

“

Chapitre 1 Généralités sur la topographie

”

Généralité

Etymologie du mot topographie.

Topographie : association de topos signifiant **le lieu** et de graphein qui, en grec, signifie **décrire**.

Définition

La topographie fait partie des sciences de la terre. C'est la technique qui permet la mesure puis **la représentation graphique** ou numérique d'une **surface terrestre**.

Elle a pour but la représentation plane à une échelle donnée d'une certaine étendue de terrain comportant des détails sur un plan ou sur une carte

Cette science détermine aussi la position et l'altitude de n'importe quel point situé dans une zone donnée, qu'elle soit de la taille d'un continent, d'un pays, d'un champ ou d'un corps de rue. Ces détails peuvent être :

- ▶ Naturels : Cours d'eau, roches, bois, rivières, montagnes, champs, etc.....
- ▶ Artificiels : Route, Voie ferrée, Bâtiment, Talus, canaux, ports, routes, etc.....

Exemple de carte topographique



Définition

- ▶ **Topométrie** : C'est donc l'ensemble des mesures et des calculs propres à l'établissement des plans.

En résumé :

- ▶ La **topographie** s'attache à la description et à la représentation graphique du terrain.
- ▶ La **topométrie** se concentre sur la mesure précise des éléments du terrain, servant de base aux relevés topographiques.
- ▶ **Lever topographique** : C'est l'action de procéder à des mesures sur terrain afin de produire des documents topographiques.
- ▶ **Implantation** : C'est l'opération inverse du lever, elle consiste à matérialiser sur le terrain des points dont les coordonnées sont fixées dans un plan

Définition

- ▶ **Photogrammétries** : C'est la technique qui permet de mesurer et représenter les détails des terrains en utilisant des photographies aériennes.
- ▶ **Cartographie** : C'est l'ensemble des études et opération scientifique, artistique et technique provenant d'observation directe ou de l'exploitation d'une documentation en vue de l'élaboration d'une carte ou un plan.
- ▶ **Plan topographique** : C'est une représentation graphique et détaillée d'une portion de terrain, mettant en évidence à la fois les éléments naturels et artificiels, ainsi que les reliefs. Il combine les données de **planimétrie** (éléments horizontaux) et d'**altimétrie** (reliefs et altitudes) pour offrir une vision complète du terrain.

DIVISIONS DE LA TOPOGRAPHIE

- ▶ La **planimétrie** est la partie de la topographie qui concerne la mesure et la représentation des éléments d'un terrain **en deux dimensions (2D)**, c'est-à-dire sans tenir compte des reliefs ou des différences d'altitude. Elle se concentre sur les distances horizontales, les angles et les positions des objets sur un plan (routes, bâtiments, cours d'eau, etc.).
- ▶ **L'altimétrie** est la partie de la topographie qui concerne la mesure et la représentation des **reliefs et des différences d'altitude** d'un terrain. Elle permet de déterminer la hauteur ou la profondeur des points par rapport à un niveau de référence (généralement le niveau de la mer). Elle est essentielle pour créer des cartes en trois dimensions (3D) et étudier les pentes, les dénivelés, etc.

Les échelles ,les plans et les cartes

- ▶ **Un plan** est une représentation graphique d'une portion restreinte de la terre obtenue par projection orthogonale sur une surface plane. Les détails y sont représentés à l'échelle.
- ▶ Une **carte** est une représentation conventionnellement réduite d'une certaine portion de terrain à petite échelle. Tels que cartes géographique, cartes topographiques et cartes routières dont les échelles varient du 1/ 1000000 ème au 1/25000 ème
- ▶ **L'échelle** est définit par le rapport entre une distance graphique mesurée sur la carte et celle équivalente sur le terrain. Les deux distances étant exprimées dans la même unité. En topographie, elle s'exprime sous la forme de $1/ECH$. Plus le dénominateur est grand, plus l'échelle est petite.

