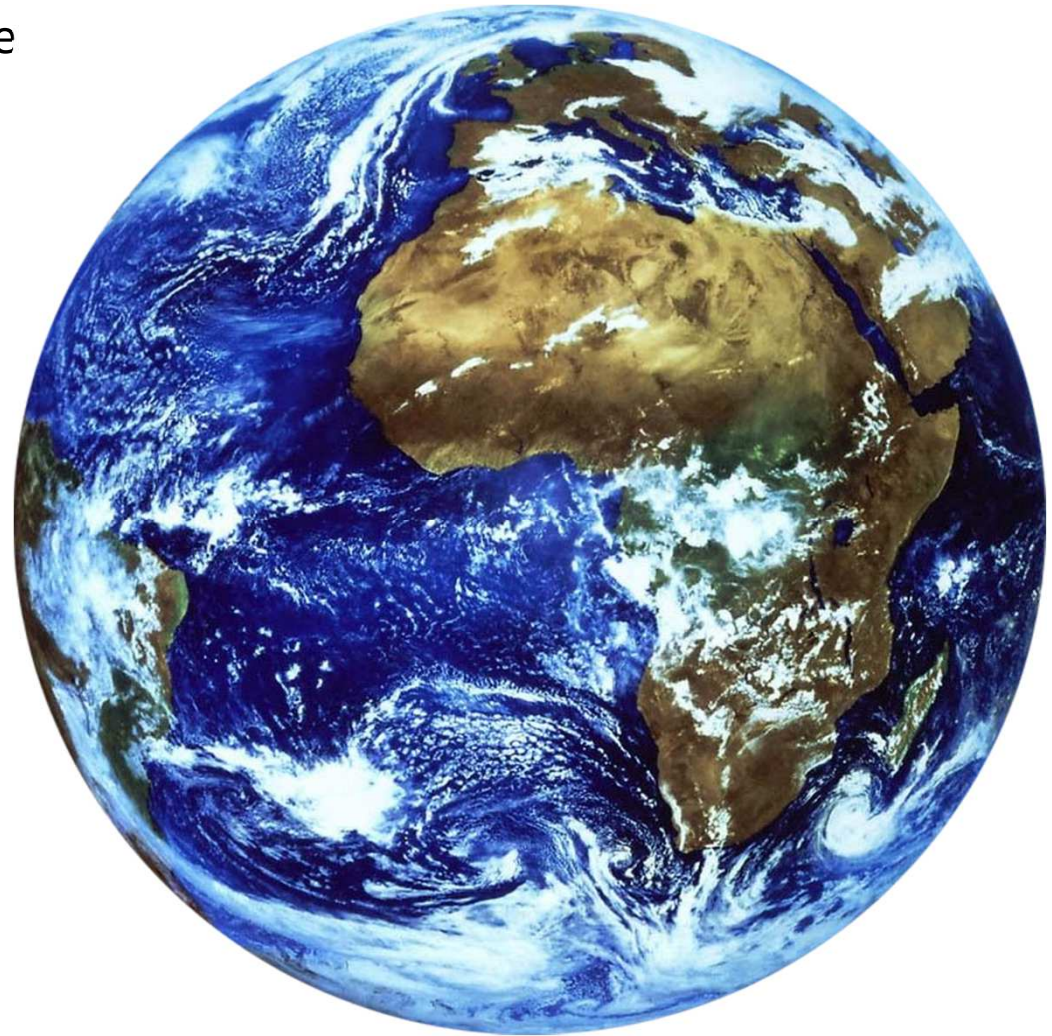
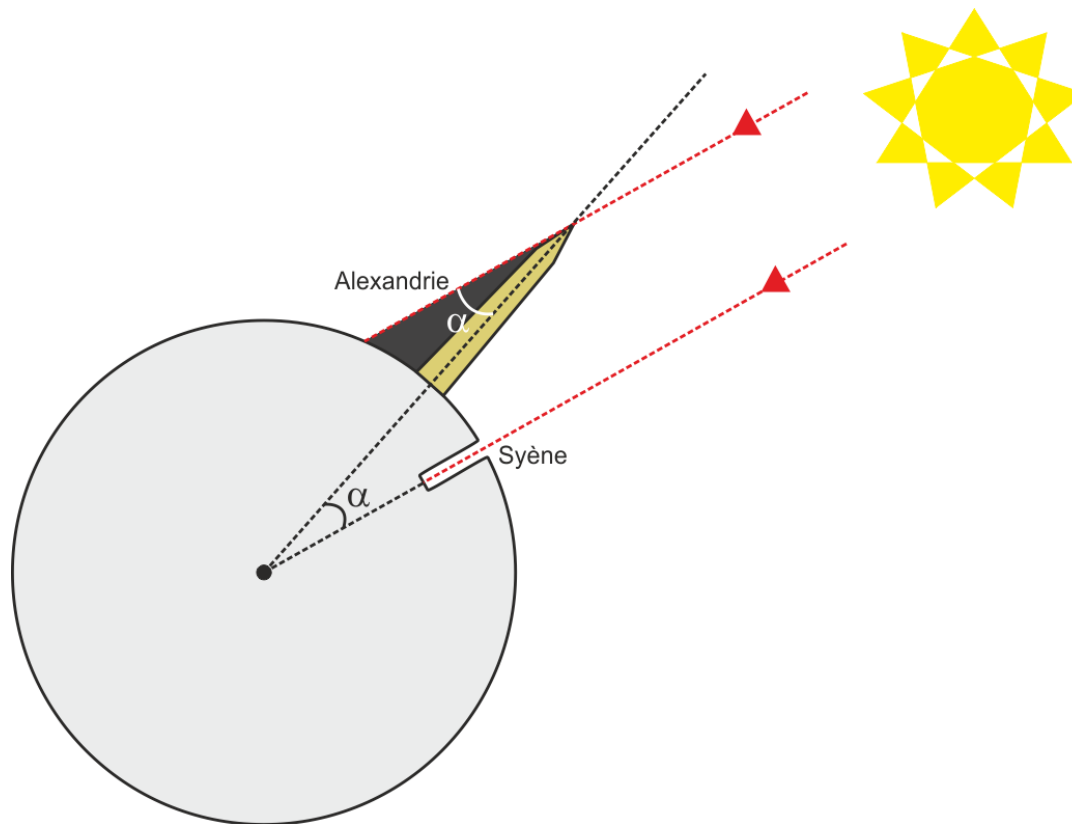


La géodésie, science de la mesure des dimensions et de la forme de la terre

Discipline pluridisciplinaire :

- Astronomie
- Géophysique
- Océanographie
- ...





Première mesure du globe :  
Circonférence à l'équateur calculée de 39 375 km.  
Les mesures actuelles donnent 40 075 km.  
Erreur de sa mesure 1.75 % !!!

## Ératosthène



Portrait d'Ératosthène.

