

I. GENERALITES

I.1. LA GEODESIE

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.

I.2. LA TOPOGRAPHIE

Le mot topographie vient du grec topos (le lieu) et graphein (dessiner). A pour objet la description et la représentation locale des formes de la surface de la Terre. Le topographe procède donc à des levés, soit en mesurant directement sur le terrain (mesures d'angles, de distances, ou GPS), soit en exploitant les propriétés métriques d'images aériennes stéréoscopiques du sol (photogrammétrie).

I.3. LA TOPOMETRIE

Elle représente l'ensemble des moyens géométriques employés pour effectuer des mesures de positions relatives de points. C'est donc la boîte à outils de base du topographe.

I.3.1. Topométrie de construction

La topométrie de construction consiste à donner des alignements et des altitudes qui servent à la construction de bâtisses, de réseaux d'égouts et d'aqueducs, de rues, et le reste.

I.3.2. Topométrie routière

La topométrie routière est intimement liée aux autoroutes, aux chemins de fer, aux oléoducs et aux travaux qui s'étendent, d'une façon générale, sur de grandes distances.

I.3.3. Topométrie cadastrale

La topométrie cadastrale, aussi appelée arpentage légal, consiste principalement à déterminer la délimitation et morcellement des propriétés foncières. C'est un champ d'activité exclusivement réservé aux arpenteurs – géomètres.

I.3.4. Topométrie souterraine

Les opérations comme l'orientation et les dimensions des tunnels et de galerie de mines, le calcul des volumes, etc., relèvent de la topométrie souterraine.

I.3.5. Topométrie hydrographique

La topométrie hydrographique, ou tout simplement l'hydrographie, a pour but de représenter le littoral, les lacs et rivières, les fonds marins, et le reste.

I.3.6. Topométrie industrielle

L'aménagement des installations industrielles, au moyen d'instruments optiques, constitue la principale application de la topométrie industrielle.

I.4. LE LEVE TOPOGRAPHIQUE

C'est l'ensemble des opérations destinées à recueillir sur le terrain les éléments du sol, (sous-sol et du sursol) nécessaires à l'établissement d'un plan ou d'une carte. Il implique la mesure locale d'un nombre important de points permettant la description des objets géographiques. Un levé est réalisé à partir d'observations au moyen d'un instrument permettant des mesures.

I.5. UN PLAN

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.

I.6. UNE CARTE

Une carte est une représentation conventionnellement réduite d'une certaine portion de terrain à petite échelle. Tels que cartes géographiques, cartes topographiques et cartes routières dont les échelles varient du 1/1000000^{ème} au 1/25000^{ème} (**Figure I. 1 (a)**). La carte permet également de montrer les variations et les développements des phénomènes dans le temps, ainsi que leurs facteurs de mouvement et de déplacement dans l'espace.

I.6. 1. Lire une carte

Le nord, par convention, est toujours en haut de la carte (**Figure I. 1 (a)**, **Figure I. 1 (c)**). Une carte topographique représente une certaine région. Cette reproduction est **un dessin orienté** et selon la convention, le **Nord** est toujours au-dessus, le **Sud**, en dessous, l'**Ouest** à gauche et l'**Est** à droite (**Figure I.1 (c)**). La direction du nord est indiquée par les méridiens (**Figure I. 1 (b)**) qui sont représentés par deux ou trois lignes verticales très fines parcourant la carte de haut en bas.

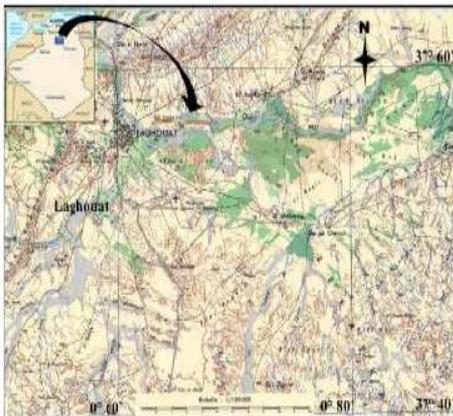


Figure I. 1 (a). Carte topographique (Le nord en haut de la carte).

