

Généralités

Chapitre 1

Généralités

1.1 Connaissances de base et concept de la topographie

La science **géodésique** est la discipline qui englobe toutes les méthodes d'acquisition et de traitement des dimensions physiques de la terre et de son entourage, on ne peut se dispenser de la science géodésique. On y a recours pour :

- a) Cartographier la terre, tant au dessous du sol, et au fond des mers ;
- b) Dresser des cartes de navigation aérienne, terrestre et maritime ;
- c) Etablir les limites de propriétés tant publiques que privées ;
- d) Créer des banques de données relatives aux ressources naturelles;
- e) Déterminer la forme et les dimensions de la terre, de même que l'étude de la gravité et du champ magnétique ;
- f) dresser des cartes de notre satellite naturel et des autres planètes.

La science géodésique joue un rôle dans les branches du génie. Elle est requise avant, pendant et après la planification et la construction d'autoroutes, de chemins de fer, de tunnels, de canaux, de ponts, etc.

Elle comprend : la topographie, la topométrie, la géodésie, la photogrammétrie et l'astronomie géodésique.

1.1.1 La topographie

La topographie (du grec graphien = dessiner) est l'art de représenter graphiquement un lieu sous forme de plans (cartes). La confection proprement dite de ces plans (cartes) relève de la cartographie. Un plan (carte) est la représentation graphique, à une certaine échelle, de la projection orthogonale de détails de la surface de la terre, qu'ils soient naturels ou artificiels ou conventionnels (limites administratives).

1.1.2 La topométrie

La topométrie (du grec topo = lieu et metron = mesure) est l'ensemble des techniques de mesurage géométriques servant à déterminer la forme et les dimensions d'objets et des lieux, sans tenir compte de la courbure de la terre.

Il faut noter que la topométrie sert les domaines suivants :

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, de rues, etc.

Topométrie routière

La topométrie routière est intimement liée aux autoroutes, aux chemins de fer, aux travaux qui s'étendent, sur de grandes distances.

Topométrie cadastrale

La topométrie cadastrale, consiste principalement à déterminer la délimitation et le morcellement des propriétés foncières.

Topométrie souterraine

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

Topométrie hydrographique

La topométrie hydrographique, a pour but de représenter le littoral, les lacs et rivières, les fonds marins, etc.

Topométrie industrielle

L'aménagement des installations industrielles, au moyen d'instruments optiques.

1.1.3 La géodésie

La géodésie est la science qui a pour objet l'étude qualitative et quantitative de la forme de la terre et de ses propriétés physiques (la gravité, le champ magnétique, etc.)

La géodésie permet de localiser, avec une grande précision, des points géodésiques servant d'ossature aux levés topographiques. Les étendues sont assez grandes, on doit tenir compte de la courbure de la terre.

1.1.4 Photogrammétrie

La photogrammétrie est la science qui permet d'obtenir des informations quantitatives (forme et dimensions) d'objets et qualitatives (interprétative quand elle consiste à déduire certains renseignements en examinant des images obtenues au moyen de senseurs optiques ou non optiques) au moyen de photos.

1.1.5 L'astronomie géodésique

Permet de déterminer la position absolue de points et la direction absolue de lignes sur la surface de la terre. La position absolue est donnée par la latitude et la longitude par rapport à l'équateur et au méridien d'origine de Greenwich, et la direction absolue par l'angle que fait la ligne par rapport au méridien du lieu.

1.2 Objet de la topographie

La topographie est la technique qui traite de la représentation de la forme du sol et des détails qui s'y trouvent.

La topographie comprend deux disciplines :

- la topométrie qui est la technique d'exécution des mesures du terrain ;
- la topologie ou science des formes du terrain.

La topographie se base sur deux catégories d'opération :

a) L'altimétrie ou le nivellement : (levé altimétrique). Il prend en considération le relief terrestre, il se base sur deux méthodes de mesure :

- Calcul des niveaux;
- Calcul des différences des niveaux (les dénivelées).

b) La planimétrie : ou levé planimétrique. C'est la représentation avec précision de la projection horizontale de tous les points appartenant à un domaine étudié afin d'arriver à son levé de détail ou son implantation.

La planimétrie se base sur deux méthodes de mesures :

- i) Mesure des distances ;
- ii) Mesure angulaire (mesure des angles).

Le résultat de l'étude topographique est un levé topographique.

A quoi sert un levé topographique ? (Domaine d'utilisation), citons quelques domaines :

- **L'architecte** l'utilise pour la réalisation d'un plan de masse ;
- **L'entreprise responsable de l'étude du sol**, l'utilise pour la désignation des points de sondage et la réalisation des coupes géologiques ;
- **L'ingénieur en génie civil**, l'utilise pour la réalisation d'un plan de fondations.

