

Université Badji Mokhtar-Annaba
Faculté des Sciences de la Terre
Département d'aménagement du Territoire



UEF 1 : Analyse de l'espace géographique et Aménagement du Territoire

Année universitaire : 2020-2021

Enseignante : Mme Samia Affoun-Ikhlef

1. Géodésie, Systèmes de référence et projections

- Les projections cartographiques
- Les coordonnées géographiques
- Les échelles de représentations

1-De la terre à la carte

- Pour les **besoins cartographiques**, on doit présenter sur une surface **plane** l'image de la terre assimilée à un **ellipsoïde**, ce qui nécessite l'utilisation d'une **représentation plane** (ou **projection**).
- Les coordonnées planes ainsi obtenues permettent la **mesure directe sur la carte** (angles, surfaces), mais toutes les représentations planes engendrent des **déformations** (les distances ne sont jamais conservées)

La Terre a une forme irrégulière. Une projection s'appuie sur une [sphère](#) ou un [ellipsoïde](#) de révolution, qui sont des modèles plus ou moins proches de la forme [patatoïde](#) réelle. On commence par choisir, à partir de son [géoïde global](#), un ellipsoïde de révolution représentatif.

Il existe plusieurs ellipsoïdes en usage, dont les plus courants sont :

- [WGS 84](#)
- Clarke 1880 IGN

(WGS84 signifie *World Geodetic System* (créé en 1984).

2. Type de projection

Une fois un ellipsoïde fixé, on peut choisir le type de projection à appliquer pour obtenir une carte.

Les projections peuvent avoir diverses propriétés :

- projection équivalente : conserve localement les surfaces ;
- projection conforme : conserve localement les angles, donc les formes ;
- projection aphyllactique : elle n'est ni conforme ni équivalente, mais peut être équidistante, c'est-à-dire conserver les distances sur les méridiens.

▪ **Type de projection veut dire qualité de la projection.**

▪ **Projection = déformation**

• **Ellipsoïde**  **plan**

Une projection ne peut pas être à la fois conforme et équivalente ;

La projection passe généralement par la représentation de la totalité ou une partie de l'ellipsoïde sur une [surface développable](#), c'est-à-dire une surface qui peut être étalée sans déformation sur un plan.

Les trois formes mathématiques courantes qui répondent à ce critère (à savoir le [plan](#), le [cylindre](#) et le [cône](#)) donnent lieu aux trois types principaux de projections :

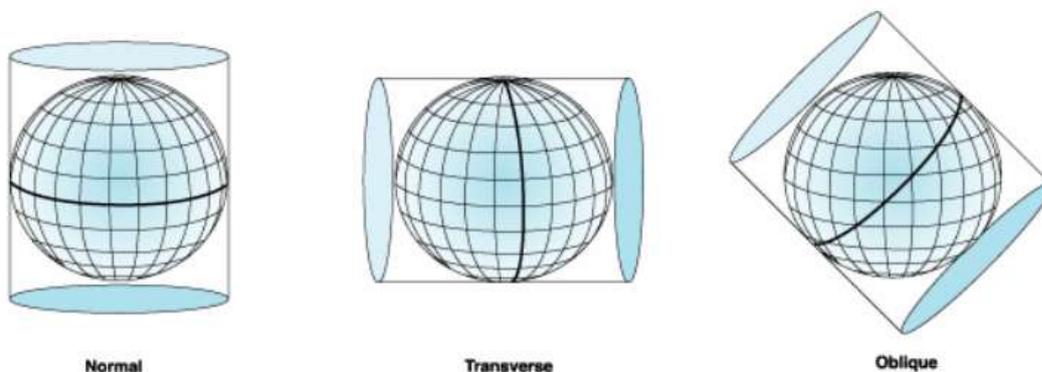
a- La projection cylindrique ;

On projette l'ellipsoïde sur un cylindre qui l'englobe. Celui-ci peut être tangent au grand cercle, ou sécant en deux cercles. Puis on déroule le cylindre pour obtenir la carte.