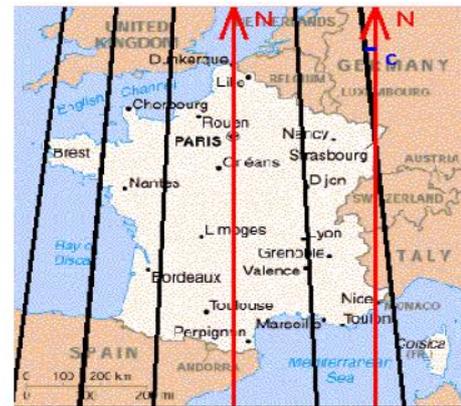


Figure I. 1 (b). Carte topographique (Direction du nord indiquée par les méridiens).

Le nord magnétique, indique par l'aiguille aimantée d'une boussole, et le nord géographique, dit nord vrai correspondent au point de convergence des méridiens : le pôle nord.

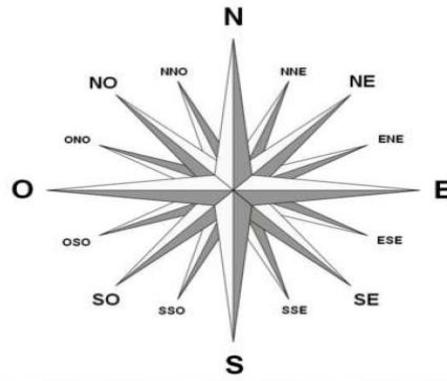


Figure I. 1 (c). Orientation conventionnelle du Nord, Sud, Ouest et l'Est
(Carte I.G.N 'Institut géographique national de France').

La différence d'angle entre les deux nord s'appelle la **déclinaison magnétique**, qui varie avec le lieu et le temps. Une carte contient, le numéro et la série de la carte, l'échelle, la date de réalisation, la date de la dernière révision, la déclinaison magnétique, sa mise à jour et l'équidistance des courbes et la cartouche avec les symboles utilisés. Les cartes utilisent de nombreux codes de couleurs pour synthétiser le paysage. Les couleurs portées sur les cartes au 1/25000 ème relèvent d'un code précis utilisé dans le monde entier.

La couleur **bleu** représente tout ce qui a rapport avec l'eau, les cours d'eau, la mer, les étangs, les canaux, les glaciers (contours dessinés au trait bleu), les marais, les zones inondables, etc. Les noms des éléments d'hydrographie sont imprimés en bleu.

La couleur **verte** correspond à la végétation. Les différents traitements graphiques indiquent la nature de la couverture végétale : feuillus, conifères, vignes, broussailles, exceptées les zones cultivées qui restent en blanc. Les limites des forêts domaniales et des parcs naturels sont représentées par un trait vert épais.

La couleur **orange** représente le relief à travers les courbes de niveaux. Les falaises sont dessinées en noir.

La couleur **noir** est employé pour une grande partie des indications en lettres ou chiffres : nom de lieu, de village, hameaux, ruines, altitudes, chiffres de population, numéros de routes, etc. elle indique aussi les voies ferrées, les chemins et les sentiers.

La couleur **jaune** représente les routes non classées.

La couleur **rouge** représente les routes principales et secondaires.

I.6.2. Echelle

L'échelle est définie 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.

Une échelle exprimée sous forme de 1/10000^{ème} signifie qu'une longueur mesurée sur terrain est réduite 10000 fois pour être reportée sur la carte.

Les principales échelles employées en topographie sont : 1/100, 1/200, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/5000, 1/10000, 1/25000, 1/50000, 1/100000, 1/200000^{ème}.

Exemples :

La mesure d'une distance de :

- 2,5 cm sur un plan vaut réellement une distance de 25m sur le terrain, l'échelle sera : $2,5/2500 = 1/1000^{\text{ème}}$.
- 7,4cm sur un plan à l'échelle 1/500^{ème} donne une longueur réelle de: $7,4*500 = 3700\text{cm}$.

