



Information géographique

Coordonnées géographiques et projections cartographiques

Dernière mise à jour: 2023-09-26

Coordonnées géographiques & projections

Une information géographique est forcément décrite par **une position** et **une forme** sur la surface de la Terre.

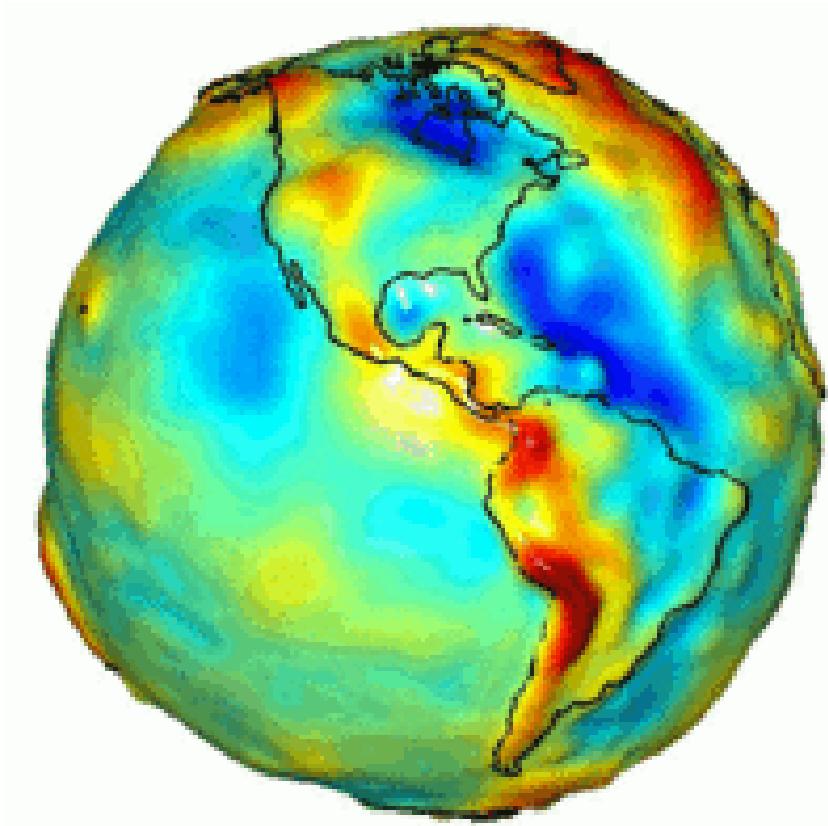
- Sur quel **référentiel** se base-t-on pour localiser un objet sur Terre ?
- Comment détermine-t-on **les coordonnées géographiques** d'un objet géographique ?
- Qu'est-ce qu'une **projection cartographique** ?

Comprendre les méthodes de localisation et de projection de l'information géographique est fondamental pour **correctement gérer le système de coordonnées géographiques et la projection cartographique d'une couche dans un SIG**.

1. Modéliser pour localiser

La planète Terre n'est pas une sphère parfaite...

« La Terre est bleue comme une orange » (Paul Eluard, *L'amour la poésie*)



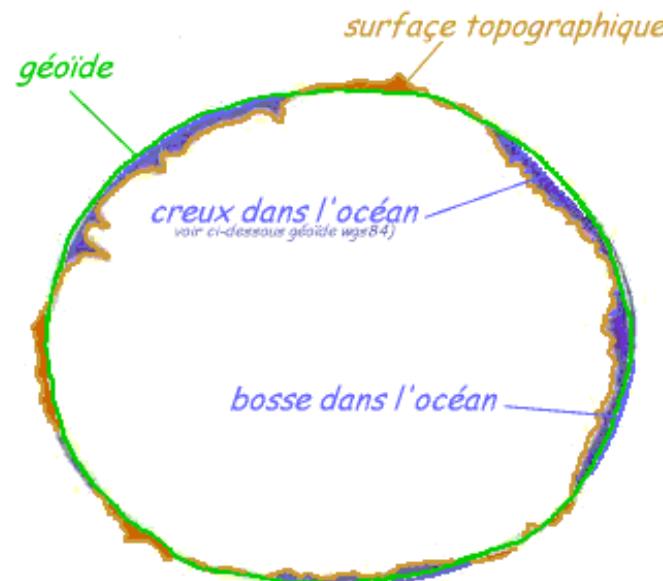
Source : NASA, University of Texas for Space Research, 2002

Le géoïde terrestre

La Terre n'est pas une sphère qui est une forme géométrie dite parfaite. Elle est légèrement aplatie aux pôles et bosselée selon les continents. Son apparence sphérique lorsqu'on l'observe depuis l'espace masque les nombreuses petites irrégularités de sa surface.

Toute mesure ayant besoin d'une référence, on modélise la forme de la Terre selon le modèle théorique du géoïde.

Un géoïde est une surface équipotentielle du champ de pesanteur coïncidant « au mieux » avec le niveau moyen des océans et qui se prolonge sous les continents.



La **surface du géoïde** équivaut au **niveau d'altitude 0** à l'échelle mondiale. La notion d'**altitude** traduit donc **la hauteur au-dessus du géoïde**.

Pour la France, il est calé sur un niveau zéro scellé dans le port de Marseille et mesuré par le **Marégraphe de Marseille** depuis 1885.

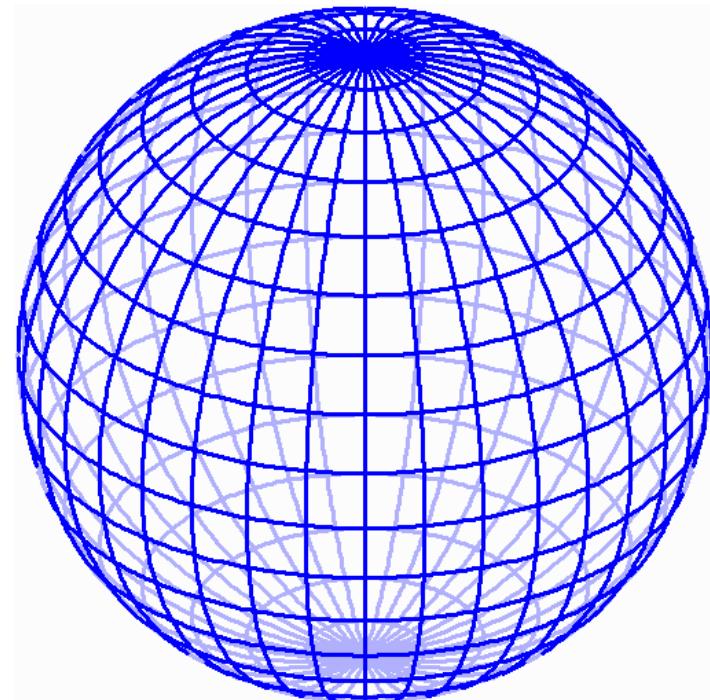


Formalisation mathématique du géoïde

Le géoïde est une **surface difforme** à laquelle on ne saurait appliquer des **relations mathématiques**.

Pour modéliser cette surface, on utilise une **figure géométrique régulière: l'ellipsoïde**.

