

# Les Systèmes d'Information Géographique

Enguerran Grandchamp

# Plan

- ▶ Qu'est-ce qu'un SIG ?
    - Notion de SI
  - ▶ Modélisation de la Terre : géodésie
  - ▶ Projection
  - ▶ Système géodésique
- 

# Définitions

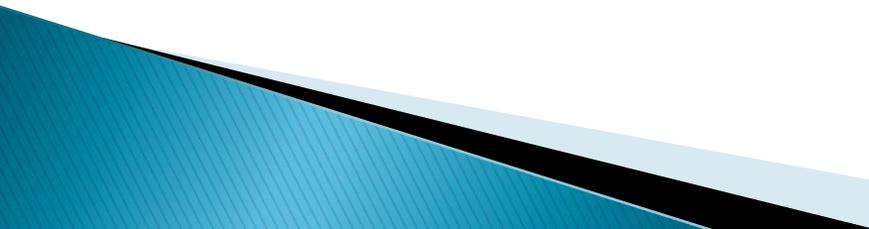
- ▶ SIG : System d'Information Géographique
- ▶ GIS : Geographic Information System
- ▶ Cartographie : ensemble d'opération visant à élaborer, gérer et éditer des cartes

# Utilité

- ▶ Représenter et manipuler des données Géo-référencées



# Notion de Système d'Information

- ▶ Système permettant de structurer, stocker et donner accès à de l'information
  - ▶ SGBD : Système de Gestion de Bases de Données
  - ▶ Les données sont numérisées
  - ▶ Langage associé : SQL
- 

# Structure

- ▶ Une base de données est structurée en tables
- ▶ Une table contient plusieurs champs et plusieurs enregistrements

Num	Nom	Prénom	Adresse	Tel	Date naissance	Numéro de sécu	...
1	Duhamel	Elodie	14 rue ...	0690...	01/03/ 2001	2.....	...
2	Sylvestre	Daniel	1 place ...	0590...	25/12/ 1989	1.....	...
3	Popotte	Stecy	25 rue ...	0596...	12/01/ 1975	2.....	...
4	Galbas	Antoine	145 avenue ...	0696...	01/06/ 1987	1.....	...

Personne	Véhicule
1	2
1	3
2	1
2	4
3	5

Num	Marque	Model	Immatriculation	Couleur	...
1	Renault	Megane	125 AX	Blanche	...
2	Peugeot	308	456 CD	Noire	...
3	Audi	A4	456 AZ	Rouge	...

# SIG

- ▶ On couple un SI avec de l'information de positionnement géographique.
- ▶ SIG = ensemble de données numériques localisées géographiquement
- ▶ Avec un SIG on peut
  - Créer et modifier de l'information
  - Interroger l'information (de manière plus ou moins complexe)
  - Visualiser et représenter l'information dans l'espace

# Les applications

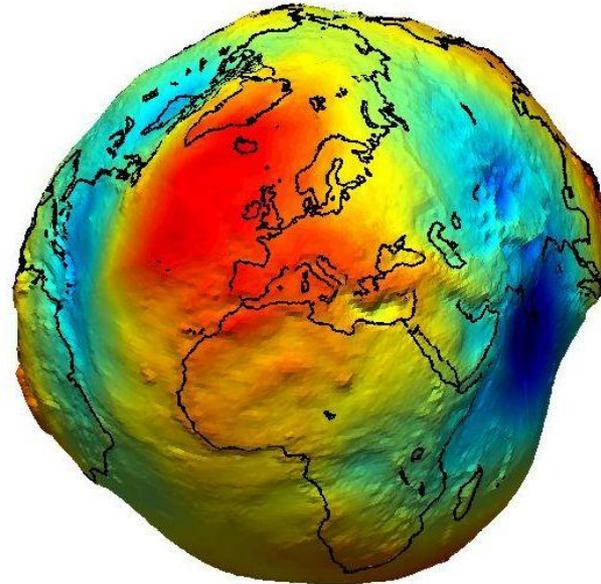
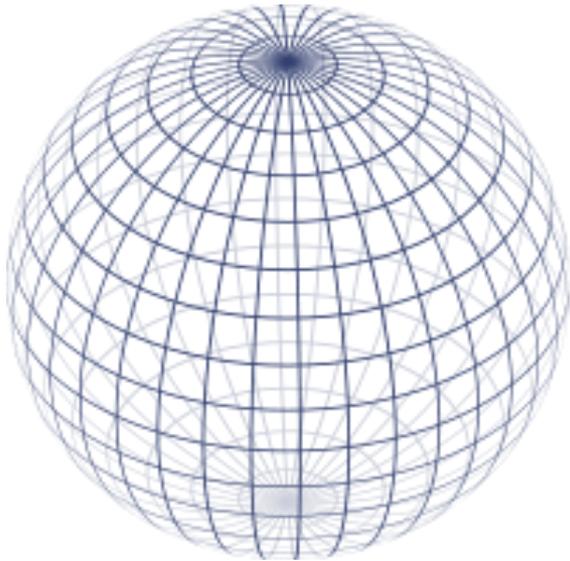
- ▶ Géostatistiques
  - ▶ Cartes en lignes (Google Earth, GéoPortail)
  - ▶ Calcul d'itinéraires (Mappy)
  - ▶ Cartes nomades (couplées avec un système de positionnement type GPS)
  - ▶ Cartographie
  - ▶ Télédétection
  - ▶ Photo interprétation
- 

# Problèmes posés

- ▶ Repérer une donnée dans l'espace
  - Modéliser la surface Terrestre
  - Définir un référentiel
- ▶ Visualiser une donnée dans l'espace
  - Représentation 3D ou 2D (projection)

# Modélisation de la Terre

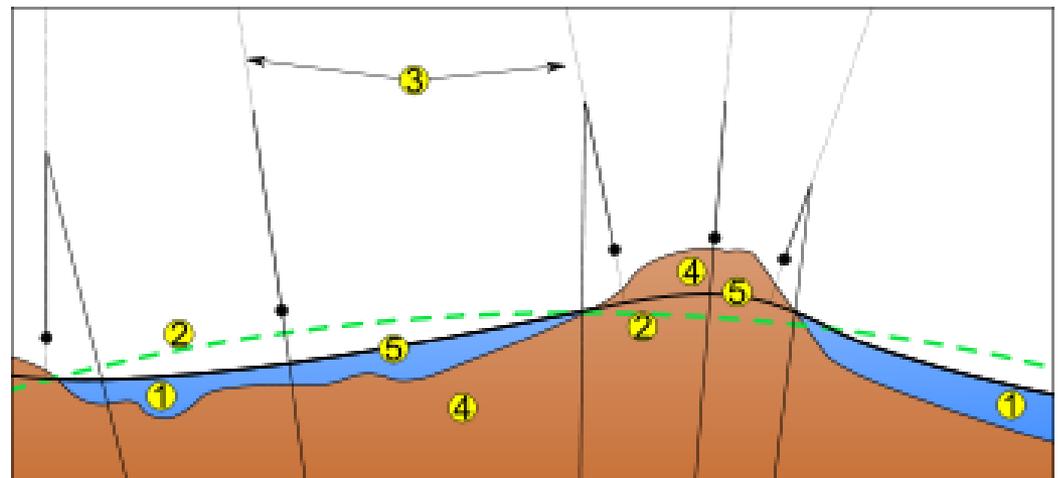
- ▶ La terre n'est pas une sphère parfaite (patatoïde)



