

COURS TOPOGRAPHIE



Contents de course

1	NOTIONS GENERALES.....	3
2	LA GEODESIE.....	3
2.1	Ellipsoïde de révolution.....	4
	Définitions	4
2.1.1	Autres ellipsoïdes	6
2.2	Les paramètres essentiels.....	7
2.3	. Le système géodésique	7
2.3.1	Le réseau géodésique	8
3	LA TOPOGRAPHIE.....	9
3.1	Topométrie :.....	9
3.2	Topographie :.....	9
3.3	Topologie :.....	9
3.4	Géodésie :	9
3.5	Cartographie :	9
4	Système de projection projections	10
4.1	Projections coniques	11
4.2	Projections cylindriques	13
4.3	Projections azimutales	16
4.4	Autres projections.....	17
5	SYSTEMES DE COORDONNEES	17
6	FORMES ET DIMENSIONS DE LA TERRE.....	19
6.1	Géoïde.....	19
6.2	Ellipsoïde de révolution.....	20
6.2.1	Systèmes de coordonnées.....	22
6.2.2	Système Géographique.....	23
6.2.3	Systèmes géodésiques	24

7	SYSTEMES GEODESIQUES.....	24
8	Orientation (Les trois Nord).....	25
8.1	Le Nord Géographique :.....	25
8.2	Le Nord magnétique	26
8.3	Le nord du quadrillage.....	27
9	Références bibliographiques	30

Objectifs de l'enseignement

Doter l'étudiant des notions de base de la topographie et de lui faire apprendre à faire des mesures topographiques, destinées pour l'élaboration des plans topographiques dans la réalisation des travaux dans le domaine de génie urbain.

1 NOTIONS GENERALES

La géodésie est une des sciences de base nécessaires au topographe. Sa maîtrise n'est pas indispensable : elle relève du domaine du spécialiste mais un aperçu centré sur les incidences de la forme et des caractéristiques de la terre sur la topographie est indispensable. Ceci permet d'introduire et de justifier les problèmes de projection plane et leurs incidences sur la carte de base, les choix de points et de surfaces de référence pour un système de coordonnées général, etc. Mais, définissons dans un premier temps, le vocabulaire de base.

2 LA GEODESIE

En apparence la Terre a la forme d'une sphère. En fait, elle est légèrement déformée par la force centrifuge induite par sa rotation autour de l'axe des pôles : la Terre n'est pas un corps rigide. Cette déformation est relativement faible : « tassement » de 11 km au niveau des pôles par rapport à un rayon moyen de 6 367 km et « renflement » de 11 km au niveau de l'équateur. Elle a donc l'aspect d'un ellipsoïde de révolution dont le petit axe est l'axe de rotation : l'axe des pôles (fig. 1.).

La Terre est une surface en équilibre. La surface du niveau moyen des mers et océans au repos n'a pourtant pas une forme régulière et ne coïncide ainsi pas avec un ellipsoïde de révolution : elle n'est pas régulière mais ondulée, présente des creux et des bosses (fig1.). Par exemple, la surface de la mer se bombe au-dessus d'un volcan et se creuse au-dessus des grandes fosses océaniques parce que les reliefs créent des excès ou des déficits de matière produisant ainsi des variations locales du champ de pesanteur. Or la surface d'un fluide en équilibre est en tout point normale aux forces de pesanteur : on dit qu'elle est **équipotentielle du champ de pesanteur**. La Terre, non rigide, peut être considérée comme un fluide ; la direction des forces de pesanteur varie d'un endroit à un autre en raison de la répartition hétérogène de la matière composant la Terre ; **sa surface n'est donc pas régulière.**

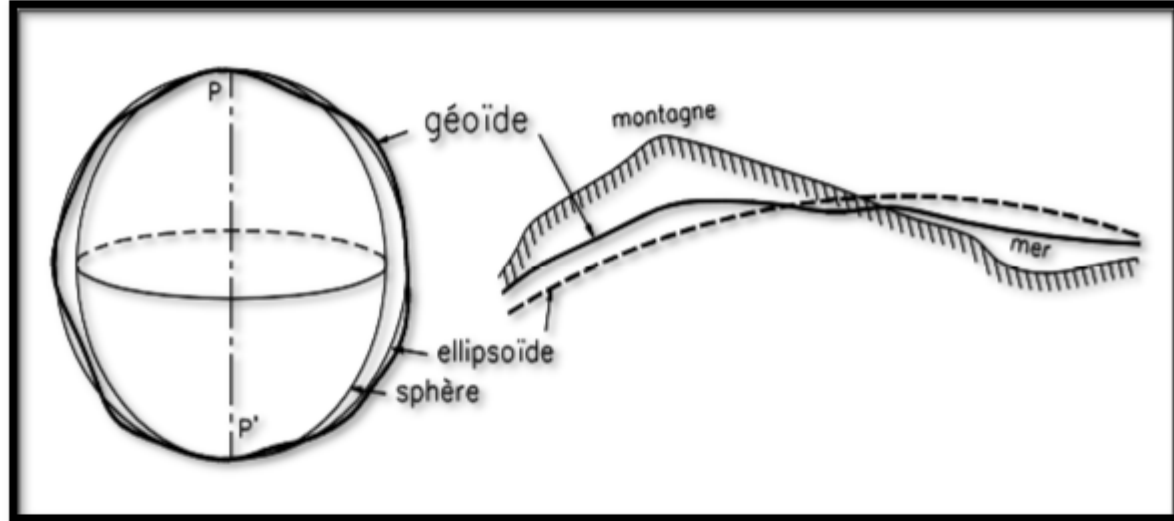


Figure 1: Ellipsoïde et géoïde

La surface des mers et océans au repos recouvrant toute la Terre est appelée **géoïde** (fig. 1.)

Le géoïde, niveau des mers prolongé sous les continents, est donc une surface gauche à laquelle on ne saurait appliquer des relations mathématiques de transformation. Il est la surface de référence pour la détermination des altitudes, autrement dit la surface de niveau zéro. En réalité, la référence en altitude dépend du choix du **repère fondamental** et du **système d'altitude**. Il s'ensuit que la surface de niveau zéro est légèrement différente du géoïde ; l'écart est constant et représente l'altitude du point fondamental au-dessus du géoïde

2.1 Ellipsoïde de révolution

Définitions

La surface la plus proche du géoïde est un **ellipsoïde de révolution**, c'est-à-dire un volume engendré par la rotation d'une ellipse autour d'un de ses deux axes. La terre tournant autour de l'axe des pôles (de demi-longueur b , fig. 2.), cette rotation engendre un cercle équatorial de rayon a .

Les dimensions de l'ellipsoïde sont déterminées en comparant la distance par mesures géodésiques et la différence de latitude par mesures astronomiques entre deux points d'un même méridien.

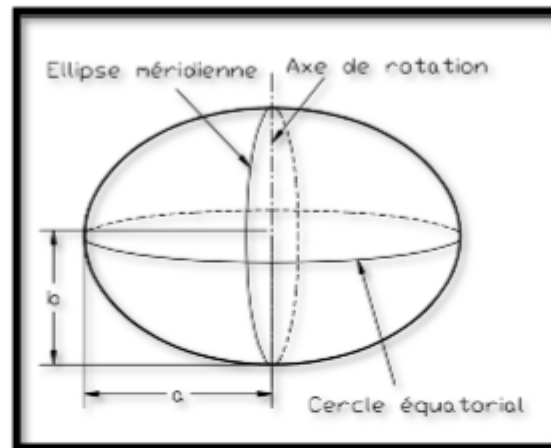


Figure 2: ellipsoïde de révolution

Un **méridien** est l'intersection de la surface de l'ellipsoïde avec un plan contenant l'axe des pôles : c'est donc une ellipse.