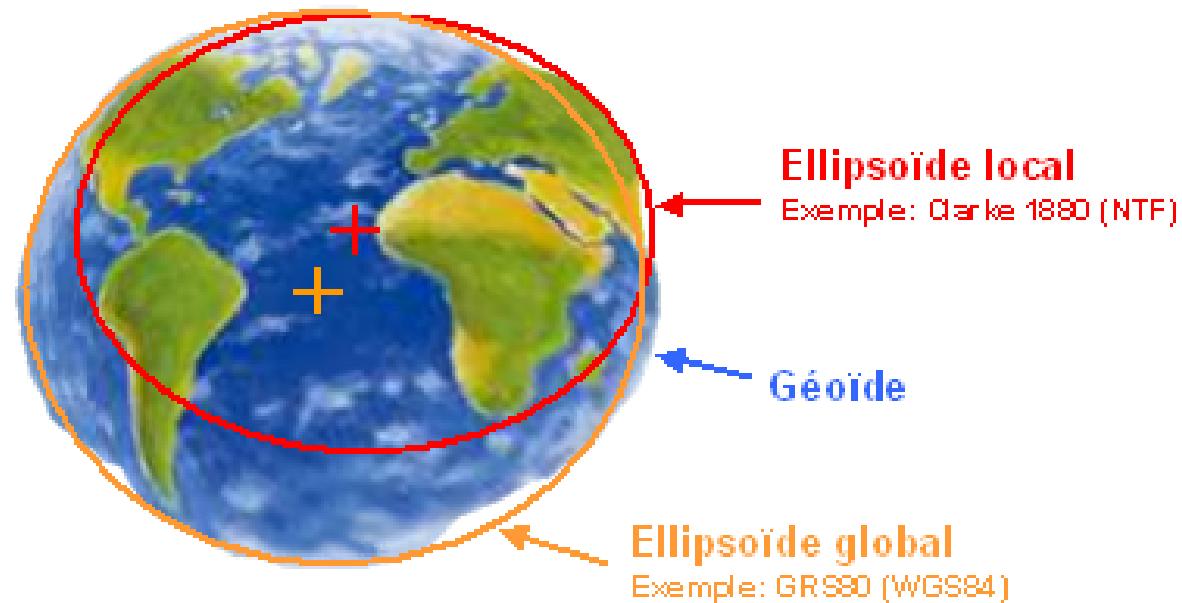
Il s'agit d'un volume globalement sphérique présentant un aplatissement aux pôles.



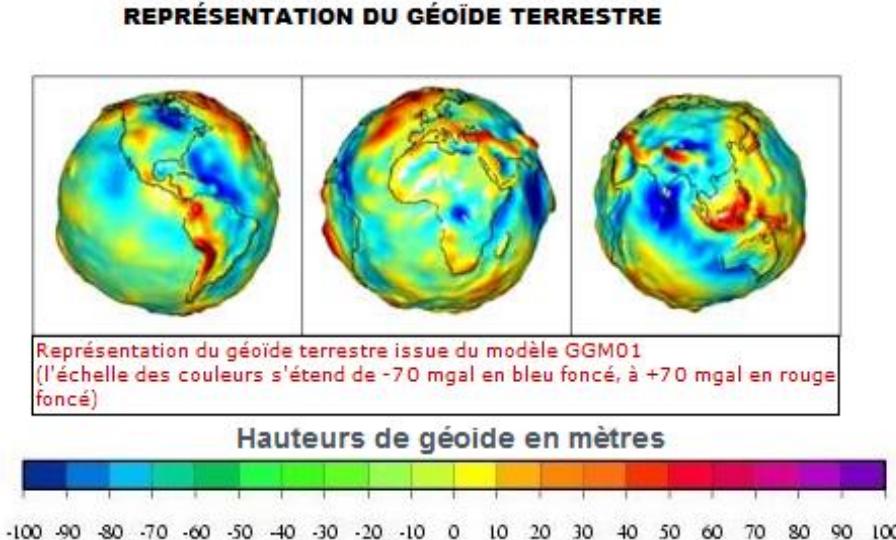
L'ellipsoïde terrestre

L'ellipsoïde est la surface mathématique qui se rapproche le plus du géoïde.

Il sert de **référence pour la construction des projections cartographiques**. Positionner l'ellipsoïde en fonction du géoïde permet de construire **un système géodésique**.



Ecart ellipsoïde-géoïde



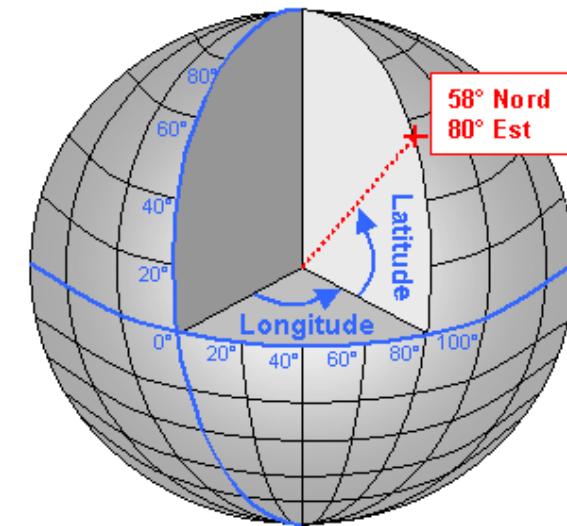
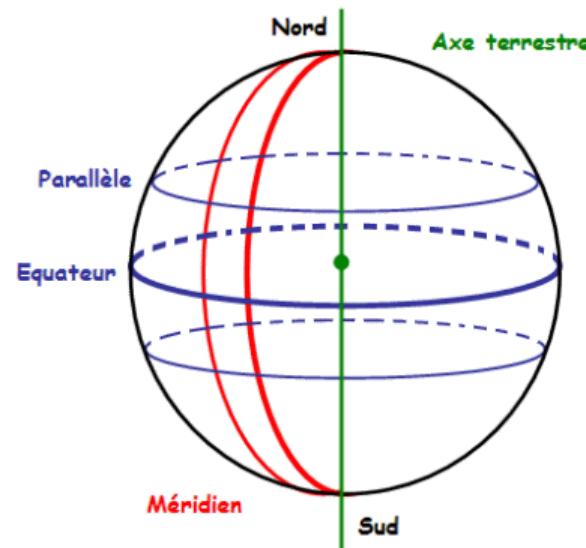
Les couleurs traduisent l'écart entre le géoïde et l'ellipsoïde. Cela se nomme la 'hauteur', et ne dépasse pas 110 mètres !

Si la forme de la terre n'est pas régulière, elle se rapproche donc fortement d'un ellipsoïde

Il est important de noter que l'altitude d'un point est calculé par rapport à son l'éloignement vertical à la surface du géoïde et pas à celle de l'ellipsoïde de référence.

Les systèmes géodésiques

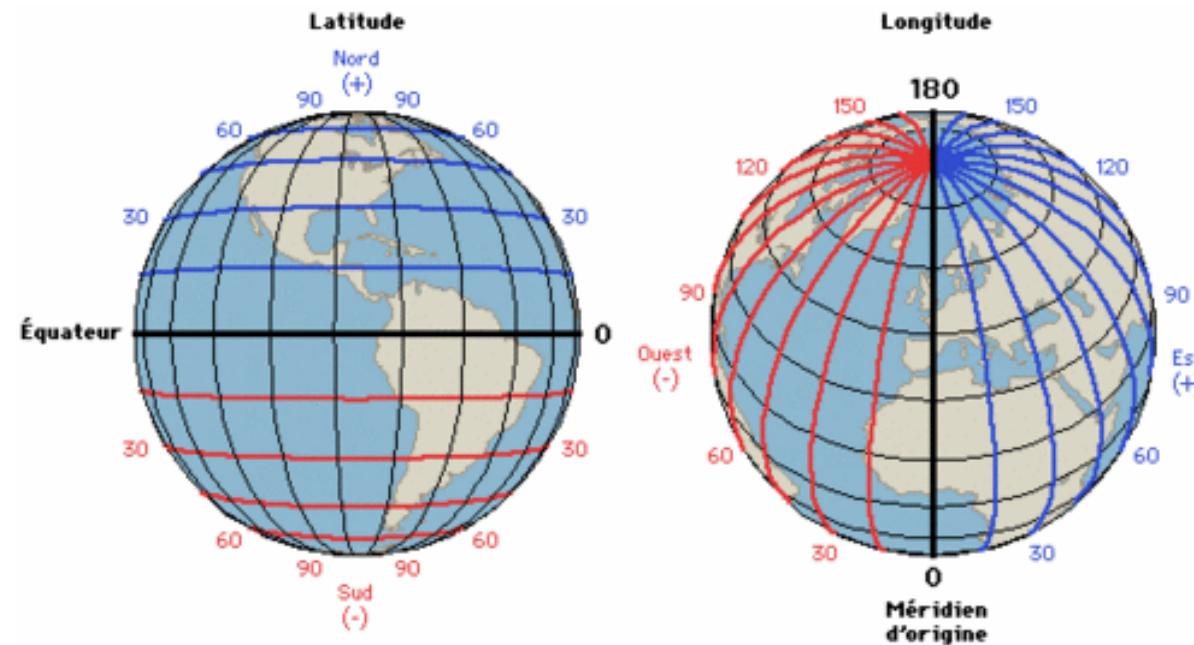
Un **système géodésique** sert de repère pour déterminer les coordonnées géographiques (ou géodésiques) d'un objet à la surface de la Terre.