# Géoïde

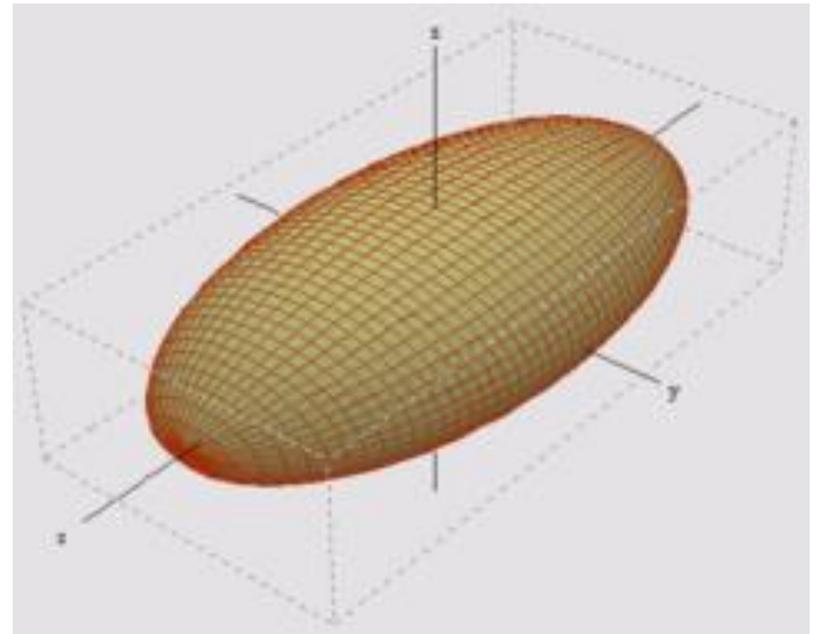
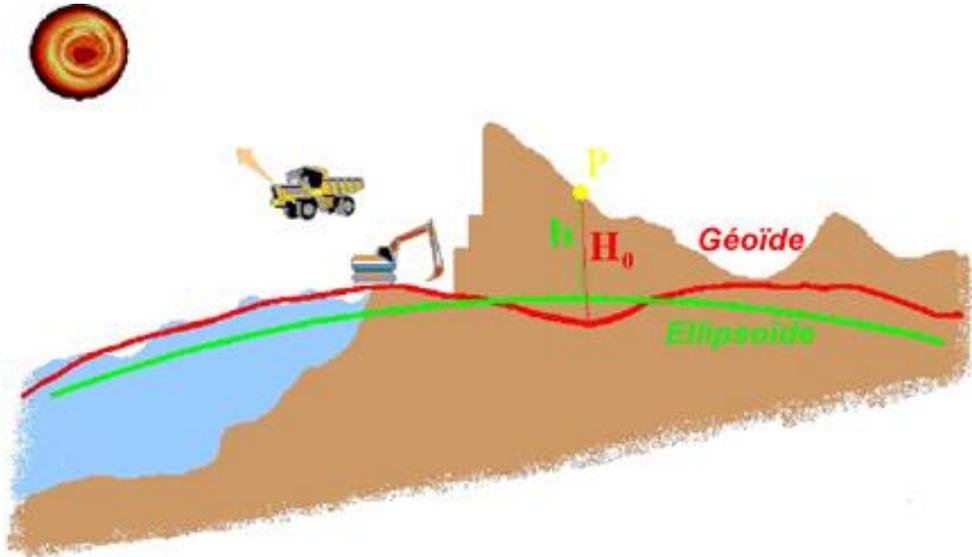
- ▶ représentation de la surface terrestre plus précise que l'approximation sphérique ou ellipsoïdale
- ▶ [www.linternaute.com/video/341/geoide-de-la-terre/](http://www.linternaute.com/video/341/geoide-de-la-terre/)
- ▶ Correspond à une ligne équipotentielle du champ de gravité terrestre qui coïncide avec le NMM
- ▶ Défini de manière à coller au plus près à la « surface réelle ».

- ▶ 2 : ellipsoïde
- ▶ 5 : géoïde

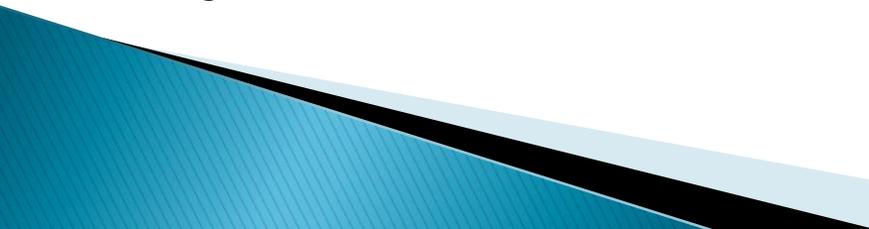


# Ellipsoïde

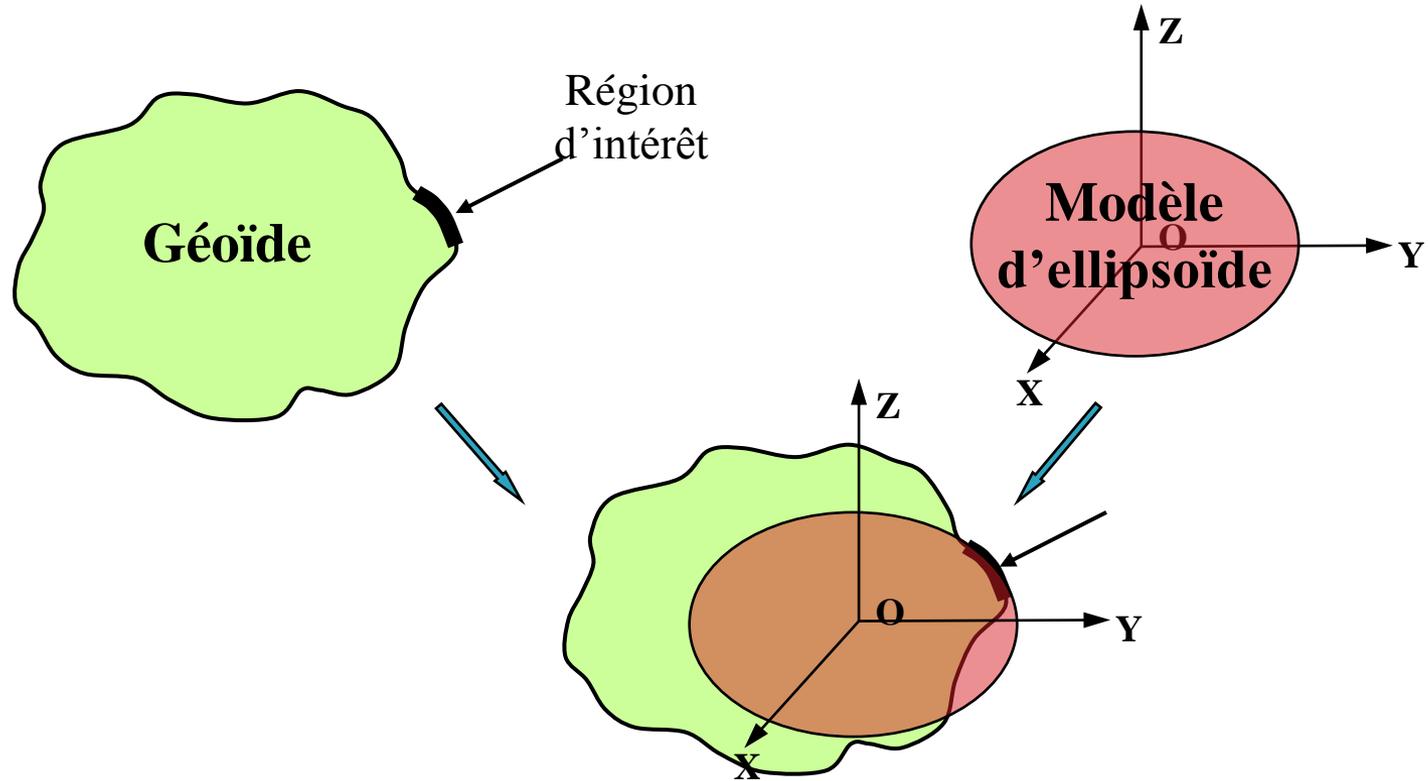
- ▶ On approche localement le géoïde par un ellipsoïde de révolution