Les échelles ,les plans et les cartes

- ▶ **L'échelle** est défini par le rapport entre une distance graphique mesurée sur la carte et celle équivalente sur le terrain. Les deux distances étant exprimées dans la même unité. En topographie, elle s'exprime sous la forme de $1/ECH$. Plus le dénominateur est grand, plus l'échelle est petite.
- ▶ Exemple
 - ❖ La mesure d'une distance de : 2,5 cm sur un plan vaut réellement une distance de 25 m sur le terrain,
l'échelle sera : $2,5/2500 = 1/1000$.
 - ❖ 7,4 cm sur un plan à l'échelle 1/500
donne une longueur réelle de : $7,4 \times 500 = 3700$ cm.

Les échelles ,les plans et les cartes

Echelles des plans :

- ▶ 1/50 Plans d'architecture
- ▶ 1/100 Plans de propriétés
- ▶ 1/200 Plans de voiries
- ▶ 1/500 Plans cadastraux urbains
- ▶ 1/1000 Plans parcellaires
- ▶ 1/2000 Plans d'occupation des sols (plans de ville)
- ▶ 1/5000 Plans topographiques d'étude ou d'urbanisme

Echelles des cartes

- ▶ 1/1 000 000 1/500 000 Cartes géographiques
- ▶ 1/250 000 1/100 000 Cartes topographiques
- ▶ 1/50 000 1/25 000 Cartes topographiques à moyenne échelle
- ▶ 1/20 000 1/10 000 Cartes topographiques à grande échelle

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.

Les échelles ,les plans et les cartes

Caractéristiques d'un plan topographique

▶ Échelle :

- ▶ Le plan est réalisé à une échelle précise (par exemple, 1:500, 1:1000), qui permet de représenter les distances réelles de manière réduite tout en conservant les proportions.

▶ Courbes de niveau :

- ▶ Les courbes de niveau (ou isohypses) sont des lignes qui relient les points de même altitude. Elles permettent de visualiser le relief et les pentes du terrain.
- ▶ Plus les courbes sont rapprochées, plus la pente est forte.

▶ Symboles et conventions :

- ▶ Les éléments naturels (rivières, forêts, rochers) et artificiels (routes, bâtiments, ponts) sont représentés à l'aide de symboles normalisés pour une lecture universelle.

▶ Cotes d'altitude :

- ▶ Des points cotés indiquent l'altitude précise de certains endroits du terrain.

▶ Orientation :

- ▶ Une flèche indique généralement le nord géographique ou magnétique pour permettre une orientation correcte du plan.