<b>Naissance</b>	-276 Cyrène (actuelle Libye)
<b>Décès</b>	-194 Alexandrie (actuelle Égypte)
<b>Nationalité</b>	Grecque
<b>Champs</b>	Astronomie, géographie, mathématiques, philosophie
<b>Renommé pour</b>	Première méthode de mesure de la circonférence de la Terre

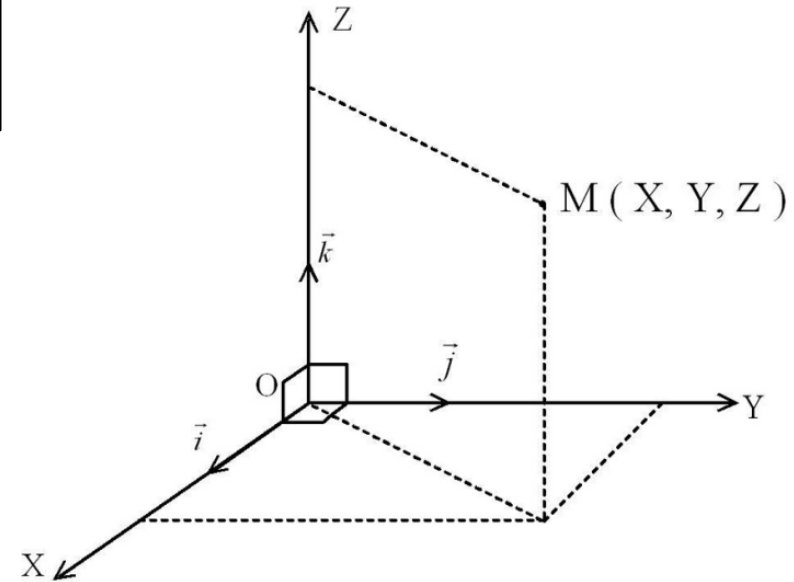
Source : Wikipedia

### Les coordonnées cartésiennes géocentriques tridimensionnelles : X, Y, Z

Les coordonnées sont alors déclinées en X, Y et Z relatives aux 3 axes d'un repère ayant son origine au centre de masse de la Terre.

Avantages : X, Y, Z et la vitesse

Inconvénient : inutilisable pour représenter un point à la surface de la Terre



L'origine O : proche du centre de gravité de la Terre

L'axe OZ : proche de l'axe de rotation de la Terre

OXZ : plan méridien origine

OXY : plan de l'équateur

Sources :

[http://ressources.esrfrance.fr/genl\\_syst\\_coord.aspx](http://ressources.esrfrance.fr/genl_syst_coord.aspx)

<http://geodesie.ign.fr/>

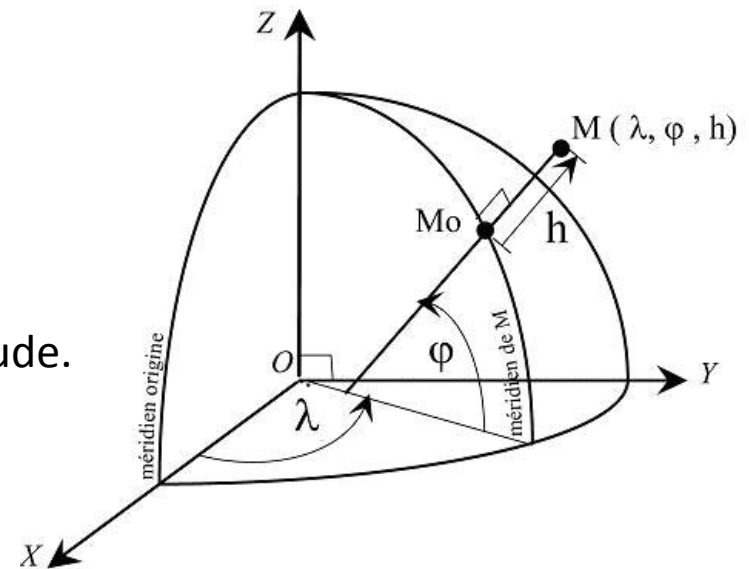
### Les coordonnées géographiques : longitude, latitude, hauteur

$\lambda$  (lambda) : longitude

$\phi$  (phi) : latitude

$h$  : hauteur au dessus de l'ellipsoïde

Attention ne pas confondre hauteur ellipsoïdale et altitude.



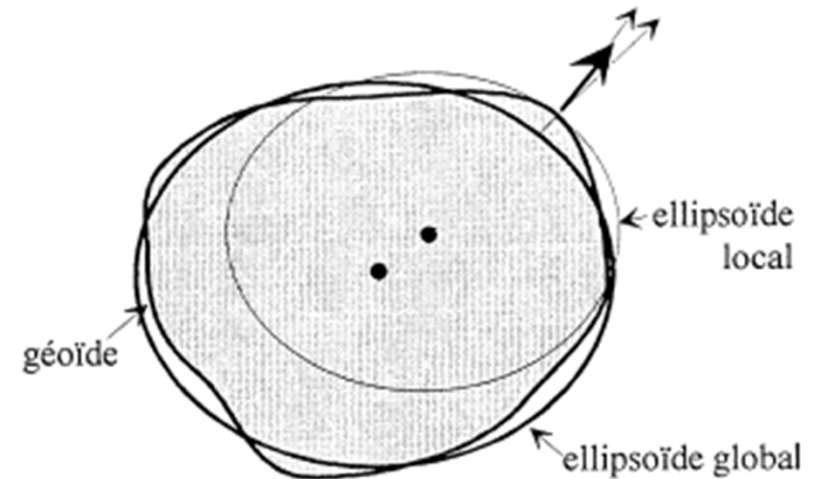
Sources :

[http://ressources.esrfrance.fr/genl\\_syst\\_coord.aspx](http://ressources.esrfrance.fr/genl_syst_coord.aspx)

<http://geodesie.ign.fr/>

### Le géoïde:

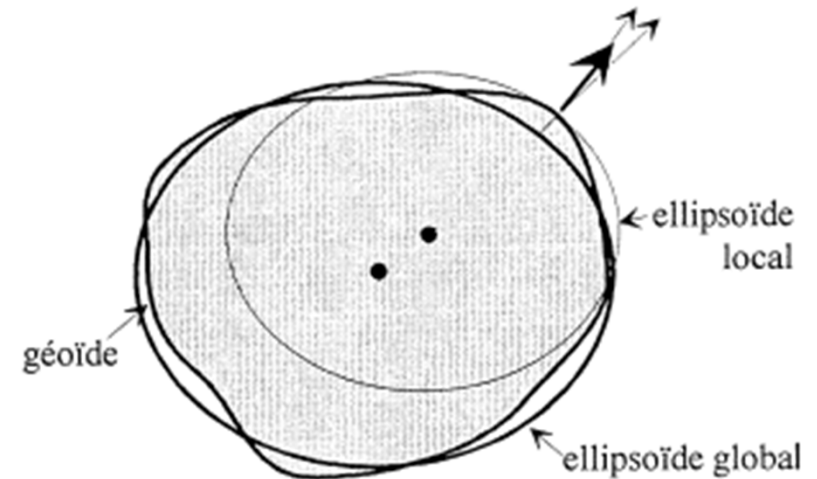
Les surfaces sur lesquelles le potentiel de pesanteur est constant sont appelées surfaces équipotentielles. La surface moyenne des océans est une surface équipotentielle. Ainsi le géoïde correspond à la surface moyenne des océans. En fait, cette surface est difficilement accessible. Même sur les océans, où la houle, les marées peuvent être moyennées, les différences de température, de salinité, les vents, peuvent modifier le niveau moyen. Sous les continents, le géoïde n'est défini que d'une façon indirecte.