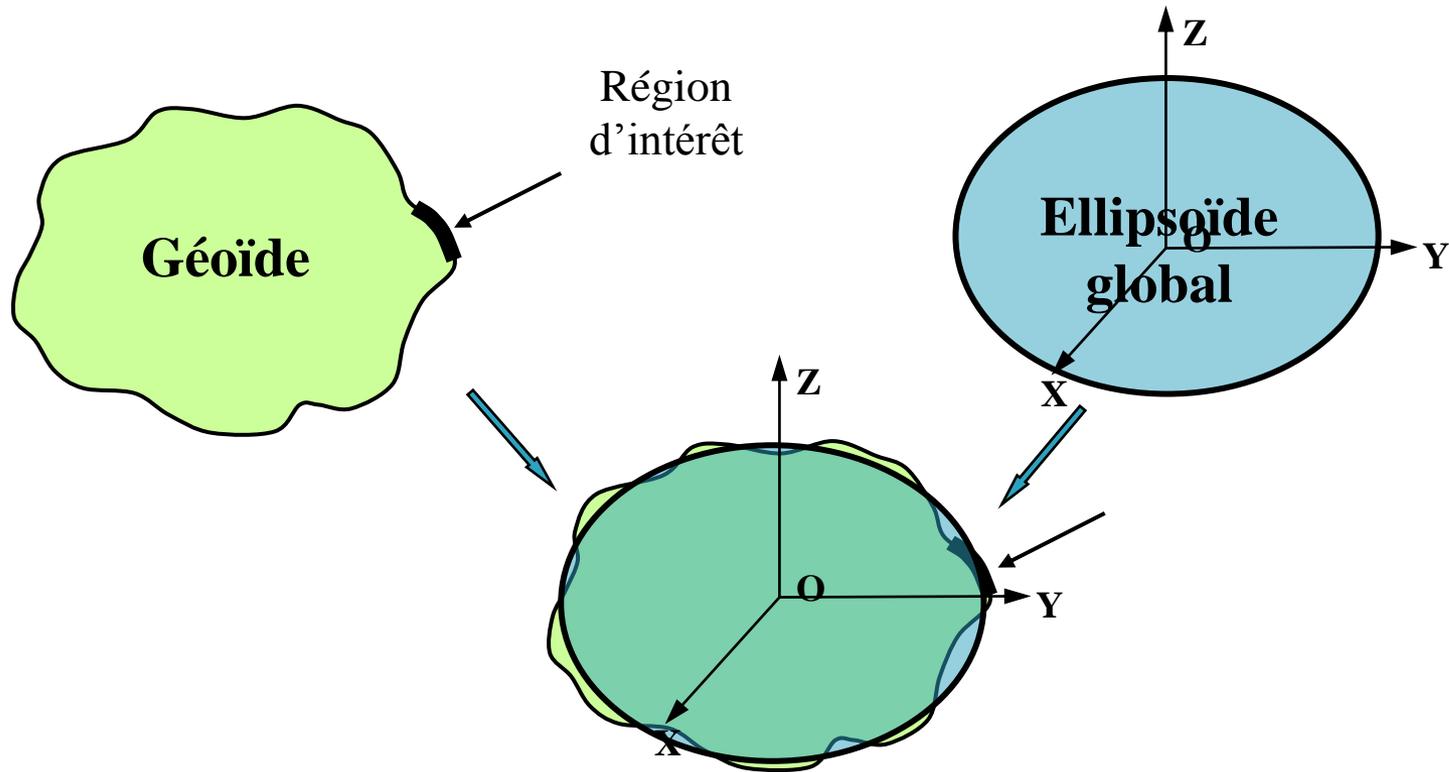
# Référentiel géodésique

- ▶ Datum
  - ▶ Repère orthogonal 3D
    - défini par un certain nombre de paramètres,
    - établi à partir de points de référence mesurés sur le terrain.
  - ▶ Il existe des dizaines de référentiels géodésiques (WGS 1984, Clarke 1880, Bessel 1841, etc.).
  - ▶ L'objectif est d'adapter au mieux l'ellipsoïde à la surface terrestre réelle.
  - ▶ Il existe des référentiels géodésiques adaptés aux échelles globale, continentale, nationale.
- 

# Ellipsoïde local



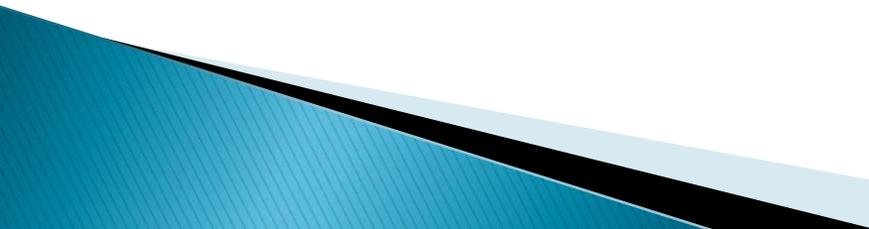
# Ellipsoïde global



# Principaux ellipsoïdes

- ▶ Clarke 1866
- ▶ Clarke 1880 anglais
- ▶ Clarke 1880 IGN
- ▶ Bessel
- ▶ Airy
- ▶ Hayford 1909
- ▶ International 1924
- ▶ WGS 66
- ▶ International 1967
- ▶ WGS 72
- ▶ IAG-GRS80
- ▶ **WGS 84** (*World Geodesic System*)
- ▶ NAD27
- ▶ NAD83

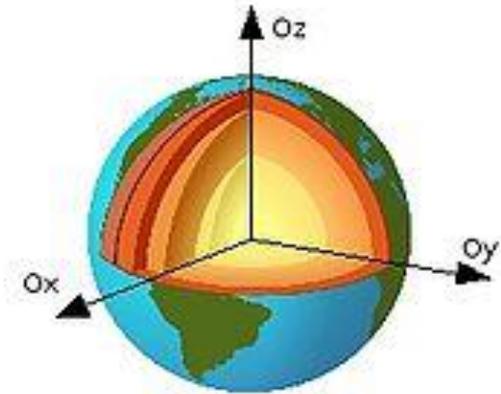
# Notion de coordonnées

- ▶ Référencement : nécessité de repérer l'information
  - ▶ Il faut définir un système de coordonnées
  - ▶ Coordonnées géocentriques
    - basées sur un système géodésique
  - ▶ Coordonnées géographiques
    - basées sur un système géodésique associé à un ellipsoïde
  - ▶ Coordonnées planes
    - projection de l'ellipsoïde vers un plan
- 