Exemples de projection cylindrique :

- [Projection de Mercator](#) (conforme)
- [Projection UTM](#) (conforme)

Aspects cylindriques



Un cylindre est placé sur un globe. Le cylindre peut toucher le globe le long d'une ligne de latitude (cas normal), d'une ligne de longitude (cas transverse) ou d'une autre ligne (cas oblique)

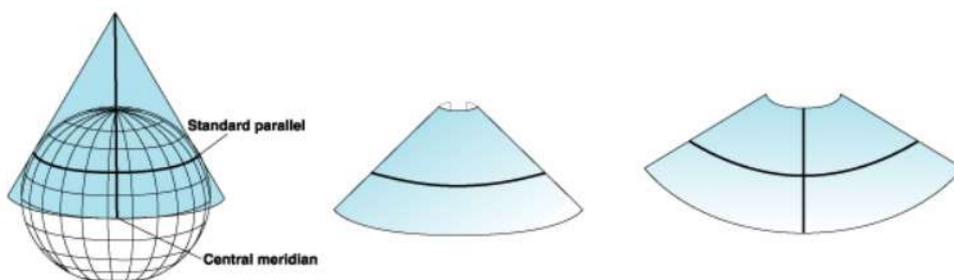
b- La projection conique ;

On projette l'ellipsoïde sur un cône tangent à une ellipse ou sécant en deux ellipses. Puis on déroule le cône pour obtenir la carte.

Exemples de projection conique :

- Projection conique conforme de Lambert
- Projection d'Albers

Projection conique (tangente)



Un cône est placé sur un globe. Le cône et globe se rencontrent le long d'une ligne de latitude. Il s'agit du parallèle de référence. Le cône est coupé le long de la ligne de longitude opposée au méridien central et aplati dans un plan.

c- la projection plane (azimutale)

Les projections planes projettent les données cartographiques sur une surface plane touchant le globe. Une projection plane est également appelée projection azimutale ou projection zénithale.

Aspects planaires



Un plan est placé sur un globe. Le plan peut toucher le globe au pôle (cas polaire), à l'équateur (cas équatorial) ou sur une autre ligne (cas oblique).