I.6.3. Orientation d'une carte

Orienter la carte, c'est faire correspondre la position de la carte avec celle du terrain, et donc faciliter la traduction entre ce qui est vu réellement et ce qui est représenté sur la carte. Pour orienter la carte, il faudrait :

- Mettre le Nord du cadran de la boussole devant le repère de celle-ci (ne pas s'occuper de la position de l'aiguille) ;
- Poser la boussole sur la carte en alignant bord de la carte et bord de la boussole, comme sur le schéma de la **figure I. 2 (a)** ;
- Tourner l'ensemble (carte-boussole) jusqu'à ce que le Nord de l'aiguille arrive sur le Nord du cadran, comme sur le schéma de la **figure 1 .2 (b)**.

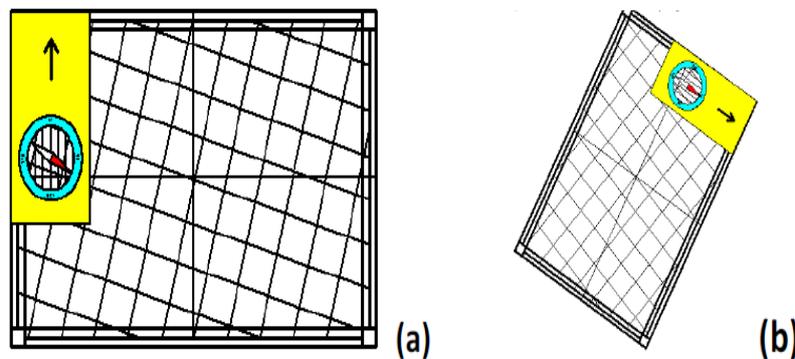


Figure I. 2. Orientation d'une carte topographique.

I.6.4. Courbes de niveau

Une **courbe de niveau** ou **isoplèthe d'altitude** est, en cartographie une ligne formée par les points du relief situés à la même altitude. Pour dessiner les courbes de niveau, il faut découper le terrain en « **tranches** » pour être projeté ensuite sur du papier. L'épaisseur des tranches est constante, appelée équidistance des courbes et est indiquée dans la cartouche de la carte. Toutes les cinq ou dix courbes, une courbe maîtresse est dessinée en gras, avec l'indication de son altitude. Les chiffres de cette courbe sont toujours écrits dans le sens de la montée (**Figure I. 3**).

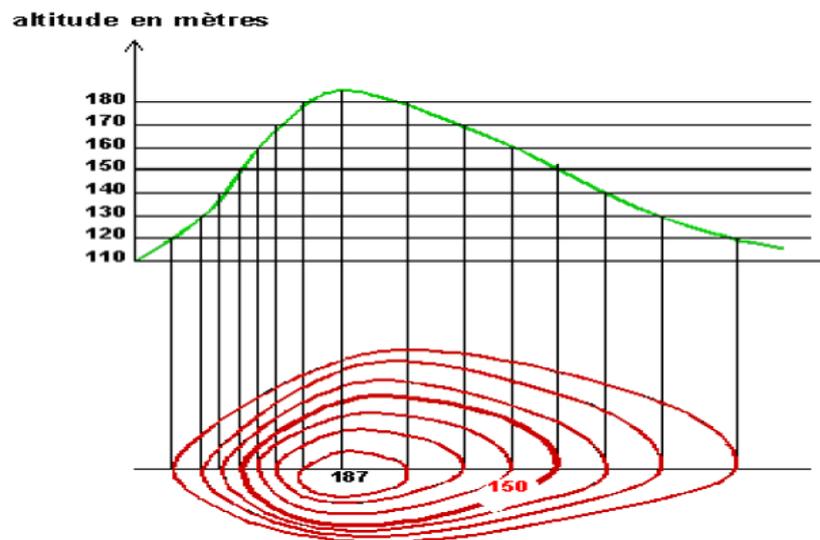
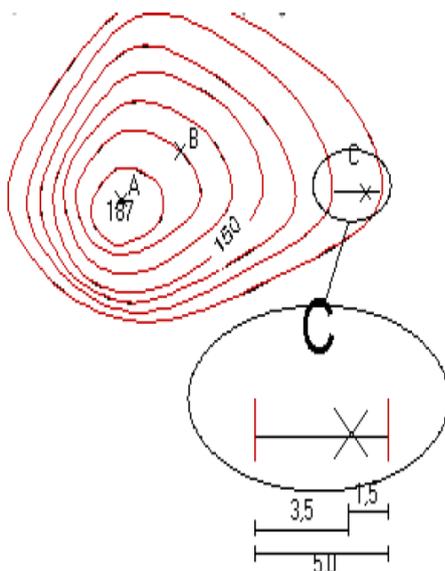