# Coordonnées

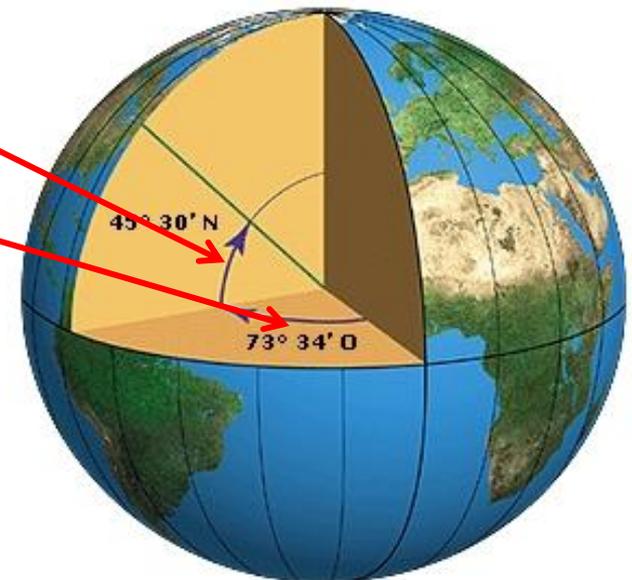
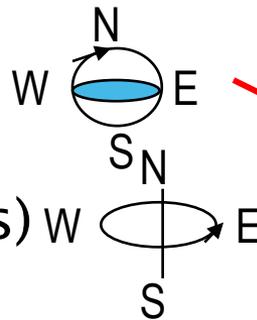
## ▶ Géocentriques

- Coordonnées cartésiennes (X, Y, Z)
- Centre : centre de la terre
- Axes
  - 2 orthogonaux dans le plan de l'équateur dont un passant par le méridien de Greenwich.
  - L'axe de rotation de la Terre



## ▶ Géographiques

- Latitude (parallèle)
  - $\varphi$  :  $90^\circ\text{S}$  -  $0^\circ$  -  $90^\circ\text{N}$
- Longitude (méridiens)
  - $\lambda$  :  $180^\circ\text{O}$  -  $0^\circ$  -  $180^\circ\text{E}$
- Altitude (h en m) par rapport au Niveau Moyen de la Mer (NMM)



# Coordonnées

## ▶ Planes

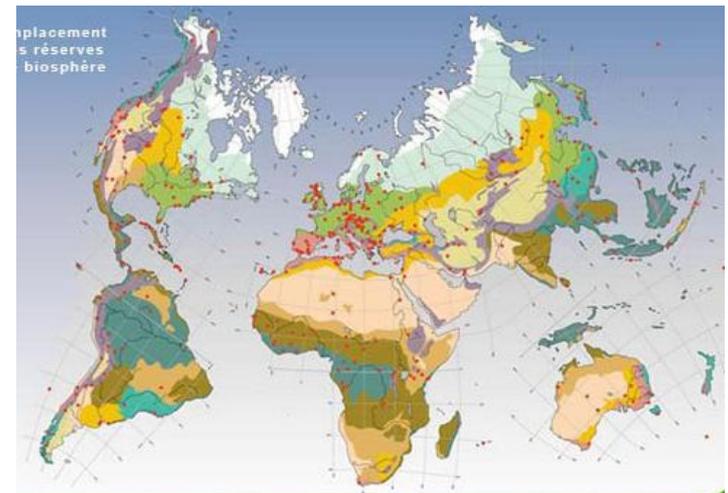
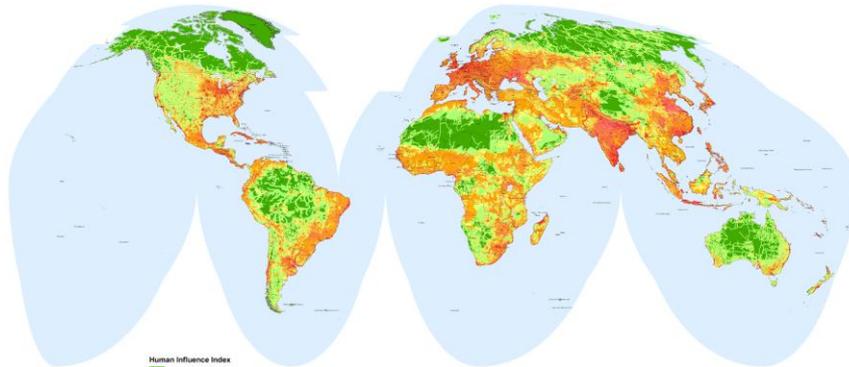
### ▶ Projection cartographique

▶  $x=f_1(\varphi,\lambda)$ ,  $y=f_2(\varphi,\lambda)$

▶  $f_1$  et  $f_2$  sont des fonctions continues sauf en certains points (pôles par exemple)

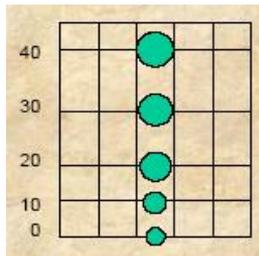
▶ Il existe plus de 200 systèmes de projection

▶ **Toutes les projections vont modifier la forme des continents et îles et/ou vont modifier la taille / superficie**



# Projection conforme

- ▶ Conserve les angles
- ▶ Préserve la véritable forme mais exagère les superficie