Courbes de niveau

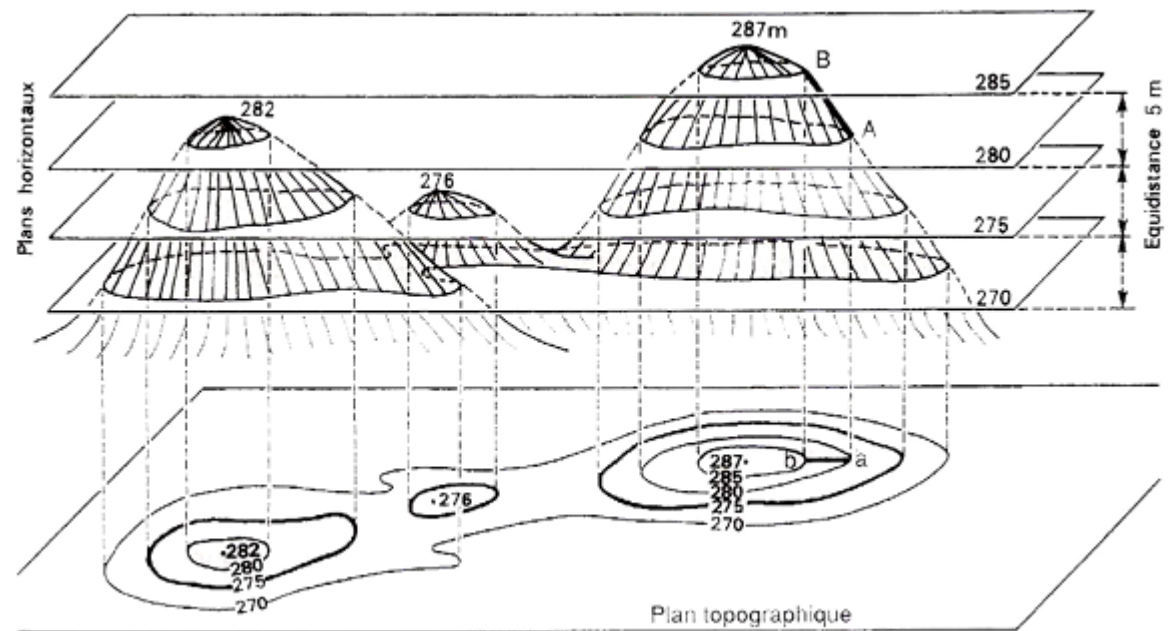
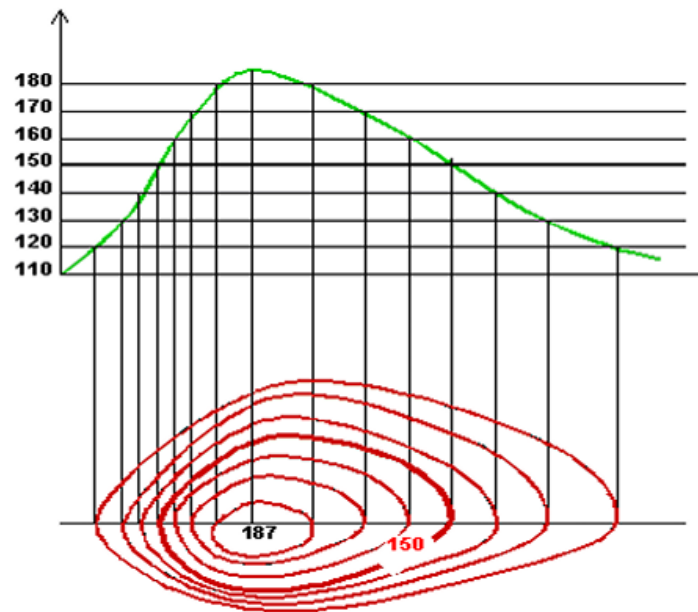
- ▶ Une courbes de niveau est une ligne qui relie les points consécutifs de même altitude du terrain; elle est donc contenue tout entier dans un même plan horizontal et par conséquent projetée sans déformation sur le plan topographique.
- ▶ **L'équidistance** est la différence d'altitude des plans horizontaux de deux courbes consécutives; constant pour une feuille, elle est en fonction de l'échelle et du relief, égale à 5m le plus souvent pour la carte de base.

On distingue :

- ▶ Les courbes maitresses, en trait continu épais, situées toutes les cinq courbes à partir de l'altitude zéro.
- ▶ Les courbes ordinaires, en trait continu moyen;
- ▶ les points cotés précisent l'altitude de lieux spécifiques, complétant ainsi les informations fournies par les courbes de niveau.

Courbes de niveau

altitude en mètres



Courbes de niveau

► Calcul du pourcentage d'une pente

Pour calculer la pente d'un trajet, il suffit d'appliquer la formule suivante :

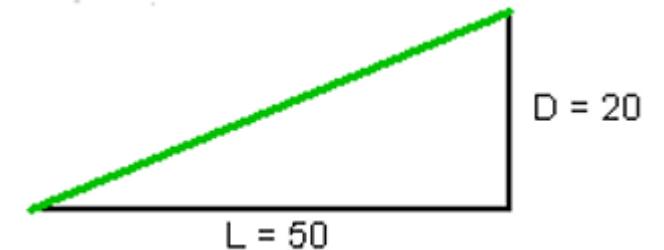
$$Pente(\%) = \frac{Dénivelé(m)}{Longueur \cdot parcourue(m)} \cdot 100$$

► Exemple

Le calcul de la pente du trajet illustré par le triangle de la figure, mène au résultat suivant :

Pente : $P = (20 \cdot 100) / 50 = 40\%$.

Une montée de 40 m revient à parcourir 100 m en longueur.



