

GÉNÉRALITÉS ET DÉFINITIONS

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.

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.

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.

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.

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

Notions d'échelle et de précision

L'échelle d'un plan ou d'une carte est le rapport exprimé dans la même unité entre une longueur mesurée sur la carte et la même longueur mesurée sur le terrain.

$$\text{Ech} = \frac{\text{Longueur mesurée sur la carte}}{\text{Longueur mesurée sur le terrain}}$$

Exemple :

- a / Si on mesure une distance de 5 cm sur le plan et la même distance sur le terrain est 25 m donc l'échelle sera :

$$\text{Ech} = \frac{5}{5000} = \frac{1}{1000}$$

- b / Si on mesure une longueur de 8.3 cm sur le plan à l'échelle de 1/2000, la longueur réelle sera :

$$L \text{ réel} = 8.3 \times 2000 = 16\,600 \text{ cm} = 166 \text{ m}$$

- c / Si la longueur mesurée sur le terrain est 85 m, elle sera représentée sur un plan à échelle 1/500 par :

$$L \text{ plan} = \frac{85}{500} = 0.17 \text{ m} = 17 \text{ cm}$$

Échelles des cartes et plans

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

LES FAUTES ET LES ERREURS

Les observations effectuées dans les opérations topographiques sont entachées d'inexactitudes plus ou moins importantes provenant de l'imperfection des sens, des instruments utilisés, des conditions atmosphériques, etc.

En améliorant les méthodes et les instruments, en répétant plusieurs fois les observations, les erreurs seront réduites, mais la valeur mathématiquement exacte ne sera jamais atteinte.

*Les inexactitudes sont de deux natures différentes : **les fautes et les erreurs.***

1- Les fautes : *ou erreurs parasites Ce sont des inexactitudes grossières qui proviennent de la maladresse des opérateurs et de leurs aides ainsi que de leurs négligences ; elles sont en général facilement décelables : faute de lecture sur un ruban, faute de lecture d'angle, faute de lecture sur la mire, etc. Il s'agit d'une faute lorsque la tolérance donnée pour les observations ou l'approximation donnée pour un instrument est dépassée. Il faut se prémunir contre les fautes toujours possibles en se réservant un certain nombre de contrôles, par exemple, une longueur doit être mesurée au moins deux fois, à l'aller puis au retour, des répétitions sur la mesure des angles seront effectuées, etc*

2-Les erreurs : *Ces inexactitudes sont absolument inévitables. Elles proviennent de l'imperfection des instruments utilisés, de l'imperfection des sens de l'individu. Leur valeur est faible par rapport aux fautes et de toute façon obligatoirement inférieure à la tolérance. Mais quoique petite, la somme de ces erreurs donne aux résultats une inexactitude dont il est recommandé de se préoccuper. Par exemple, une distance est mesurée à l'aide d'une chaîne comportant une erreur d'étalonnage ; cette erreur se reproduit à chaque portée avec la même valeur et le même signe. Une telle erreur est dite systématique : on peut la connaître en valeur et en signe. Supposons enfin que cette longueur soit chaînée sans prendre soin de s'aligner à chaque portée : on commet à chaque portée une erreur qui, quoique conservant le même signe, n'a pas la même valeur ; supposons enfin que, toujours pour déterminer cette même longueur, à l'extrémité de chaque portée les repères au sol n'aient pas été faits parfaitement en coïncidence avec la graduation de la chaîne, parfois avant, parfois après; cette erreur, dite de tracé, se reproduit tantôt positive, tantôt négative. De telles erreurs sont dites accidentelles ; elles ne peuvent être quantifiées.*

2.1 Les erreurs systématiques

Ces erreurs se reproduisent toujours identiquement à elles-mêmes. Elles sont dues à une cause permanente connue ou inconnue. Il est toujours possible de la corriger soit par le calcul (par exemple la correction d'étalonnage d'un ruban, soit par un mode

Les mesures topométriques consistent essentiellement en mesures de longueurs et en mesures d'angles. Nous allons rappeler ci-après quelques erreurs systématiques caractéristiques de ces types de mesures.

a- Pour les mesures de longueurs

● *par chaînage*, les erreurs systématiques sont essentiellement des erreurs d'étalonnage et, pour les éliminer, il faut apporter aux valeurs observées des corrections d'étalonnage; ces corrections sont multiples : tensions, température, étalonnage proprement dit. C'est aussi l'erreur de chaînette, d'alignement et le défaut d'horizontalité ;