Un **parallèle** est l'intersection de la surface de l'ellipsoïde avec un plan perpendiculaire à l'axe des pôles : c'est donc un cercle.

Tous les méridiens sont égaux entre eux (à quelques écarts près). Leur rayon de courbure diminue des pôles vers l'équateur, donc leur courbure (inverse du rayon) augmente.

Il n'existe pas un ellipsoïde **global** unique mais plusieurs **ellipsoïdes locaux** définis pour chaque pays, chacun adoptant un ellipsoïde le plus proche possible du géoïde local. Ceci explique que les ellipsoïdes diffèrent d'un pays à l'autre. Pour la géodésie française, on utilise l'ellipsoïde défini en 1880 par **Clarke** et dont les caractéristiques, très légèrement modifiées par l'IGN par rapport à l'ellipsoïde initial, sont les suivantes :

- Demi-grand axe : $a = 6\,378\,249,20$ m
- • Demi-petit axe : $b = 6\,356\,515,00$ m

2.1.1 Autres ellipsoïdes

Comme nous l'avons dit au paragraphe précédent, d'autres ellipsoïdes ont été ou sont utilisés. Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Ellipsoïde	½ grand axe a (m) ½ petit axe b (m)	Excentricité e 1/aplat. 1/f	Syst. géodésique Point fondamental	Projection Méridien origine
Clarke 1880	6 378 249,200 6 356 515,000	0,082483256763 293,4660213	NTF Panthéon	Lambert Paris
Hayford 1909	6 378 388,000 6 356 911,946	0,081991 890 22 297,000000 0	ED 50 Potsdam	UTM Greenwich
GRS 1980	6 378 137,000 6 356 752,300	0,081819 218 06 298,257025	International	
IAGRS 1980	6 378 137,000 6 356 752,314	0,081819 191 31 298,257222 101	WGS 84	

L'ellipsoïde **Clarke 1880** (IGN) est associé au système national appelé Nouvelle Triangulation Française utilisant la projection **Lambert**.

Le système **WGS 84** (*World Général System 1984*) sert de base au système géocentrique de référence utilisé en GPS. Son ellipsoïde IAGRS 80 est très proche de GRS 80 (*Geodetic Reference System 1980*).

Le système European Datum 1950 utilise la projection Universal Transverse Mercator.

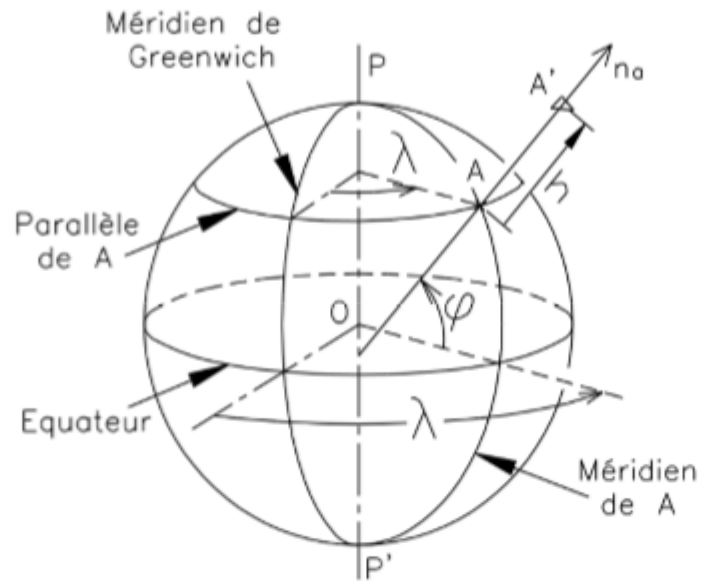


Figure 3: coordonnées géocentriques

2.2 Les paramètres essentiels

La mise en œuvre de la géodésie et des techniques qui en sont dérivées nécessitent l'existence d'un jeu de paramètres essentiels :

- Un système géodésique de référence
- Un réseau géodésique de points matérialisés

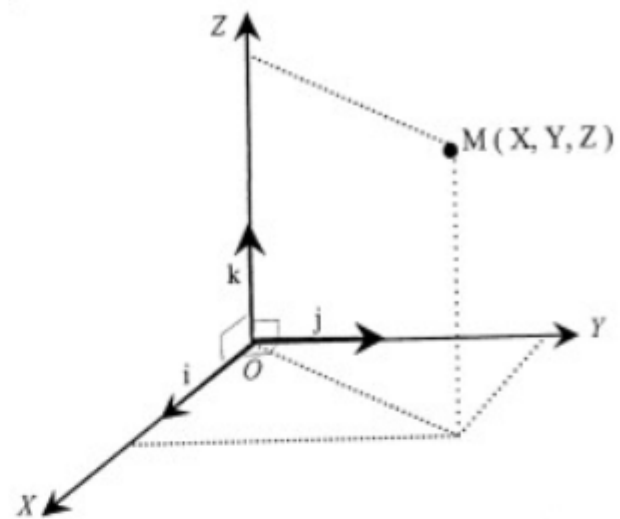
2.3 . Le système géodésique

Un système géodésique (ou datum géodésique) est un repère affiné possédant les caractéristiques suivantes :

- Le centre O est proche du centre des masses de la Terre
- L'axe OZ est proche de l'axe de rotation

Terrestre

- Le plan OXZ est proche du plan méridien origine



Les coordonnées géodésiques du point M ne sont pas des valeurs objectives mais bien dépendantes d'un modèle théorique. Un point de la croûte terrestre est considéré fixe par rapport au système géodésique, malgré les petits déplacements qu'il peut subir (marée terrestre, surcharge océanique, mouvements tectoniques). Ainsi, il apparaît la nécessité de disposer d'une surface de référence : l'ellipsoïde.

2.3.1 Le réseau géodésique

Un réseau géodésique est un ensemble de points de la croûte terrestre (tels que des piliers, des bornes...) dont les coordonnées sont définies, estimées par rapport à un système géodésique. Plusieurs types de réseaux sont distingués :

- Les réseaux planimétriques
- Les réseaux de nivellement
- Les réseaux tridimensionnels géocentriques

Pour résumer :

Avec le réseau, une réalisation géodésique nécessite donc la mise en oeuvre d'un système géodésique qui peut être résumé par l'ensemble des constantes et algorithmes qui doivent

Intervenir dans le processus d'estimation des coordonnées.
(IGN, 2000)

3 LA TOPOGRAPHIE

3.1 Topométrie :

Du grec *topos* signifiant **le lieu** et *métrie* signifiant l'opération de **mesurer**. C'est donc l'ensemble des techniques permettant d'obtenir les éléments métriques indispensables à la réalisation d'un plan à grande ou très grande échelle.

Ces éléments nécessitent différentes mesures sur le terrain suivies de nombreux calculs, schémas et croquis. C'est un domaine vaste qui demande de nombreuses compétences auxquelles l'outil informatique est aujourd'hui indispensable.

3.2 Topographie :

Association de *topos* et de *graphein* qui, en grec, signifie **décrire**. C'est donc la science qui donne les moyens de représentation graphique ou numérique d'une surface terrestre.

La nuance entre ces deux techniques réside dans le fait qu'en topographie le terrain est représenté *in situ* alors qu'en topométrie les calculs et reports sont des phases ultérieures au travail sur le site.