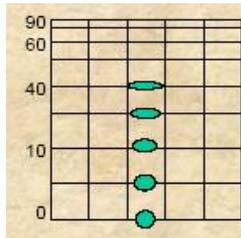


Ellipses indicatrices de Tissot

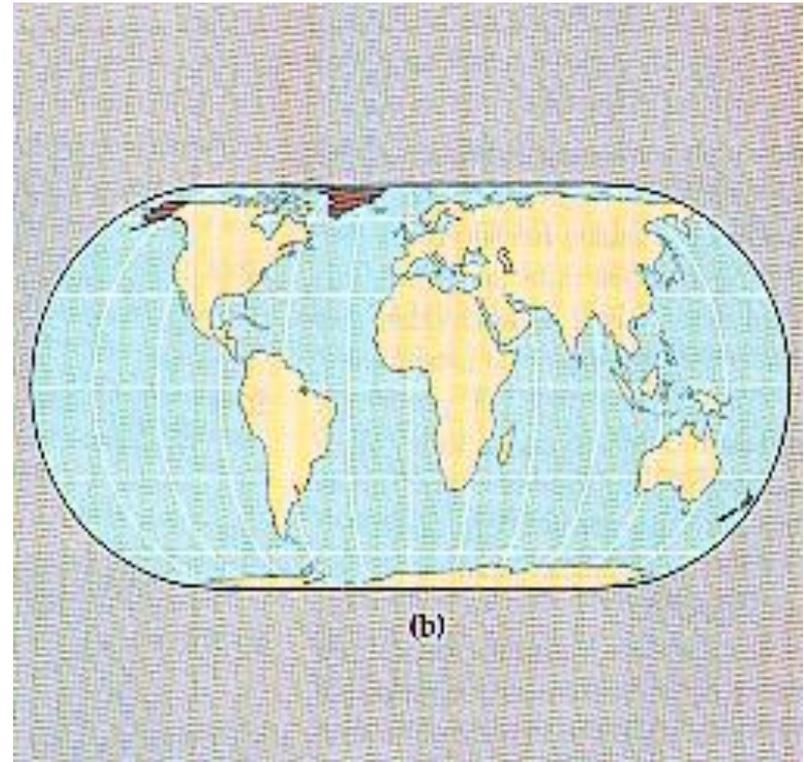


# Projection équivalente

- ▶ Conserve les surfaces
- ▶ Ecrase les formes

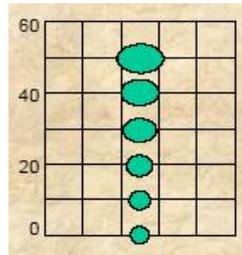


Ellipses indicatrices de Tissot



# Projection aphyllactique

- ▶ conserve les distances sur les méridiens



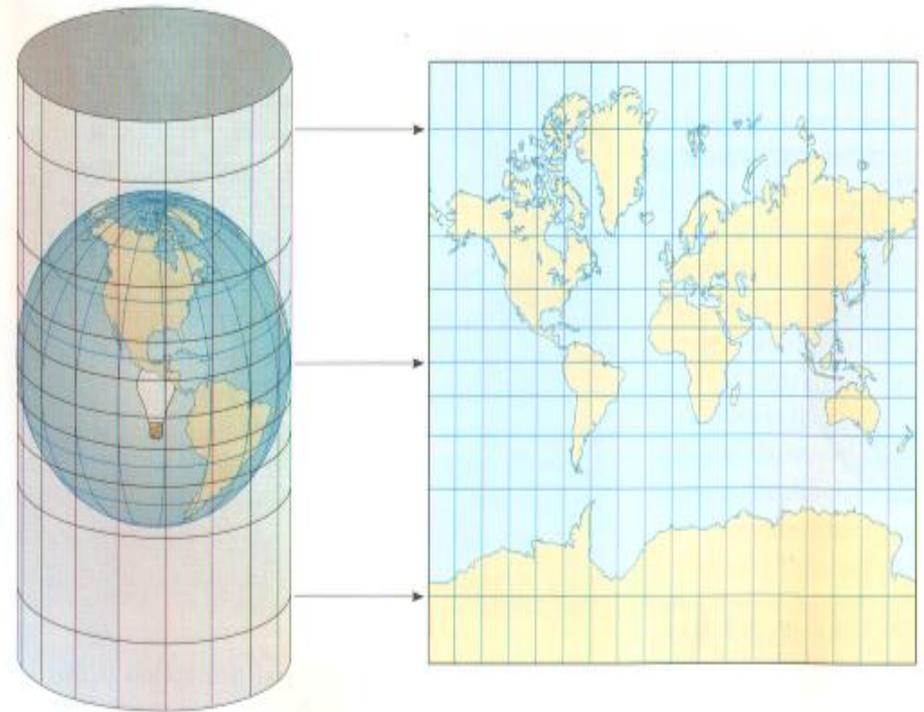
Ellipses indicatrices de Tissot

# Les projections

- ▶ Une projection ne peut être à la fois conforme et équivalente.
  - ▶ Une carte ne peut pas être obtenue simplement en écrasant une sphère
  - ▶ La projection passe par la représentation de la totalité ou une partie de l'ellipsoïde sur une surface développable
  - ▶ Une surface qui peut être étalée sans déformation sur un plan.
    - ▶ la projection cylindrique
    - ▶ la projection conique
    - ▶ la projection azimutale
- 

# La projection cylindrique

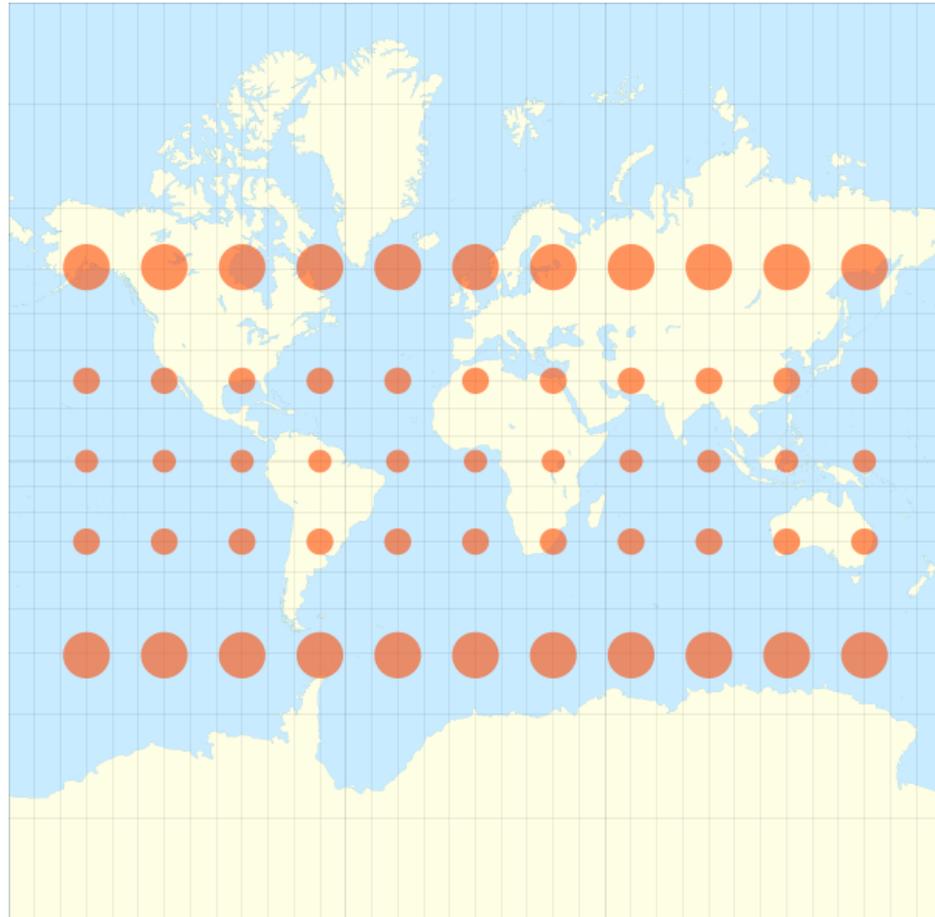
- ▶ Cylindre tangent au grand cercle, ou sécant en deux cercles.
- ▶ Directe, transverse ou oblique
- ▶ Faible distorsion à l'équateur
- ▶ Distorsion plus importante au pôle
- ▶ Idéal pour des travaux sur les zones équatoriales et tropicales
- ▶ Exemples
  - Projection de Mercator (conforme)
  - Projection de Peters (équivalente)
  - Projection de Robinson (pseudo-cylindrique, aphyllactique)
  - Projection UTM aussi appelée Gauss-Kruger (conforme)
  - Projection cylindrique équidistante
  - Projection de Mercator oblique (utilisée en Suisse par exemple)



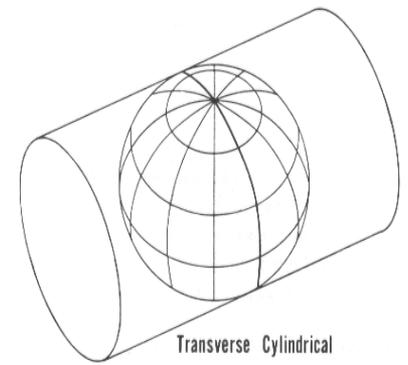
# Projection de Mercator

## ► Conforme

$$\begin{aligned}x &= \lambda - \lambda_0 \\y &= \ln \left[ \tan \left( \frac{1}{4}\pi + \frac{1}{2}\varphi \right) \right] \\&= \frac{1}{2} \ln \left( \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right) \\&= \sinh^{-1} (\tan \varphi) \\&= \tanh^{-1} (\sin \varphi) \\&= \ln (\tan \varphi + \sec \varphi)\end{aligned}$$