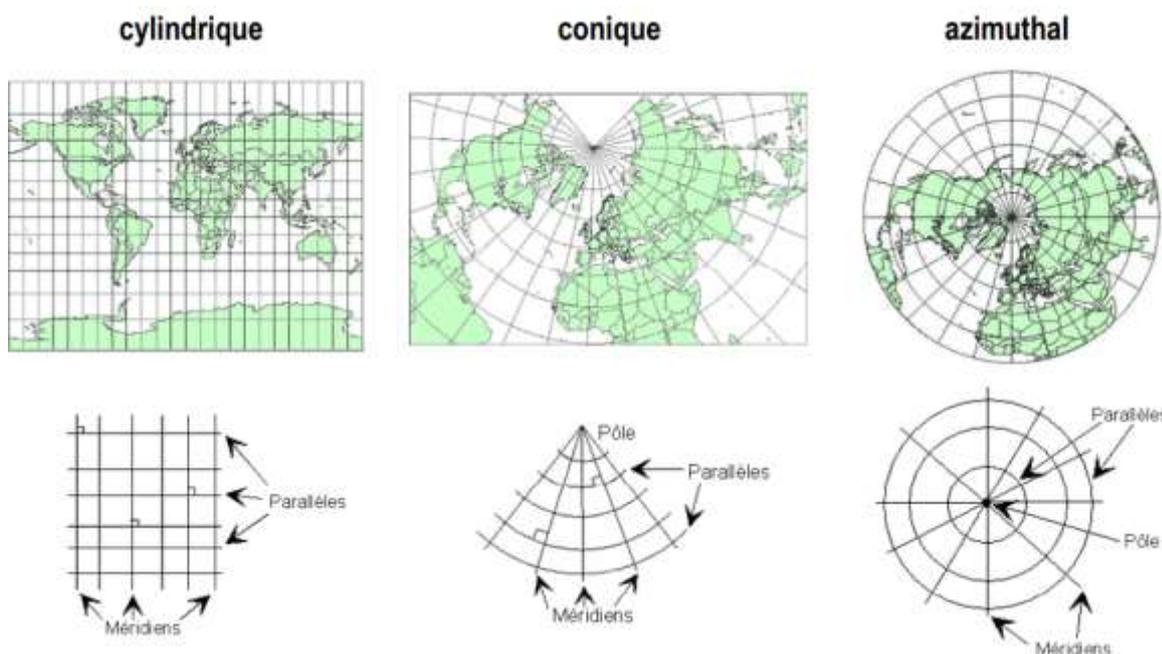


Figure 1. Forme de la surface de projection / représentation des méridiens et parallèles

3. La forme de la Terre : du géoïde à l'ellipsoïde (L'ellipsoïde, surface de référence)

Un géoïde est une **représentation de la surface terrestre plus précise que l'approximation sphérique ou ellipsoïdale**. Il correspond à une équipotentielle (dans le champ de gravité terrestre) et est défini de manière à coller au plus près à la « Surface réelle ».

Notre planète est loin d'être une sphère parfaite :

- elle est légèrement aplatie aux pôles ;
- elle est déformée par des variations du champ de gravité. Cette surface équipotentielle de pesanteur est appelée Géoïde. Schématiquement, elle correspond au niveau moyen des mers prolongé sous les continents ;
- Dans le détail, il faut également tenir compte de la topographie.

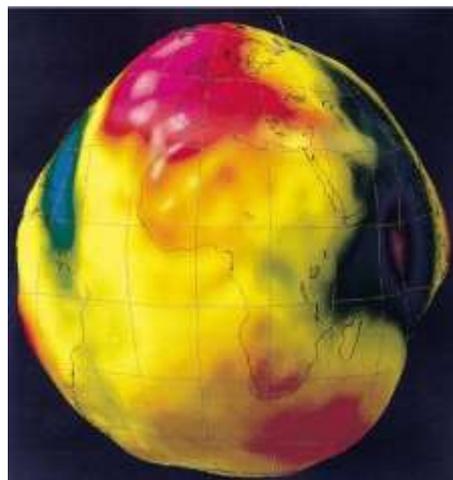


Figure 2 : le Géoïde terrestre
(Source : <https://www.cnes.fr/>)

Cette surface étant par nature complexe, on utilise par commodité une représentation géométrique simplifiée appelée **Ellipsoïde**, qui est une sphère aplatie aux pôles.