3.3 Topologie :

C'est la science qui analyse les lois générales de la formation du relief par les déformations lentes des aires continentales appelées mouvements épirogéniques, atténués ultérieurement par les actions externes : érosion due à la mer, au vent, à la glace, à l'eau et à la neige.

3.4 Géodésie :

C'est la science qui étudie la forme de la terre. Par extension, elle regroupe l'ensemble des techniques ayant pour but de déterminer les positions planimétriques et altimétriques d'un certain nombre de points géodésiques et repères de nivellement.

3.5 Cartographie :

C'est l'ensemble des études et opérations scientifiques, artistiques et techniques intervenant à partir d'observations directes ou de l'exploitation

d'un document en vue d'élaborer des cartes, plans et autres moyens d'expression. Ci-après, est donnée une classification des cartes en fonction de leur échelle et de leur finalité :

Échelles	Finalité
1/1 000 000 à 1/500 000	Cartes géographiques
1/250 000 à 1/100 000	Cartes topographiques à petite échelle
1/50 000, 1/25 000 (base), 1/20 000	Cartes topographiques à moyenne échelle (IGN)
1/10 000	Cartes topographiques à grande échelle
1/5 000	Plans topographiques d'étude, plans d'urbanisme
1/2 000	Plans d'occupation des sols (POS), descriptifs parcellaires
1/1 000, 1/500	Plans parcellaires, cadastraux urbains
1/200	Plans de voirie, d'implantation, de lotissement
1/100	Plans de propriété, plans de masse
1/50	Plans d'architecture, de coffrage, etc.

Canevas : c'est l'ensemble des points connus en planimétrie et/ou en altimétrie avec une précision absolue homogène.

4 Système de projection projections

L'objectif des projections cartographiques est d'obtenir une représentation plane du modèle ellipsoïdal de la surface de la Terre. L'intérêt majeur réside alors dans les valeurs métriques, beaucoup plus facilement exploitables, en particulier pour les mesures de distance.

Mais une projection ne peut jamais se faire sans qu'il y ait de déformations. Pour s'en convaincre, il suffit d'essayer d'aplatir la peau d'une orange ! Néanmoins, par calcul, il est possible de définir le type et les paramètres d'une projection dans le but de minimiser certaines déformations. On choisit alors :

- Soit de **conserver les surfaces** (projections équivalentes)

- Soit de **conserver localement les angles** (projections conformes)
 - soit de conserver les distances à partir d'un point donné (projections équidistantes)
 - Soit d'opter pour une représentation ne conservant ni les angles ni les surfaces (projections dites aphyllactiques).

Dans tous les cas, **aucune projection ne peut conserver toutes les distances**. On introduit alors les notions de module linéaire et d'altération linéaire. Aujourd'hui, la plupart des projections

Utilisées en géodésie et topographie sont conformes. La cartographie à petite échelle utilise souvent des projections équivalentes.

Une autre façon de classer les projections planes est de s'intéresser à leur canevas, c'est-à-dire l'image des méridiens et des parallèles. C'est selon cette approche que nous allons aborder les grandes familles de projection.

4.1 Projections coniques

Dans ce type de représentation, les images des méridiens sont des demi-droites qui concourent en un point image du pôle et les parallèles des arcs de cercles concentriques autour de ce point. Elles peuvent être réalisées de deux façons :

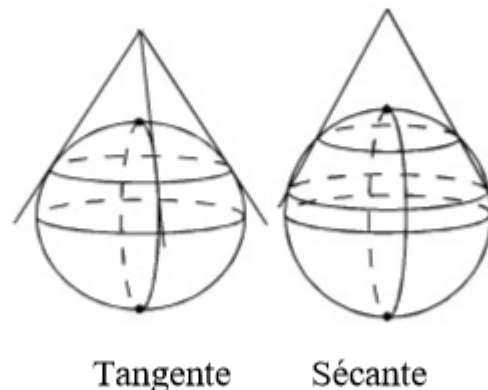


Figure 4: Les projections coniques



Figure 5 : Projection conique conforme de Lambert



Figure 6 : Projection conique équidistante



Figure 7 : Projection conique équivalente d'Albers

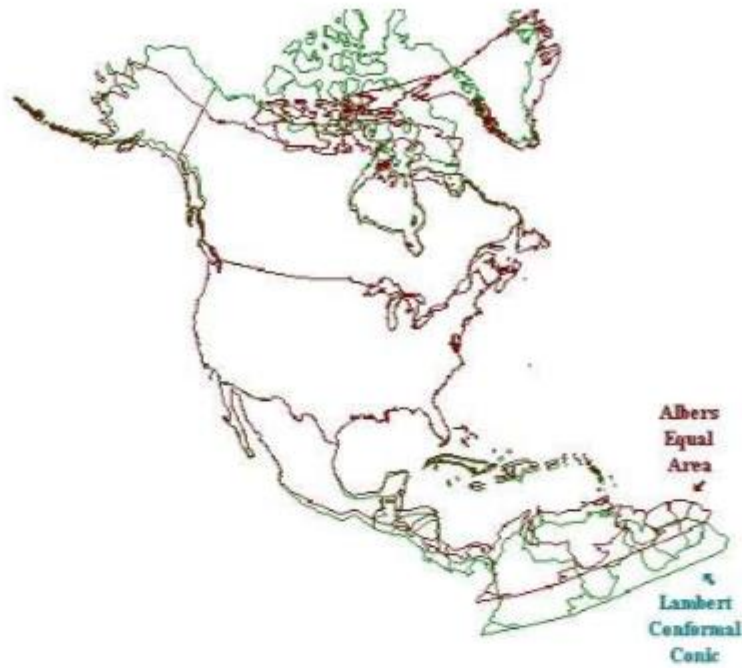


Figure 8 : Comparaison des projections coniques conforme de Lambert et équivalente d'Albers

4.2 Projections cylindriques

Dans ce type de représentation, l'image des méridiens est un faisceau de droites parallèles, et l'image des parallèles, un faisceau de droite parallèles, orthogonales à l'image des méridiens. Elles peuvent réalisées de trois façons :