# Projection UTM

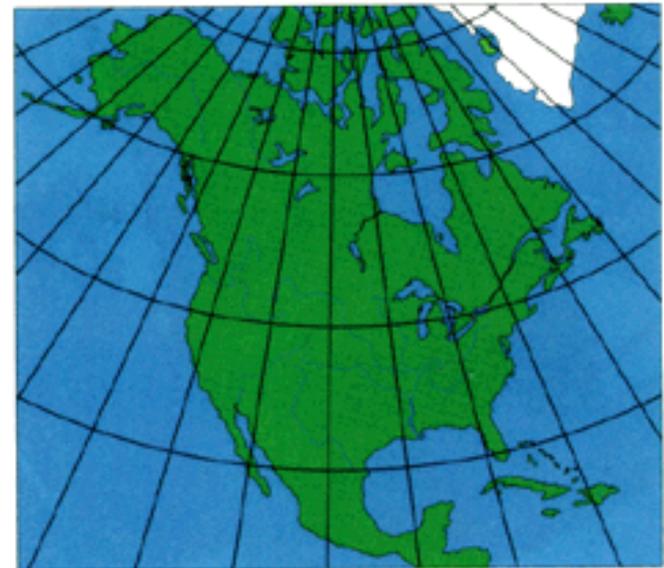
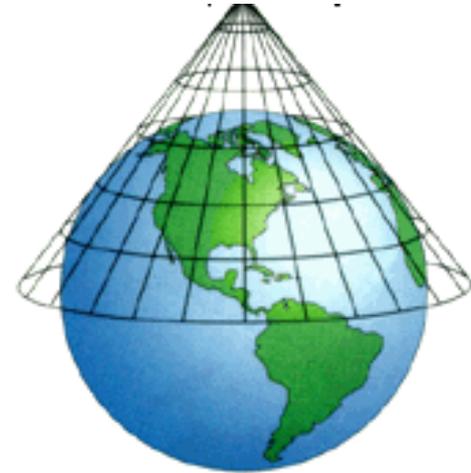


- ▶ Universal Transverse Mercator
- ▶ Conforme
- ▶ Système de référence géospatiale (GPS par exemple)
- ▶ Pour couvrir la surface de la Terre
  - On la découpe en 60 fuseaux de 6 degrés
  - On sépare l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud
  - On développe le cylindre tangent à l'ellipsoïde le long d'un méridien pour obtenir une représentation plane
- ▶ France
  - UTM Nord, fuseau 30, 31 et 32
- ▶ Guadeloupe et Martinique
  - UTM Nord, fuseau 20
- ▶ Guyane
  - UTM Nord, fuseaux 21 et 22



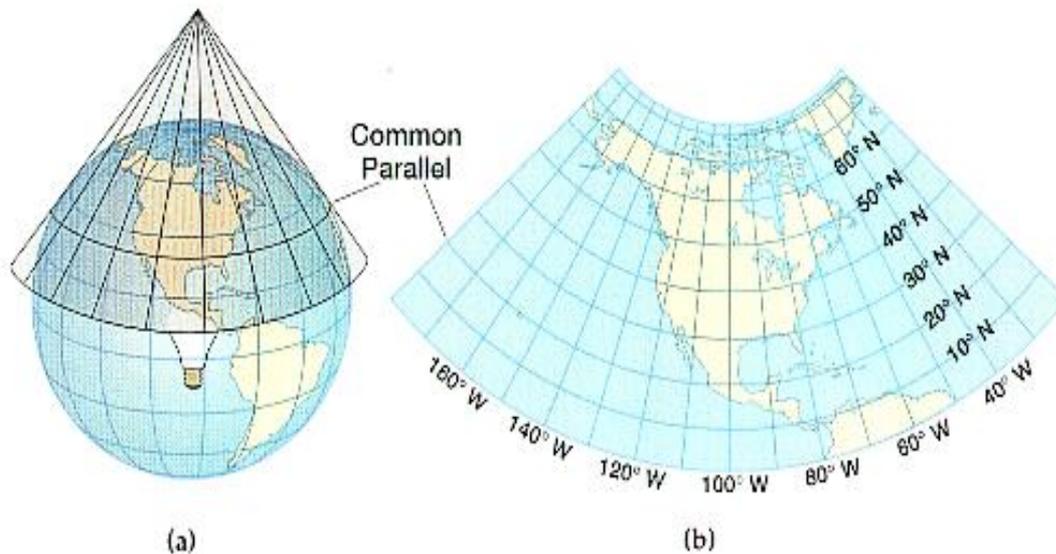
# La projection conique

- ▶ Cône tangent à un cercle ou sécant en deux cercles.
  - ▶ Projection de Lambert (conforme)
  - ▶ Projection d'Albers



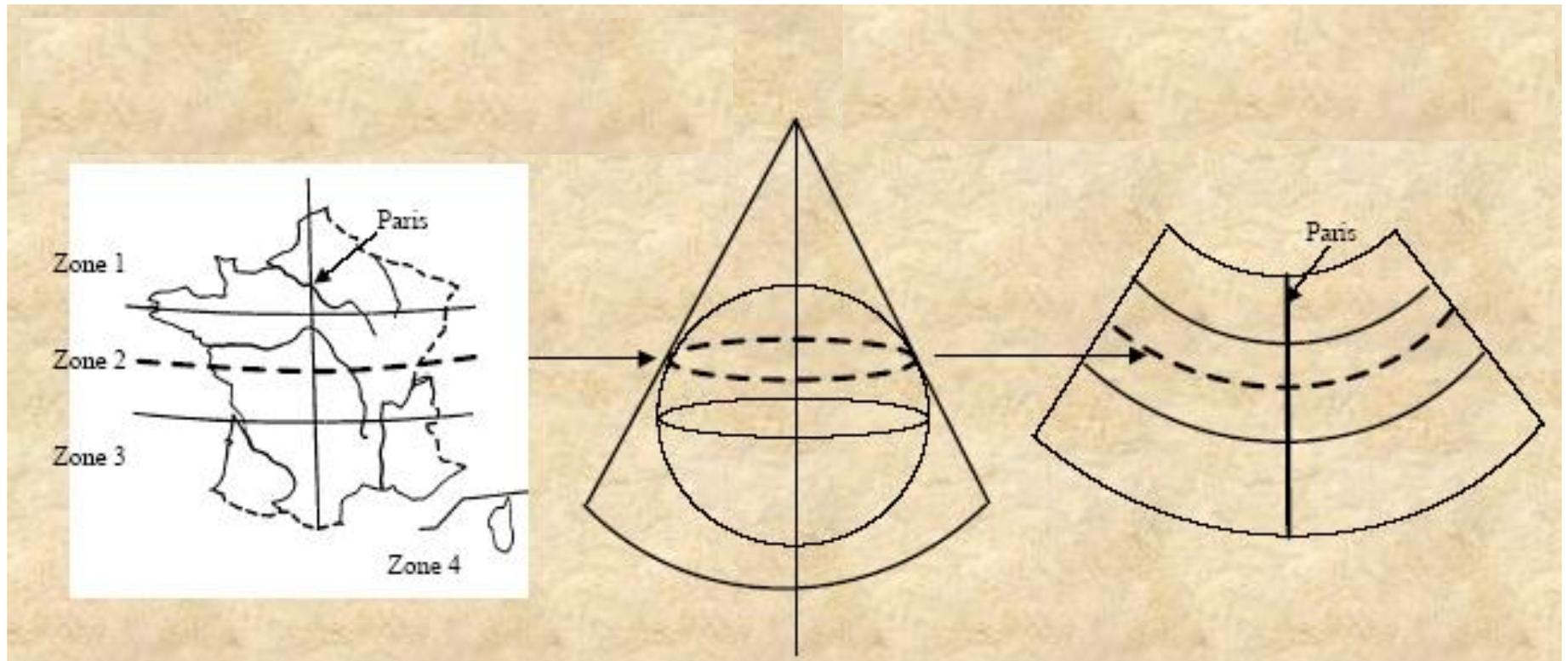
# La projection Lambert

- ▶ France Lambert93
- ▶ La surface du globe est projeté sur un cône tangent à un parallèle
- ▶ Compatible WGS84 (GPS)



