

# Géomatique

1-Introduction

# 1-1 définition

- Discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale et qui fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion.
- La géomatique fait appel principalement à des disciplines comme la topométrie, la cartographie, la géodésie, la photogrammétrie, la télédétection et l'informatique, les systèmes d'information géographiques (SIG)
- Le mot "géomatique" est issu de la contraction des termes "géo" et "informatique".

# 1-2 Domaines d'application

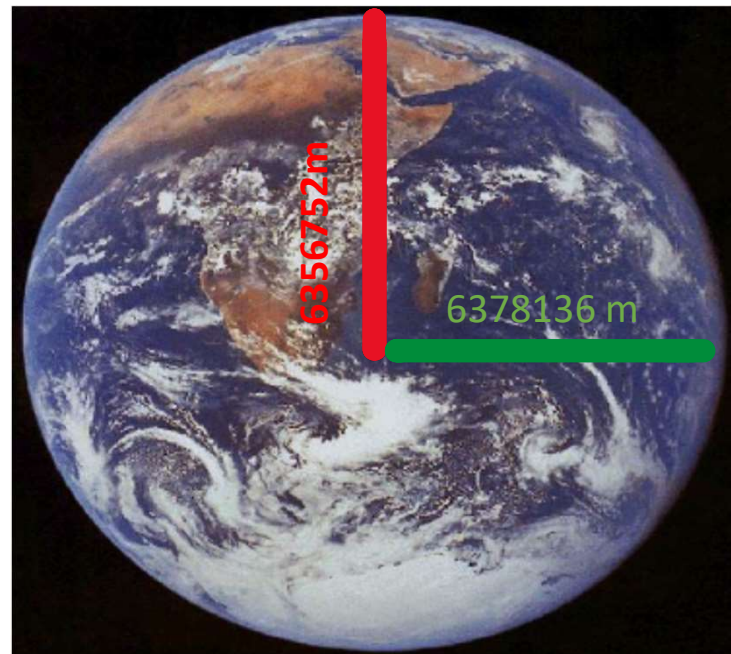
- Construction
- Aménagement
- Environnement
- Économie
- Géographie
- Transport
- Géomarketing

## 2 Géodésie

- Définition

- Etymologie: du grec ancien γῆ / *gê* « Terre » et δαίω / *daiô* « diviser ».
- La géodésie est l'étude (théorique) et la mesure (pratique) de la forme et des dimensions de la terre, et de son champ de pesanteur.

## 2-1 Dimensions de la Terre



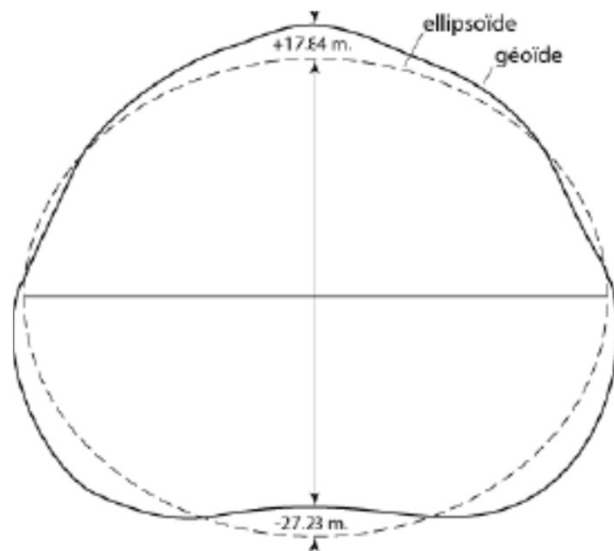
- Différence entre rayon équatorial et rayon polaire: 21384 m

# Unités

- Longueur: le mètre
- Angles:
  - Degré, minutes et secondes (système sexagésimal)
    - 1 mile marin = distance pour parcourir un arc terrestre d'une minute
  - Radian  $1 \text{ radian} = 180 / \pi$
  - Grade ou gon (gr)
    - $400 \text{ gon} = 360 \text{ degré}$
    - $1 \text{ gon} = 100 \text{ c}$  (minutes centésimales)
    - $1 \text{ c} = 100 \text{ cc}$  (secondes centésimales)
- Echelles

## 2-2 Représentation de la Terre

GRS80 adopté en 1980 par l'IUGG (Union géophysique et géodésique internationale)  $a=6378137$  et  $b=6356752,314$



- Représentation mathématique: La Terre peut être modélisée à l'aide d'une ellipsoïde, plusieurs modèles de référence

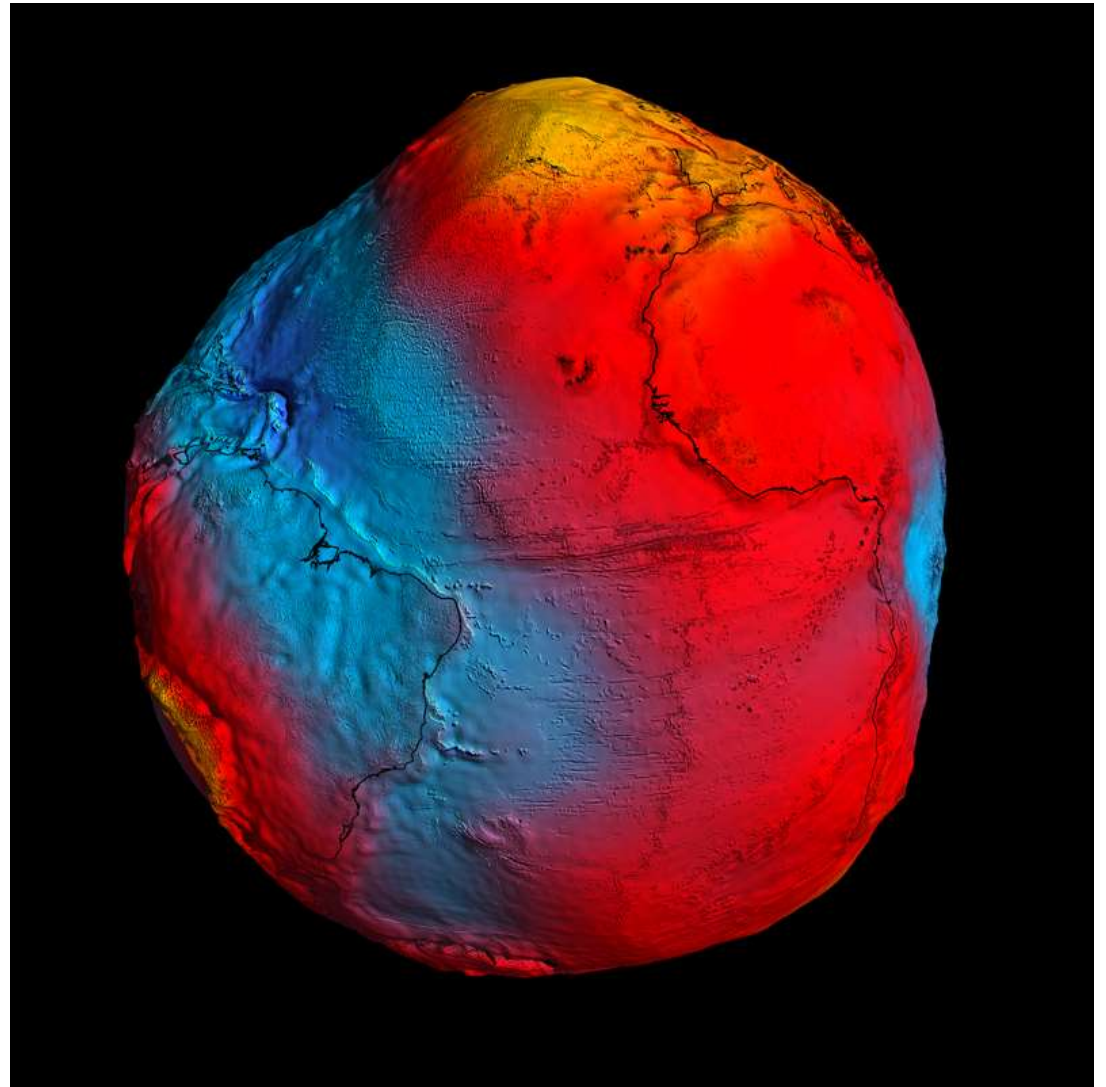
Exemple: un **ellipsoïde de révolution** dont le grand axe mesure 6377 km et le petit axe 6355 km et que l'on fait tourner autour de son petit axe.