● *par des IMEL (instruments de mesures électroniques des distances)* : par exemple les distancemètres. Les erreurs systématiques sont l'erreur d'étalonnage et celles dues aux conditions atmosphériques, essentiellement la température et la pression.

b- Pour les mesures d'angles

- ▶ erreurs de collimation horizontale et verticale ;
- ▶ erreur de tourillonnement ;
- ▶ erreur d'excentricité de l'axe de rotation de l'alidade ;
- ▶ inégalité des graduations du limbe ;
- ▶ erreurs dues à la réfraction, etc.

2.2 Les erreurs accidentelles

Sont appelées accidentelles les erreurs qui ne présentent pas un caractère systématique, c'est-à-dire qui ne peuvent être ni calculées d'avance ni éliminées par la méthode opératoire ; elles sont dues à des causes fortuites ou non analysables; on ne peut que constater leur existence et les subir. Elles changent ou non de signe, mais changent continuellement de valeur. Détaillons ces erreurs pour les deux principaux types de mesures effectuées en topométrie, à savoir :

les mesures de longueurs

● **par chaînage** : ce sont essentiellement les erreurs de matérialisation de l'extrémité des portées et les erreurs de lecture ;

● **par les IMEL**: ce sont surtout les erreurs de centrage, de pointé, de lecture et de flamboiement de l'air.

On définit deux types d'erreurs :

a - l'erreur absolue : qui est la différence algébrique entre le résultat du mesurage et la valeur de comparaison. Suivant la valeur de comparaison utilisée, on distingue :

● **l'erreur absolue véritable** : " e " qui est la différence algébrique entre le résultat du mesurage x et la valeur vraie μ :

● **l'erreur absolue apparente** : " v ", appelée écart probable en mesures directes et résidu en mesures indirectes, c'est la différence algébrique entre le résultat du mesurage x et la valeur conventionnellement vraie.

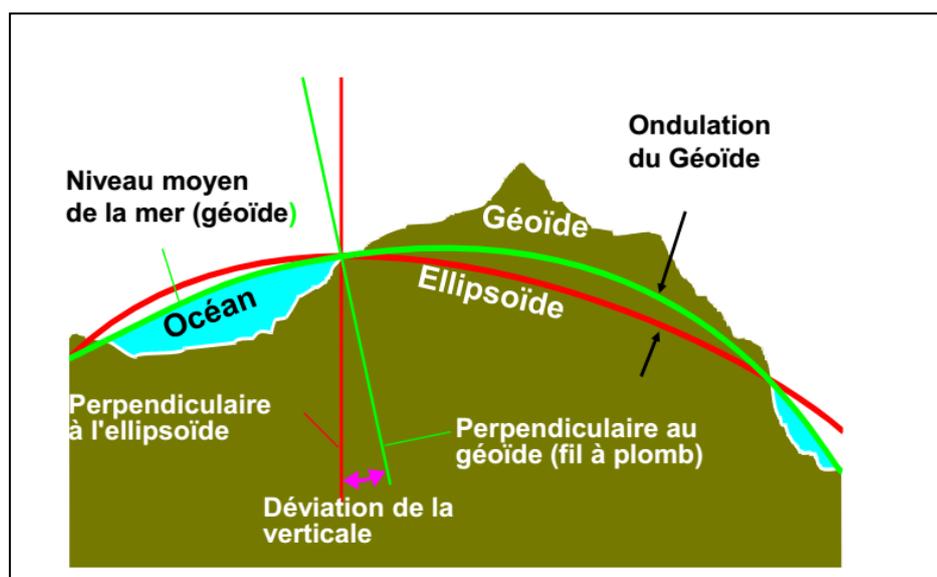
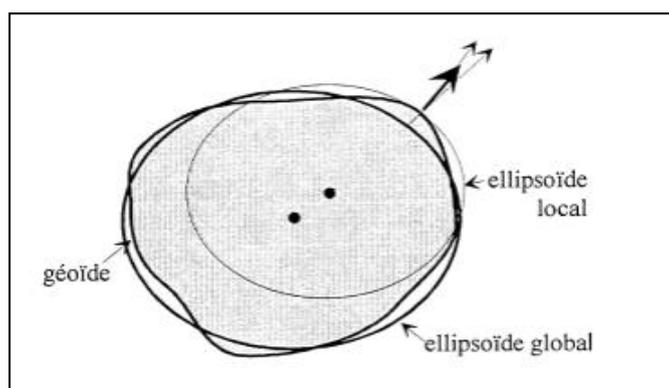
b - l'erreur relative : qui est le quotient de l'erreur absolue par la valeur vraie; c'est une valeur algébrique usuellement exprimée en pourcentage. On ne peut pas tenir compte de l'erreur accidentelle sous forme d'une correction apportée au résultat du mesurage, mais, seulement à la fin d'une série de mesurages exécutés dans des conditions pratiquement identiques, on peut fixer les limites dans lesquelles se situe cette erreur avec une probabilité donnée. L'étude de ces limites constitue la théorie des erreurs accidentelles