# La projection Lambert

- ▶ 4 cônes de projection
- ▶ Validité : 200km au nord et au sud du

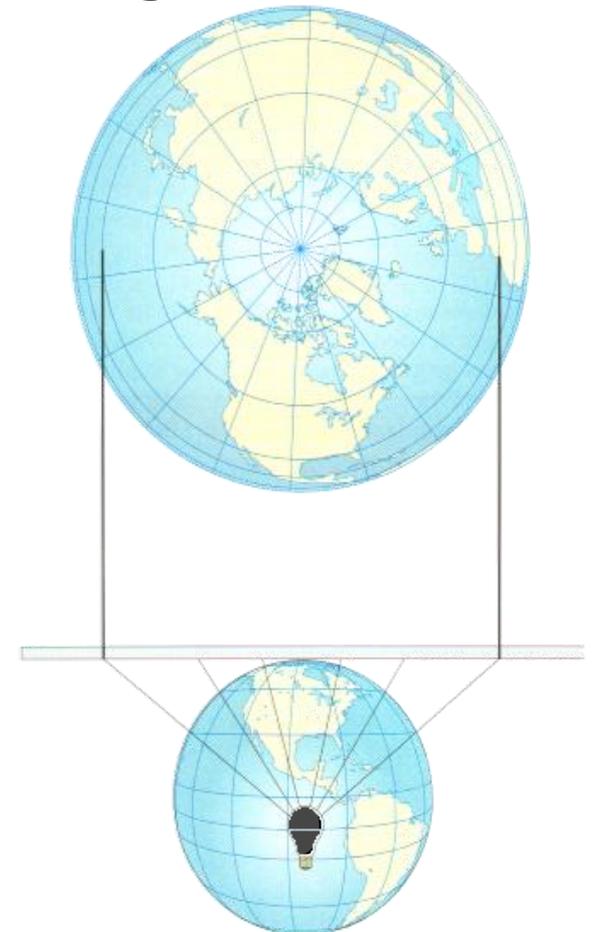
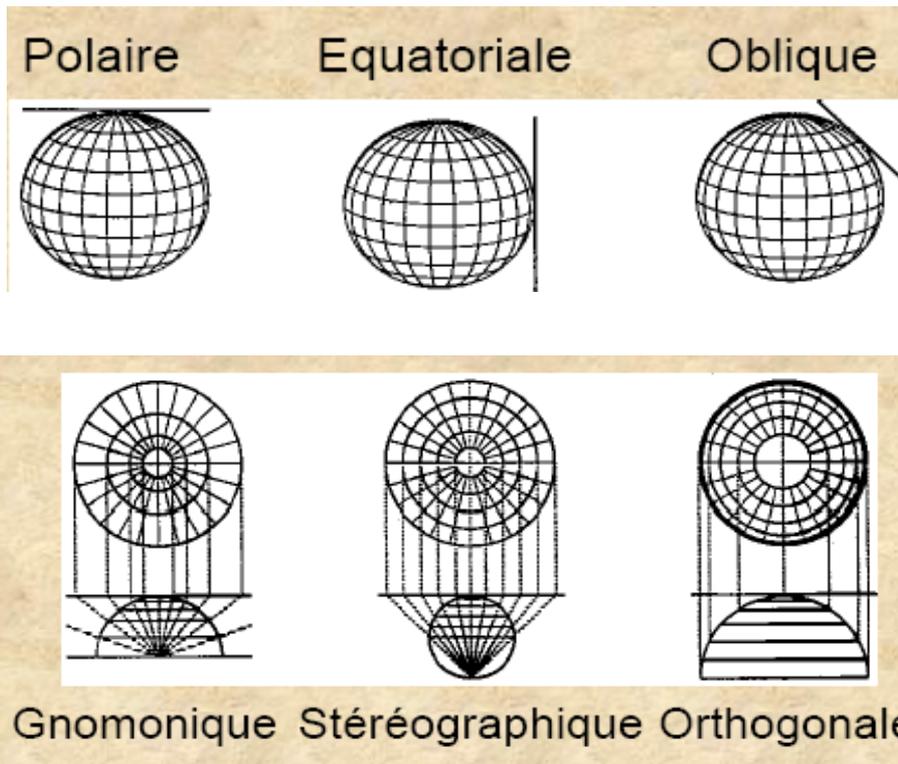


# La projection Lambert

<i>Projection</i>	<i>Système</i>	<i>Parallèle 1</i>	<i>Parallèle 2</i>	<i>Latitude origine</i>	<i>Longitude origine</i>	<i>X0</i>	<i>Y0</i>
<i>Lambert I</i>	NTF	48 35'54.682" N	50 23'45.282" N	55 gr N	2 20'14.025" E	600 000	1 200 000
<i>Lambert II</i>	NTF	45 53'56.108" N	47 41'45.652" N	52 gr N	2 20'14.025" E	600 000	2 200 000
<i>Lambert II étendu</i>	NTF	45 53'56.108" N	47 41'45.652" N	52 gr N	2 20'14.025" E	600 000	2 200 000
<i>Lambert III</i>	NTF	43 11'57.449" N	44 59'45.938" N	49 gr N	2 20'14.025" E	600 000	3 200 000
<i>Lambert IV</i>	NTF	41 33'37.396" N	42 46'03.588" N	43.85 gr N	2 20'14.025" E	234.35 8	4 185 861.369

# La projection azimutale

- ▶ Plan tangent en un point ou sécant en un cercle
- ▶ Surtout utilisé pour focaliser sur une région