- Représentation physique: Géoïde, c'est une surface équipotentielle de pesanteur, c'est-à-dire une surface où l'eau est en équilibre gravitationnel et n'a de raison de s'écouler dans un sens ou un autre. Le géoïde se prolonge sous les continents, définissant ainsi le niveau zéro des altitudes.

# Le géoïde

---

Le géoïde le plus précis à ce jour  
produit par le satellite GOCE

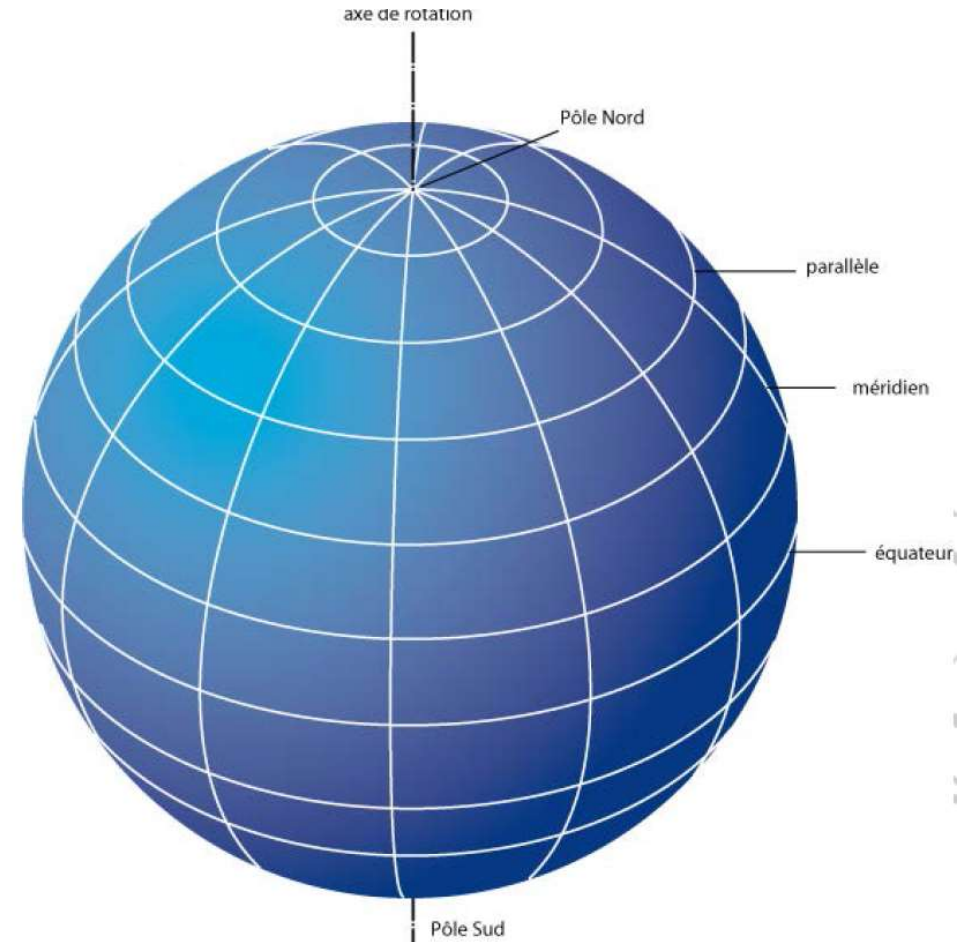


## 2-3 Système de coordonnées

- Il existe trois échelles de mesure pour localiser un élément dans l'espace:
  - nominale, par rapport au nom, par exemple une adresse
  - ordinale, où l'on situe l'élément par rapport à ceux environnants
  - cardinale, soit sa position dans un système de coordonnées composé d'axes orientés, d'une origine et d'une échelle de mesure.
- En géodésie et en topographie trois systèmes (cardinaux) de coordonnées sont utilisés
  - qui sont le système cartésien (deux axes dans le plan)
  - linéaire (le long d'un axe qui n'est pas nécessairement une droite, par exemple un axe de route)
  - et les coordonnées sphériques (système terrestre).