Figure I. 3. Principe de détermination des courbes de niveau.

Enfin, les points cotés dans la figure I. 3 (187 m) donnent l'altitude des points particuliers qui complètent les courbes de niveau.

I.6.5. Calcul de l'altitude d'un point

Pour calculer l'altitude d'un point, il faut d'abord étudier les courbes de niveau et les points cotés. Trois points **A**, **B** et **C** ont été indiqués sur le schéma de la figure I. 4.



- Le point **A** est sur un point coté : son altitude est de 187 m

- Le point **B** est sur une courbe de niveau : son altitude est de 170 m

- Le point **C** est situé entre deux courbes de niveau... c'est plus compliqué !

Figure I. 4. Principe du calcul de l'altitude d'un point.

Comme **C** est situé entre deux courbes de niveau, il faut commencer par le dessin de la ligne la plus courte entre les deux courbes et passant par le point **C** : c'est la ligne de plus grande pente. Ensuite, il faut mesurer la longueur de cette ligne. Ici elle est de 5m. Puis il faudrait mesurer la distance entre la courbe la plus basse (ici 120m) et le point, et on trouvera 1,5m

dans l'exemple. Enfin, une règle de trois permet de calculer la dénivelée. Dans l'exemple de la **figure I.4**, si 5mm représentent une élévation de 10m (la différence d'altitude entre deux courbes, c'est-à-dire l'équidistance), alors 1,5m correspondront à $1,5 \cdot 10 / 5 = 3$ m. L'altitude du point est donc de $120 + 3 = 123$ m.

I.6.6. Calcul du pourcentage d'une pente

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

$$\text{pente } (\%) = \frac{\text{Dénivelé (m)}}{\text{longueur parcourue (m)}} \cdot 100 \dots\dots\dots 1.1$$

Donc une pente est égale à 100 % lorsque la dénivelée est égale à la longueur parcourue. La dénivelée est définie comme étant la hauteur totale entre le point d'arrivée et le point de départ.

Exemple 1 :

Soit deux points sur une carte. **A** est à 450 m d'altitude et **B** à 600m. La distance entre **A** et **B** est de 4,5Km, c'est-à-dire 4500m. Le calcul de la dénivelée revient au calcul de la différence d'altitude entre les deux points **B** et **A**.

Dénivelée: $B - A \Rightarrow 600\text{m} - 450\text{m} = 150\text{m}$.

Pente entre le point **A** et le point **B** : **pente = (150/4500) .100=3,33%**. Il ne faut pas donc confondre le pourcentage de la pente avec l'angle d'élévation (exprime en degré) de cette même pente :

Sur les cartes, nous avons la distance à plat, c'est-à-dire la distance horizontale; elle ne prend pas en considération le relief du terrain. Nous ne savons donc pas la vraie distance parcourue lors de l'élévation (Figure I. 5) représentée ici par l'hypoténuse **R**.

Sur un terrain pratiquement plat ou pour une élévation sur une longue distance, la différence sera minime. Voyez la différence entre la ligne **A** et la ligne **B** dans le graphique ci-après (Figure I. 5). Si on les lignes, la **B** serait beaucoup plus grande que **A**.