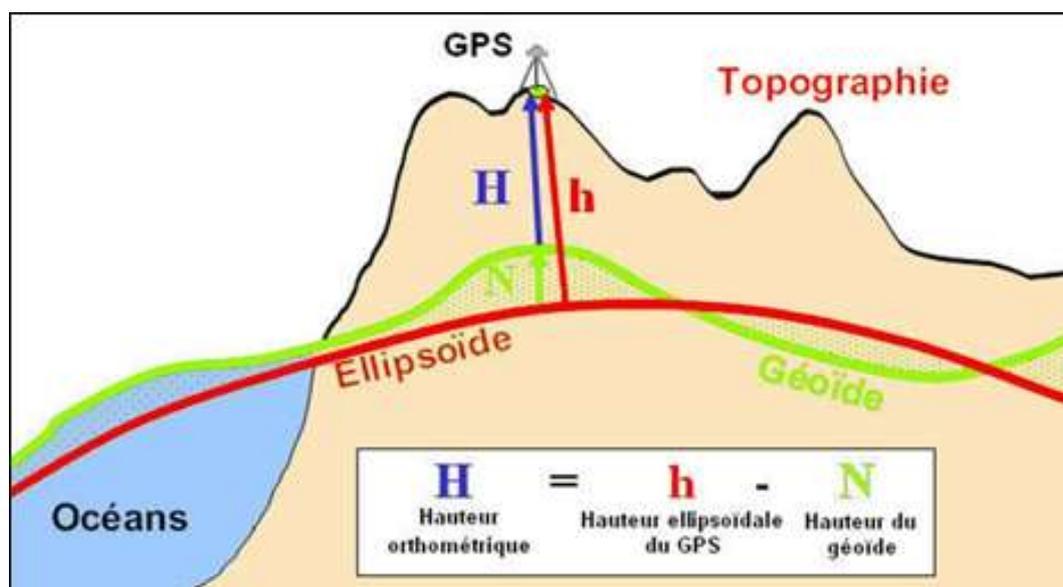


Figure 3. On dispose donc de trois surfaces de références pour décrire la surface de la terre : le géοïde, l'ellipsoïde et la surface topographique qui est encore plus complexe à appréhender dans le détail¹.

Source : Ressources naturelles Canada : http://www.geod.nrcan.gc.ca/tools-outils/gpsh_f.php

¹ **Hauteur orthométrique :** Hauteur d'un point de la surface terrestre par rapport au géοïde et qui est également perpendiculaire à l'ellipsoïde standard WGS-84, généralement présentée comme une hauteur au-dessus du niveau moyen de la mer.

4-Système géodésique

Système géodésique (SG) ou système de référence géodésique ou Datum en anglais.

Définition : Si un ellipsoïde représente approximativement la terre ;

- Un SG **définit la position de l'ellipsoïde par rapport au centre de celle-ci**. Un SG fournit le cadre de référence permettant de mesurer des emplacements à la surface de la terre. Il définit **l'origine et l'orientation** des lignes **de latitude et de longitude**

Le **WGS 84** est le **système géodésique** associé au système **GPS** ; il s'est rapidement imposé comme la référence universelle pour la cartographie.

Ce qu'il faut retenir : Un système de référence comprend trois éléments essentiels : l'ellipsoïde, le système géodésique et la projection

5. Principe de transformation géodésique

Les coordonnées géographiques sont donc calculées sur la base d'un ellipsoïde, plutôt que sur celle d'un globe. Chaque point est ainsi défini par trois coordonnées :

- λ : la longitude, angle entre le plan méridien d'origine et le méridien de m
- φ : la latitude, angle entre la perpendiculaire à l'ellipsoïde passant par m et le plan équatorial
- h : la hauteur au-dessus de l'ellipsoïde (Altitude), comptée le long de la perpendiculaire.