Système géodésique	Ellipsoïde associé
NTF	Clarke 1880 IGN
ED50	Hayford 1909
WGS84	IAG GRS 1980

### L'ellipsoïde:

L'ellipsoïde de révolution ("sphère aplatie aux pôles") est un modèle mathématique que l'on définit pour qu'il soit le plus près possible du géoïde. Il existe de nombreux modèles d'ellipsoïdes. Les **ellipsoïdes globaux** modélisent la totalité du géoïde, leur précision est moyenne à peu près partout ex: **IAG GRS 1980 (WGS84)**. Les **ellipsoïdes locaux** modélisent précisément une zone géographique particulière et ne peuvent pas être utilisés en dehors de cette zone ex: **Clarke 1880 IGN (NTF)**.



Système géodésique	Ellipsoïde associé
NTF	Clarke 1880 IGN
ED50	Hayford 1909
WGS84	IAG GRS 1980

### Les coordonnées géographiques : longitude, latitude, hauteur

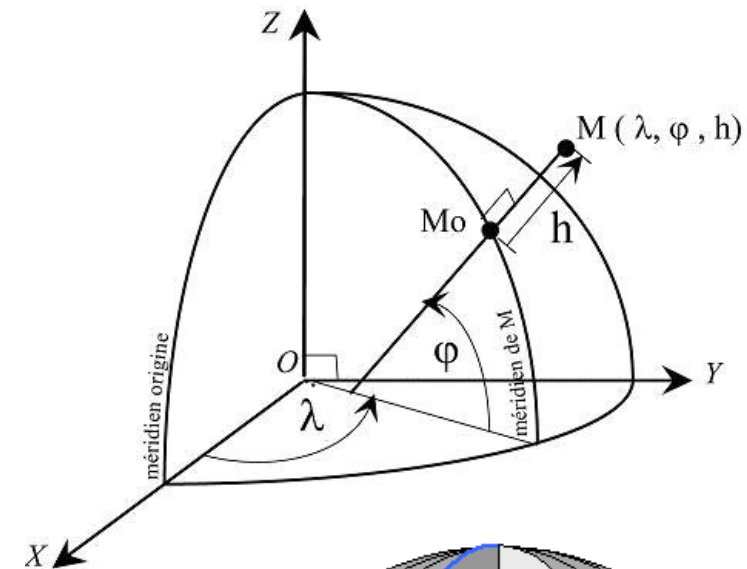
$\lambda$  (lambda) : longitude

$\phi$  (phi) : latitude

$h$  : hauteur au dessus de l'ellipsoïde

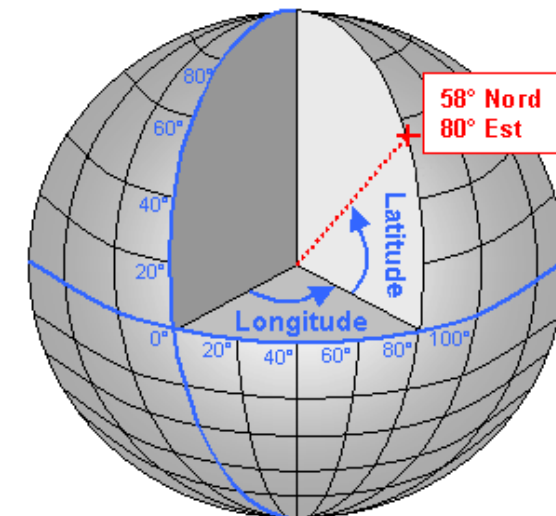
Avantages : très pratique pour se repérer

Inconvénients : impossible de faire des mesures



Système de coordonnées géographiques	Longitude	Latitude
NTF (méridien de Paris)	5°24'0" Est	48°36'00,0" Nord
NTF (méridien de Greenwich)	7°44'14,0" Est	48°36'00,0" Nord
ED50 (Greenwich)	7°44'16,4" Est	48°36'03,0" Nord
WGS84 (Greenwich)	7°44'12,2" Est	48°35'59,9" Nord

Source IGM



Sources :

[http://ressources.esrifrance.fr/genl\\_syst\\_coord.aspx](http://ressources.esrifrance.fr/genl_syst_coord.aspx)

<http://geodesie.ign.fr/>

### Coordonnées géographiques:

Notation des unités angulaires pour les latitudes et longitudes

degrés, minutes, secondes ( $^{\circ} \prime \prime$ )

ex:  $48^{\circ} 36' 36''$

degrés, minutes décimales ( $^{\circ} \prime$ )

ex:  $48^{\circ} 36.6'$

degrés décimaux ( $^{\circ}$ )

ex:  $48.61^{\circ}$

Ouest (-)

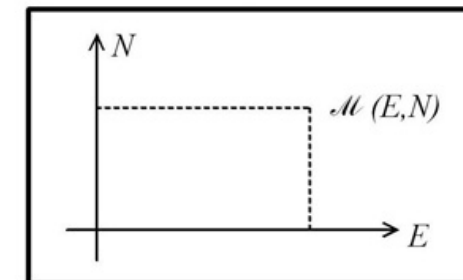
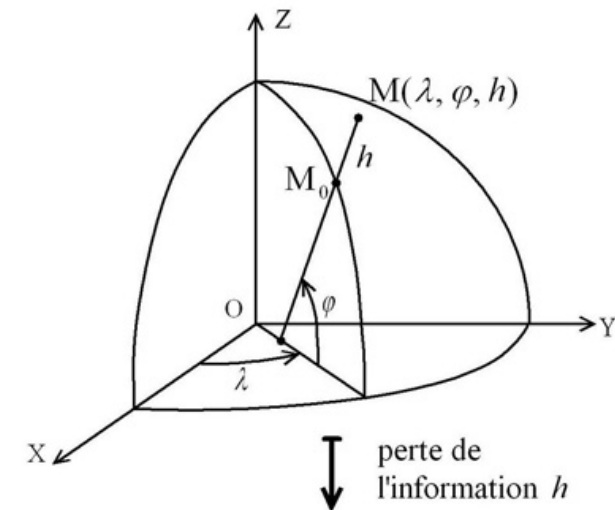
Est (+)

Nord (+)

Sud (-)

### Les coordonnées planes : E, N (coordonnées projetés)

La conversion de positions géographiques d'une surface courbe sur une surface plane nécessite l'utilisation d'une projection cartographique. Une fois cette projection définie, la localisation d'un élément peut alors s'exprimer sous la forme de coordonnées planes à l'aide de deux valeurs linéaires : X, Y exprimées dans différentes unités : Mètres, Kilomètres, Miles nautiques, ...