Ces coordonnées sont des **valeurs angulaires**, calculées par rapport à un **parallèle (équateur)** et un **méridien de référence (Greenwich)**. Les coordonnées d'un objet traduit (au minimum) deux dimensions : la **latitude** et la **longitude**.

Les coordonnées géographiques

Les **coordonnées géographiques** peuvent être exprimées en **degrés décimaux (DD)** ou en **Degrés-minutes-secondes (DMS)**



Les systèmes géodésiques à connaître

Un même **ellipsoïde** peut être positionné différemment par rapport au **géoïde**, et ainsi constituer des systèmes de référence géodésiques **différents**. Le même objet n'aura pas les mêmes coordonnées géographiques dans différents systèmes géodésiques.

- **WSG84 (World Geodesic System 1984)**

Le plus utilisé au monde. C'est ce système géodésique qui est utilisé pour le GPS (système de positionnement par satellites).

- **ITRS (International Terrestrial Reference System)**

Le plus précis à l'échelle mondiale (précision centimétrique).

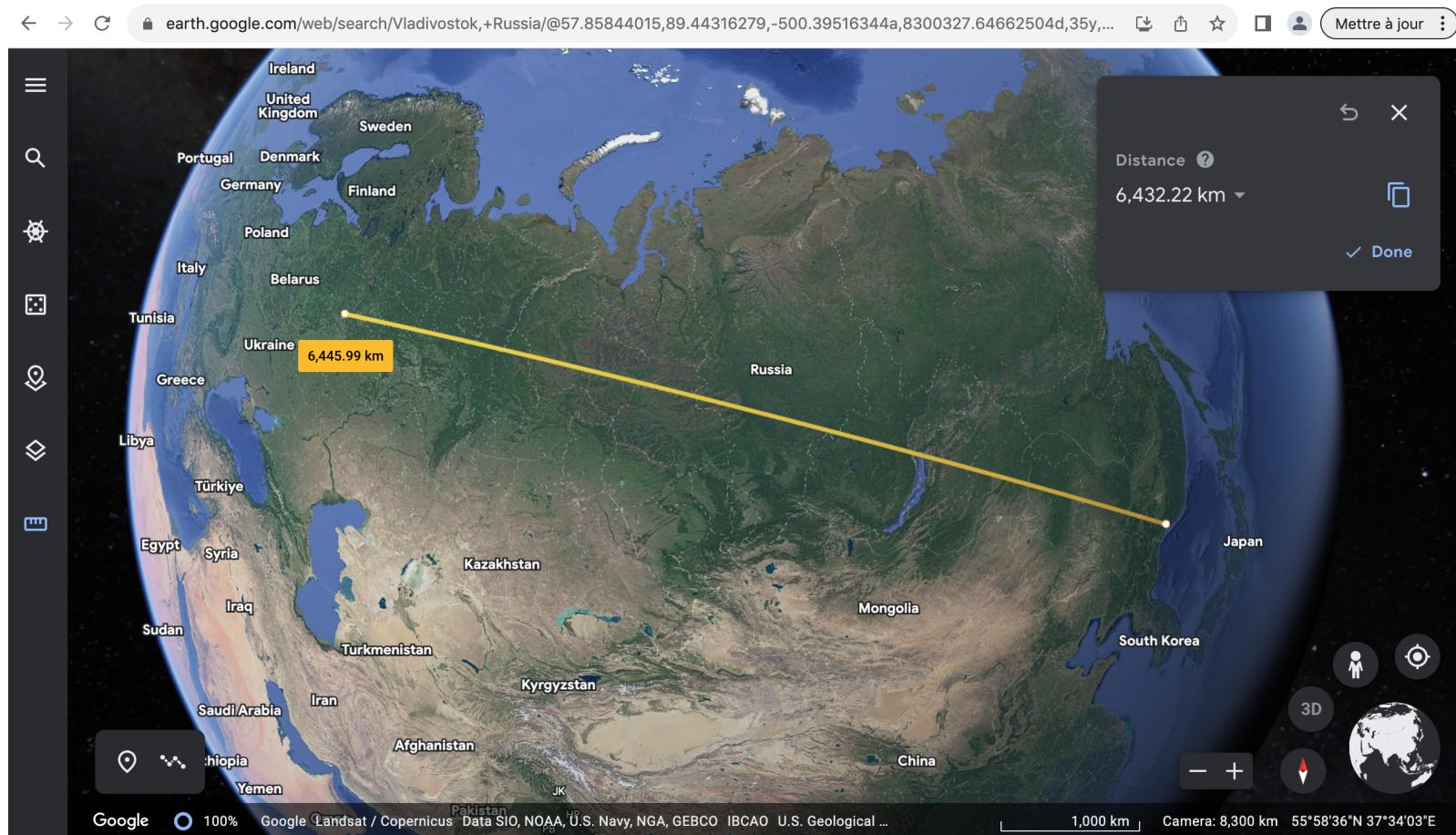
- **RGF93 (Réseau Géodésique Français 1993)**

Système géodésique officiel en France métropolitaine.

- **NTF (Nouvelle Triangulation de la France)** *Ancien système géodésique français de référence, couvrant le territoire métropolitain.*

2. Projeter pour cartographier

Passer de la sphère...



...au plan...

The screenshot shows the flightradar24 website interface. On the left, a detailed flight card for flight AFL1756 is displayed. The flight is operated by Aeroflot (SU1756) and is an A359. The departure is from MOSCOW (MSK UTC +03:00) at SCHEDULED 5:00 PM, ACTUAL 6:18 PM. The arrival is to VLADIVOSTOK (+10 UTC +10:00) at SCHEDULED 8:20 AM, ESTIMATED 8:51 AM. The distance is 5,635 km, traveled 6:15 ago, with 999 km remaining in 01:17. Below the flight card is an advertisement for ibis budget.

The main part of the screen is a world map showing the flight path of AFL1756. The route starts in Europe, crosses Russia, and ends in Asia. A purple line indicates the current flight path, and a red dot marks the current position. The flightradar24 logo and search bar are visible at the top right. At the bottom, there are several navigation buttons: Settings, Weather, Filters, Widgets, and Playback. A promotional box for B2B services is also present.

...provoque des déformations !

Les projections cartographiques

Un système géodésique permet de localiser un objet sur une surface en 3 dimensions

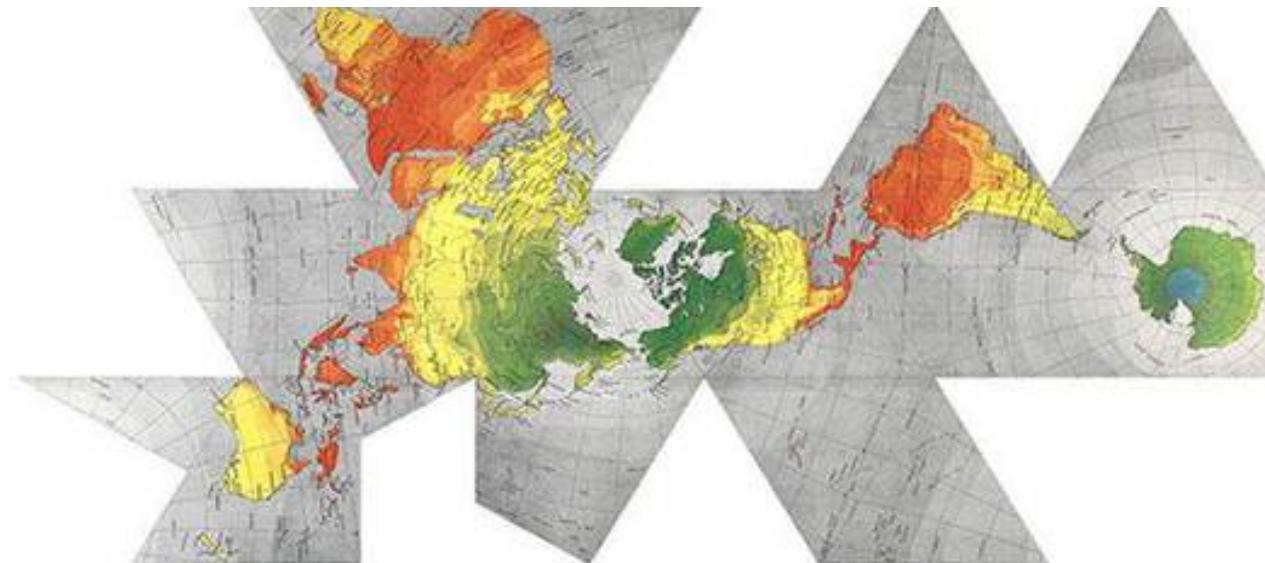


Mais comment représenter l'information géographique sur un plan en deux dimensions, sur une carte ?