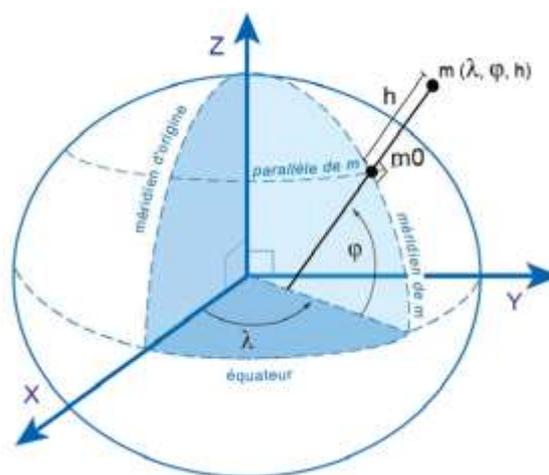


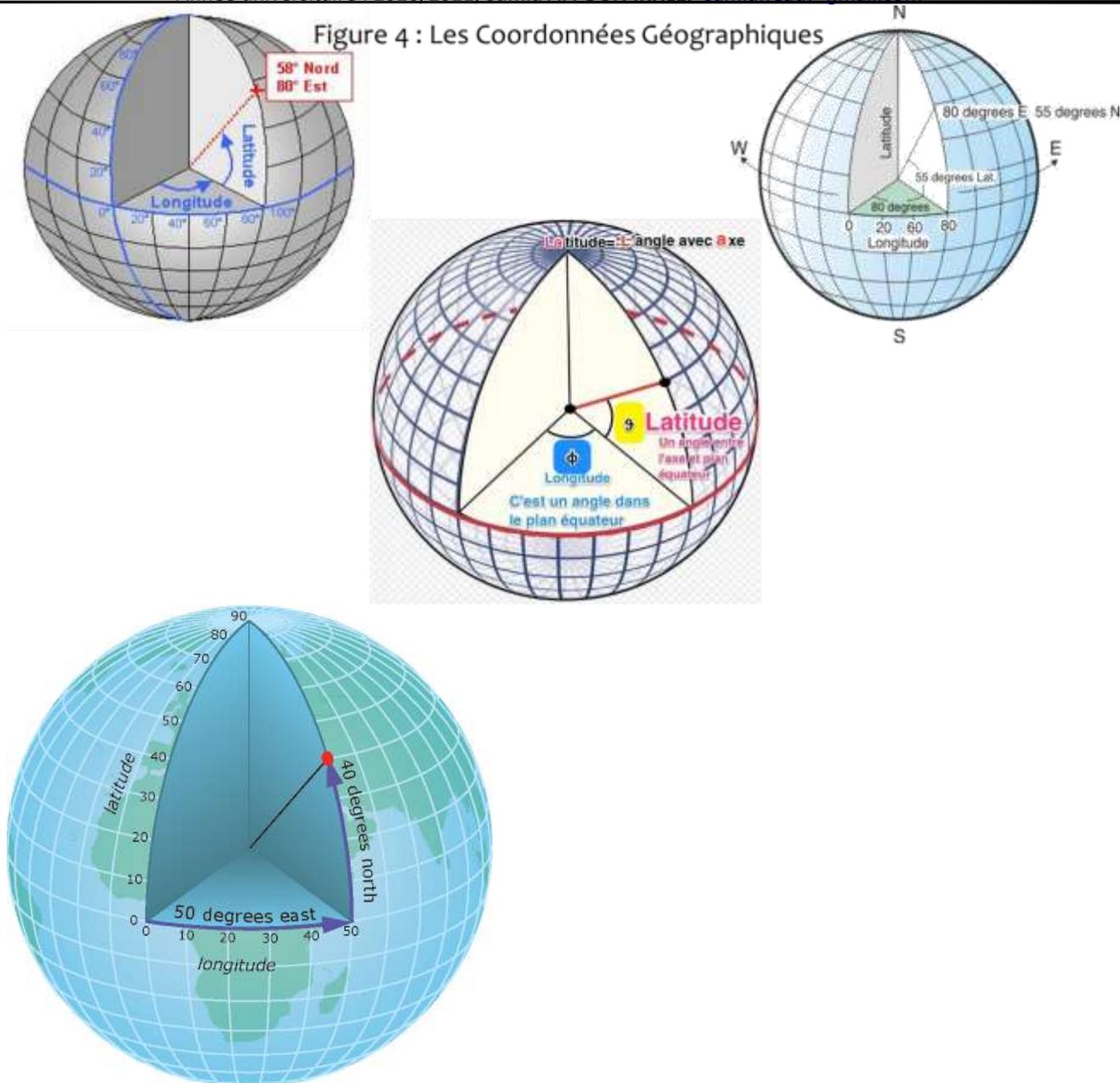
Figure 4 : Système de référence géodésique et Coordonnées géographiques par rapport à un ellipsoïde.

Source : Fiche technique n°2b, Géodésie, Systèmes de référence et projections

→ Longitude et latitude peuvent être exprimées en grades ou en degrés.

→ La hauteur (l'altitude), quant à elle, est généralement exprimée en mètres.