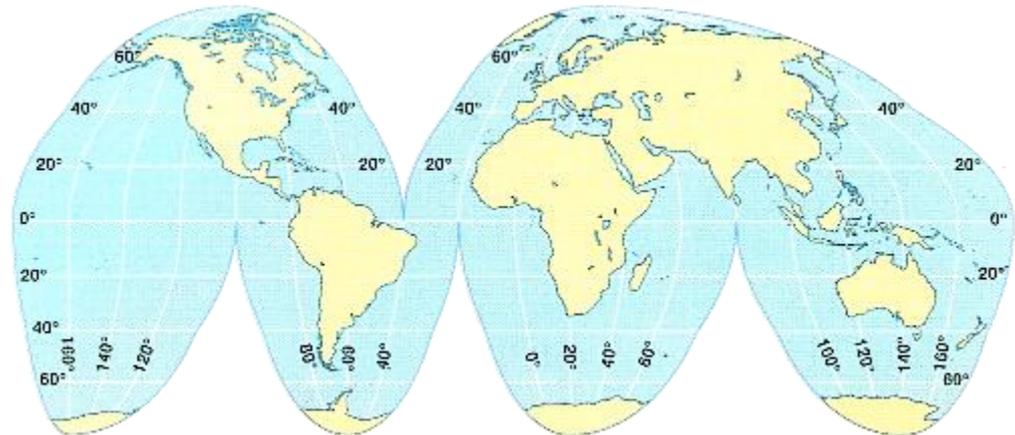
# Autre type de projection

Projection elliptique Pseudocylindrique



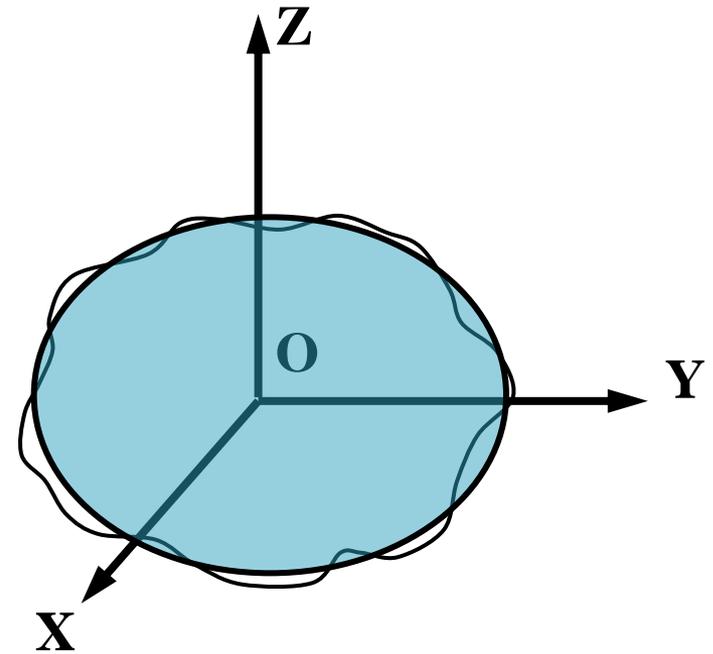
Mollweide projection

Projection elliptique Homosoline



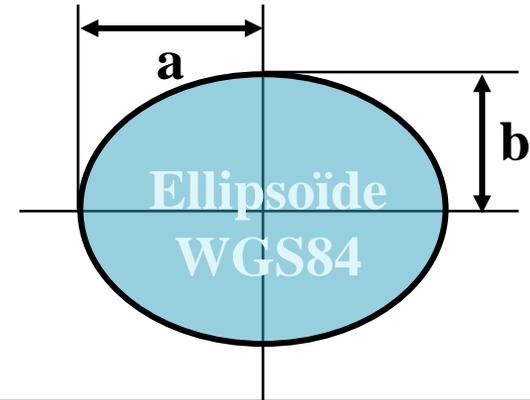
# Systeme géodésique

- ▶ Un référentiel géodésique
- ▶ Un ellipsoïde
- ▶ Systeme géodésique local, pour une réalisation locale
- ▶ Systeme géocentrique (ou spatial ou global), pour une réalisation globale par techniques spatiales



# Systeme géodésique : l'ellipsoïde

- Défini par 2 des 4 paramètres suivants
  - son demi-grand axe  $a$ ,
  - son demi-petit axe  $b$ ,
  - son aplatissement  $f$   
(«*flattening*» en anglais)  
 $f = (a - b) / a$
  - l'excentricité  $e$  définie par  
 $e^2 = (a^2 - b^2) / a^2$



*demi grand axe*  $a = 6378137$  m  
*aplatissement*  $f$  :  
 $f = \frac{a - b}{a} = 1/298.257223563$

*L'ellipsoïde utilisé en géodésie est l'ellipsoïde IAG GRS80  
( $a = 6378137$  m et  $f = 1/298.257222101$ )  
la différence est de 1/10ème de millimètre sur  $b$  !*

$b_{\text{WGS}} = 6356752.3142$   
 $b_{\text{GRS}} = 6356752.3141$

# Exemple de système géodésique

- ▶ **Le système CLARKE 1880 français**
  - Basé sur le système NTD (Nouvelle Triangulation de la France)
  - Point fondamental : Centre croix de la coupole du Panthéon à Paris
  - Ellipsoïde : CLARKE 1880 SGA/IGN
  - Méridien d'origine : Paris
  - Projection : lambert
  - Réseau : 58000 site géodésiques. Ce réseau, commencé en 1870, couvre la France continentale et la corse.

# Exemple de système géodésique

## ▶ Le système EUROPE 50 (ED50)

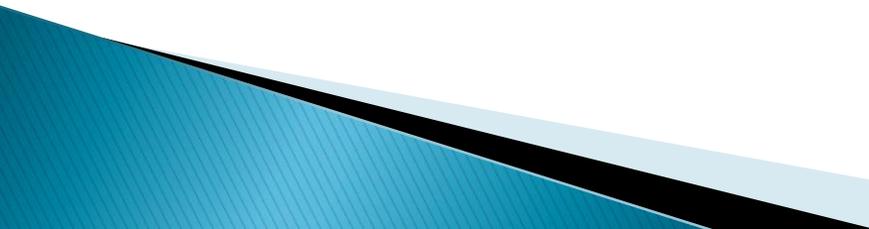
- Point fondamental : POTSDAM
- Ellipsoïde: International 1924 (Hayford 1909)
- Méridien d'origine : Greenwich
- Projection : UTM
- Réseau : Il n'y a pas de réseau propre a ce système

# Exemple de système géodésique

## ▶ Le World Geodesic System (WGS)

- DOD
- Les versions successives sont: WGS60(1960), WGS66, WGS72 et WGS84 système définitif adopté depuis début 1987
- **Centre de l'ellipsoïde** : confondu avec le centre masse de la terre
- **Ellipsoïde** : WGS
- **Méridien d'origine** : Greenwich
- **Projection** : UTM
- **Réseau** : il n'y a pas de réseau a proprement parler le système résultant d'un traitement global de données de géodésie spatiale, complété par des données gravimétriques et astrogéodésique.

# Systeme géodésique

- ▶ 1 ellipsoïde
  - ▶ La position du centre de l'ellipsoïde par rapport au centre de masse de la Terre
  - ▶ L'orientation des axes
  - ▶ Ou
  - ▶ l'ellipsoïde
  - ▶ le point où l'ellipsoïde tangente le géoïde
  - ▶ La direction du nord en ce point
  - ▶ le méridien origine
- 

# Système National de référence de coordonnées géographiques, planimétrique et altimétrique

	Systeme géodésique	Ellipsoide Associé	Projection	Système Altimétrique
France	RGF93	IAG GRS 1980	Lambert 93	IGN 1969
Corse	RGF93	IAG GRS 1980	Lambert 93	IGN 1978
Guadeloupe	WGS84	IAG GRS 1980	UTM N F20	IGN 1988
Martinique	WGS84	IAG GRS 1980	UTM N F20	IGN 1987
Guyane	RGFG95	IAG GRS 1980	UTM N F22	NGG 1977
Réunion	RGR92	IAG GRS 1980	UTM S F40	IGN 1989

Décret d'application 2000-1276

# Coordonnées planes ou géographiques ?

- ▶ On utilise plutôt les coordonnées de projection (UTM par exemple) plutôt que des coordonnées géographiques (Latitude /Longitude)
  - Les coordonnées sont basées sur un système décimal, plus facile à utiliser pour les calculs que le système sexagésimal.
  - Le système est "rectangulaire" et est mesuré en kilomètres.
  - On peut calculer des distances approximatives à partir des coordonnées UTM.
- ▶ Remarques
  - Un point de la zone UTM 13 qui a pour coordonnées (315,1 km, 3 925,1 km) est exactement à 1 kilomètre du point de la zone 13 (315,1 km, 3 924,1 km).
  - Cette correspondance n'est qu'approchée si les points ne sont pas sur le même méridien, et elle n'est plus du tout valable lorsque l'on change de zone.
- ▶ Les récepteurs GPS fournissent de manière standard une position dans le système géodésique WGS84.
- ▶ La plupart des cartes de randonnées récentes utilisent la projection UTM et se réfèrent au système géodésique WGS84.
- ▶ D'autres cartes utilisent une projection nationale ou locale, se référant à d'autres systèmes géodésiques (par exemple en France, les cartes de randonnée de l'IGN utilisaient une projection Lambert, et ont indiqué les coordonnées UTM sur les marges extérieures).