$$\begin{aligned} E &= E(\lambda, \varphi) \\ N &= N(\lambda, \varphi) \end{aligned}$$

Système de coordonnées projetées	X	Y
NTF - Lambert I Zone	997 960 m	114 185 m
NTF - Lambert II Etendu	998 137 m	2 413 822 m
ED50 - UTM fuseau 32 Nord	406 946 m	5 383 958 m
WGS84 - UTM fuseau 32 Nord	406 864 m	5 383 757 m
RGF93 - Lambert 93	1 049 052 m	6 843 777 m

Sources :

[http://ressources.esrifrance.fr/genl\\_syst\\_coord.aspx](http://ressources.esrifrance.fr/genl_syst_coord.aspx)

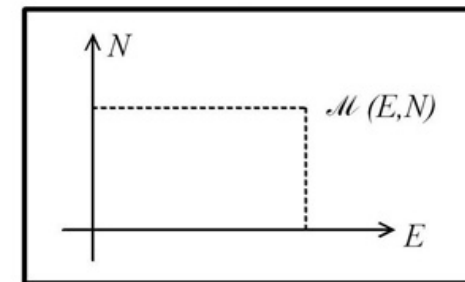
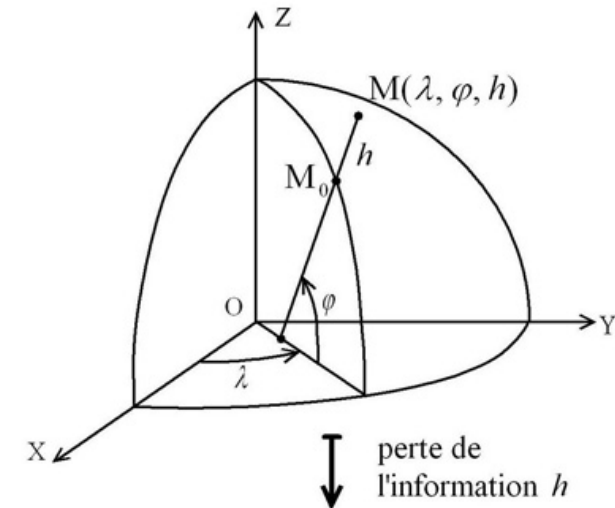
<http://geodesie.ign.fr/>

### Les coordonnées planes : E, N (coordonnées projetés)

La conversion de positions géographiques d'une surface courbe sur une surface plane nécessite l'utilisation d'une projection cartographique. Une fois cette projection définie, la localisation d'un élément peut alors s'exprimer sous la forme de coordonnées planes à l'aide de deux valeurs linéaires : X, Y exprimées dans différentes unités : Mètres, Kilomètres, Miles nautiques, ...

Avantages : représentation en plan, mesures possibles

Inconvénients : perte de l'information d'altitude



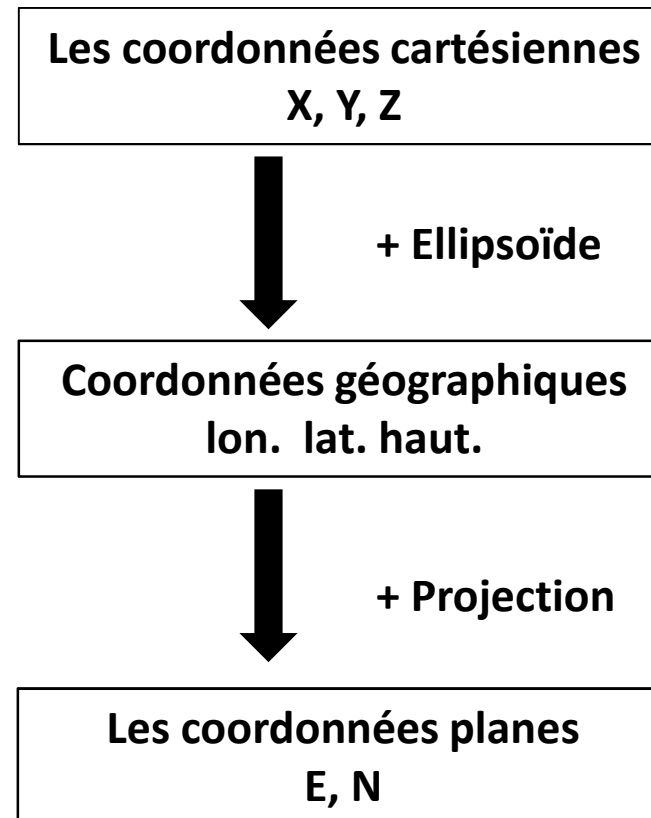
$$\begin{aligned} E &= E(\lambda, \varphi) \\ N &= N(\lambda, \varphi) \end{aligned}$$

Sources :

[http://ressources.esrifrance.fr/genl\\_syst\\_coord.aspx](http://ressources.esrifrance.fr/genl_syst_coord.aspx)

<http://geodesie.ign.fr/>

Type de coordonnées	X,Y,Z	$\lambda, \phi, h$	E,N
Unité angulaire		*	
Unité linéaire	*	*	*
Projection			*
Ellipsoïde		*	*



Processus de "mise à plat " des éléments situés sur l'ellipsoïde.

Il est important de définir le type et les paramètres d'une projection dans le but de:

- ✓ soit de conserver les surfaces (**projections équivalentes**).
- ✓ soit de conserver localement les angles (**projections conformes**).
- ✓ soit d'opter pour une représentation ne conservant ni les angles ni les surfaces (**projections dites "aphylactiques"**).

La plupart des projections utilisées en océanographie sont conformes. La cartographie à petite échelle utilise souvent des projections équivalentes.



**Projection Cylindrique**  
Exemple : UTM



**Projection Conique Conforme**  
Exemple : Lambert II



**Projection Pseudo-cylindrique**  
Exemple : Robinson



**Projection Elliptique**  
Exemple : Mollweide



**Projection Azimutale**

**Mercator** : projection **conforme**, qui minimise l'altération de la forme. Les angles sont conservés (utilisation dans le domaine de la navigation maritime ex. UTM).

**Mollweide** : projection **équivalente**, ce qui veut dire qu'elle respecte les surfaces.

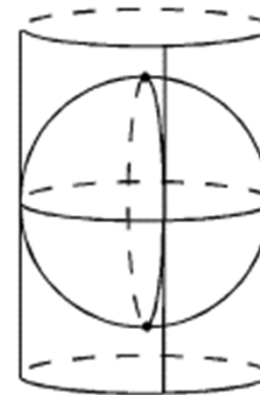
**Conique Conforme** : minimise l'altération des formes et des distances sur des régions limitées donc inutilisable pour couvrir l'ensemble de la surface terrestre. (ex. Lambert I, II, III, IV et 93)

**Robinson** : compromis pour une représentation globale de la surface terrestre mais ne préserve ni les distances ni les angles.