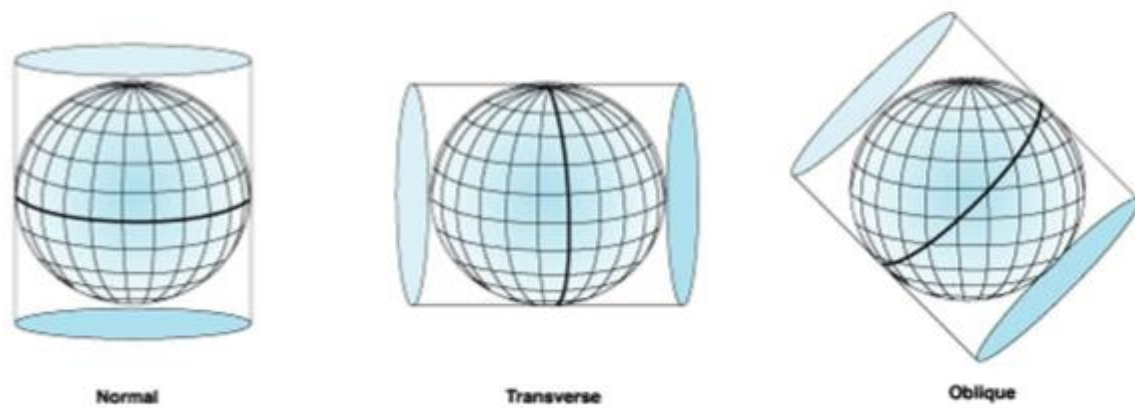


Figure 9 : Les projections cylindriques

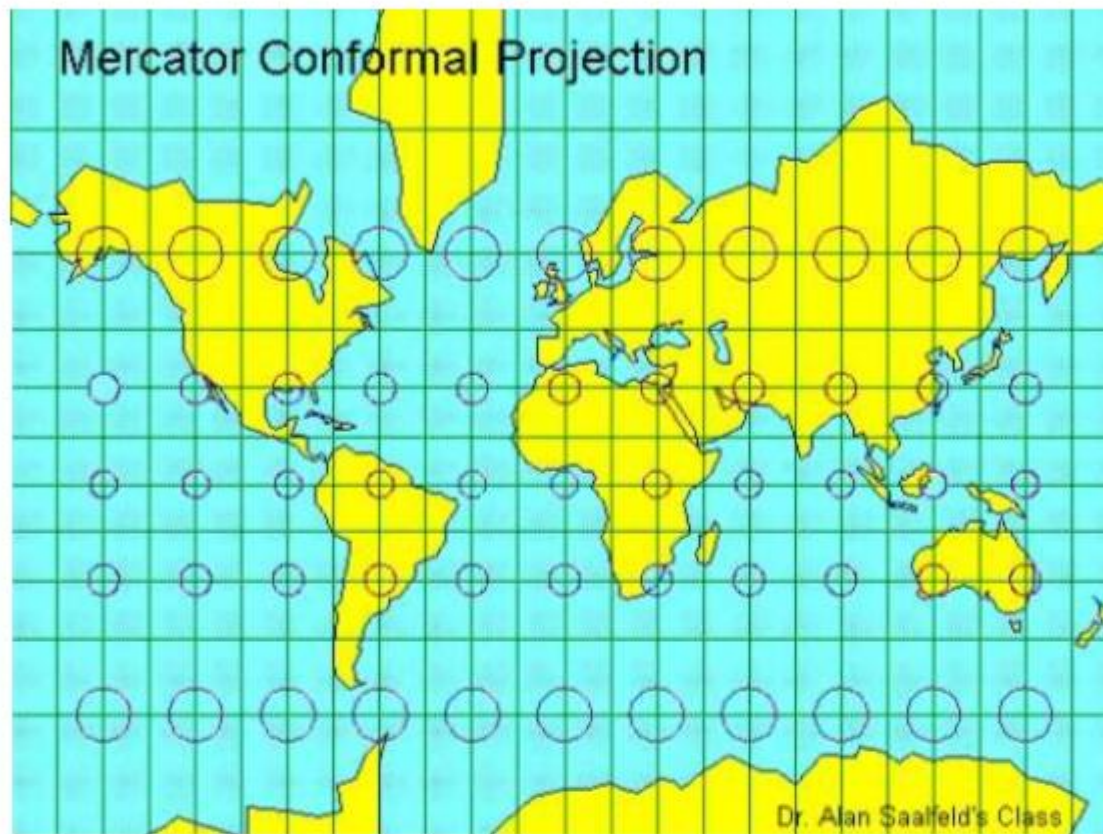


Figure 10 : Projection conforme cylindrique directe de Mercator

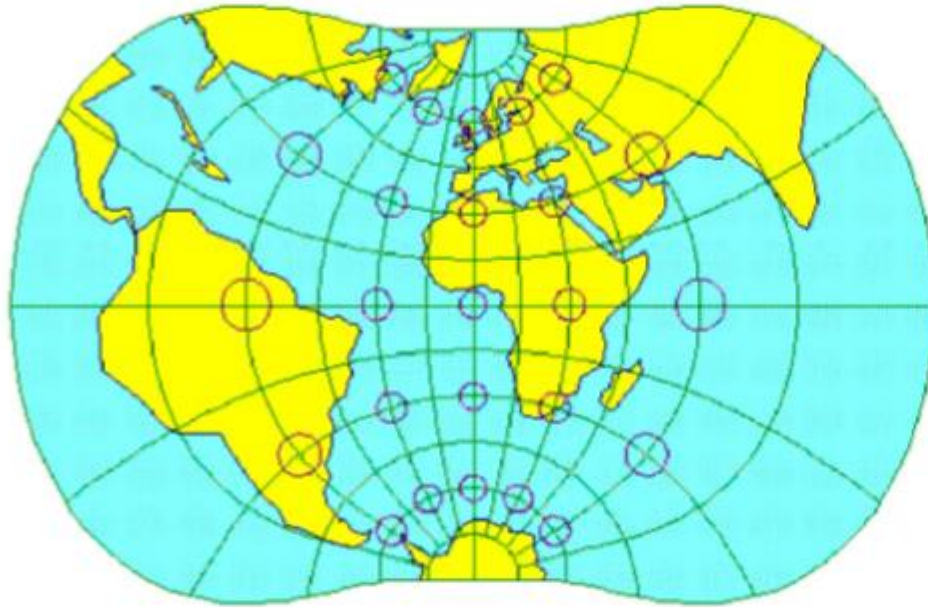


Figure 11 : Projection conforme cylindrique transverse de Mercator (UTM)



Figure 12 : Projection cylindrique transverse équidistante

4.3 Projections azimutales

Dans ce type de représentation, les images des méridiens sont des demi-droites qui concourent en un point image du pôle. Les parallèles sont des cercles entiers concentriques autour de ce point.