Les projections cartographiques

Une **projection** est un **procédé mathématique** permettant de passer de l'ellipsoïde à **sa représentation sur une surface plane**.

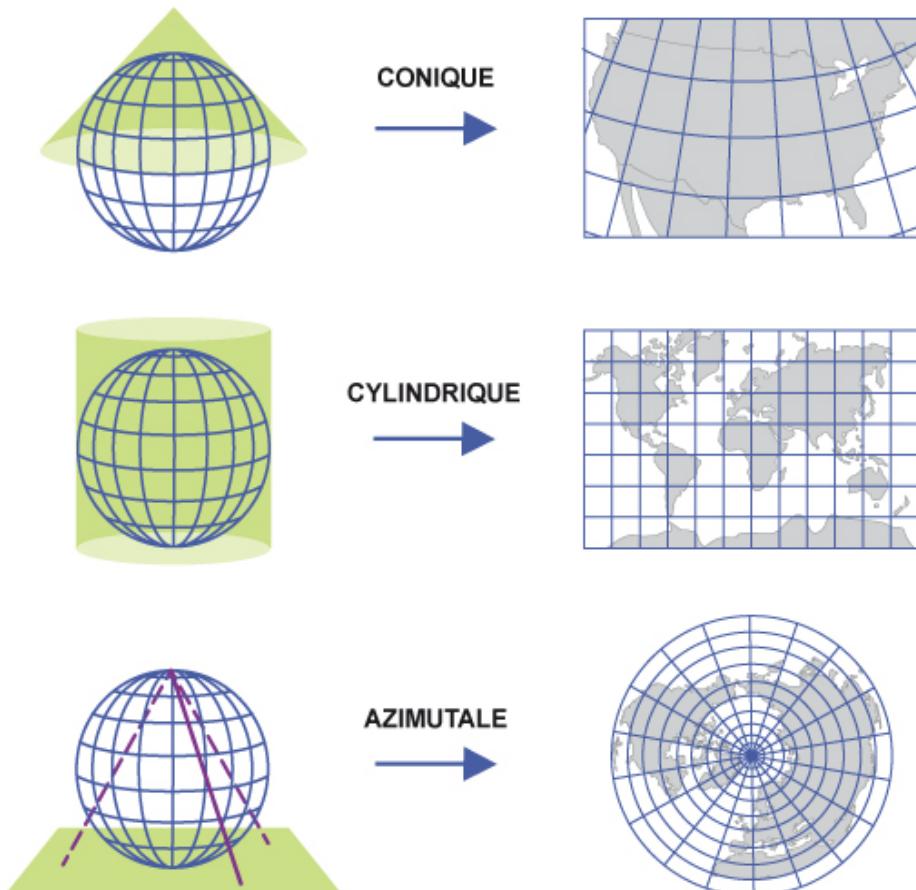
Toutes les projections provoquent des déformations. Plus l'espace représenté est vaste, plus les altérations sont importantes.



Les projections cartographiques peuvent se classer selon **le type d'altération** et **la surface de projection**.

Surfaces de projection

Un ellipsoïde peut être projeté sur différentes surfaces, facilement **représentables en deux dimensions**.



Le cône, le cylindre et le plan sont des formes géométriques développables.

Dans la **projection conique** les méridiens et les parallèles sont projetés sur un cône qui est tangent avec le parallèle souhaité. Cette projection permet d'établir des cartes assez fidèles à la réalité dans les régions voisines du parallèle de contact. Par contre les régions éloignées sont très déformées et souvent un des deux hémisphères ne peut être cartographié en même temps que l'autre.

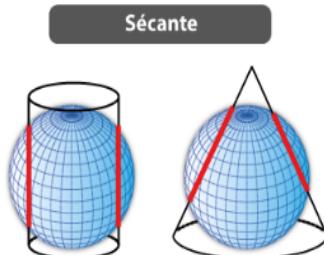
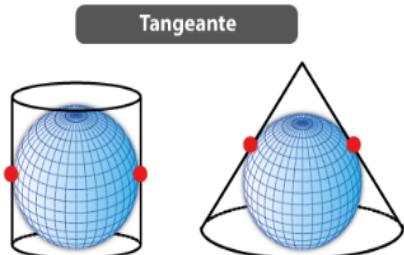
Une **projection cylindrique** est la projection de la Terre sur un cylindre tangent à un grand cercle ou sécant en deux cercles. Lorsque la sphère est projetée sur un seul cylindre, il y a une importante distorsion des hautes latitudes, où les surfaces sont considérablement agrandies.

Une **projection azimutale** est une manière de projeter une sphère sur un plan, et en particulier, une façon de représenter entièrement la surface de la Terre sous la forme d'un disque.

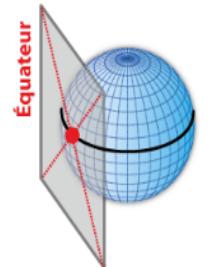
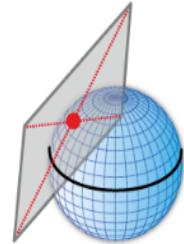
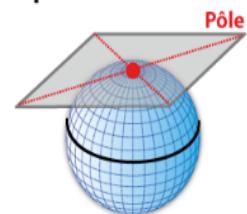
Surfaces de projection

Un ellipsoïde peut être projeté sur différentes surfaces, facilement **représentable en deux dimensions**.

Point/zone de contact



Aspect



Direct

Oblique

Transverse

Pour un plan **tangent**, le cône, le cylindre ou le plan ne touchent la Terre que le long d'une seule droite ou qu'à un point.

Dans le cas d'un **plan sécant**, le cône ou le cylindre coupent au travers de la Terre au moyen de deux cercles.

Le lieu du point de contact définit l'endroit où les distorsions sont les moins importantes. Il est appelé **parallèle de référence**

Les projections planes peuvent être orientées de différentes manières : **polaire (directe)**, **équatoriale (transverse)** et **oblique**.

Le choix du centrage...

Il n'y a pas de règle pour l'orientation et le centre d'une projection, mais ce choix n'est pas anodin...



Le choix du centrage...

Il n'y a pas de règle pour l'orientation et le centre d'une projection, mais ce choix n'est pas anodin...



Le choix du centrage...

Il n'y a pas de règle pour l'orientation et le centre d'une projection, mais ce choix n'est pas anodin...



