforme, le système Lambert



LES PROJECTIONS CARTOGRAPHIQUES

Introduction : qu'est-ce que c'est une projection cartographique ?

Étant donné que la Terre est ronde (objet à trois dimensions) et qu'une carte se présente normalement en deux dimensions, il faut convertir des endroits qui se trouvent sur une surface courbe jusque sur une surface plane. Pour ce faire, il faudra une formule mathématique, il est nécessaire d'établir une correspondance convenable entre les points de l'ellipsoïde et ceux du plan. Ce système de correspondance s'appelle système de projection ou système de représentation plane.

Il s'agit de reporter un point A situé dans le réseau de coordonnées de l'ellipsoïde déterminée par ses coordonnées géographiques (L, M) et exprimé dans un système d'unités angulaires (degrés, grades), observé à partir d'un point O, en un point B situé sur les canevas ou sur le réseau de coordonnées du plan, déterminé par ses coordonnées rectangulaires (x,y) et exprimé dans un système d'unités de longueur dont l'unité standard est le mètre (Fig.1).

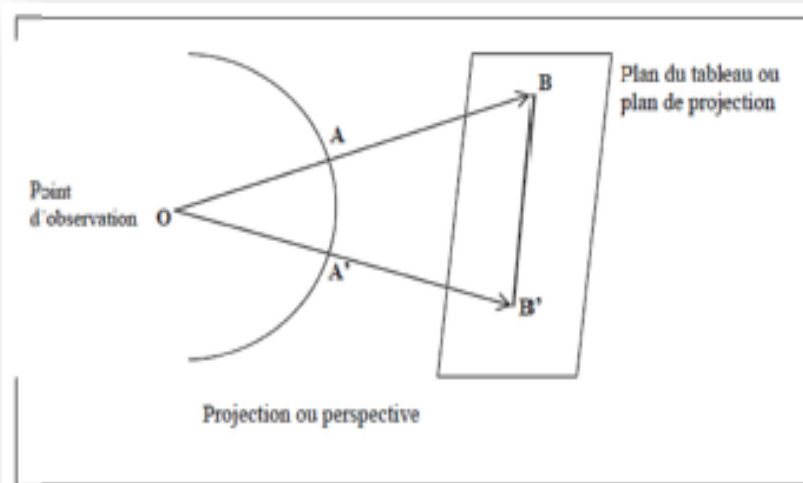


Fig.1 Principe de la projection cartographique

1. Les notions de base d'une projection

- **Surface de projection (S)** : on appelle surface de projection (S), la surface sur laquelle s'effectue la projection. Elle peut être un plan, un cylindre ou un cône (fig. 2).

- **Centre de projection (c)** : on appelle centre de projection (c), le point ou la ligne (parfois deux lignes) qui figurent sur le plan de la surface de projection avec l'ellipsoïde projeté.

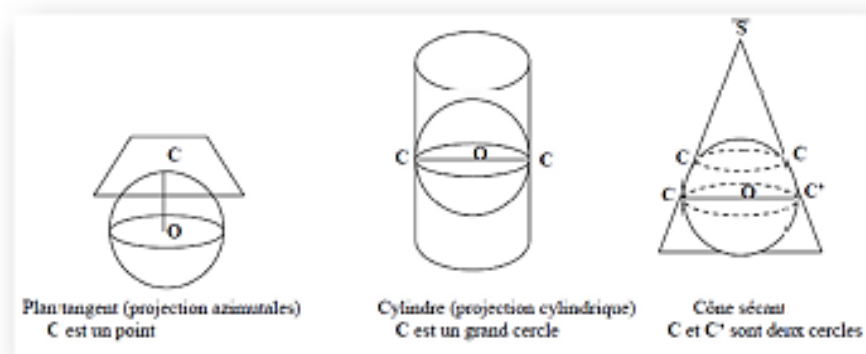


Fig.2 : Surface et centre de projection

L'opération de projection ne peut se faire sans difficultés. En effet, le fait de projeter une chose courbe sur un plan, entraîne des déformations. Aucune représentation en plan n'est donc conforme à la réalité. Elle engendre sur le plan deux types de déformations :

- celle des **longueurs**, qui entraîne une variation de l'échelle de la carte d'un point à un autre
- celle des **angles**, le passage de la sphère au plan entraînant une déformation des angles, des formes, des **surfaces** et des directions. Selon le système choisi, la projection permet de conserver une des propriétés de la surface projetée, mais c'est au détriment des autres. Ces altérations croissent avec l'étendue de la portion de la terre qu'il s'agit de représenter.