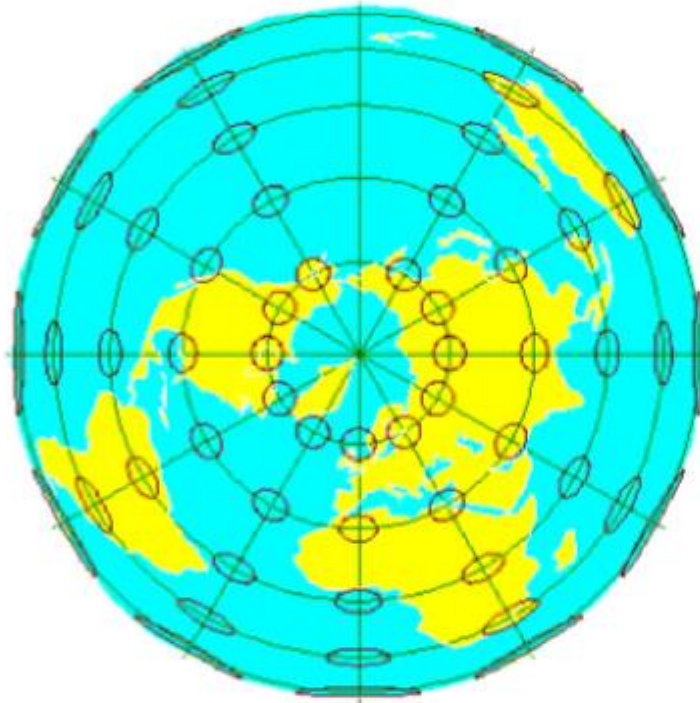


Figure 13 : Projection azimutale équivalente de Lambert

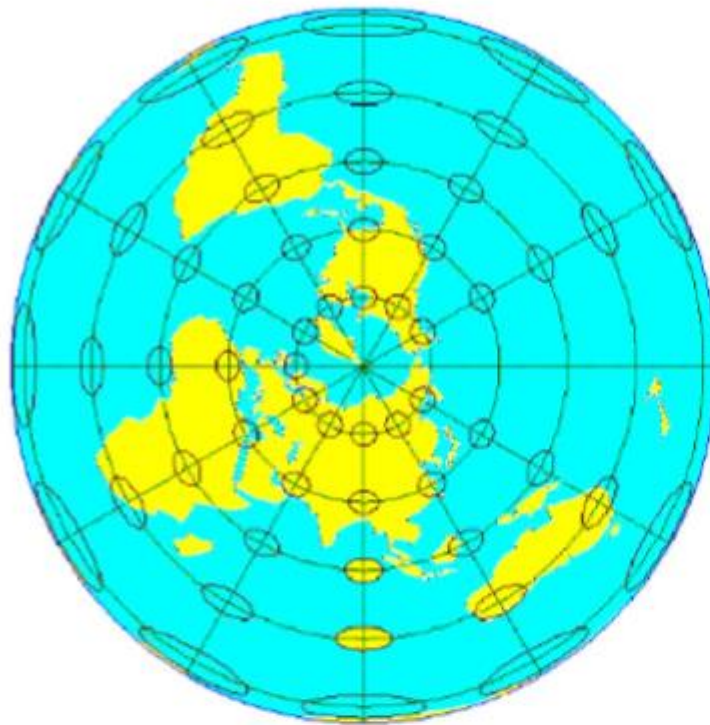


Figure 14 : Projection azimutale équidistante

4.4 Autres projections

Il existe encore d'autres types de projection mais leurs utilisations en cartographie sont beaucoup plus spécifiques, voire difficiles, que celles des trois grandes familles qui viennent d'être exposées. C'est pourquoi nous ne nous attarderons pas dessus.

5 SYSTEMES DE COORDONNEES

Systeme géocentrique

Un système de référence géocentrique est un repère (O, X, Y, Z) (fig. 15) tel que :

- O est proche du centre des masses de la terre (au mieux à quelques dizaines de mètres près pour les systèmes réalisés par géodésie spatiale) ;
- l'axe OZ est proche de l'axe de rotation terrestre ;
- le plan OXZ est proche du plan du méridien origine.

Dans un système de référence géodésique, un point de la croûte terrestre est considéré fixe bien qu'il soit soumis à de faibles mouvements, dus aux marées terrestres, d'une amplitude inférieure à 30 cm et aux mouvements tectoniques, provoquant des déplacements inférieurs à 10 cm par an.

Système Géographique

L'axe de rotation de la terre est l'axe des pôles PP'. Le cercle perpendiculaire à l'axe des pôles est l'équateur. La demi-ellipse méridienne passant par les pôles et par un point A est la méridienne de A (fig. 15.).

Un point sur l'ellipsoïde est repéré par sa **longitude** et sa **latitude** (rapportées à la normale (n_a) à l'ellipsoïde en A).

Elles sont définies ci-après.

- **Longitude (λ)** : la longitude λ d'un lieu A est l'angle dièdre formé par le méridien du lieu avec le méridien origine. Elle

est comprise entre 0° et 180° Est ou Ouest. Le méridien origine internationale est celui de Greenwich (observatoire de la banlieue de Londres).

- **Latitude (ϕ)** : la latitude de A est l'angle ϕ que fait la verticale (n_a) de A avec le plan de l'équateur. Elle est comprise entre 0 à 90° Nord ou Sud. Les cercles perpendiculaires à la ligne des pôles PP' sont appelés parallèles : ils sont parallèles au plan de l'équateur.

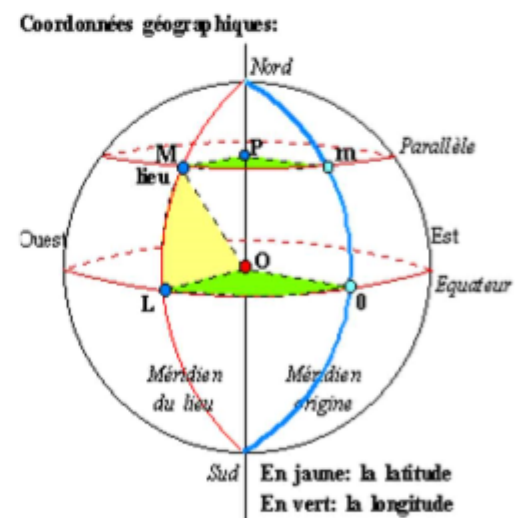


Figure 15: coordonnées Géographiques

Hauteur ellipsoïdale (h) : à un point A' situé sur la surface de la terre et sur la même verticale que A , on associera une troisième coordonnée correspondant à la hauteur au-dessus de l'ellipsoïde, notée h , mesurée suivant la normale (n_a).

6 FORMES ET DIMENSIONS DE LA TERRE

6.1 Géoïde

En apparence la Terre a la forme d'une sphère. En fait, elle est légèrement déformée par la force centrifuge induite par sa rotation autour de l'axe des pôles : la Terre n'est pas un corps rigide. Cette déformation est relativement faible : « tassement » de 11 km au niveau des pôles par rapport à un rayon moyen de 6 367 km et « renflement » de 11 km au niveau de l'équateur. Elle a donc l'aspect d'un ellipsoïde de révolution dont le petit axe est l'axe de rotation : l'axe des pôles (fig. 2.2.).

La Terre est une surface en équilibre. La surface du niveau moyen des mers et océans au repos n'a pourtant pas une forme régulière et ne coïncide ainsi pas avec un ellipsoïde de révolution : elle n'est pas régulière mais ondulée, présente des creux et des bosses (fig. 2.1.). Par exemple, la surface de la mer se bombe au-dessus d'un volcan et se creuse au-dessus des grandes fosses océaniques parce que les reliefs créent des excès ou des déficits de matière produisant ainsi des variations locales du champ de pesanteur. Or la surface d'un fluide en équilibre est en tout point normale aux forces de pesanteur : on dit qu'elle est **équipotentielle du champ de pesanteur**. La Terre, non rigide, peut être considérée comme un fluide ; la direction des forces de pesanteur varie d'un endroit à un autre en raison de la répartition hétérogène de la matière composant la Terre ; **sa surface n'est donc pas régulière.**

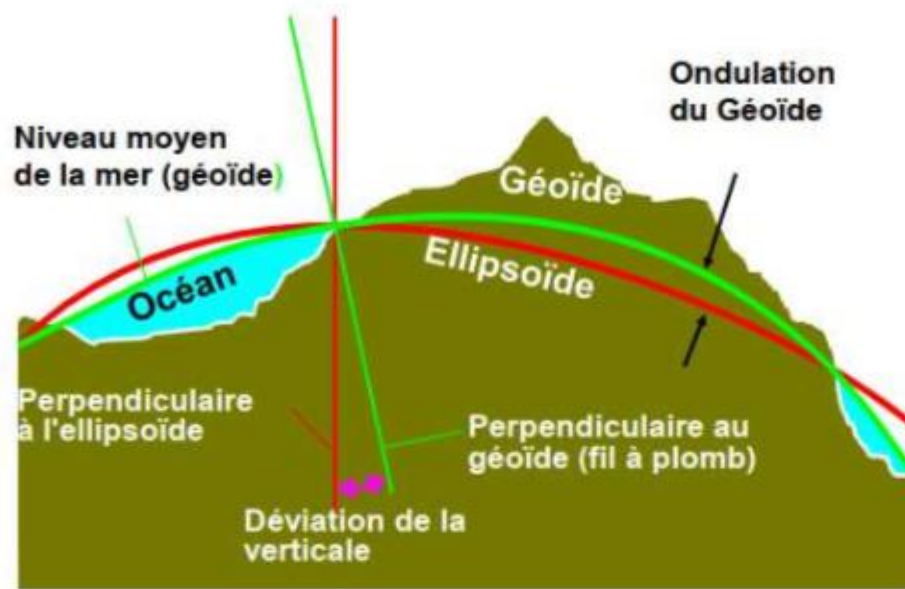


Figure 16: Ellipsoïde et géoïde

La surface des mers et océans au repos recouvrant toute la Terre est appelée **géoïde** (fig. 16.)