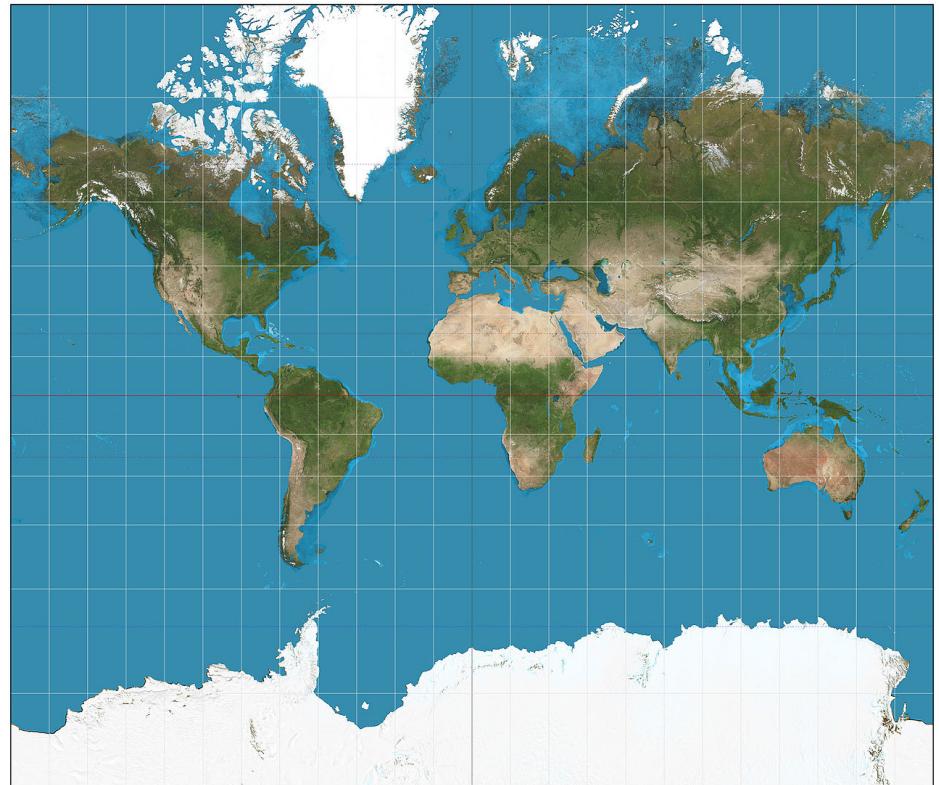
Les types de projection (déformations)

Les projections peuvent être classées selon les **altérations géométriques** qu'elles provoquent.

Projections conformes

Conservent localement les angles, donc les formes. Les méridiens et parallèles se coupent à angle droit.

Les surfaces et les distances sont déformées.
Ce type de projection peut être utilisé pour la navigation maritime.



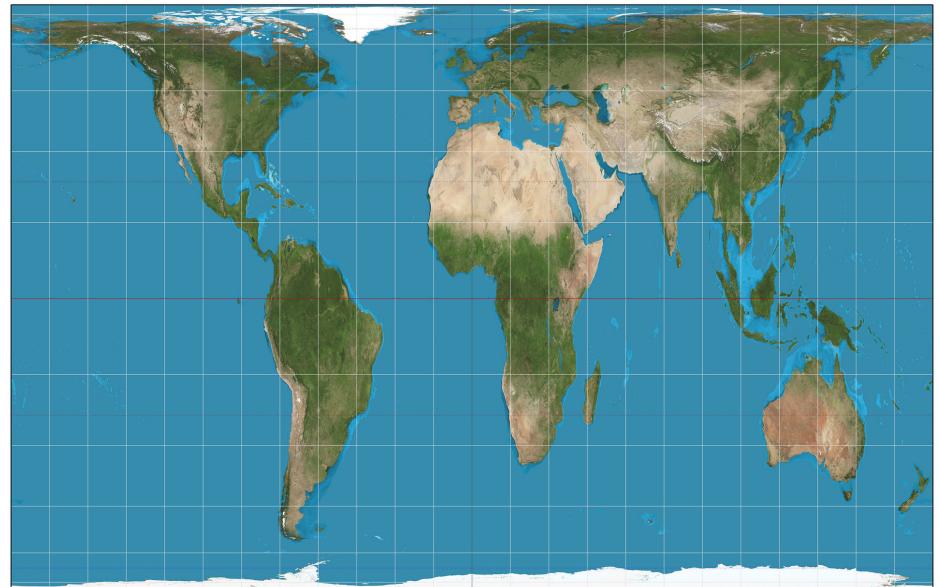
Exemple : **Projection Mercator** Gerardus Mercator (1569)

Les types de projection (déformations)

Les projections peuvent être classées selon les **altérations géométriques** qu'elles provoquent.

Projections équivalentes

Conserve localement les surfaces, mais au prix d'une **déformation des distances et des angles** de route sur la carte.



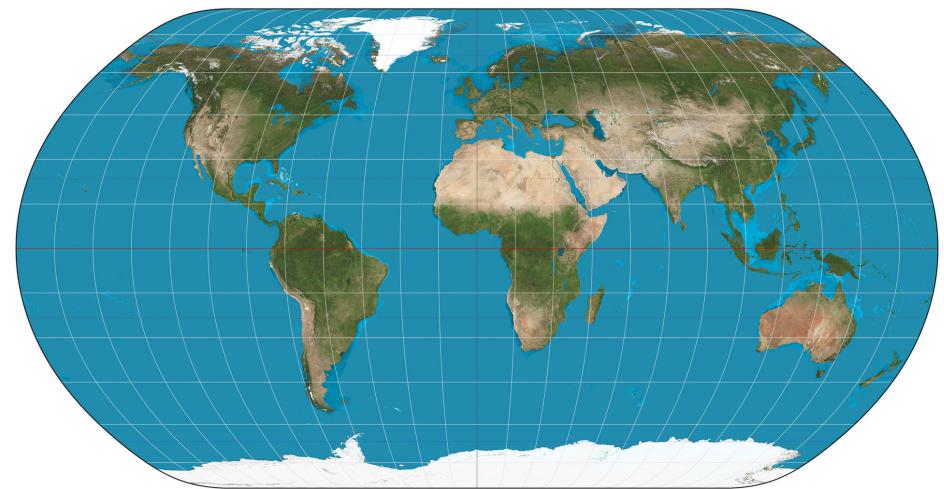
Exemple : **Projection Gall–Peters** *James Gall et Arno Peters*
(1855)

Les types de projection (déformations)

Les projections peuvent être classées selon les **altérations géométriques** qu'elles provoquent.

Projections aphylactiques

Projections **ni conformes, ni équivalentes**, mais qui cherchent à faire un **compromis acceptable** entre les inévitables déformations des surfaces, des distances et des angles sur une carte.



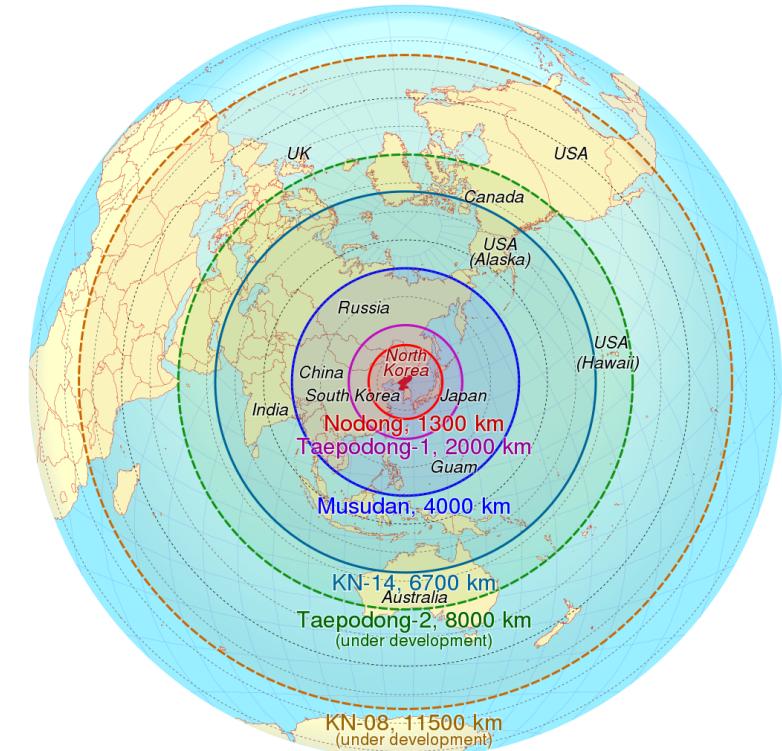
Exemple : **Projection Natural Earth** *Tom Patterson (2011)*

Les types de projection (déformations)

Les projections peuvent être classées selon les altérations géométriques qu'elles provoquent.

Projections aphylactiques (équidistantes)

La **distance et la direction**, mesurées à partir du point central, sont toutes deux exactes.



Exemple : **Projection Postel Al-Biruni** (1000 envir.)

Quelles déformations ?

Le cas controversé de la projection Mercator...