Figure 4 : Les Coordonnées Géographiques



Source : <https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/guide-books/map-projections/geographic-coordinate-system.htm>

2. Coordonnées géographiques

Par **coordonnées géographiques** (ou encore « **repères géographiques** ») d'un lieu sur la **Terre**, on entend un système de trois coordonnées qui sont le plus souvent : la **latitude**, la **longitude** et l'**altitude** (ou l'**élévation**) par rapport **au niveau de la mer** en un point arbitrairement choisi. Ces *coordonnées géographiques* découlent d'un **système géodésique** qui modélise la forme de la Terre.

Pour se repérer à la surface de la planète, on peut utiliser des systèmes de représentation

graphiques appelés « repères cartographiques ».

2.1 Parallèles (géographie)

Sur Terre, une **parallèle** est un cercle imaginaire reliant tous les lieux situés sur une même **latitude**.

Les parallèles sont perpendiculaires aux **méridiens**. Leur périmètre est d'autant plus petit qu'ils sont proches d'un **pôle** et éloignés de l'**équateur**.

→ **La latitude**

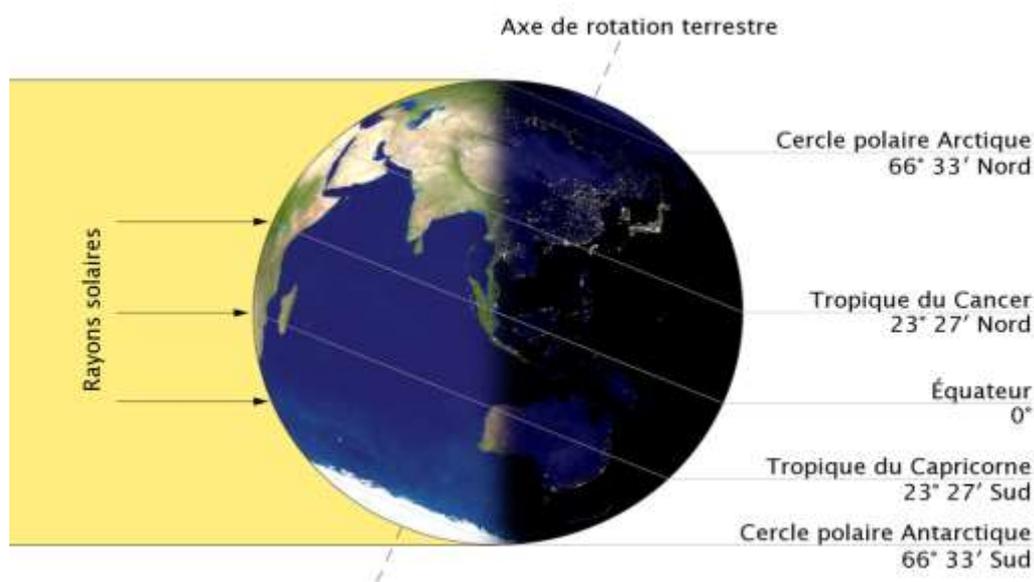
- La latitude est une mesure **angulaire** s'étendant de 0° à l'équateur à 90° aux pôles, expression du positionnement **nord-sud** d'un point sur la terre.

2.2-Les Méridiens

- En **géographie**, un **méridien** est une demi-ellipse imaginaire tracée sur le globe terrestre reliant les **pôles géographiques**. Tous les points de la Terre situés sur un même méridien ont la même longitude.

→ **Longitude.**

- La longitude est une mesure **angulaire sur 360°** par rapport à un **méridien de référence**, expression du positionnement **est-ouest** d'un point sur **Terre**. avec une étendue de -180° à $+180^\circ$, ou respectivement de 180° ouest à 180° est.



- Tous les lieux situés à la même longitude forment un demi-plan limité par l'axe des pôles géographiques, coupant la surface de la terre sur un demi-cercle approximatif dont

le centre est le centre de la Terre, l'arc allant d'un pôle à l'autre. Un tel demi-cercle est appelé **méridien**.