Le **géoïde**, niveau des mers prolongé sous les continents, est donc une surface gauche à laquelle on ne saurait appliquer des relations mathématiques de transformation. Il est la surface de référence pour la détermination des altitudes, autrement dit la surface de niveau zéro. En réalité, la référence en altitude dépend du choix du **repère fondamental** et du **système d'altitude**. Il s'ensuit que la surface de niveau zéro est légèrement différente du géoïde ; l'écart est constant et représente l'altitude du point fondamental au-dessus du géoïde.

6.2 Ellipsoïde de révolution

Définitions

La surface la plus proche du géoïde est un **ellipsoïde de révolution**, c'est-à-dire un volume engendré par la rotation d'une ellipse autour d'un de

ses deux axes. La terre tournant autour de l'axe des pôles (de demi-longueur b , fig. 2.2.), cette rotation engendre un cercle équatorial de rayon a .

Les dimensions de l'ellipsoïde sont déterminées en comparant la distance par mesures géodésiques et la différence de latitude par mesures astronomiques entre deux points d'un même méridien.

Un **méridien** est l'intersection de la surface de l'ellipsoïde avec un plan contenant l'axe des pôles : c'est donc une ellipse.

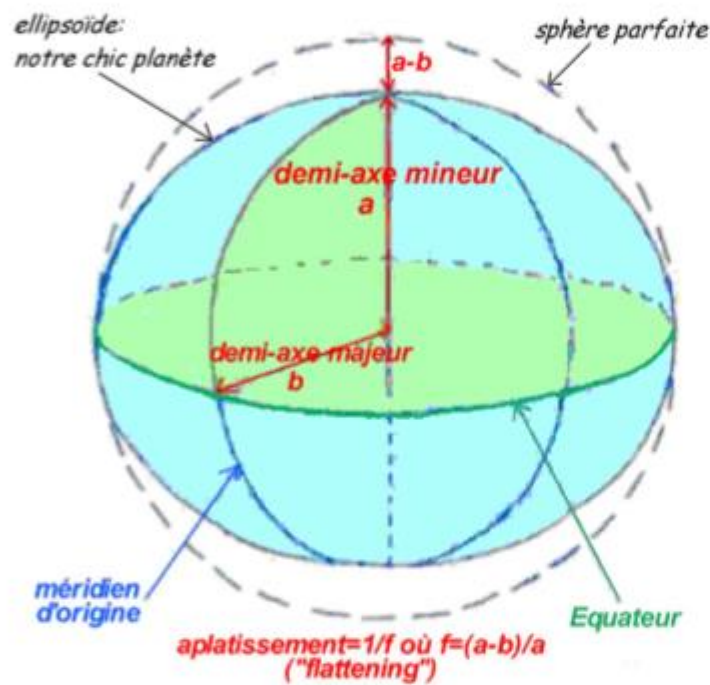


Figure 17 : ellipsoïde de révolution

Un **parallèle** est l'intersection de la surface de l'ellipsoïde avec un plan perpendiculaire à l'axe des pôles : c'est donc un cercle.

Tous les méridiens sont égaux entre eux (à quelques écarts près). Leur rayon de courbure diminue des pôles vers l'équateur, donc leur courbure (inverse du rayon) augmente.

Il n'existe pas un ellipsoïde **global** unique mais plusieurs **ellipsoïdes locaux** définis pour chaque pays, chacun adoptant un ellipsoïde le plus proche possible du géoïde local. Ceci explique que les ellipsoïdes diffèrent d'un pays à l'autre. Pour la géodésie française, on utilise l'ellipsoïde défini en 1880 par **Clarke** et dont les caractéristiques, très légèrement modifiées par l'IGN par rapport à l'ellipsoïde initial, sont les suivantes :

- Demi-grand axe : $a = 6\,378\,249,20$ m
- Demi-petit axe : $b = 6\,356\,515,00$ m

6.2.1 **Systèmes de coordonnées**

Coordonnées géocentriques

Un système de référence géocentrique est un repère (O, X, Y, Z) (fig. 2.3-a.) tel que :

- O est proche du centre des masses de la terre (au mieux à quelques dizaines de mètres près pour les systèmes réalisés par géodésie spatiale) ;
- L'axe OZ est proche de l'axe de rotation terrestre ;
- Le plan OXZ est proche du plan du méridien origine.

Dans un système de référence géodésique, un point de la croûte terrestre est considéré fixe bien qu'il soit soumis à de faibles mouvements, dus aux marées terrestres, d'une amplitude inférieure à 30 cm et aux mouvements tectoniques, provoquant des déplacements inférieurs à 10 cm par an.

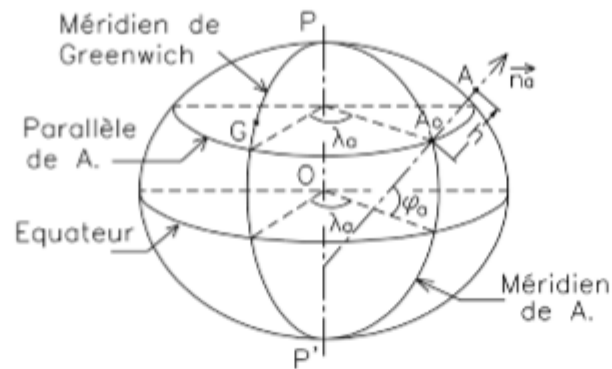


Figure 18 : Coordonnées géocentriques

6.2.2 **Système Géographique**

L'axe de rotation de la terre est l'axe des pôles PP' . Le cercle perpendiculaire à l'axe des pôles est l'équateur. La demi-ellipse méridienne passant par les pôles et par un point A est la méridienne de A (fig. 2.3-b.).

Un point sur l'ellipsoïde est repéré par sa **longitude** et sa **latitude** (rapportées à la normale (n_a) à l'ellipsoïde en A).

Elles sont définies ci-après.

- **Longitude (λ)** : la longitude λ d'un lieu A est l'angle dièdre formé par le méridien du lieu avec le méridien origine. Elle

est comprise entre 0° et 180° Est ou Ouest. Le méridien origine internationale est celui de Greenwich (observatoire de la banlieue de Londres).

- **Latitude (ϕ)** : la latitude de A est l'angle ϕ que fait la verticale (n_a) de A avec le plan de l'équateur. Elle est comprise entre 0 à 90° Nord ou Sud. Les cercles perpendiculaires à la ligne des pôles PP' sont appelés parallèles : ils sont parallèles au plan de l'équateur.

Hauteur ellipsoïdale (h) : à un point A' situé sur la surface de la terre et sur la même verticale que A , on associera une troisième coordonnée correspondant à la hauteur au-dessus de l'ellipsoïde, notée h , mesurée suivant la normale (n_a).