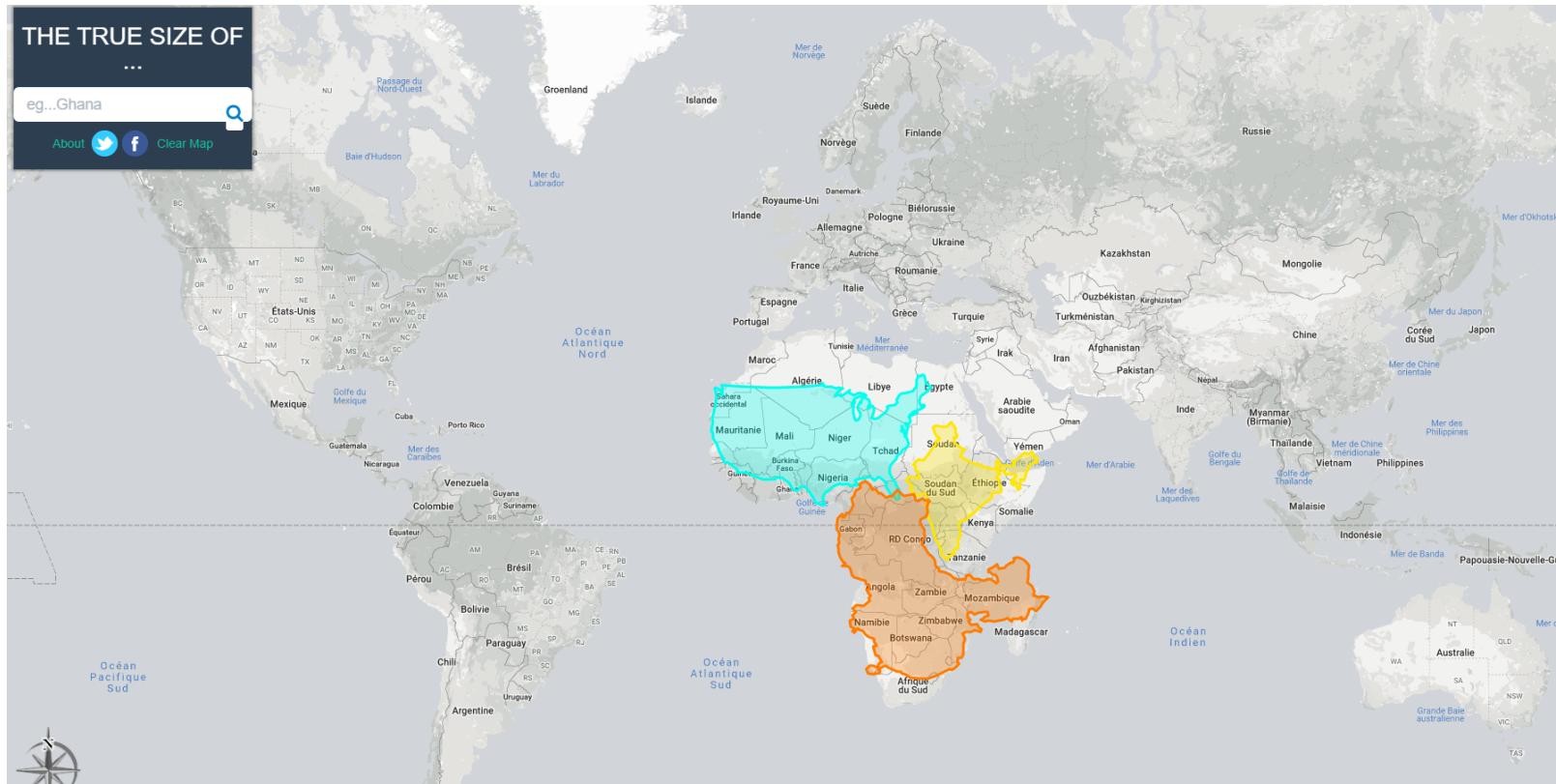


En réalité, la Russie est 2 fois moins étendue que l'Afrique...



... Et l'Amérique du Sud 8 fois plus étendue que le Groenland !

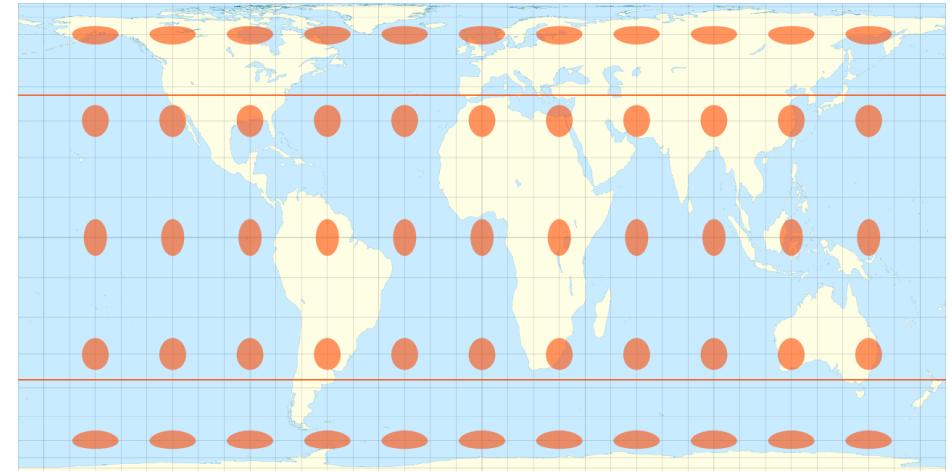
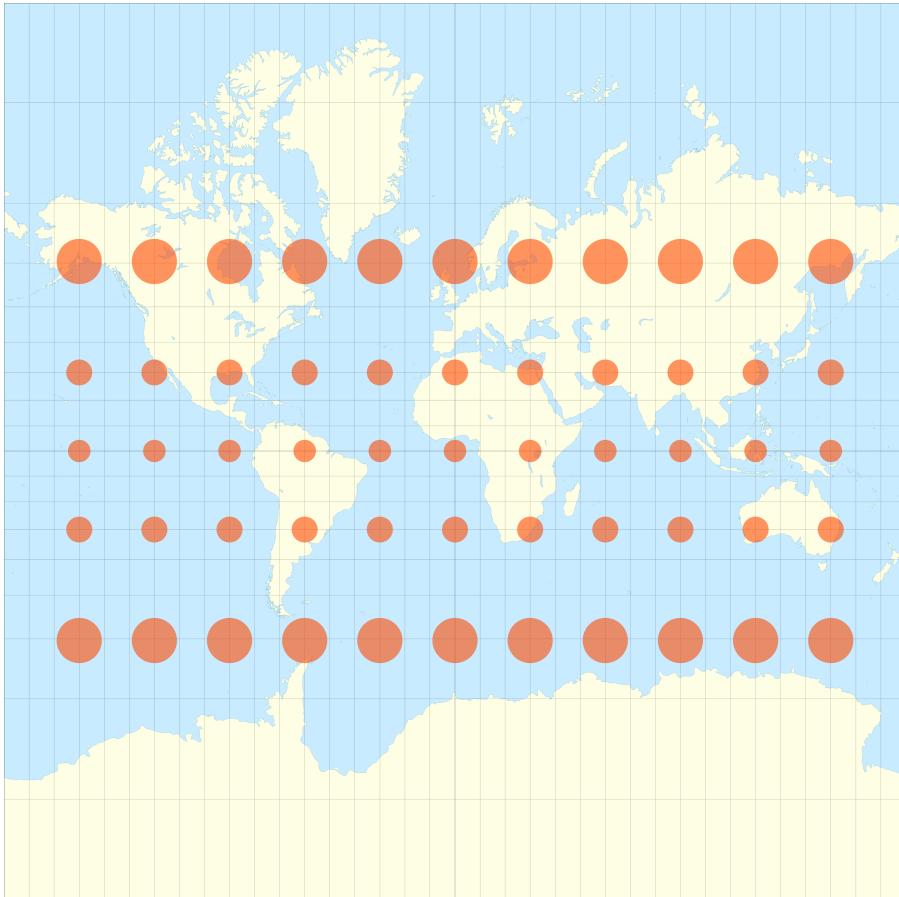
Quelles déformations ?



<https://thetruesize.com>

Quelles déformations ?

L'**indicatrice de Tissot** permet d'apprécier les déformations engendrées par l'usage d'un système de projection cartographique.