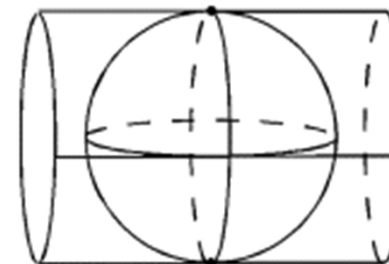
**Projection azimutale** est une projection **équidistante** utilisée pour représenter les pôles. pôle Nord.

Projection cylindrique:

La surface de projection est un cylindre tangent ou sécant au modèle de la Terre. (Exemple : Mercator, UTM, ...).



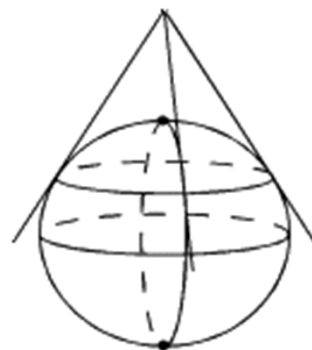
*Représentation  
cylindrique directe  
(Mercator)*



*Représentation  
cylindrique transverse  
(UTM)*

Projection conique:

La surface de projection est un cône tangent ou sécant. (Exemple : Lambert, ...).

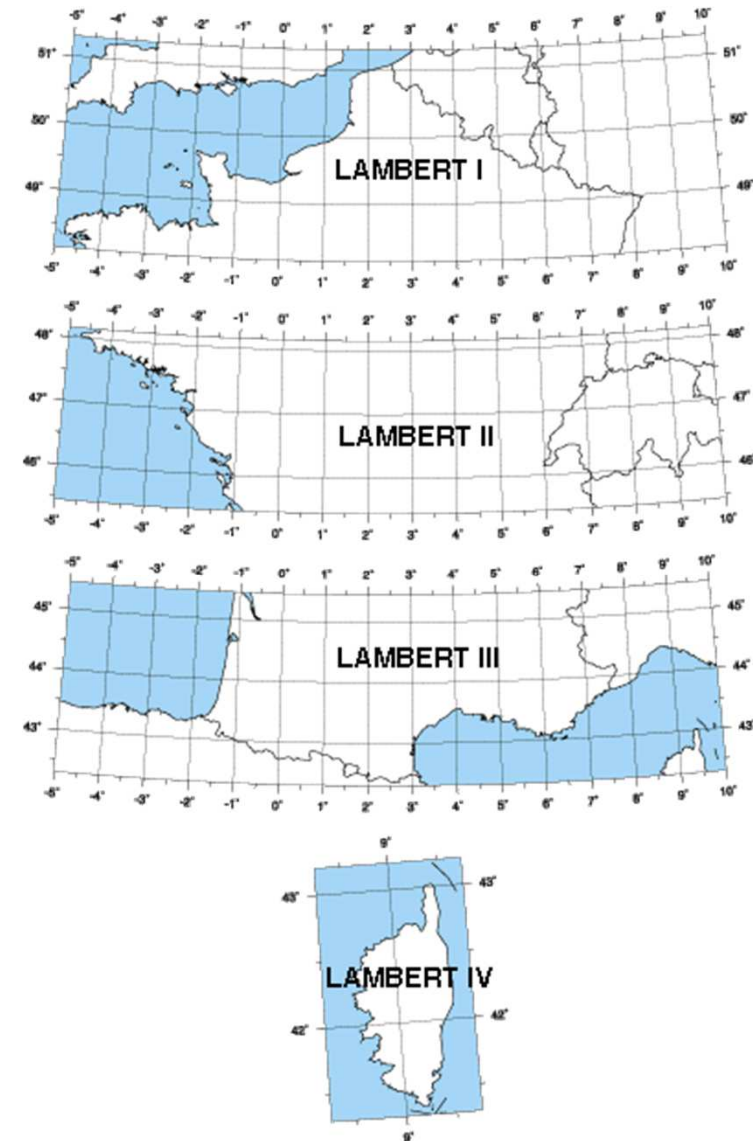


*Représentation  
conique directe  
tangente (Lambert)*

Système géodésique NTF:

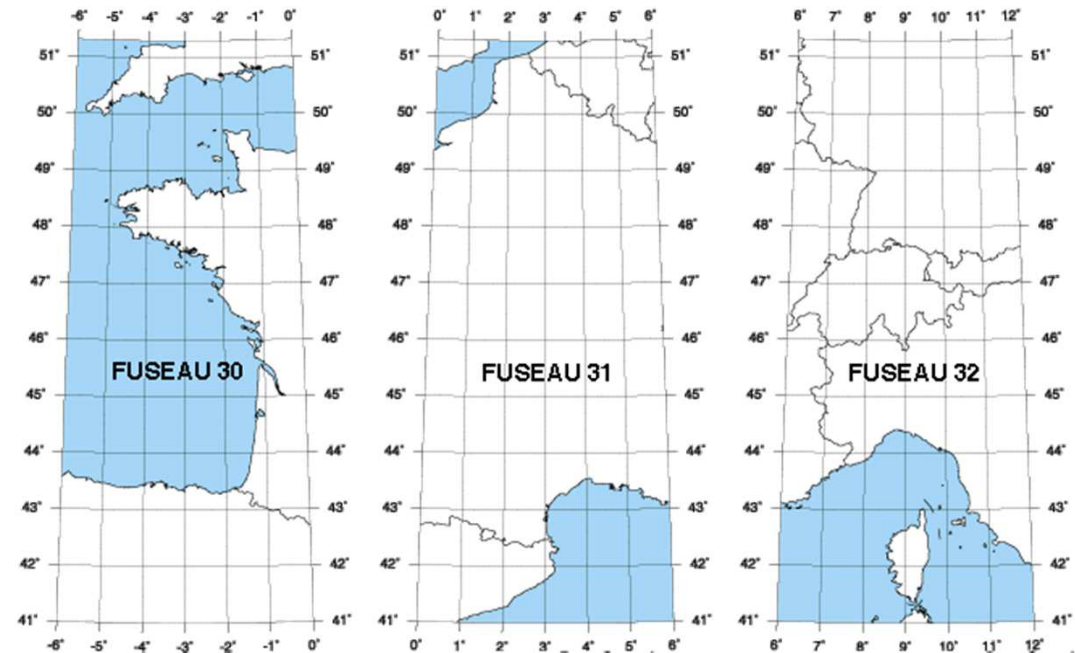
- ✓ Projection conique conforme Lambert
- ✓ Ellipsoïde Clarke 1880 IGN

La projection réglementaire en France est une conique conforme de Lambert. Dans le but de minimiser les déformations, la France a été découpée en 4 zones Lambert I, II, III, IV (Corse). Une projection appelée "Lambert II étendu" couvre la France entière pour des besoins d'amplitude nationale.