ELLIPSOIDES , FORMES ET DIMENSIONS DE LA TERRE

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.

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. 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.

La surface des mers et océans au repos recouvrant toute la Terre est appelée géoïde;



Le géoïde, niveau des mers prolongé sous les continents, est donc une surface 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

Remarque

Lorsque le topographe (ou le maçon) cale la bulle de son niveau, il matérialise un plan tangent au géoïde qui correspond à la surface d'équilibre des eaux (pente d'écoulement des eaux nulle). On obtient ainsi partout l'orientation de la verticale physique d'un lieu. Il est intéressant de noter qu'aucune autre référence n'offre de telles facilités.

Ellipsoïde de révolution

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, 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.

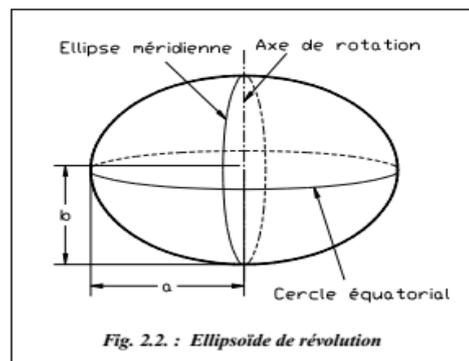


Fig. 2.2 : Ellipsoïde de révolution

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. D'autres ellipsoïdes ont été ou sont utilisés. Leurs caractéristiques sont les suivantes :

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).

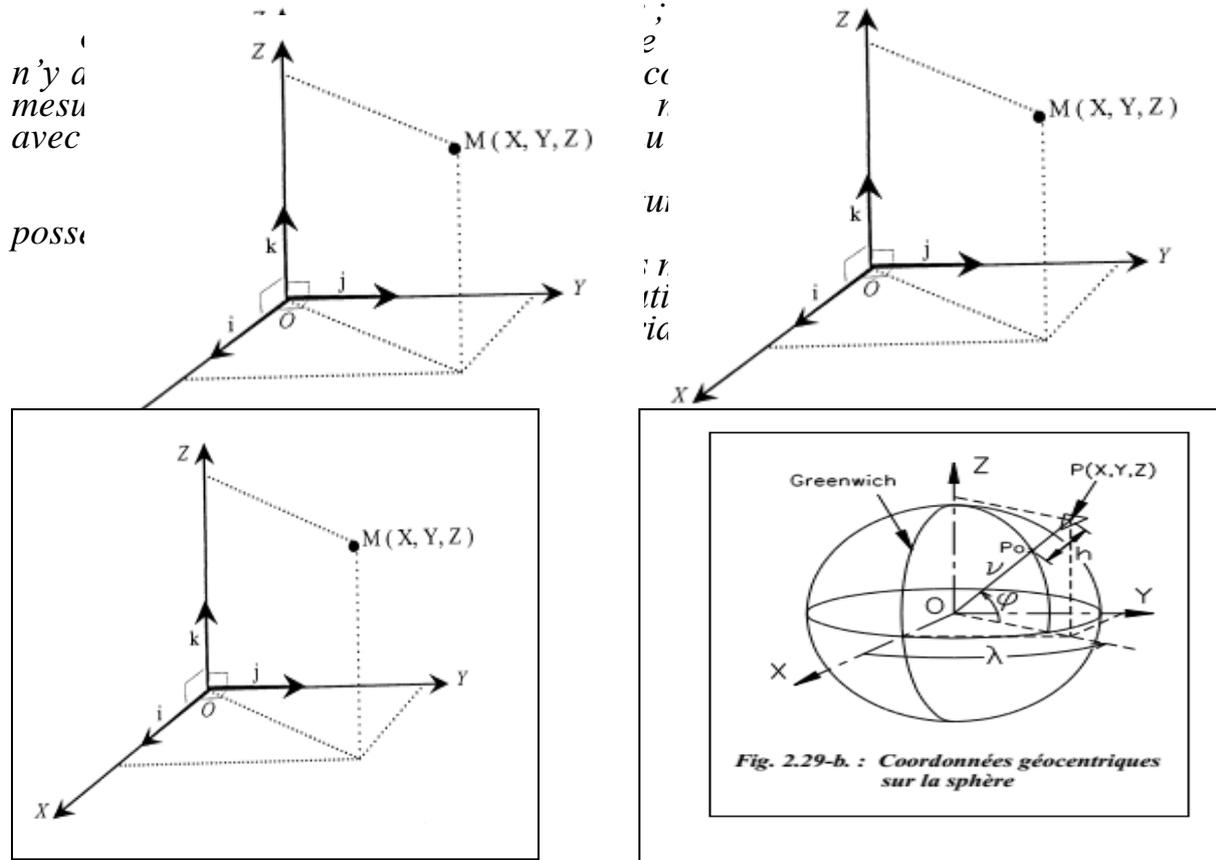
Le système European Datum 1950 utilise la projection Universal Transverse Mercator UTM