Courbes de niveau

► Exemple : Calcul de la pente pour aller de A à B

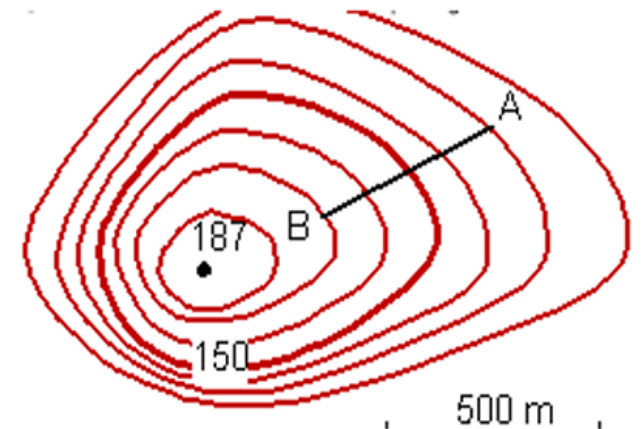
En allant de A vers B, nous passons de la courbe HA=130 à la courbe HB=170

nous avons donc une dénivelés de $D=HB-HA=40$ m.

La longueur du trajet AB est de 450 m.

Donc la pente est : $P = (40.100)/450 = 8,9 \%$.

- En allant de A vers B, (une montée) : la pente est de $+ 8,9 \%$
- En allant de B vers A, (une descente) : la pente est de $- 8,9 \%$



Unités de mesure en topographie

► Unités de mesure en topographie

Les angles en topographie sont observés et mesurés dans le sens topographique ou dans le sens des aiguilles d'une montre. L'unité angulaire employée est le grade (gr).

$$400 \text{ gr} = 360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

$$100 \text{ gr} = 90^\circ$$

Grandeur	unité	symbole
Distance	mètre	m
Angle	grade	gr
Surface	Mètre carré	m ²

Les applications de la topographie

La topographie touche plusieurs domaines, les applications propres au génie civil sont les suivantes :

Les travaux routiers et municipaux :

Ils sont liés aux autoroutes, aux chemins de fer et des travaux qui ont des grandes longueurs par rapport à leur largeur.

- ▣ Implanter l'axe de la route
- ▣ Piqueter et relevé des tracés en plan des routes, des profils en long, des profils en travers, qui servent au calcul de cubature
- ▣ Génie municipal : Eclairage public,

Les travaux pour les bâtiments :

- ▣ Plan d'installation
- ▣ égouts pluviaux, assainissements, électricité et téléphone ...
- ▣ Piquetage des centres de fondation pour pieux et semelle

FORME DE LA TERRE

► FORME DE LA TERRE

La terre est une ellipsoïde de révolution tournant autour de son petit axe, appelé axe de terre. L'équateur est le grand cercle imaginaire tracé autour de la terre à égale distance des deux pôles. Le Méridien est le demi grand cercle imaginaire de la surface terrestre limité aux pôles (Figure I. 12). Il convient de distinguer l'ellipsoïde de révolution qui est une surface engendrée par une ellipse de demi axe a et b (~ 6400 km) tournant autour du petit axe b , parallèle à l'axe des pôles. Son aplatissement noté α est donné par la relation (I. 2).

FORME DE LA TERRE

La **géodésie** : c'est la science qui étudie la forme de la terre; qui permet de déterminer les coordonnées géographiques ou rectangulaires d'un certain nombre de points servant de canevas pour les levés topographiques.