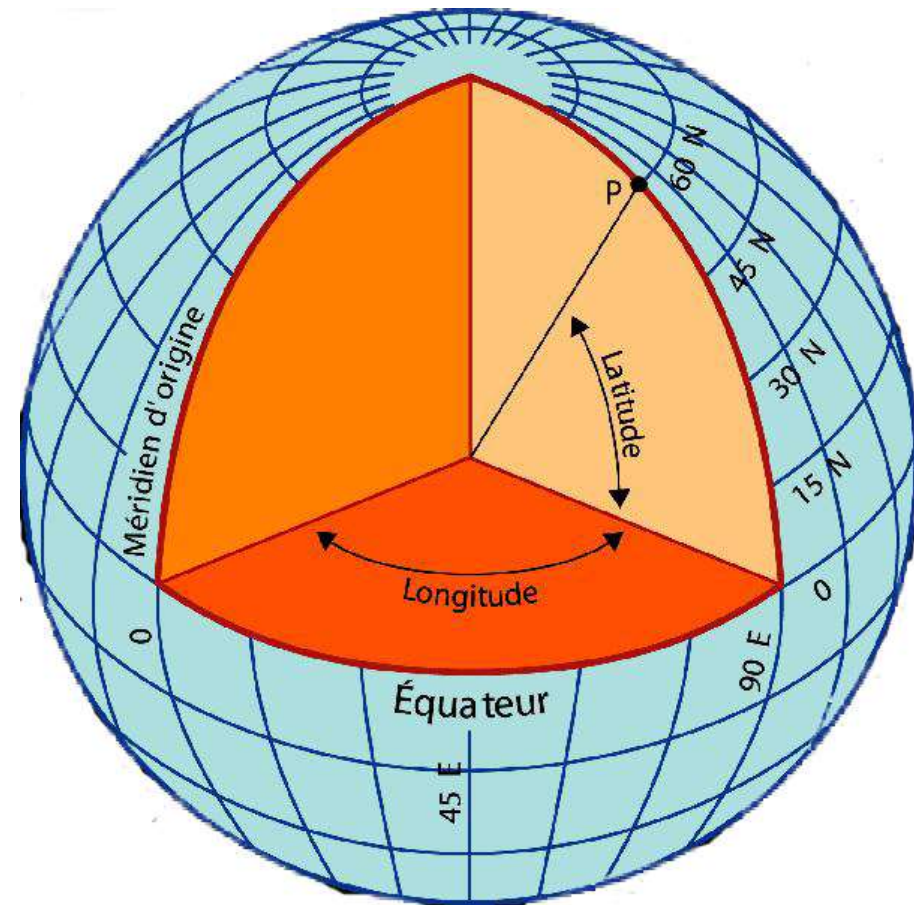
## 2-3 Système de coordonnées

- L'axe de rotation de la Terre coupe la surface en deux points: pôle nord et pôle sud
- Tout plan passant par l'axe des pôles coupe la surface de la Terre suivant une ligne appelée méridien terrestre
- Le plan perpendiculaire à l'axe des pôles et passant par le centre de gravité de la Terre coupe la surface terrestre suivant une ligne appelée l'équateur.
- Tout autre plan perpendiculaire à l'axe des pôles coupe la surface terrestre suivant une ligne appelée parallèle.



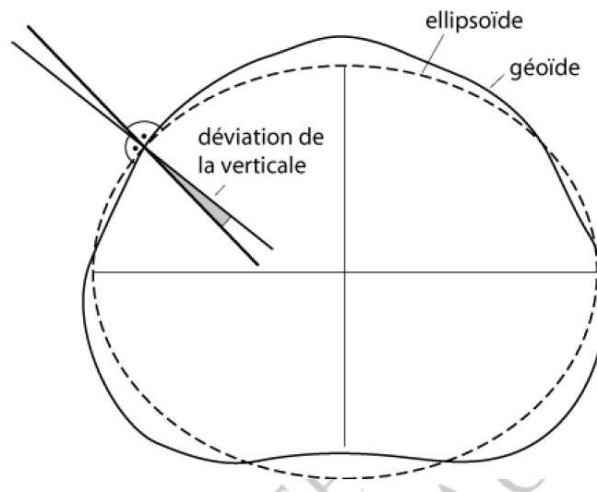
## 2-3 Systèmes de coordonnées

- La latitude  $\varphi$  d'un point de la surface de la Terre est l'angle que fait la normale à la surface en ce point avec le plan de l'équateur.
- Les latitudes se comptent à partir de l'équateur, de  $0^\circ$  à  $+90^\circ$  sur l'hémisphère nord, de  $0^\circ$  à  $-90^\circ$  sur l'hémisphère sud, on parle simplement de latitude Nord et de latitude Sud.
- La longitude  $\lambda$  d'un point de la surface de la Terre est l'angle dièdre que fait le plan méridien passant par ce point avec un plan méridien origine ; par convention internationale, ce dernier est celui passant par Greenwich (observatoire de Londres).
- Les longitudes sont comptées à partir de Greenwich de  $0^\circ$  à  $360^\circ$  vers l'Est, ou de  $0^\circ$  à  $+180^\circ$  vers l'Est et à  $-180^\circ$  vers l'Ouest. Souvent, on parle simplement de longitude Est et de longitude Ouest. Souvent aussi, les longitudes s'expriment en heures (découpage de la sphère en 24 fuseaux horaires)



## 2-3 Systèmes de coordonnées

---



- Selon que  $(\varphi, \lambda)$  exprime la position sur le géoïde, on parle de coordonnées astronomiques ; si c'est sur une ellipsoïde de référence, ce sont des coordonnées géodésiques. Les premières se réfèrent à la verticale du lieu, tandis que les secondes le font à la normale à la surface de référence en ce lieu. Les deux directions sont différentes l'une de l'autre et l'écart angulaire entre les deux est appelé déviation de la verticale. Celle-ci dépend du choix de l'ellipsoïde et de sa position par rapport au géoïde.

## 2-4 Systèmes de référence

- Datum géodésique= un ellipsoïde choisi et sa position par rapport au géoïde.
- Système de référence terrestre ou géodésique= un datum + un système de coordonnées cartésiennes géocentriques.