Une forme géométrique (un cercle ou une ellipse) est répétée de manière régulière sur le planisphère.

3. Quelle projection choisir ?

Des normes, des références et des choix

Le choix d'une projection cartographique ne se fait pas aléatoirement.

- En France, tout comme dans de nombreux pays, vous êtes soumis à des **normes** si vous travaillez dans le cadre d'une **mission de service public**.
- Sinon, **c'est la zone représentée, la thématique et l'objectif de la carte** qui vous permettront de choisir une projection.
 - Pour la navigation, les directions sont importantes.
 - Sur les cartes routières, les distances précises sont importantes.

Des conventions pour certaines zones géographiques :

- Pour les régions de basse latitude (près de l'Équateur), utilisez des projections cylindriques.
- Pour les régions de latitude moyenne, les projections coniques sont plus adaptées.
- Pour les régions polaires, plutôt des projections azimutales.

D'un point de vue général, ne pas oublier que plus la surface à représenter est importante, plus les distorsions le seront également

En France : La projection Lambert93

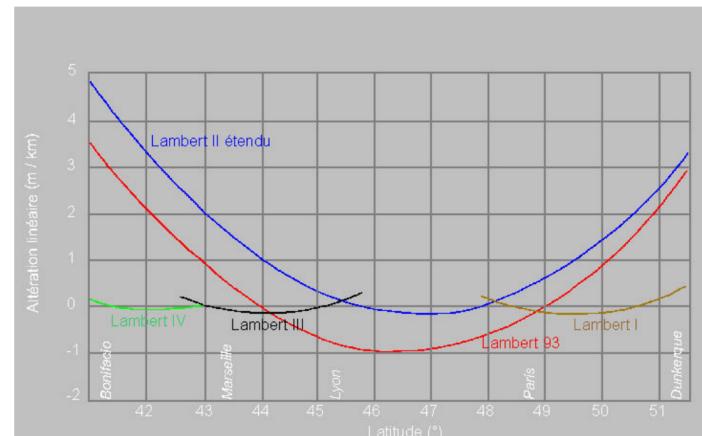
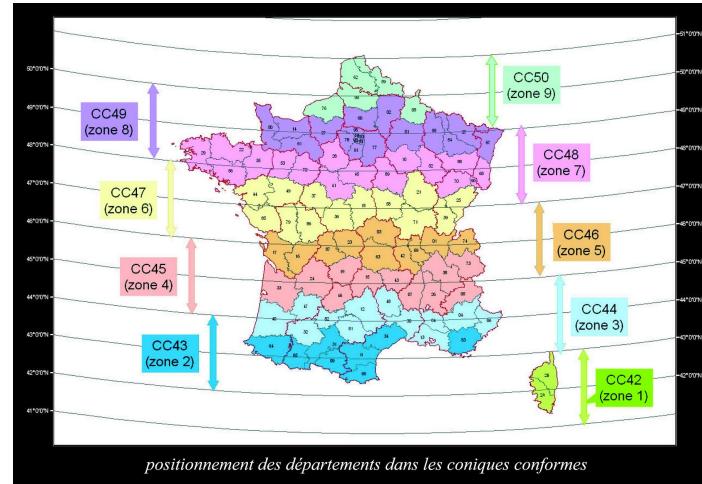
Suite à un décret du **3 mars 2006** :

Toutes les administrations de l'État, collectivités locales et entreprises chargées de l'exécution d'une mission de service public doivent utiliser le **système géodésique de référence RGF93** pour leurs échanges de données géoréférencées.

Ce système géodésique est compatible avec le système géodésique de **référence européen ETRS89** et avec le système géodésique de référence mondial **WGS84** (utilisé par le système GPS).

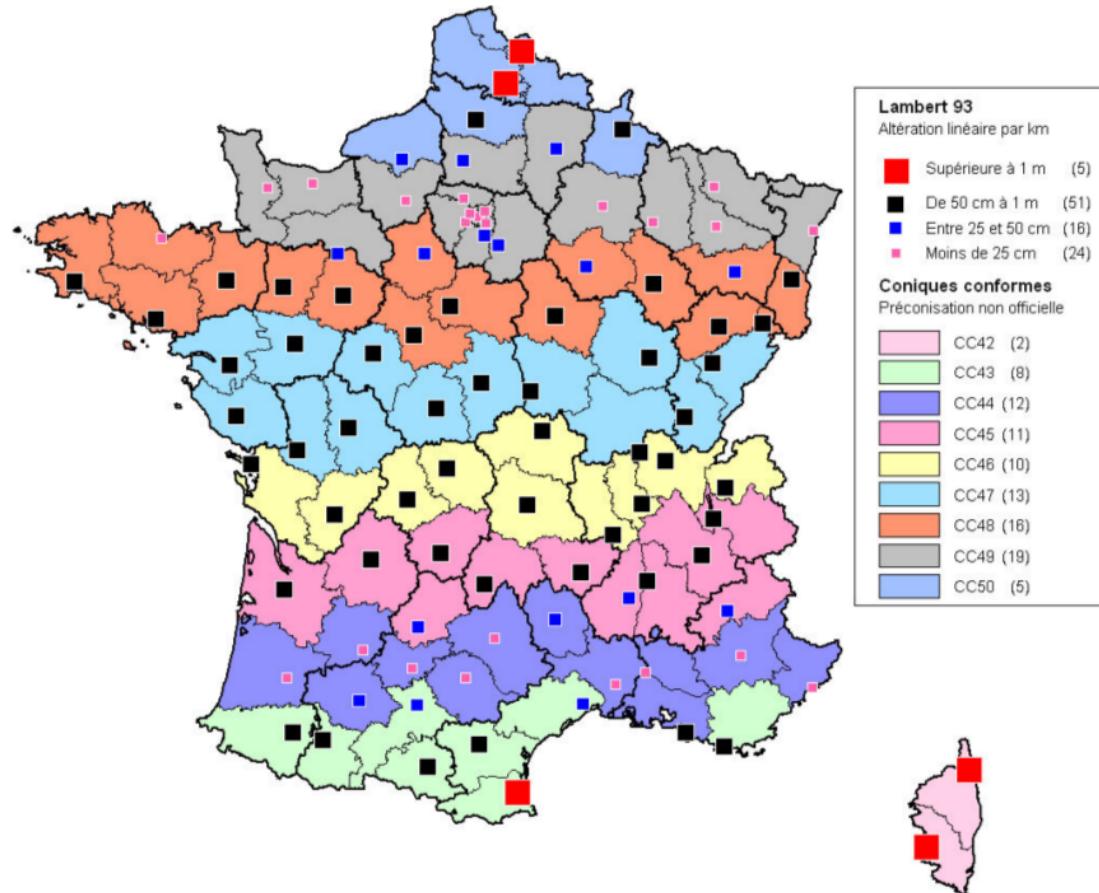
Les cartes officielles représentant l'ensemble de la France métropolitaine doivent utiliser la projection de référence **Lambert93 Conique Conforme**. 9 variantes de cette projection existent, elles couvrent 9 zones s'étalant du Nord au Sud et doivent être utilisées pour la cartographie locale.

Source : Géoréférencement et RGF93, théorie et concepts, 2008



En France : La projection Lambert93

Les déformations engendrées par cette projection restent minimes.



Chaque pays a son propre système de projection de référence !

L'EPSG (European Petroleum Survey Group) a construit en place une base de données qui recense et identifie les systèmes de **coordonnées géographiques de projection les plus utilisés**.

epsg.io est aujourd'hui une ressource Open-Source de référence internationale.