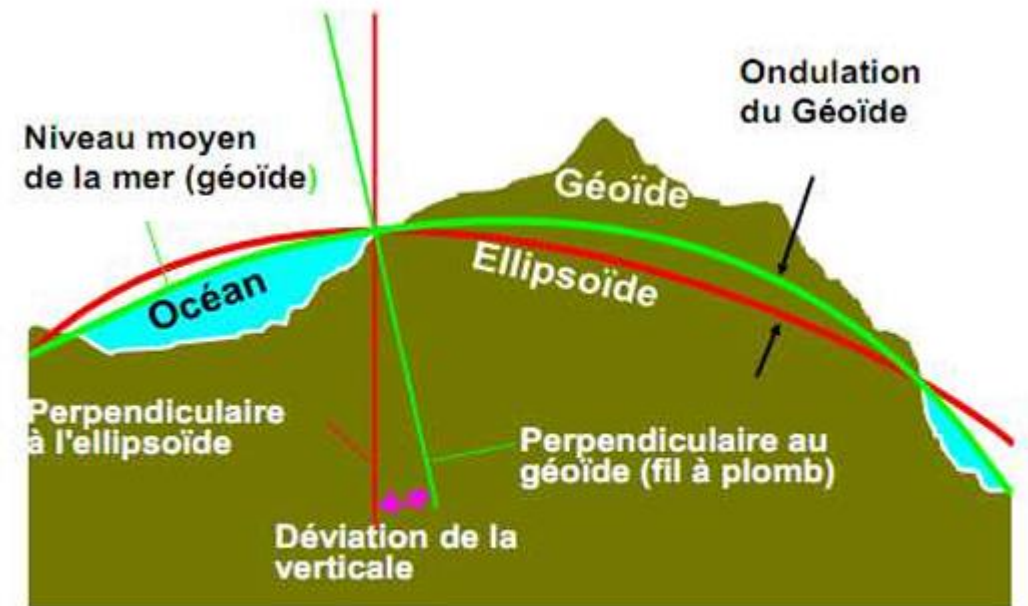
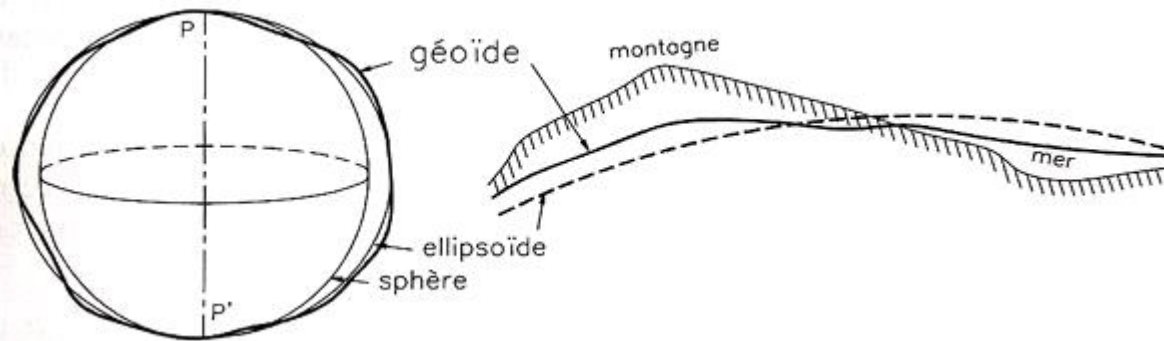


Figure I. 13. Le Géoïde.

FORME DE LA TERRE

► Géoïde et ellipsoïde

En apparence la terre a la forme d'une sphère. En fait, elle est légèrement déformée par la force centrifuge introduite par sa rotation autour de l'axe des pôles. Elle a donc l'aspect d'un ellipsoïde de révolution dont le petit axe b est l'axe de rotation (l'axe des pôles). La surface des mers et océans au repos recouvrant toute la terre est appelée géoïde, le géoïde, niveau des mers prolonge sous les continents, est donc la surface de référence pour la détermination des altitudes, autrement dit la surface de niveau zéro.

La surface la plus proche du géoïde est un ellipsoïde de révolution, la terre tournant autour de l'axe des pôles, cette rotation engendre un cercle équatorial de rayon " a ". Il n'existe pas un ellipsoïde global unique mais plusieurs ellipsoïdes locaux définis pour chaque pays.

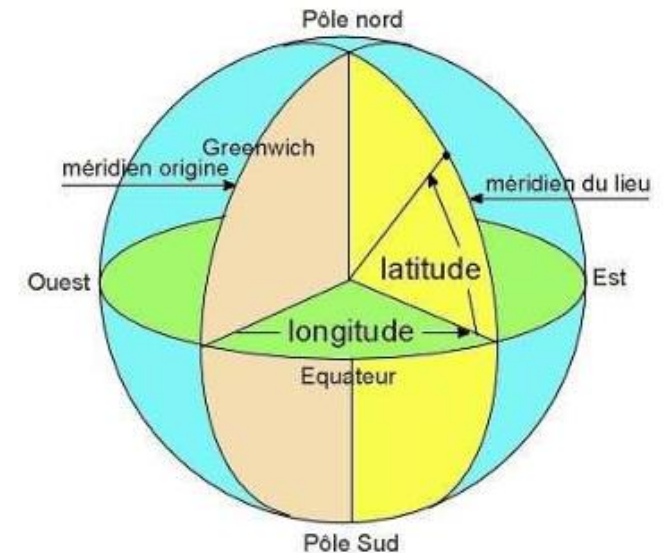
Systèmes de coordonnées

- ▶ Cartésiennes géocentriques (X, Y, Z)

relatives aux trois (3) axes d'un repère ayant son origine au centre des masses de la Terre (Figure). Ces coordonnées peuvent être utilisées, par exemple, comme intermédiaire lors de calculs de changements de systèmes géodésiques de références.