## 2-4-1 le système de référence géodésique WGS84

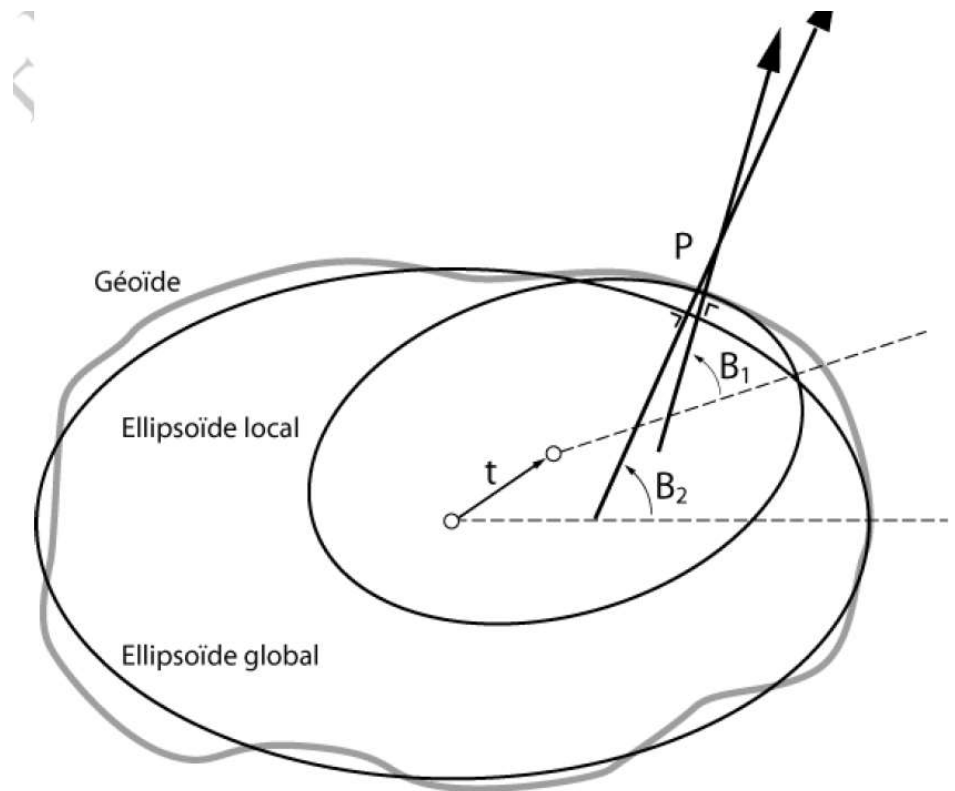
WGS84 (World Geodetic System) définit un système global de coordonnées cartésiennes géocentriques tridimensionnelles (X, Y, Z) dont:

- L'origine est le centre de gravité de la Terre.
- L'axe Oz passe par le pôle nord (CIO: Conventional international Origin)
- l'axe Ox est l'intersection du plan normal à Oz et contenant l'origine avec le plan méridien de Greenwich
- l'axe Oy définit un trièdre direct.
- L'ellipsoïde de référence est le GRS80

Ce système est utilisé par le système de localisation GPS

## 2-4-2 Systèmes de références locaux

- Avant que les techniques spatiales ne permettent de définir un ellipsoïde global, on a construit les cartes sur des surfaces de référence locales. De manière générale, chaque pays a défini la sienne.
- Pour définir un système de référence local :
  - Il faut définir d'abord les dimensions de l'ellipsoïde de référence
  - Il faut le déplacer et l'orienter pour l'adapter afin qu'il adhère au mieux à la portion de la Terre à représenter, généralement on choisit un point fondamental dont es coordonnées géographiques (latitude et longitude) sont assimilées à ses coordonnées astronomiques. Ceci revient à fixer la déviation de la verticale à zéro pour ce point : la normale à l'ellipsoïde (mathématique) et la verticale (physique) sont confondues.

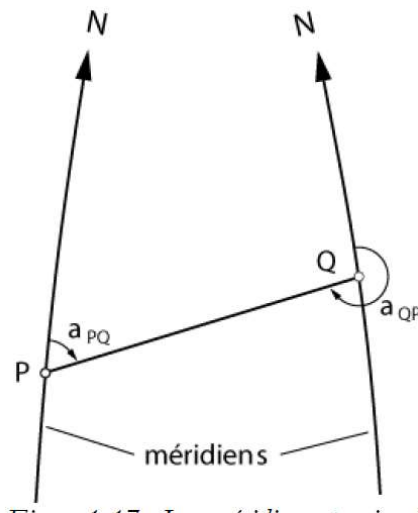


# Exemple: le système de référence horizontal au maroc

- Le réseau géodésique horizontal date de 1924, et il est fondé sur le datum Géodésique suivant:
  - Ellipsoïde de référence: Clarke 1880 dont les paramètres sont les suivants :
    - Demi grand axe  $a=6378249,145$  m
    - Demi petit axe  $b= 6356514,869$ m
    - Aplatissement  $f=1/293,465$
- Point fondamental : Merchich ( près de Casablanca) ayant pour coordonnées :
  - $\phi = 37^{\circ} 16' 65''$
  - $\lambda = 8^{\circ} 39' 13''$
  - $h = 243$ M42

## 2-5 Azimut et azimut magnétique

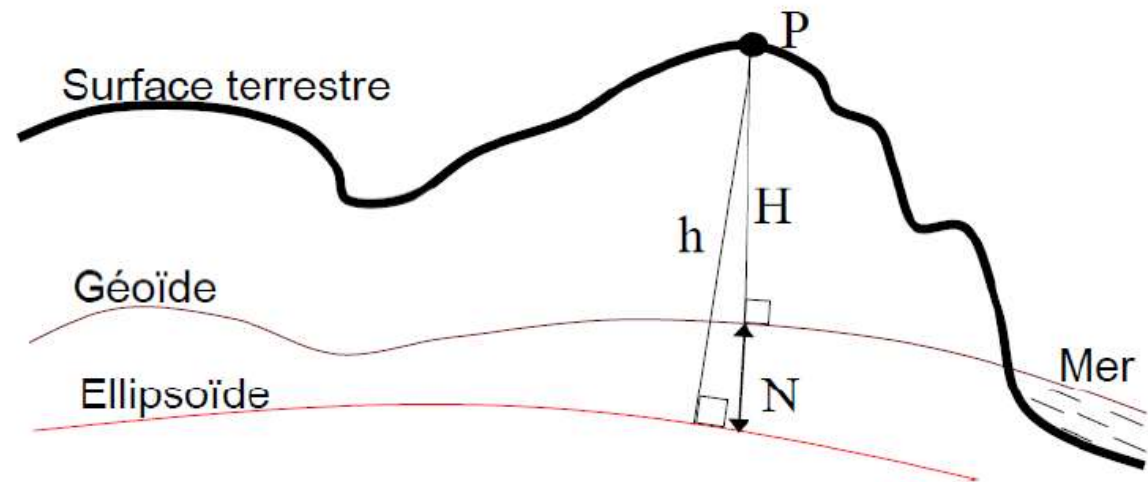
---



- L'azimut  $a_{PQ}$  d'un côté PQ situé sur la surface de référence terrestre est l'angle que font entre elles, au point P, les tangentes à l'arc PQ et au méridien. Cet angle est situé dans le plan tangent à la surface en P (plan horizontal) ; par conséquent l'azimut est un angle horizontal.
- L'azimut magnétique  $a_m$  d'une direction est l'angle qu'elle fait avec la direction du Nord magnétique.
- La déclinaison magnétique  $\delta_m$  est l'angle compris entre la direction du Nord géographique (direction nord du méridien) et celle du Nord magnétique.