Système géodésique ED50:

- ✓ Projection UTM
- ✓ Ellipsoïde International (Hayford 1909)



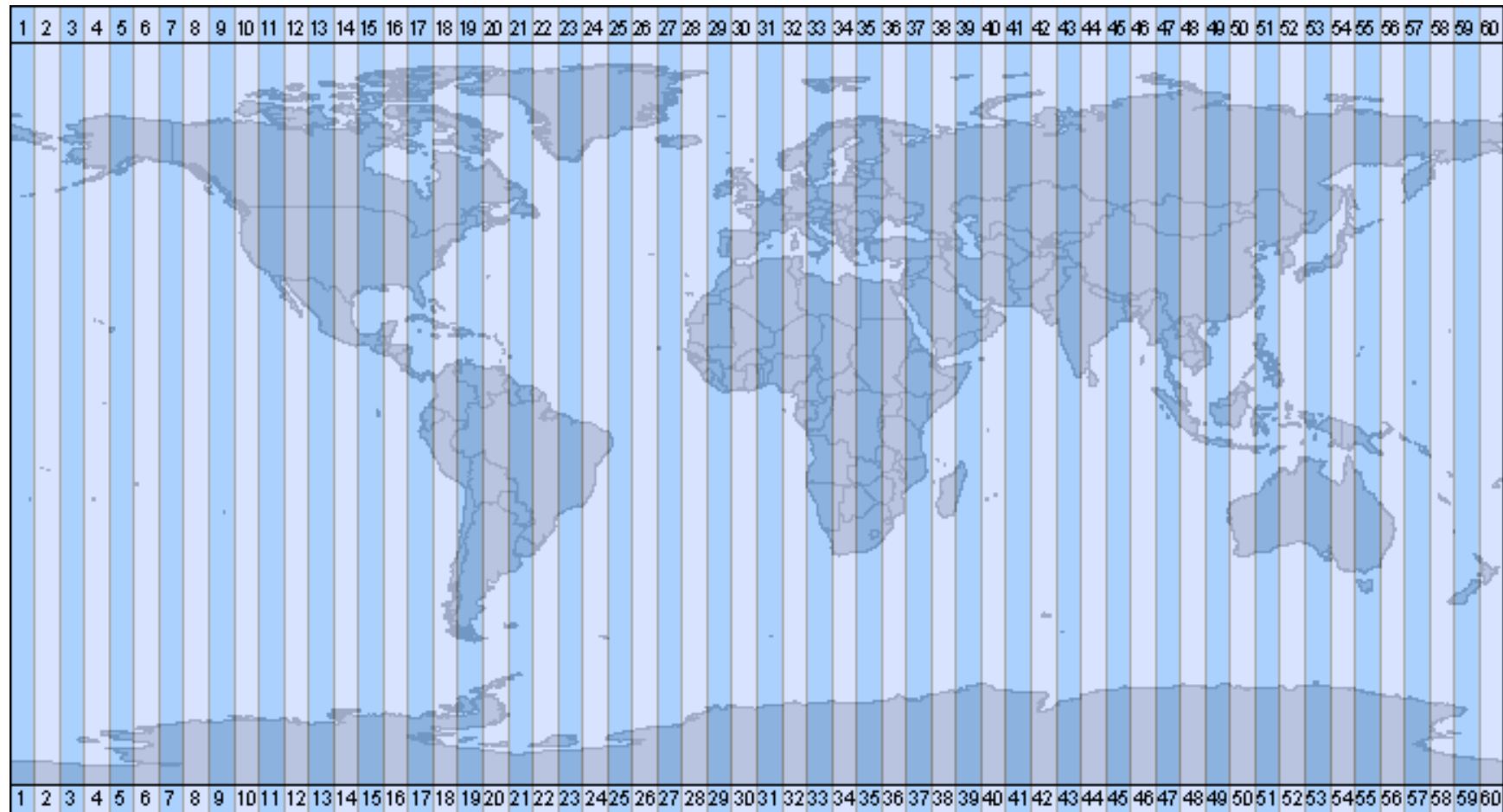
La projection cylindrique UTM (*Universal Transverse Mercator*) couvre le monde entier et est constituée de 60 fuseaux de 6 degrés d'amplitude en longitude.

La France est sur 3 fuseaux :

UTM Nord fuseau 30 : entre 6 degrés ouest et 0 degré Greenwich

UTM Nord fuseau 31 : entre 0 degré et 6 degrés est Greenwich

UTM Nord fuseau 32 : entre 6 degrés est et 12 degrés est Greenwich



## Les fuseaux UTM

Sources :

[http://ressources.esrifrance.fr/genl\\_syst\\_coord.aspx](http://ressources.esrifrance.fr/genl_syst_coord.aspx)