Géographique (λ , ϕ , h);

- ▶ La lettre grecque λ (lambda) désignant la longitude
- ▶ La lettre grecque ϕ (phi) la latitude
- ▶ La lettre h correspond à la hauteur ellipsoïdale (à ne pas confondre avec l'altitude). Elle est définie dans un système de référence géodésique et peut différer de l'altitude de plusieurs dizaines de mètres.



Les instruments de mesures

- ▶ **Le niveau** : mesure distance, et angle horizontale



- ▶ **Ruban** : forme d'une règle graduée flexible
- ▶ **trépieds** : Support portant l'appareil



Les instruments de mesures

- ▶ **Station totale** : mesure indirecte des angles, des distances et dénivelées



- ▶ **Tachéomètre** : mesure des angle horizontale et verticale et les distances



LES FAUTES ET LES ERREURS

Mesurer c'est l'action de comparer une grandeur (quantité) par rapport à une grandeur de même espèce prise comme référence: étalon ou gabarit. L'inexactitude d'une mesure quelconque est due à deux causes différentes: "l'erreur" ou "la faute". La valeur des travaux topographiques repose sur l'étude des erreurs possibles, leurs contrôle, leur neutralisation ou atténuation par des méthodes appropriées.

LES FAUTES ET LES ERREURS

- ▶ Faute (Erreurs parasites ou fautes)

Incertitudes souvent grossières provenant de l'inattention ou d'un oubli de l'opérateur; pour détecter les fautes, que l'on est toujours susceptible de commettre, on pratique des contrôles.

- ▶ Erreur

Les erreurs sont définies comme étant des petites inexactitudes dues aux imperfections des instruments et aux sens. Elles sont inévitables, mais elles peuvent être diminuées par le choix des instruments et des méthodes. L'erreur (e) = valeur mesurée (x) – valeur exacte (X)

Généralement, la valeur X est une inconnue, et les erreurs sont impossibles à connaître exactement. Il est donc nécessaire de chercher seulement dans quelles limites elles sont comprises.

Erreurs systématiques

- ▶ Elles proviennent en général de défauts de construction ou de réglage des instruments. Lorsque les mesures se font dans les mêmes conditions, elles restent constantes en grandeur et en signe. Elles s'ajoutent systématiquement les unes aux autres. Il est possible de diminuer les importances par le calcul (étalonnage pour les mesures de distance) ou bien par un mode opératoire,
- ▶ Exemple : mesure d'une longueur avec une chaîne trop longue. Si on appelle e l'erreur sur une portée et si n est le nombre de portées donc l'erreur finale sera : $n \cdot e$

Erreurs accidentelles

- ▶ L'erreur accidentelle est celle qui varie de façon imprévisible en valeur absolue et en signe lorsqu'on effectue un grand nombre de mesurages de la même valeur d'une grandeur dans les conditions pratiquement identiques. Les erreurs accidentelles ne peuvent être calculées d'avance ni éliminées par mode opératoire.

Erreurs vraies et erreurs apparentes

► Erreurs vraies

Quelle que soit la source d'erreur, elle s'estime théoriquement par la différence d'une mesure effectuée avec celle de la valeur parfaite que l'on eût dû trouver et notée 'erreurs vraies'. Ces dernières ne sont pratiquement jamais connues, puisque la connaissance de la valeur parfaite échappe à l'observateur.

► Erreurs apparentes

Il est donc porté intérêt seulement aux 'erreurs apparentes' ou 'résidus' que seules peuvent être estimées par l'écart de chaque mesure avec la moyenne d'un certain nombre de mesures semblables du même objet.