- À la différence de la **latitude** (position nord-sud) qui bénéficie de **l'équateur** et des pôles comme références, aucune référence naturelle n'existe pour la longitude.
- **Le méridien de référence est le méridien de Greenwich** (qui sert aussi de référence pour les fuseaux horaires).

2.3- L'Altitude.

L'*altitude* est une grandeur qui exprime un écart entre un point donné et un niveau de référence ; par convention, sur **Terre** ce niveau est le plus souvent **le niveau de la mer** (ou « **niveau zéro** »). On utilise aussi le terme **élévation**.

4-Les Trois Nord

Le **nord** est un **point** cardinal, opposé au **sud**,

- **Le nord géographique** habituellement appelé Pôle Nord.
- **Le nord magnétique** : c'est un endroit situé près du pôle Nord, à la surface de la Terre, dans les îles de la Reine Elizabeth, dans les Territoires du Nord-Ouest, au Canada. C'est vers cet endroit que pointe l'aiguille aimantée de la boussole. Sa position varie légèrement d'année en année.
- **Le Nord cartésien (ou Nord de la carte)** : sur une carte topographique, le nord du quadrillage est représenté par les lignes nord-sud du quadrillage. Il y a une légère différence entre le nord cartésien et le nord géographique (la Terre est ronde, la carte est plate).

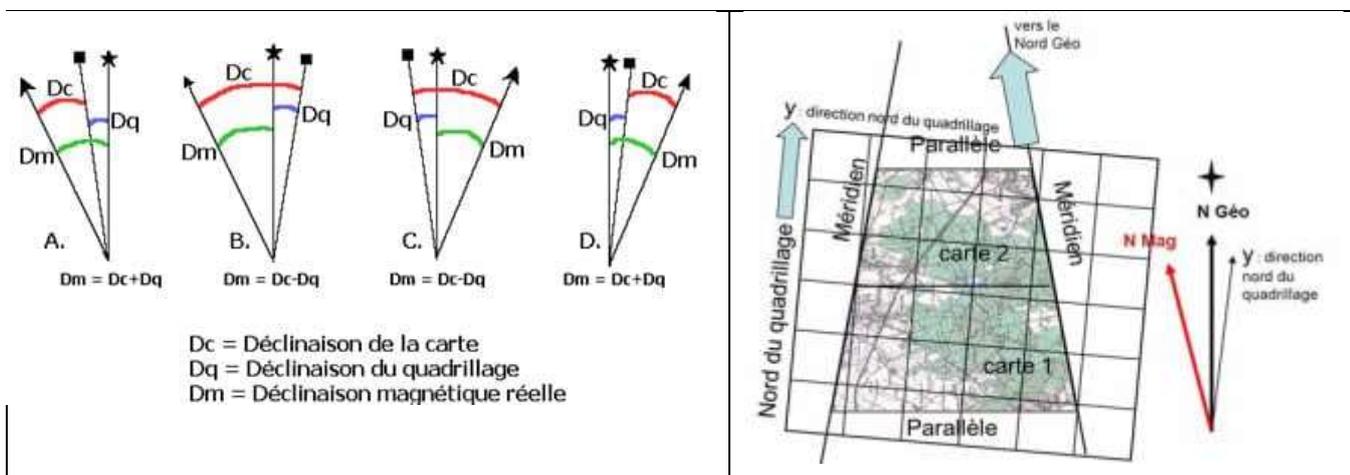


Figure6. Les trois Nord

La **déclinaison magnétique** est, en un point donné sur la surface de la Terre, l'angle formé entre la direction du **pôle Nord Géographique** et le **Nord magnétique** (il s'agit donc d'un angle sur le plan horizontal du point d'observation). Cet angle est compté positivement vers l'est et négativement vers l'ouest.