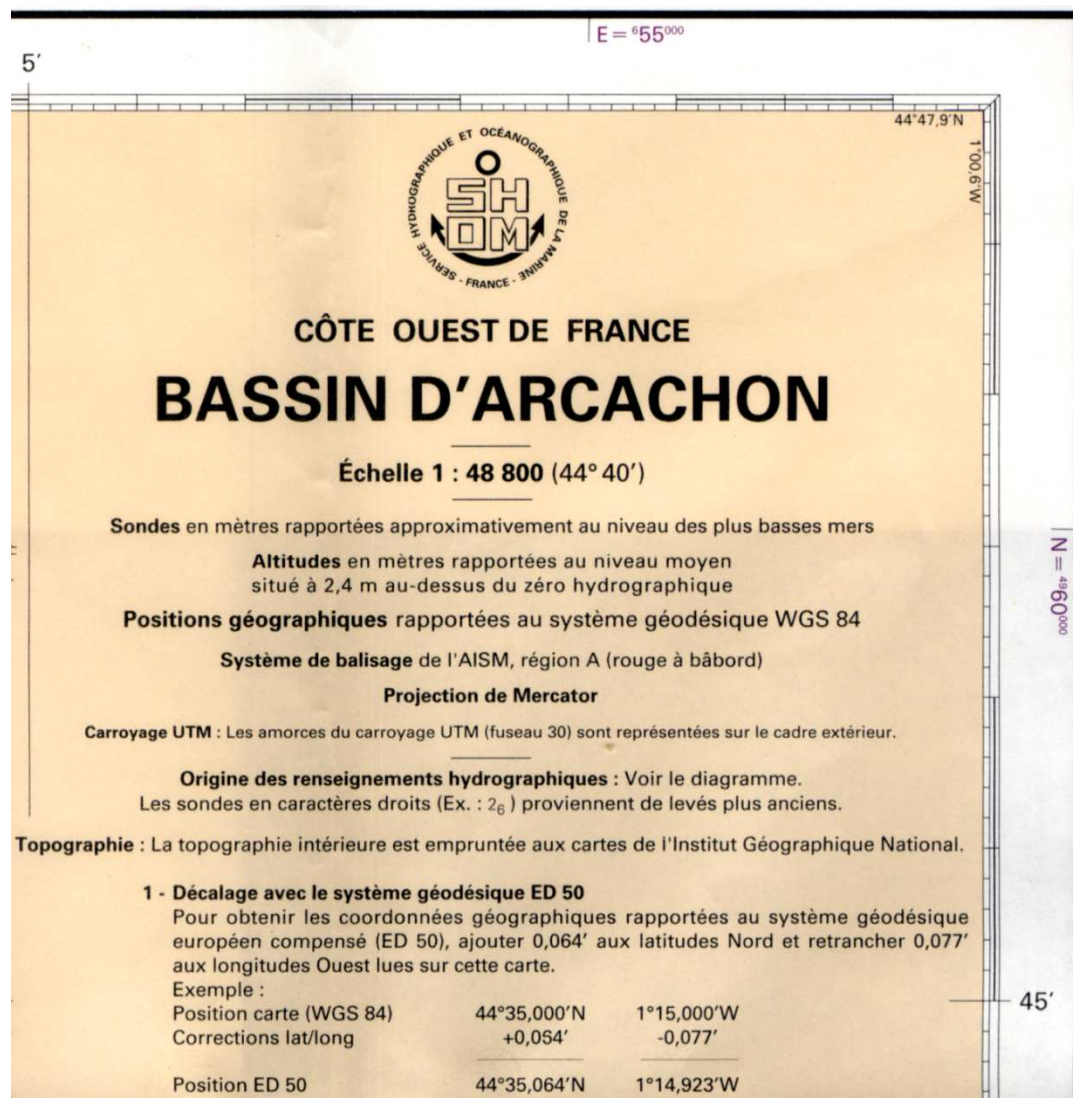
<http://geodesie.ign.fr/>

### Système géodésique WGS84:

- ✓ Projection Mercator (si projeté)
- ✓ Ellipsoïde IAG GRS 1980

La projection **Mercator** associée au système géodésique **WGS84** est couramment utilisée en océanographie (SHOM, IFREMER,...). De plus le système GPS donne les coordonnées dans ce système.

Contrairement au systèmes Lambert et UTM qui présentent un certain nombre de zones prédéfinies vous devez dans le système WGS84 précisez vous même les caractéristiques de la projection avec entre autre le **méridien central** (0 si pas de précision) et la **latitude d'échelle conservée**. La projection Mercator ne conservant pas les distances, l'échelle de la carte n'est valable que le long de la latitude d'échelle conservée.



# NOTIONS DE GÉODÉSIE

## LES CARTES DE L'IGN

Réalisé et édité par l'Institut Géographique National, d'après des levés photogrammétriques complétés sur le terrain en 1967 . Révision de 1994  
Ellipsoïde de Clarke 1880. Projection conique conforme de Lambert.

Origine des altitudes : niveau moyen de la mer à Marseille.

Les deux échelles de latitudes et longitudes du cadre et les deux chiffres kilométriques correspondent respectivement :

- vers l'intérieur, aux latitudes et longitudes en grades (longitudes référées au méridien de Paris) rapportées au système géodésique français NTF ; les amorces sont celles des quadrillages kilométriques Lambert zone III (chiffrées en noir) et Lambert zone II étendu (chiffrées en bleu) ;
- vers l'extérieur, aux latitudes et longitudes en degrés (longitudes référées au méridien international) rapportées au système géodésique mondial WGS84 ou RGF93 ; les chiffres bleus en italique en regard du quadrillage kilométrique sont des coordonnées Mercator Transverse Universel fuseau 30.

Équidistance des courbes

(a) et (b) équidistance 10 m

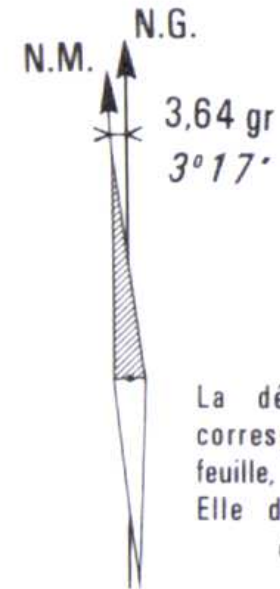
(c) et (d) équidistance 5 m

1000 m

500 m

0

(a)	(c)
(b)	(d)



La déclinaison magnétique correspond au centre de la feuille, au 1<sup>er</sup> janvier 1995  
Elle diminue chaque année de 0,12 gr (0° 6')

1 km

Système de coordonnées géographiques	Longitude	Latitude
NTF (méridien de Paris)	5°24'0" Est	48°36'00,0" Nord
NTF (méridien de Greenwich)	7°44'14,0" Est	48°36'00,0" Nord
ED50 (Greenwich)	7°44'16,4" Est	48°36'03,0" Nord
WGS84 (Greenwich)	7°44'12,2" Est	48°35'59,9" Nord

Source :IGN

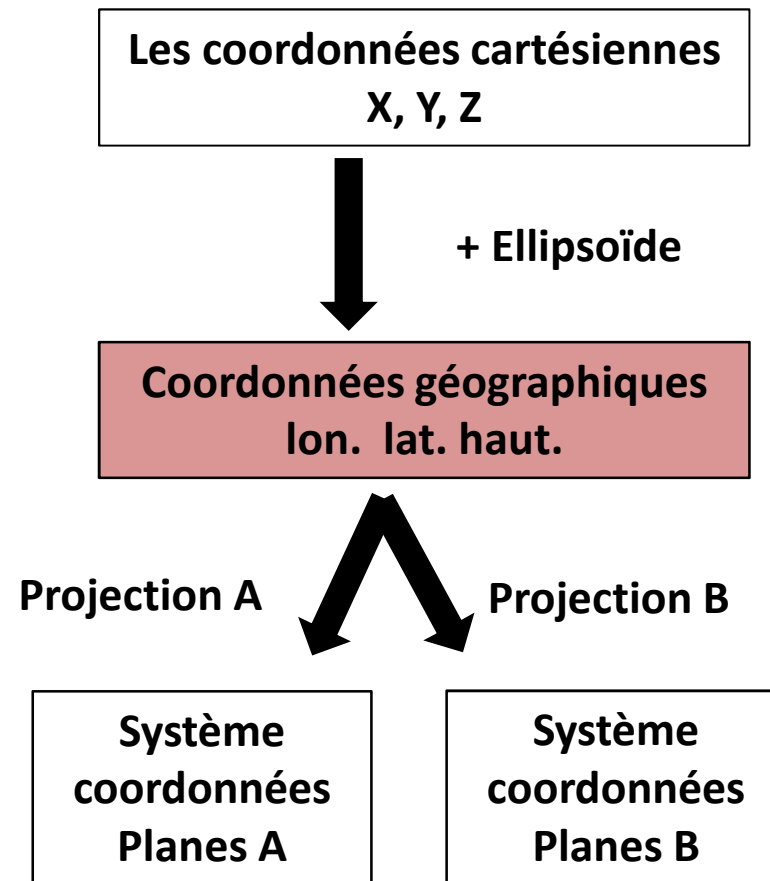
Transformation de coordonnées : nécessaire si l'on veut éviter des décalages pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres.