LES FAUTES ET LES ERREURS

► Distinction entre fautes et erreurs

Les fautes, au sens des mesures physiques et topographiques, sont des imperfections évitables, généralement grossières, dues à des inadvertances opératoires qu'une organisation judicieuse et une discipline plus stricte dans les travaux eussent permis de déceler et d'éliminer. Les erreurs, au contraire, sont des inexactitudes inévitables dues à l'imperfection des sens et des instruments. Ce sont ces dernières seules qui entrent dans le cadre des lois statistiques des probabilités.

LES FAUTES ET LES ERREURS

Quand la valeur exacte X est inconnue (cas le plus fréquent), nous adoptons comme valeur approchée la plus probable la moyenne arithmétique des mesures.

Moyenne arithmétique et erreur moyenne arithmétique

Soit un ensemble de mesures (appelé 'population') : $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. La moyenne arithmétique notée $\bar{x}$ est donnée par la formule

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Les écarts (e) à la moyenne arithmétique sont appelés, écarts, erreurs apparentes ou résidus qui sont données par les relations

$$e_1 = X_1 - \bar{x}, \quad e_2 = X_2 - \bar{x}, \quad e_3 = X_3 - \bar{x}, \quad e_n = X_n - \bar{x}.$$

LES FAUTES ET LES ERREURS

► Ecart types σ

Appelés aussi erreurs moyennes quadratiques, notée 'emq', ou ' σ ' d'une mesure isolée. L'écart type est égal à la racine carrée de la moyenne arithmétique des carrés des écarts à la moyenne. On a pour un grand nombre de mesure

$$\sigma = \sqrt{\frac{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_n^2}{n}}$$

► Erreurs probable

Appelée aussi écart équiprobable d'une mesure isolée notée ' ϵ_p '. C'est l'écart dont la probabilité d'être dépassée en valeur absolue est : $\frac{1}{2}$. Le calcul des probabilités donne :

$$\mathcal{E}_p = 0.6745 \sigma = \frac{2}{3} \sigma$$

LES FAUTES ET LES ERREURS

- ▶ Erreur maximum $\mathcal{E}_M$, ou Tolérance

Cette valeur conventionnelle définit la limite à partir de laquelle présomption de faute (indice de faute).

Définit par : $\mathcal{E}_M = 4 \mathcal{E}_p$ $\mathcal{E}_p = 2 / 3 . \sigma$ **par** $\mathcal{E}_M = 2,7 . \sigma = \mathbf{2,7 emq}$

LES FAUTES ET LES ERREURS

► Composition des écarts types

Lorsqu'une mesure est entachée de plusieurs erreurs accidentelles, l'erreur moyenne quadratique résultante est donnée par la relation

$$Emq = \sqrt{emq_1^2 + emq_2^2 + emq_3^2 + \dots + emq_n^2}$$

Lorsque toutes les erreurs de toutes les mesures sont égales, la relation se transforme.

$$Emq = emq \sqrt{n}$$

► Erreur moyenne quadratique d'une moyenne

L'erreur de la moyenne arithmétique de n mesures de la même quantité effectuées avec la même précision 'emq' est donnée par la relation

$$Emq_n^{moyenne} = \frac{emq}{\sqrt{n}}$$

LES FAUTES ET LES ERREURS

► Exemple :

1. Soit une longueur AB composée de trois tronçons Aa, ab, bB mesurés chacun plusieurs fois mais avec une erreur moyenne quadratique égale à $\varepsilon = 10$ cm. Quelle est l'erreur moyenne de cette longueur ?.

2. Dans le cas où chaque tronçon est mesuré plusieurs fois mais avec des précisions différentes, dépendant par exemple des difficultés du parcours. Soient : $\varepsilon_1 = 10$ cm, $\varepsilon_2 = 5$ cm et $\varepsilon_3 = 7$ cm. Calculer dans ce cas là cette erreur moyenne quadratique.

1. pour chacun d'eux, on aurait : $Emq = 10\sqrt{3} = 17$ cm .
2. l'erreur moyenne quadratique de leur somme, sera :

$$Emq = \sqrt{10^2 + 5^2 + 7^2} = 13 \text{ cm.}$$