2. Classification des projections cartographiques

2.1. **En fonction de la nature des altérations**: selon les déformations qu'elles engendrent, on classe les projections en trois types

2.1.1. **Les projections conformes** : la Terre projetée sur un cône tangent ou sécant. Les *parallèles* (lignes de latitude), sont représentés par des arcs de cercles, et les *méridiens* (lignes de longitude), par des lignes droites, également espacées. Les projections conformes conservent les angles (et donc les formes). Les angles mesurés sur le terrain sont identiques aux angles mesurés sur la carte. L'altération des surfaces s'amplifie au fur et à mesure qu'on s'éloigne du centre de projection (Exemple : la projection conique, fig. 3).

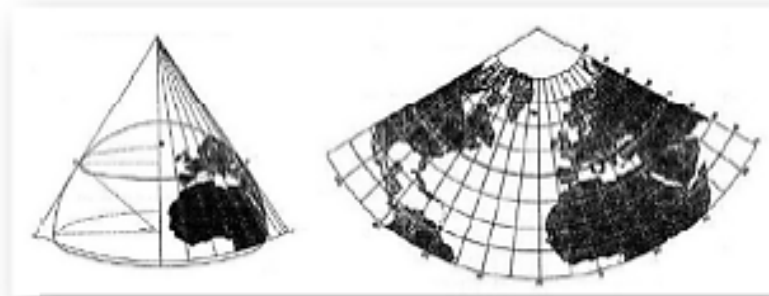


Fig. 3 : La projection conique (conique conforme de Lambert)

2.1.2. Les projections équivalentes : (qui ne déforment pas les surfaces) il s'agit d'une carte où l'aire de tout ce qui est cartographié se conforme à la réalité terrestre. Ce genre de carte produit des distorsions dans les formes et les angles. La distorsion s'aggrave en s'éloignant du point d'origine. Ex : projection d'Albers

2.1.3. Les projections aphyllactiques ou quelconques : ce nom à été donné au nombre infini de projections qui ne sont ni conformes ni équivalentes. Ex : les projections équidistantes pour lesquelles l'écartement des parallèles est constant et partout à l'échelle.

2.2 En fonction de la surface de projection utilisée :

2.2.1. Les projections azimutales : la forme de la surface de projection est un plan tangent à l'ellipsoïde à partir d'une vue (O) en un point (c) qui est le centre de projection.

- Si le plan est tangent au niveau du pôle, on est dans le cas d'une projection azimutale polaire. La déformation est nulle au point de contact entre le globe et le plan de projection.
- Si le point de vue O est au centre de la terre, la projection est dite gnomonique ou centrale.
- Si le point de vue O est à l'opposé du point de tangence du plan et de l'ellipsoïde, la projection est dite stéréographique.

2.2.1. Les projections coniques :

La surface de référence se présente sous forme d'un cône tangent ou sécant à l'ellipsoïde, selon un ou deux parallèles. Ce sont donc ces parallèles qui constituent les centres de projection (fig.2 et 3).

2.2.2. Les projections cylindriques : la surface de projection est un cylindre tangent ou sécant à l'ellipsoïde, selon un ou deux grands cercles. Ce sont alors ces cercles qui constituent les centres de projection (Fig.2).

3. Choix d'un système de projection convenable :

Le choix d'un système de projection convenable pour établir une carte est un choix difficile qui dépend de plusieurs variables:

- **Le but de la carte ou l'application :** lorsqu'on veut une carte à petite échelle pour couvrir une grande surface, il est préférable d'utiliser une carte à projection équivalente.

Ex : la projection cylindrique conforme directe de Mercator est utile pour la navigation maritime et aérienne.

Les projections planes sont utiles pour montrer « les routes par grands cercles » qui démontrent la distance la plus courte entre deux points sur le globe.

- **La forme de la zone à cartographier**

- **La position de la zone à cartographier sur l'ellipsoïde**

4. Les représentations planes en usage :

sont :

- La projection conique conforme directe de Lambert : elle sert de base à l'établissement des cartes topographique et les carte géologique. Pour éviter les altérations de distances, on a subdivisé le nœud en deux zones : pour chacune on a adopté un système bien déterminé :
- La représentation UTM (Universal Transverse Mercator) : la terre est divisée en soixante fuseaux de 6° d'amplitude et de 3 degré de longitude de part et d'autre du méridien central.