EPSG:6923

Share on: [Twitter](#) [Pinterest](#) [G+](#)

NAD83 / Kansas LCC (ftUS)

[Transform coordinates](#)

[Get position on a map](#)

Available transformations:

- Canada - Alberta., accuracy 1.0 m, code 1702 [grid]
- Canada - Quebec., accuracy 1.0 m, code 1696 [grid]
- Canada - Saskatchewan., accuracy 1.0 m, code 1697 [grid]
- ▶ North America - onshore and offshore , accuracy 4.0 m, code 1188 (*default*) [3]
- Puerto Rico and US Virgin Islands - onshore., accuracy 1.0 m, code 1731 [grid]
- United States (USA) - Alabama., accuracy 1.0 m, code 1717 [grid]
- United States (USA) , accuracy 8.0 m, code 1251 [3]
- United States (USA) - Arizona., accuracy 1.0 m, code 1728

Selected transformation

North America - onshore and offshore
code 1188

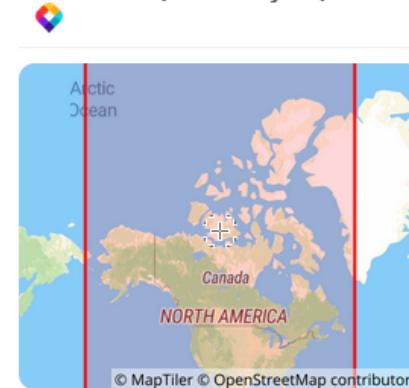
Accuracy 4.0 m (default)
3 parameters

Method: Geocentric translations (geog2D domain)

Remarks: Derived at 354 stations.

Information source: U.S. Defense Mapping Agency TR8350.2 revision of August 1993.

Covered area powered by MapTiler



Les **codes EPSG** sont des identifiants uniques pour qualifier de systèmes de projection, directement utilisables dans des SIG.

Les codes EPSG

EPSG:2154

RGF93 / Lambert-93 -- France

[Transform coordinates](#)[Get position on a map](#)

Available transformations:

▶ France , accuracy 1.0 m, code 1671 (*default*) [3]

[Hide deprecated transformations](#)

France , accuracy m, code 8573 (*deprecated*) [grid]

Selected transformation

France

code 1671

Accuracy 1.0 m (default)

3 parameters

Method: Geocentric translations (geog2D domain)

Remarks: Parameter values from RGF93 to ETRS89 (1) (code 1591) assuming that ETRS89 is equivalent to WGS 84 within the accuracy of the transformation.

Information source: OGP

Revision date: 2001-08-15

Covered area powered by MapTiler



Center coordinates

489353.59 6587552.20

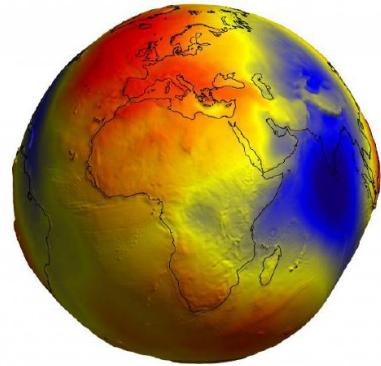
Projected bounds:

-378305.81 6093283.21

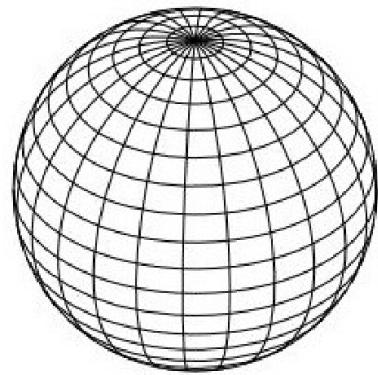
1212610.74 7186901.68

4. Ce qu'il faut retenir...

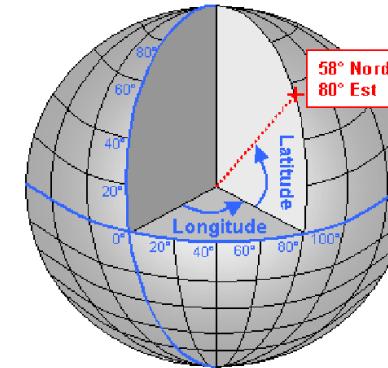
Modéliser pour localiser



+



=



Géoïde

Surface se rapprochant du **niveau moyen des océans** et qui se prolonge sous les continents.

Ellipsoïde

Figure géométrique régulière (sphère aplatie aux pôles) qui modélise au mieux le géoïde.

Système géodésique

Permet de localiser n'importe quel objet à la surface de la terre en lui attribuant une **longitude**, une **latitude** et une **altitude**.

Coordonnées géographiques

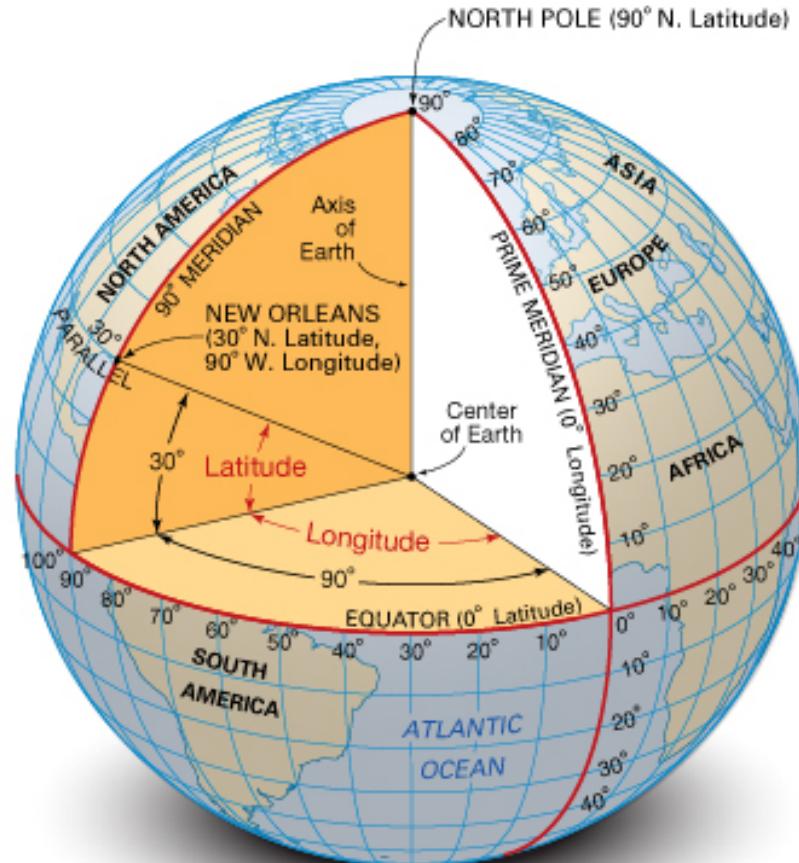
Les coordonnées géographiques sont :

- des **angles**, mesurées depuis le centre de la Terre et vers un point de la surface

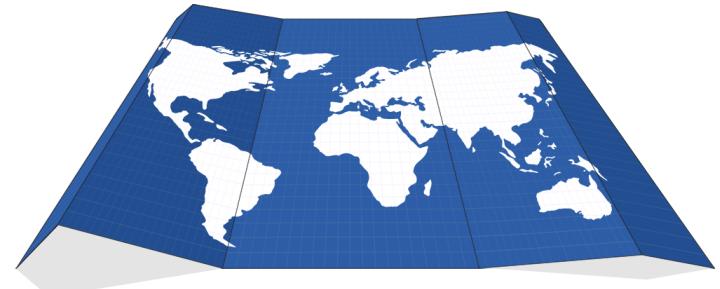
Latitude = angle avec le plan équatorial.

Longitude = angle avec le méridien de référence, Greenwich.

- exprimées en **degrés**.
- relatives à un **système géodésique** de référence (**l'ellipsoïde**).



Déformer pour représenter



Pour représenter une **surface sphérique** sur un **plan (planisphère)**, on utilise des **systèmes de projection cartographique** qui :

- déforment soit les formes/angles et conservent les surfaces (projection **équivalente**).
- soit l'inverse (projection **conforme**).
- soit tentent de **minimiser les deux déformations (projection aphylactique)**.

Les **coordonnées géographiques** sont alors **converties en coordonnées projetées** (propres à chaque projection). Elles sont exprimées en **m ou km**.

Précaution

En France, le **système géodésique de référence est le RGF93**.

La **projection officielle** pour cartographier le territoire métropolitain est la **projection conique conforme Lambert 93** et ses variantes **Lambert Conique Conforme 9 zones**.



Il faut toujours **connaître le système de coordonnées géographiques et/ou la projection utilisée** lorsque l'on manipule et représente de l'information géographique **dans un SIG ou en cartographie**.

Des questions ?