## 2-6 les systèmes d'altitude

- L'altitude ellipsoïdique  $h$  est la distance, selon la normale, entre un repère A et l'ellipsoïde de référence. Pour passer de l'altitude ellipsoïdique  $h$  à l'altitude usuelle  $H$  selon le nivellement, il est nécessaire de connaître l'ondulation ou la cote du géoïde  $N$ .
- En première approximation :  $h = H + N$



# 3- les systèmes de projection

## 3-1 Introduction

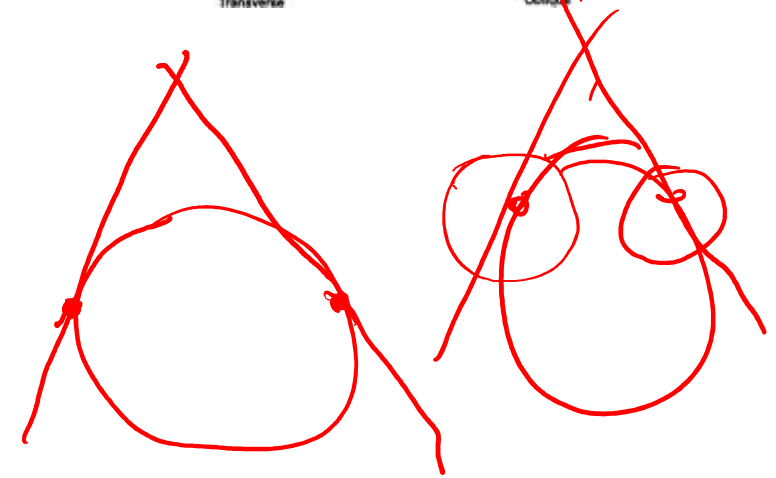
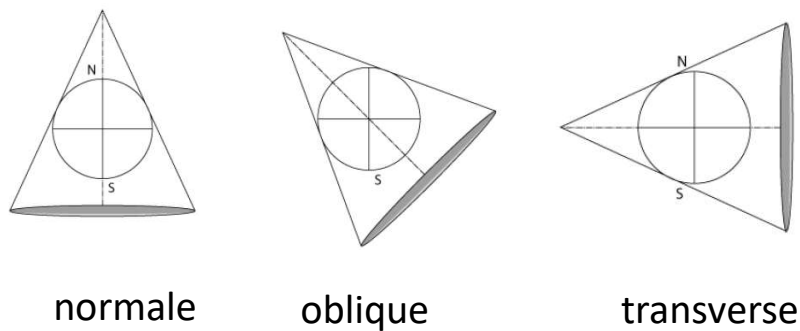
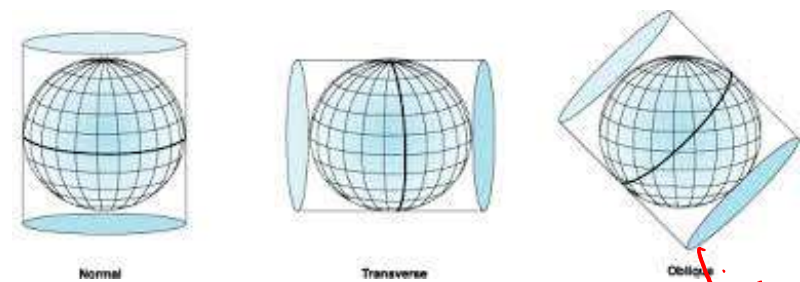
- Les cartes géographiques et topographiques sont des représentations planes de la surface de la Terre. Pour les obtenir il faut utiliser des projections.
- Sur la surface de référence terrestre, on a le système de coordonnées géographiques  $(\lambda, \phi)$ , tandis que dans le plan on définit un système de coordonnées cartésiennes  $(X, Y)$ ,
  - $X = f(\lambda, \phi)$  ,  $Y = g(\lambda, \phi)$
- La projection peut engendrer 3 types de déformations:
  - Déformation linéaire
  - Déformation angulaire
  - Déformation de surface
- Il est impossible de trouver une projection qui ne provoque aucune déformation