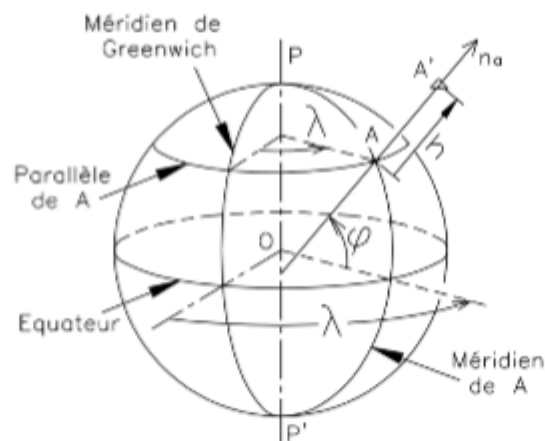


Figure 19: Coordonnées Géographiques

6.2.3 Systèmes géodésiques

Un système géodésique est défini par :

- Un ellipsoïde, choisi le plus proche possible du géoïde local ;
- Un système de représentation plane ;
- Un point fondamental (sauf dans le cas d'un système géocentrique où il n'y a pas de point fondamental) dont les coordonnées sont déterminées par des mesures astronomiques ; en ce point, la normale à l'ellipsoïde est confondue avec la verticale c'est-à-dire la normale au géoïde.

La réalisation d'un système géodésique est concrétisée sur le terrain par un réseau de points connus en coordonnées dans ce système. Cette réalisation étant fonction des techniques de mesure, de calcul et de leurs évolutions, il peut exister plusieurs réalisations d'un même système géodésiques.

7 SYSTEMES GEODESIQUES

Un système géodésique est défini par :

- Un ellipsoïde, choisi le plus proche possible du géoïde local ;
- Un système de représentation plane ;
- Un point fondamental (sauf dans le cas d'un système géocentrique où il n'y a pas de point fondamental) dont les coordonnées

sont déterminées par des mesures astronomiques ; en ce point, la normale à l'ellipsoïde est confondue avec la verticale c'est-à-dire la normale au géoïde.

La réalisation d'un système géodésique est concrétisée sur le terrain par un réseau de points connus en coordonnées dans ce système. Cette réalisation étant fonction des techniques de mesure, de calcul et de leurs évolutions, il peut exister plusieurs réalisations d'un même système géodésiques.

8 Orientation (Les trois Nord)

Les cartes regorgent d'informations, elles sont excellentes : très lisibles et très complètes. Elles se lisent presque d'elles-mêmes. Si un signe nous intrigue, il suffit de le chercher dans la légende. Les bois, les champs, les broussailles... Tout est indiqué. Pas la peine donc de s'appesantir sur le contenu de la carte, il sera vu plus tard. En revanche il faut bien comprendre comment est construite la carte et sur quelles bases géométriques elle est appuyée. C'est très important pour bien comprendre l'aire des 3 Nord. Eh oui ! Sur une carte sont mentionnés 3 Nord différents et c'est capital pour courir dans les bois une boussole à la main. On distingue donc :

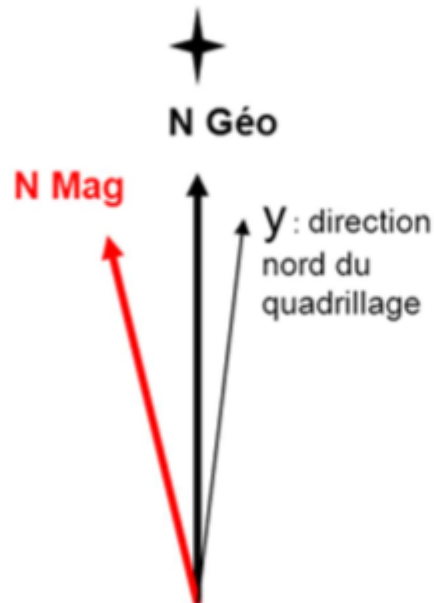
- Le nord géographique
- Le nord Magnétique
- Le nord du quadrillage (Lambert, UTM...)

Sur une carte digne de ce nom, ces 3 Nord sont indiqués dans la légende.

8.1 Le Nord Géographique :

Sur les cartes IGN, la direction du nord géographique est donnée par les bords droit et gauche de la carte. La carte est généralement en forme de trapèze ce qui fait que, si on tirait une droite sur chacun des deux bords de la carte, elles se rejoindraient au nord géographique. Chacun sait que le nord géographique correspond à l'axe de rotation de la terre. Donc chacun des bords de la carte est une portion de Méridien. De la même manière les bords supérieurs et inférieurs de la carte sont des parallèles. C'est assez facile à vérifier, on trouve des graduations en grade ou en degrés. Et comme par enchantement les limites de la carte sont en valeurs rondes. Une carte (IGN)

est donc une petite portion de territoire limité par deux parallèles et par deux méridiens. Ceux qui ont suivi pourront donc comprendre que les acheteurs d'une carte de Dunkerque (dans le nord) reçoivent une carte un peu plus petite que ceux qui se procurent une carte de Font-Romeu (Pyrénées). Tout simplement parce que la portion entre les deux méridiens se rétrécit à mesure qu'on monte vers le nord. En revanche l'écart entre les 2



les positions relatives de ces 3 Nord peut varier suivant les pays ou les régions

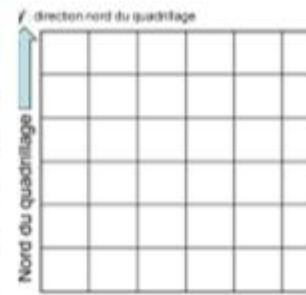
parallèles d'une carte reste constant.

8.2 Le Nord magnétique

La terre est un gros aimant. Coup de bol, le flux magnétique passe à peu près par les pôles. La position du champ magnétique varie de manière assez importante. Il faut savoir que le nord magnétique n'a pas toujours été proche du nord géographique. C'est évidemment la direction du nord magnétique qu'indique la boussole. L'ennui c'est que ça bouge avec les années. Grâce à la dérive qui est indiquée sur la carte, on peut calculer la nouvelle position si la carte n'est pas trop ancienne.

8.3 Le nord du quadrillage

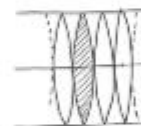
Sur la carte a été rajouté un quadrillage kilométrique. Ce quadrillage est un vrai quadrillage avec que des angles droits. Il di ère donc du canevas trapézoïdal des parallèles et des méridiens. Donc ce quadrillage kilométrique ne coïncide pas avec l'orientation de la carte. Sur certaines cartes (militaires surtout) ce quadrillage est marqué en gras.



Sur d'autres cartes ce quadrillage est marqué tous les 5 ou 10 km. Le rappel à chaque Km est alors effectué à l'aide d'une petite croix. Souvent on trouve même 2 quadrillages : le quadrillage Lambert (nom du géomètre qui a organisé le tracé des cartes en France) et le quadrillage UTM (Universal, Transverse Mercator) le quadrillage UTM est un système de quadrillage et de repérage valable dans le monde entier alors que le Quadrillage Lambert n'a cours qu'en France. Gerardus Mercator était un géophysicien du 16ème siècle.