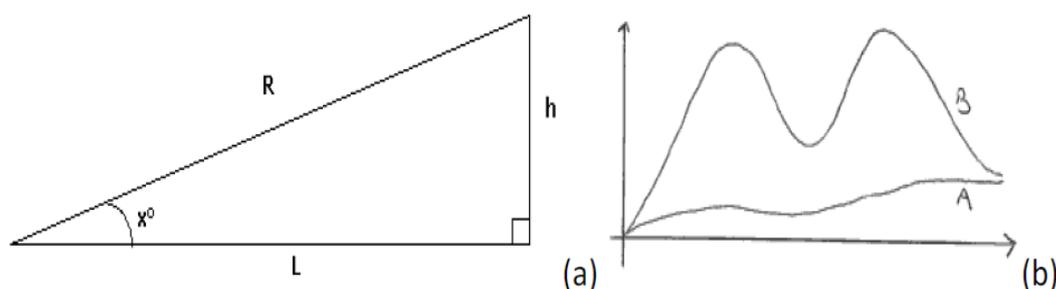
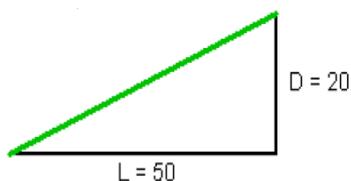


Figure I.5. Calcul de dénivelée entre deux point A et B.

Pour connaître la distance réelle à parcourir, il faut se servir du théorème de Pythagore : $L^2 + h^2 = R^2$. Après un simple calcul, nous obtenons : $R = 4502$ m. Concernant l'angle d'élévation, nous avons l'outil nécessaire en mathématique : la tangente. Tangente $(x^\circ) = h/L$. A l'envers, pour trouver l'angle (x°) : arc tangente $(h/L) = x^\circ$.

Exemple 2 :

Le calcul de la pente du trajet illustre par le triangle de la **figure I. 6**, mène au résultat suivant:

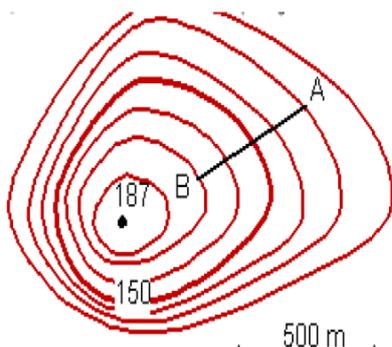


$$\text{Pente : } P = (20 \cdot 100) / 50 = 40\%.$$

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

- En allant de **A** vers **B**, nous passons de la courbe 130 à la courbe 170 : nous avons donc monté 40 m. La longueur du trajet à vol d'oiseau est de 450 m. Donc la pente est :

$$P = (40 \cdot 100) / 450 = 8,9 \%$$



- En allant de **A** vers **B**, (une monte) : la pente est de + 8,9 %

- En allant de **B** vers **A**, (une descente) : la pente est de - 8,9 %

Figure I. 6. Principe du calcul du pourcentage d'une pente.

I.7. PLACE DE L'INGENIEUR DE GENIE CIVIL EN TOPOGRAPHIE

L'ingénieur de génie civil non spécialisé en topographie doit être capable de :

- Comprendre tout document établis par un topographe,
- Pouvoir communiquer avec un topographe,
- Savoir-faire des opérations de la topographie,
- Surveiller la bonne exécution d'un levé,
- Réceptionner éventuellement les travaux réalisés,
- Manipuler des appareils topographiques.

I.8. RAPPELS MATHEMATIQUES APPLIQUESA LA TOPOMETRIE**I.8.1. 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**). Les unités de mesure employées en topographie sont reprises dans le **tableau I. 1**.

Tableau I. 1. Unités de mesure en topographie.

Grandeur	Unité	Symbole
Distance	Mètre	m et Km
Angle	grade	gr
Surface	Mètre carré	m ²