Différents types de coordonnées

1- Coordonnées géocentriques ou cartésiennes

Un système géodésique est défini par :

- un ellipsoïde choisi le plus proche possible du géoïde local.



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.

Le réseau géodésique

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.

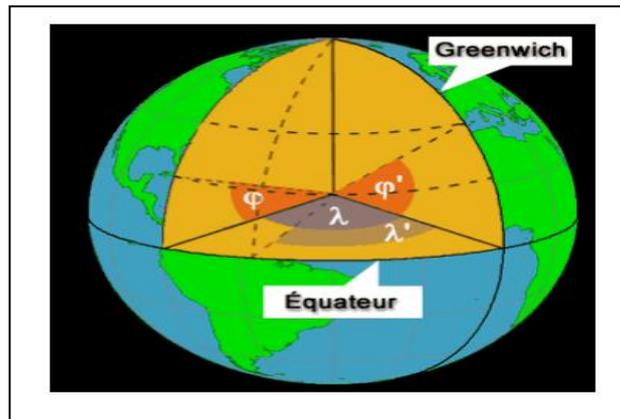
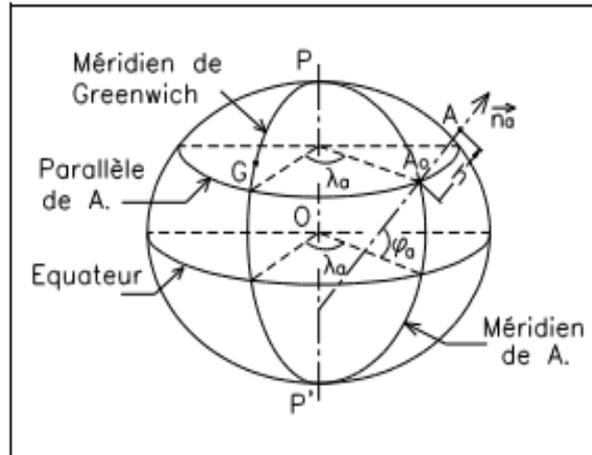
Un réseau géodésique est un ensemble de points de la croûte terrestre (tels que des piliers, des bornes...) dont les coordonnées sont définies, estimées par rapport à un système géodésique. Plusieurs types de réseaux sont distingués

- les réseaux planimétriques
- les réseaux de nivellement
- les réseaux tridimensionnels géocentriques

2- Coordonnées Géographiques

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

Un point sur l'ellipsoïde est repéré par sa longitude et sa latitude (rapportées à la normale (na) 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 international est celui de Greenwich
- **Latitude (φ)** : la latitude de A est l'angle φ que fait la verticale (na) 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 (na).

3- Coordonnées rectangulaires

Un point peut être déterminé par deux distances dans un système orthogonal (x , y)

4- Coordonnées polaires

Un point peut être déterminé par une distance et un angle (L , α)