Sources :

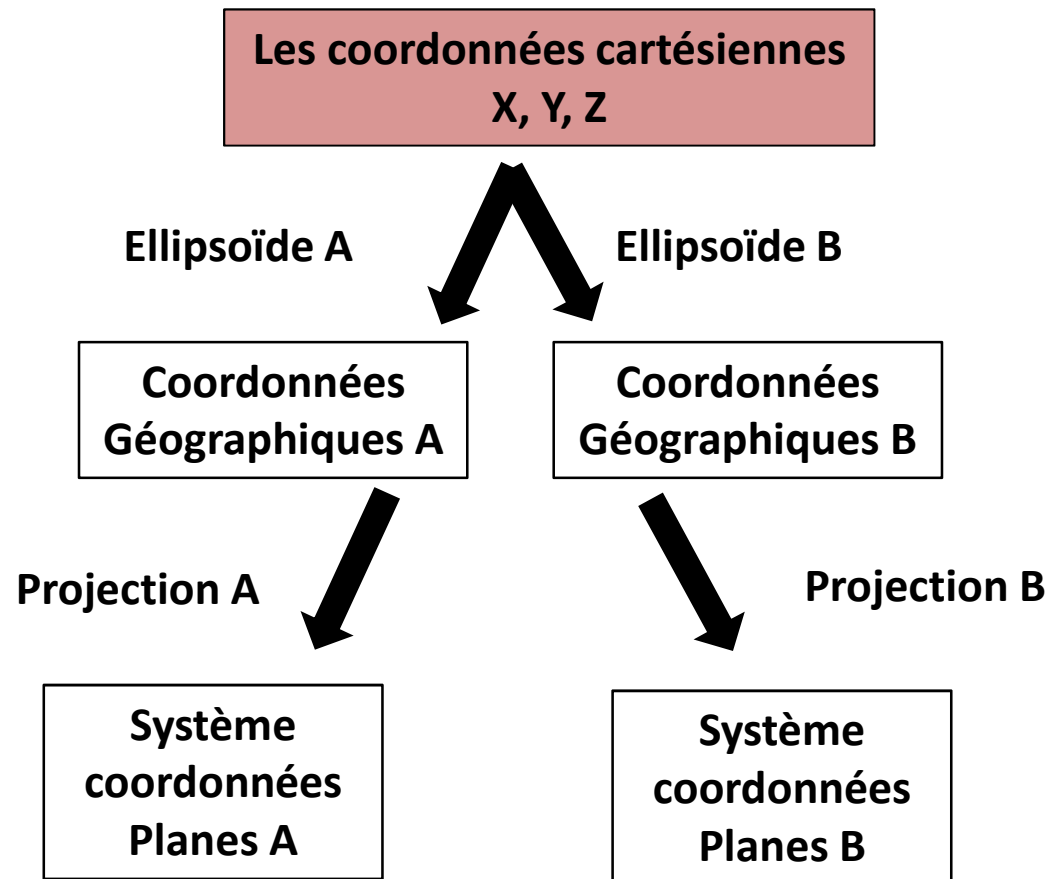
[http://ressources.esrfrance.fr/genl\\_syst\\_coord.aspx](http://ressources.esrfrance.fr/genl_syst_coord.aspx)

<http://geodesie.ign.fr/>

**Cas 1:** seul la projection change (système géodésique identique). Le changement de système géodésique s'effectue au niveau des coordonnées en latitude et longitude.



**Cas 2:** le système géodésique change (ellipsoïde différent). Le changement de système géodésique s'effectue au niveau des coordonnées cartésiennes géocentriques (X, Y, Z).



Système de coordonnées géographiques	Longitude	Latitude
NTF (méridien de Paris)	5°24'0" Est	48°36'00,0" Nord
NTF (méridien de Greenwich)	7°44'14,0" Est	48°36'00,0" Nord
ED50 (Greenwich)	7°44'16,4" Est	48°36'03,0" Nord
WGS84 (Greenwich)	7°44'12,2" Est	48°35'59,9" Nord

Source :IGN

### Processus de changement de système:

**Cas 1:** seul la projection change (système géodésique identique). Le changement de système géodésique s'effectue au niveau des coordonnées en latitude et longitude. **Lors de l'affichage ArcGIS fait ça à la volée.**

**Cas 2:** le système géodésique change (ellipsoïde différent). Le changement de système géodésique s'effectue au niveau des coordonnées cartésiennes géocentriques (X, Y, Z). **ArcGIS fait également ça à la volée lors de l'affichage.** Mais si vous avez besoin de faire des opérations entre les couches de systèmes géodésiques différents vous devez effectuer le changement de système. Plusieurs outils sous ArcGis le permettent.

Sources :

[http://ressources.esrifrance.fr/genl\\_syst\\_coord.aspx](http://ressources.esrifrance.fr/genl_syst_coord.aspx)

<http://geodesie.ign.fr/>

Saisissez votre recherche ici

- Favoris
  - GCS\_WGS\_1984
  - WGS\_1984
- Systèmes de coordonnées géographiq
  - Afrique
  - Amérique du Nord
  - Amérique du Sud
  - Antarctique
  - Asie
  - Australie et Nouvelle Zélande

Système de coordonnées courant :

GCS\_WGS\_1984  
WKID : 4326 Autorité : EPSG

Angular Unit: Degree (0.0174532925199433)  
Prime Meridian: Greenwich (0.0)  
Datum: D\_WGS\_1984  
Spheroid: WGS\_1984  
Semimajor Axis: 6378137.0  
Semiminor Axis: 6356752.314245179  
Inverse Flattening: 298.257223563

Transformations...

Saisissez votre recherche ici

- Vertical Perspective (world)
- WGS 1984 EASE Grid Global
- WGS 1984 PDC Mercator
- WGS 1984 Plate Carree
- WGS 1984 Web Mercator (auxiliary)
- WGS\_1984 World Mercator
- Winkel I (world)
- Winkel II (world)
- Winkel Tripel (NGS - world)
- Monde (basé sur la sphère)

Système de coordonnées courant :

WGS\_1984 World\_Mercator  
WKID : 3395 Autorité : EPSG

Projection: Mercator  
False\_Easting: 0.0  
False\_Northing: 0.0  
Central\_Meridian: 0.0  
Standard\_Parallel\_1: 0.0  
Linear Unit: Meter (1.0)

Geographic Coordinate System: GCS\_WGS\_1984

Transformations...

Saisissez votre recherche ici

- NTF (Paris) Sud France
- NTF France I (degrees)
- NTF France II (degrees)
- NTF France III (degrees)
- NTF France IV (degrees)
- NTF Lambert Zone I
- NTF Lambert Zone II
- NTF Lambert Zone III
- NTF Lambert Zone IV
- RGF 1003 CC12

Système de coordonnées courant :

NTF\_Lambert\_Zone\_III  
WKID : 102587 Autorité : ESRI

Projection: Lambert\_Conformal\_Conic  
False\_Easting: 600000.0  
False\_Northing: 3200000.0  
Central\_Meridian: 2.337229166666667  
Standard\_Parallel\_1: 44.1  
Scale\_Factor: 0.999877499  
Latitude\_Of\_Origin: 44.1  
Linear Unit: Meter (1.0)

Transformations...