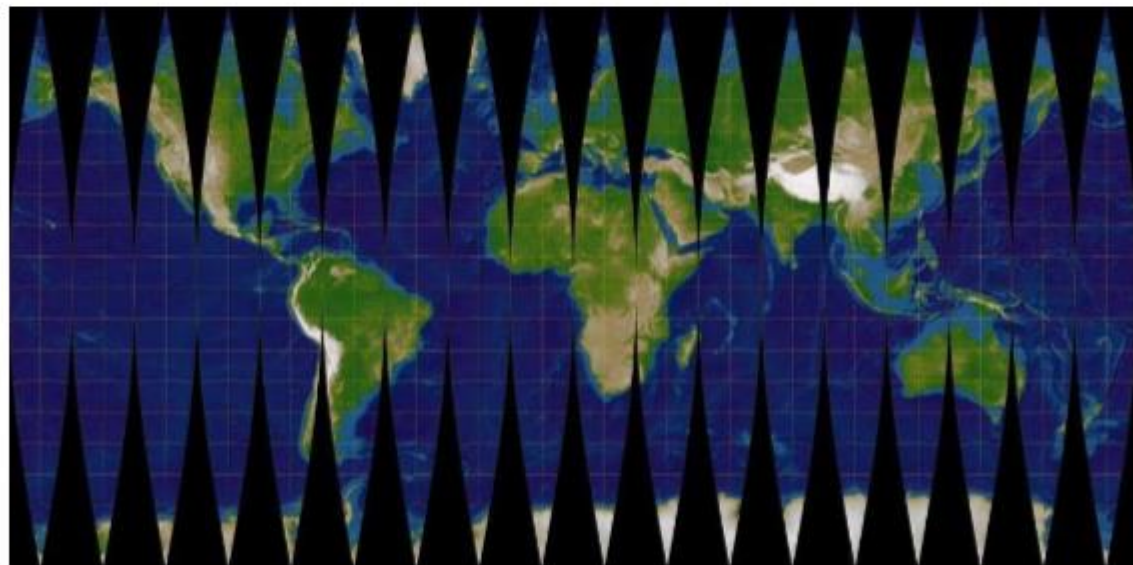


- 1- Le globe terrestre est placé dans un cylindre
- 2- Les zones autour des 2 méridiens en contact avec le cylindre se projettent sur ce dernier
- 3- Ensuite on fait tourner le cylindre et ce sont 2 autres zones qui sont projetées et ainsi de suite.

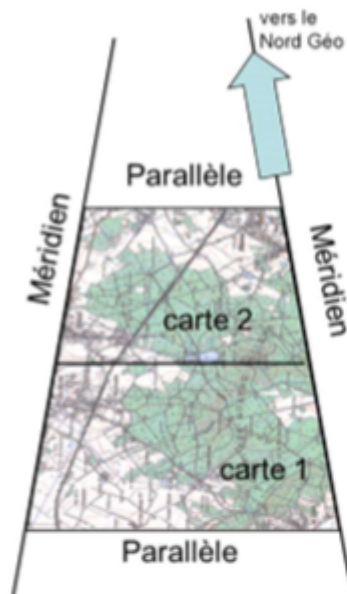


On obtient alors toute une série de projection en forme de lentille qui sont des surfaces planes. On les assemble par l'équateur et on obtient des cartes qui se raccordent entre elles

La projection UTM : Universal Transverse Mercator



Le nord du quadrillage est donc la direction à peu près verticale de ce quadrillage. Ce nord est différent du nord magnétique et il est différent du nord géographique. Mais... pourquoi donc avoir inventé un nouveau nord ?

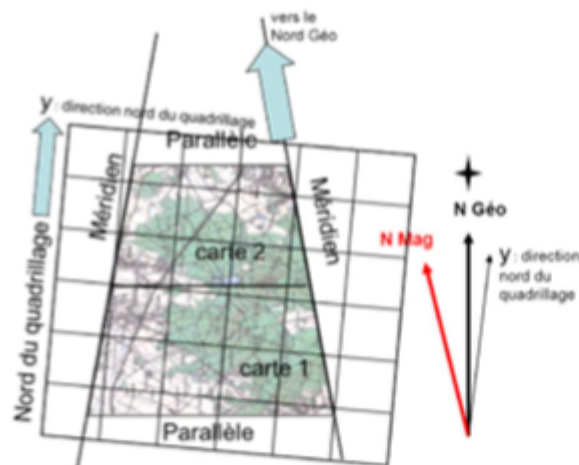


voici comment les trois Nord apparaissent sur la carte

Coordonnées faciles à mesurer. En de nombreuses occasions il est important de donner rapidement les coordonnées du point où l'on se trouve. Si on donne sa latitude et sa longitude en degrés ou en grades, bonjour le travail sur la carte ! N'oublions pas que les cartes sont construites sur des échelles simples : par exemple $1/50\,000^{\text{ème}}$ c'est à dire que 2 cm sur la carte représentent 1 km sur le terrain. Si la carte est adaptée à une conversion immédiate des distances, elle ne l'est absolument

pas pour calculer les parallèles et méridiens et l'opération est très compliquées sauf si un GPS vous donne ces coordonnées. Donc c'est décidé, on donne sa position suivant le quadrillage kilométrique. Cette mesure est effectuée avec un double décimètre directement sur la carte. En outre ça simplifie énormément les calculs dès qu'on travaille sur

deux points pas trop éloignés l'un de l'autre. (Ce qui est toujours le cas pour les scouts)
généralement délimitées par des parallèles et des méridiens



voici comment les trois Nords apparaissent sur la carte

Azimut facile à mesurer : Les coordonnées sont faciles à mesurer mais les angles de boussole sont également faciles à mesurer. Sur la carte on trace d'un trait son itinéraire pour aller d'un point à un autre (en mettant bien une flèche qui indique le sens de progression). Ce trait matérialise la direction de la marche. Ce trait coupe nécessairement des lignes du quadrillage kilométrique puisqu'il y en a partout sur la carte. Il s'agit alors de mesurer l'angle avec le nord du quadrillage kilométrique puis d'apporter la correction entre le Nord Géo et le Nord du quadrillage. On obtient ainsi son angle de marche par rapport au nord géographique. Pour obtenir son angle de marche (ou azimut) par rapport au nord magnétique, on opère une nouvelle correction. En réalité la correction totale est la différence entre la flèche y et le Nord Magnétique. Le Nord quadrillage varie d'une carte à l'autre mais ne varie pas dans le temps. Le nord magnétique varie suivant les lieux et suivant le temps. Il faut donc bien faire attention pour les corrections.

C'est finalement cette valeur d'azimut magnétique qu'on a lue sur la boussole. Nous verrons plus loin comment calculer un azimut sur la carte et comment l'aicher sur la boussole.

9 Références bibliographiques

Association Française de Topographie, 2000, *Lexique Topographique*

Botton S., Duquenne F., Egels Y., Even M., Willis P., 1997, *GPS : Localisation et navigation*, Conseil National de l'Information Géographique, Groupe Positionnement Statique et Dynamique, Hermès.

Dufour J.P., 1999, *Cours d'introduction à la géodésie*, Ecole Nationale des Sciences Géographiques, Institut Géographique National.

Henry J.B., Malet J.P., Maquaire O., Grussenmeyer P., 2002, The use of small format and low-altitude aerial photos for the realization of high-resolution DEMs in mountainous areas. Application to the Super-Sauze earthflow (Alpes-de-Haute-Provence, France), *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 27 (12), pp. 1339-1350.

Institut Géographique National, 2000, Notions géodésiques nécessaires au positionnement géographique, Notice Technique du Service de Géodésie et Nivellement, 28p. <http://www.ensg.ign.fr>

Kraus K., Waldhäusel P., 1998, *Manuel de Photogrammétrie – Principes et procédés fondamentaux – Volume I*, Traduction de P. Grussenmeyer et O. Reis, Hermès.

Kraus K., Waldhäusel P., 1997, *Photogrammetry – Advanced Methods and Applications – Volume II*

Ledig J., 1999, *GPS pour le positionnement géodésique*, Cours de l'Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries de Strasbourg, Section Topographie.

Ministère des Ressources Naturelles du Canada, 1998, Guide pour le positionnement GPS, disponible en ligne à l'adresse : <http://www.geod.nrcan.gc.ca>