5-L'échelles

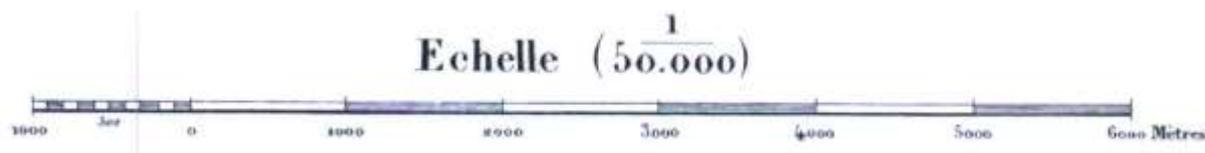
Fréquemment utilisé en géographie, le terme "échelle" est polysémique. Parmi d'autres sens, il exprime aussi bien l'intensité d'un phénomène (échelle de Richter, échelle de Beaufort, etc.) que le rapport de réduction ou d'agrandissement d'un objet ou d'une représentation graphique (dessin, carte, photographie, etc.). Au sens strictement cartographique, le terme "échelle" est défini comme :

1. L'Échelle numérique :

- Elle s'exprime par une **fraction** où le **numérateur** représente la longueur sur la carte et le **dénominateur** représente la longueur réelle sur le terrain, exprimées toutes deux dans la même unité. L'échelle doit être indiquée sur toutes les cartes.

2. L'échelle graphique :

Les échelles graphiques sont représentées par une droite subdivisée en segments **gradués en kilomètres** avec, à gauche, **un segment de droite (talon) gradué en centaines de mètres**. Selon l'échelle la graduation indiquera des distances différentes.



Exemple : Une carte ayant une échelle de 1/250 000 couvre la même superficie que 16 cartes utilisant une échelle de 1/50 000.

Expression algébrique = rapport d'échelle, carte au 1/25.000^{ème}
Expression graphique de l'échelle est « INDISPENSABLE »

3. Signification de l'échelle :

- Rapport de représentation
- Niveau d'analyse des phénomènes étudiés
- Précision géométrique de l'information

4. Petite et grande échelle

a. Grande échelle

Une carte est dite à **grande échelle** quand la **réduction est faible** donc quand le dénominateur de la fraction est un petit nombre. Les plans ou cartes au 1/5 000 ou au 1/50 000 sont des cartes à grande échelle. Elle représente un espace de petites dimensions. Les détails reportés sur la carte sont nombreux et de grande taille.

b. Petite échelle

Une carte est dite à **petite échelle** quand la **réduction est importante** donc quand le dénominateur de la fraction est un grand nombre. Les cartes ou **planisphère** au 1/500 000 ou au 1/10 000 000 sont des cartes à petite échelle. La surface représentée est très **grande et les détails sont limités et de petite taille.**

Références bibliographiques

<http://stephane-mottin.blogspot.com/2016/12/geojson-ce-que-vous-ne-pouvez-faire.html>, site consulté le 12/12/2020

https://fr.wikipedia.org/wiki/Coordonn%C3%A9es_g%C3%A9ographiques site consulté le 12/12/2020

<https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/guide-books/map-projections/about-geographic-coordinate-systems.htm>, site consulté le 12/12/2020

https://renards.weebly.com/uploads/2/5/9/8/25986350/geographie10-latitudes_et_longitudes_sommaire.pdf, site consulté le 12/12/2020,

<https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.5/map/projections/datums.htm#GUID-84EE8D05-C2B1-41ED-902F-1A9B7F437ACF> consulté le 13/12/2020

[Cartes topographiques : Les éléments de base \(rncan.gc.ca\)](#), consulté le 05/12/2016

Géodésie, Systèmes de référence et projections, Fiche technique n° 2b Géodésie, Systèmes de référence et projections. MIMEL : Mission Inter-services de la Mer Et du Littoral.

Desconnets Jean-Christophe, Projections et Echelles. Cours basé sur les supports de formation de l'UMR TETIS. BD Géographiques – Projections et échelles. [cours5 ProjectionEchelle.pdf](#)