# 3-2 Types de projections

Projections planes ou azimutales

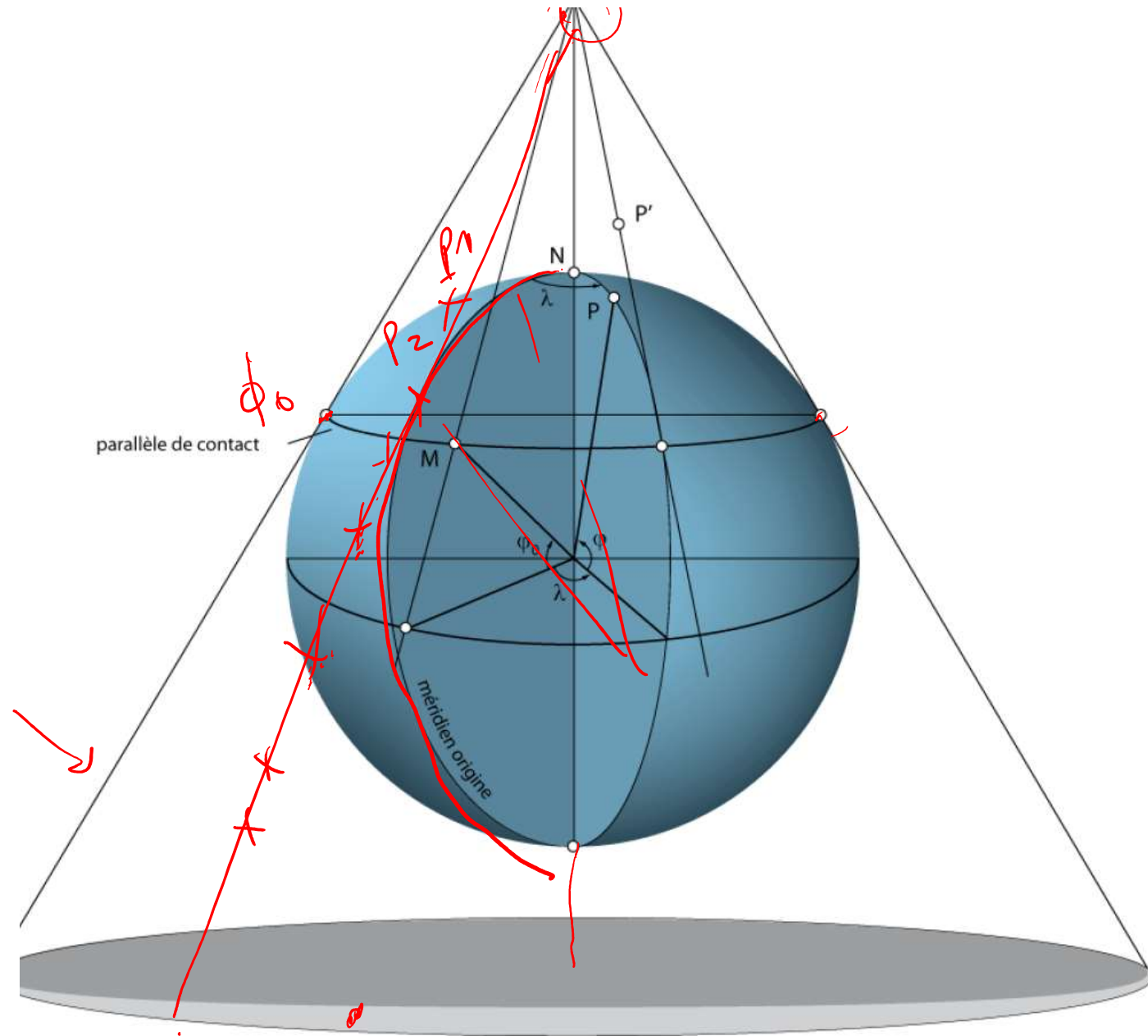


Projections cylindriques



# 3-2-1 projection conique

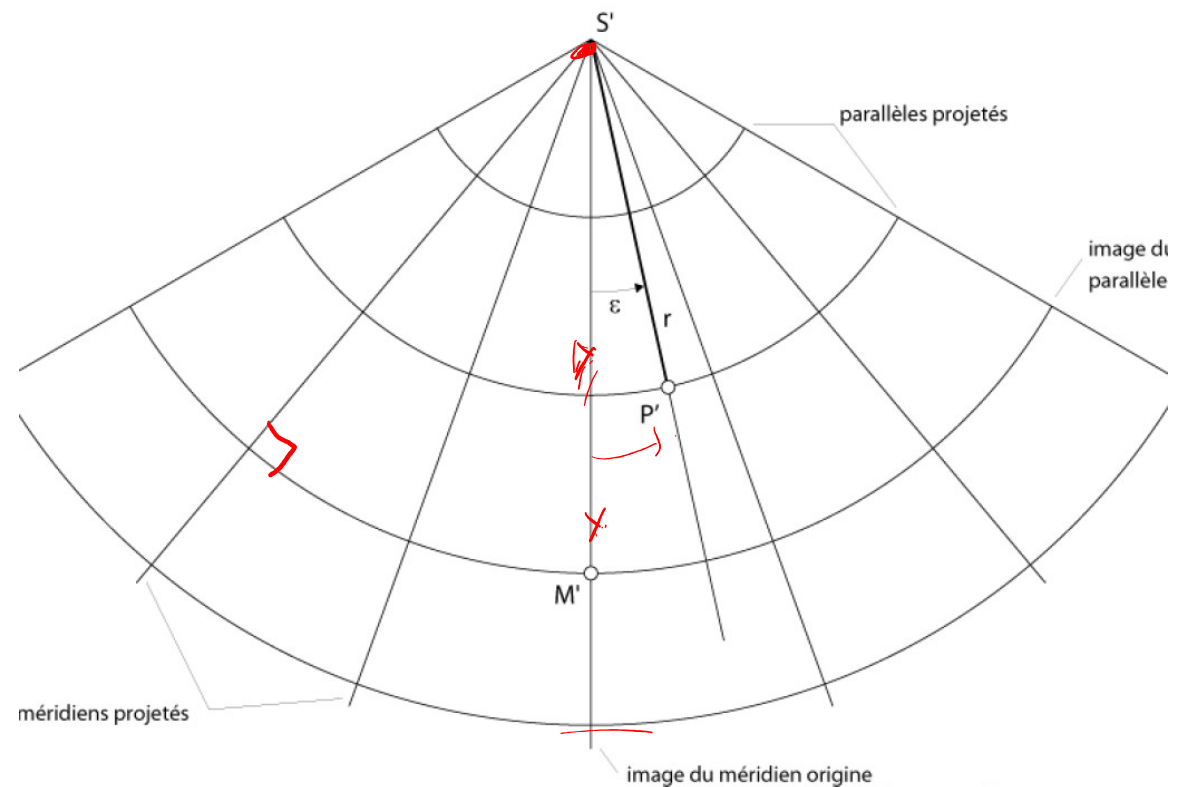
- L'axe de révolution du cône est confondu avec l'axe polaire
- Le cône est tangent à la sphère selon un parallèle de contact de latitude  $\phi_0$
- Caractéristiques
  - Un méridien de la sphère se projette selon la génératrice qui lui est tangente.
  - Sur la génératrice du cône la position d'un point est fonction de la latitude uniquement.



# Développement du cône

Lorsque l'on développe le cône, l'image de la sphère est un secteur circulaire sur lequel :

- les méridiens projetés forment un faisceau de droites issues de l'image du sommet du cône.
- les parallèles projetés sont des cercles concentriques dont le centre est l'image du sommet du cône
- Les méridiens et les parallèles sont orthogonaux sur la sphère et en projection ; ce sont les directions principales des projections coniques.



# Exemple: projection conique conforme de Lambert

- Système de projection adopté au Maroc et en France, un cône est tangent à l'ellipsoïde le long d'un parallèle.
- Pour la France:
  - Le méridien origine, devenant l'axe des y, est celui de l'observatoire de Paris.
  - L'axe des x est, pour chaque zone, la tangente à la projection d'un parallèle central, au point situé sur le méridien origine :
    - Zone Nord : Lambert I,  $\varphi = 55$  gon N, parallèle central
    - Zone Centre : Lambert II,  $\varphi = 52$  gon N, parallèle central
    - Zone Sud : Lambert III,  $\varphi = 49$  gon N, parallèle central
    - Zone Corse : Lambert IV,  $\varphi = 46,85$  gon N, parallèle central
  - les déformations linéaires sont normalement comprises entre -12 cm/km et +16 cm/km, avec maximums +26 cm/km à l'extrême Nord et +36 cm/km à l'extrême Sud du pays.
  - la France a également défini un nouveau système de projection unique et qui couvre l'ensemble du territoire, le système Lambert-93. Bien que les déformations soient importantes au Nord et au Sud de la France, ce système unique facilite les opérations de transformations de coordonnées et permet de travailler avec un seul système pour des données numériques stockées dans une infrastructure nationale de géodonnées.

## 3-2-2 Projections azimutales

- On projette la sphère sur un plan tangent ; dans le cas d'une projection azimutale normale, ce plan est tangent à la sphère à l'un des pôles.
- Les méridiens se projettent selon des droites concourantes et les parallèles selon des cercles concentriques fermés.
- Exemples

# Exemple

On peut citer trois cas particuliers de projections azimutales : la projection gnomonique, la projection stéréographique et la projection orthographique. Il s'agit de projections perspectives, dont le centre de projection est situé sur l'axe de rotation de la Terre.

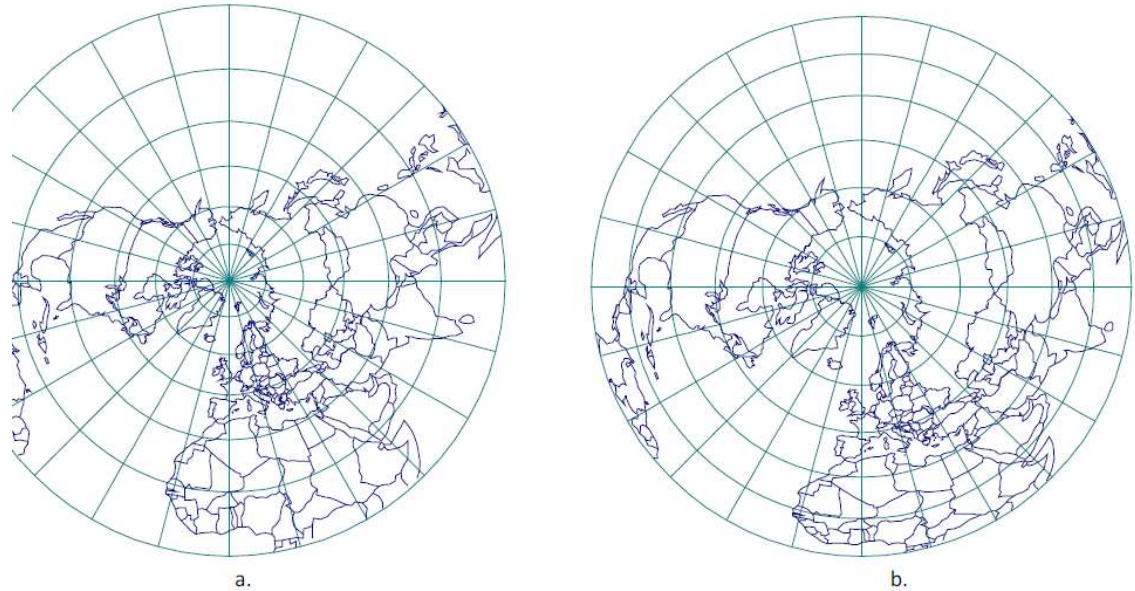


Figure 7.1 Projection stéréographique (a) et projection azimutale équivalente de Lambert (b)

## 3-2-3 projections cylindriques

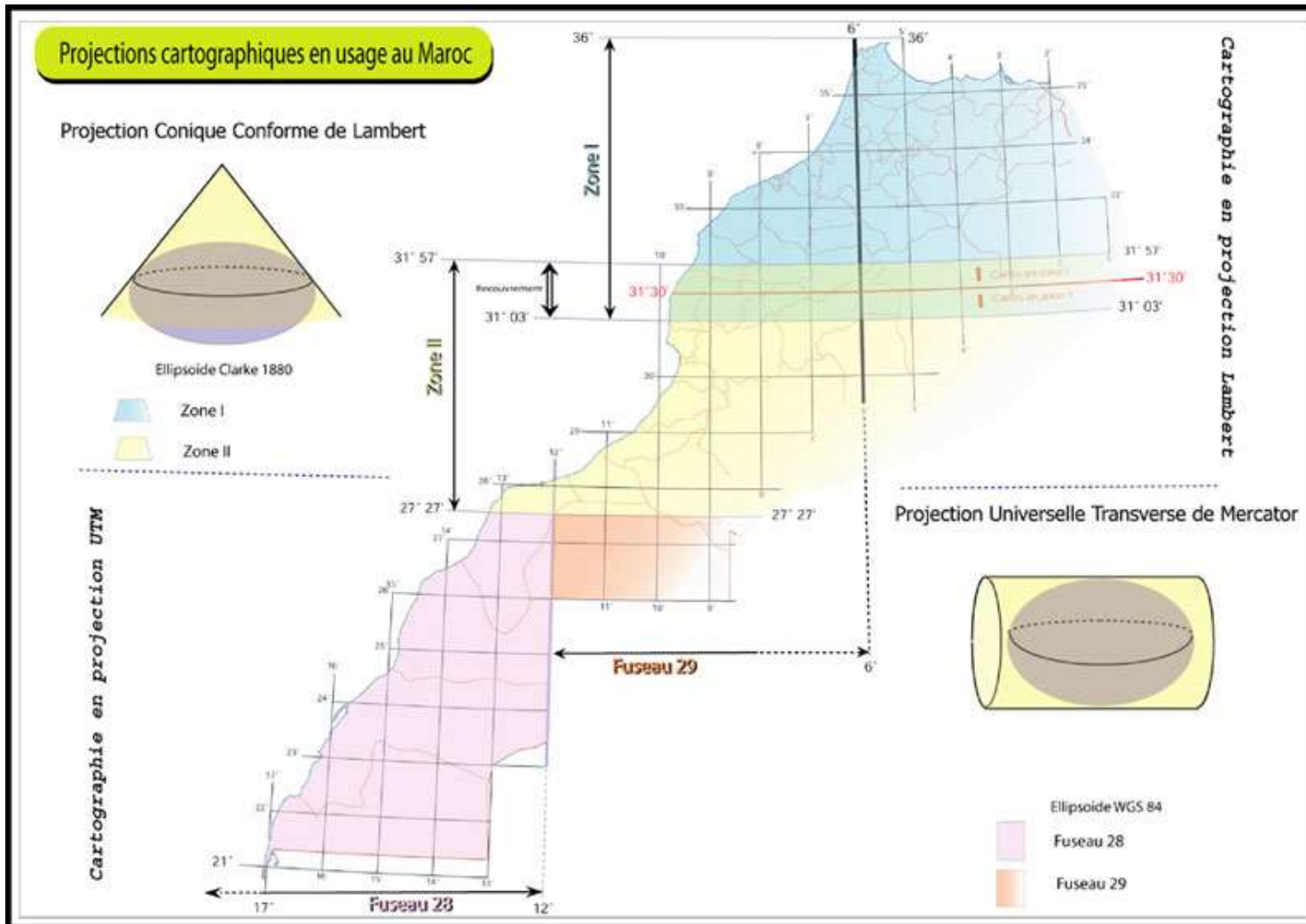
On projette la sphère sur un cylindre tangent que l'on développe pour obtenir le plan:

- projection cylindrique normale : l'axe du cylindre coïncide avec l'axe de rotation de la Terre et le cylindre est tangent à la sphère terrestre le long de l'équateur (exemple : projection de Mercator).
- projection cylindrique transversale : l'axe du cylindre est dans le plan de l'équateur et le cylindre tangent à la sphère terrestre le long d'un méridien (exemple : projection UTM).
- projection cylindrique oblique : l'axe du cylindre est oblique par rapport à l'axe de rotation de la Terre et le cylindre tangent à la sphère le long d'un grand cercle quelconque (exemple : la projection suisse).

# Exemple: projection UTM (Universal Transverse Mercator)

- La projection UTM est associée au système géodésique Europe DATUM 50 qui couvre le monde entier et est constituée de 60 fuseaux de 6 degrés d'amplitude en longitude.
- Le cylindre est tangent

# Projection cartographique au Maroc



- Le réseau géodésique planimétrique classique est constitué de plus de 19 000 points géodésiques de triangulation. Ces points sont connus dans le système Merchich et quelques systèmes locaux. La projection en usage est la projection conique conforme de Lambert en 4 zones et la projection universelle UTM.
- Le Réseau Fondamental Marocain (RFM) est un réseau précis, homogène, basé sur les techniques spatiales et rattaché au système international ITRF05 (époque 2005.0). Il est composé de plus de 8 450 points couvrant tout le territoire national. La projection utilisée pour ce nouveau référentiel est la projection conique conforme de Lambert en 4 zones.

# SIG

Systemes d'information géographiques

# définition

Un SIG (Système d'Information Géographique) est un système des information permettant de gérer les information localisées géographiquement.

- Organisation des données spatiales

les données spatiales sont organisées par couche pour caractériser et décrire le territoire représenté. Par exemple les couches peuvent représenter des bâtiments, réseaux hydrauliques, parcelles agricoles...

- Format des données:

- Format Raster: les données forment une image constituée de pixels, dont la source peut être une image satellite, une photographie aérienne, une image scannée à partir d'une carte, ou des données continues représentant des phénomènes tels que la température ou l'altitude.
- Format vecteur: les données de type vecteur sont définies par des coordonnées, il existe trois types: point, ligne, polygone.

- Il existe deux composantes dans les données d'un SIG:

- Composante spatiale: localisation et structure de l'objet représenté
- Composante attributaire: correspond aux données qui sont associées à un objet.
- Composante de style: type de trait, couleur... pour afficher l'objet
- Composante méta données: informations sur les données: date acquisition...

Organisation des données géographiques en couches

Composante attributaire

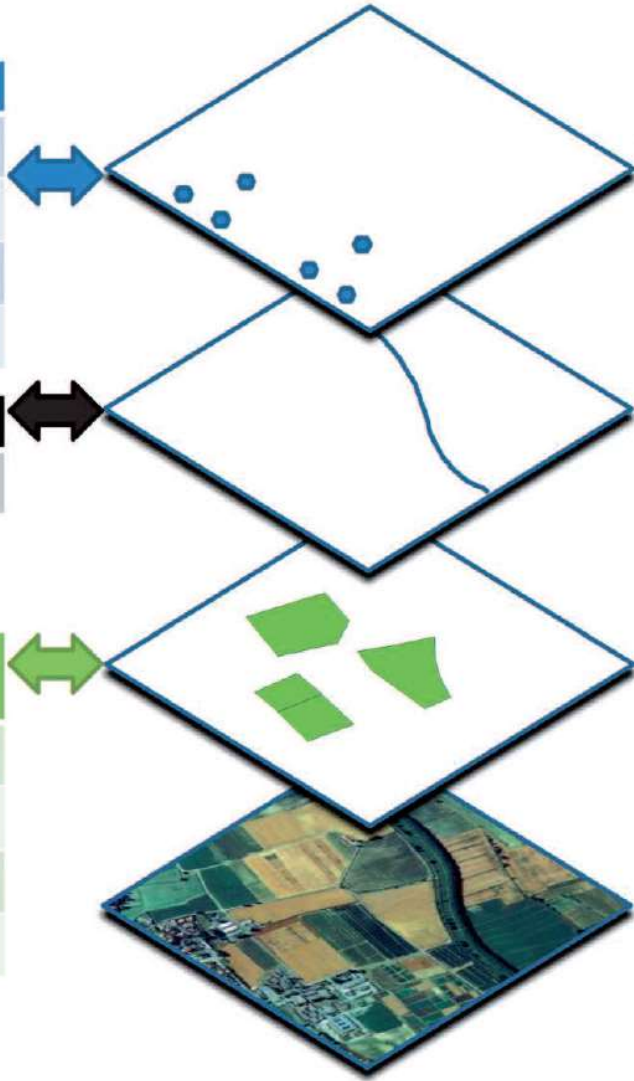
Une table attributaire décrivant chaque couche au format vecteur

N° Point	Adresse	Nom
1		
2		
3		
4		

N° Ligne	Nom	Longueur
1		

N° Polygone	Type culture	Surface
1		
2		
3		
4		

Composante graphique



Couche au format vecteur en mode point pour le thème « Bâtiments »

Couche au format vecteur en mode ligne pour le thème « Réseau hydrographique »

Couche au format vecteur en mode polygone pour le thème « Parcelles »

Référentiel cartographique: fond de référence BD ORTHO® de l'IGN

# La cartographie

# 1-1 Définition

La carte est une représentation géométrique conventionnelle, généralement plane, en positions relatives, de phénomènes concrets ou abstraits, localisables dans l'espace.

# Structure d'une carte

Une carte doit au moins comporter les éléments suivants:

le titre

la carte : met en évidence la localisation des données et leurs mises en forme

la légende : permet de faire la correspondance entre les données de la carte et leur signification

l'échelle (graphique)