Les travaux topographiques peuvent être classés en 06 grandes catégories suivant l'ordre chronologique de leurs exécutions :

- Levés topographiques;
- Les calculs topographiques; *Terrain → (Levé topographique) → plan*
- Dessins topographiques; *Plan → (Implantation) → Terrain*
- Implantation;
- Suivi et contrôle des ouvrages.

1.3 Les projections

1.3.1 Projection cartographique

La **projection cartographique** est un ensemble de techniques [géodésiques](#) permettant de représenter la surface de la terre (ou une partie) sur la surface plane d'une carte.

Le choix d'une projection et le passage d'une projection à une autre comptent parmi les difficultés mathématiques des cartographes.

D'un point de vue mathématique, une projection permet d'établir une correspondance entre la surface de la terre et le plan (ou la surface développable) telle que :

$x = f_1(\phi, \lambda)$ et $y = f_2(\phi, \lambda)$ où x, y désignent des coordonnées planes, ϕ la latitude, λ la longitude et f_1, f_2 des [fonctions](#) qui sont continues partout sur l'ensemble de départ sauf sur un petit nombre de lignes et de points (tels que les pôles).

De la Terre à la carte

La Terre a une forme irrégulière. Une projection s'appuie sur une [sphère](#) ou un [ellipsoïde](#) de révolution. On commence par choisir, à partir de son [géoïde global](#), un ellipsoïde de révolution représentatif.

Les types de projections

Une fois un ellipsoïde fixé, on peut choisir le type de projection à appliquer pour obtenir une carte. Cette fois encore, ce choix est conduit par l'usage qui sera fait de la carte mais aussi de la position de la région à cartographier sur le globe. Les projections sont :

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

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

Une carte ne pouvant pas être obtenue simplement en écrasant une sphère, 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 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 :

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.

- Projection de Mercator (conforme)
- Projection UTM (conforme)
- Projection cylindrique équidistante

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.

Exemple : [Projection conique conforme de Lambert](#)

Projection azimutale



On projette l'ellipsoïde sur un plan tangent en un point ou sécant en un cercle.

Il existe trois types de projections azimutales, qui se différencient par la position du [point de perspective](#) utilisé pour la projection.

Une projection qui ne peut être classée dans un de ces types est appelée *individuelle* ou *unique*.

Lien entre le système de référence et le système de coordonnées

Les différents systèmes de coordonnées utilisées en géographie sont étroitement liés aux différents systèmes de référence :

Systèmes de coordonnées	Systèmes de référence
cartésiennes (X, Y, Z)	+ Système de référence
géographiques (Latitude : ϕ , Longitude : λ , Hauteur ellipsoïdale : h)	+ Système de référence + ellipsoïde
planes (E, N)	+ Système de référence + ellipsoïde+ projection

1.3.2 Coordonnées géographiques, azimut

Le point B de la terre (fig. 1) se situe grâce à ses coordonnées géographiques, à savoir :

Sa longitude, qui est l'angle M formé par le méridien du lieu PBP' avec un méridien choisi arbitrairement pour origine PGP' (méridien passant par Greenwich). La longitude se compte positivement vers l'ouest (sens des aiguilles d'une montre) et négativement vers l'est.

a)

Fig. 1.1 : Coordonnées géographiques

b) **Sa latitude**, qui est l'angle L (Bob) du rayon OB avec le plan de l'équateur. La latitude est aussi, en lieu, l'angle de hauteur du pôle au-dessus de l'horizon. La

colatitude est l'arc complémentaire BP. La latitude se compte à partir de l'équateur soit vers le nord, soit vers le sud. La parallèle de B est le petit cercle de la sphère situé dans un plan perpendiculaire à la ligne des Pôles et passant par B.

L'*azimut* d'une direction BC (fig.1), BC étant une ligne droite sur la terre (appelée géodésique), est l'angle A mesuré au point B dans un plan horizontal, entre la direction du nord (BP) et la direction considérée (BC). Cet angle se mesure dans le sens des aiguilles d'une montre, à partir du nord.

1.3.3 Les axes

a) Nord Lambert (NL ou Y)

Direction des Y positifs en un point. Le Nord du quadrillage.

b) Nord géographique (NG)

Direction du point vers le pôle nord. En un point donné la direction du nord du quadrillage Lambert (ou axe des Y positifs) n'est confondue avec le nord géographique que le long du méridien d'origine.

L'angle entre le nord Lambert et le nord géographique est appelé « convergence des méridiens ».

c) Nord magnétique (NM)

Direction de la pointe bleue de l'aiguille aimantée. Elle varie dans le temps et est influencée par les corps magnétiques proches du lieu d'observation.

1.4 Les échelles

La réduction effectuée pour passer des distances mesurées sur le terrain aux longueurs qui les représentent sur une carte a une valeur fixe.

$$P/T = 1/E \quad (1.1)$$

On exprime l'échelle sous la forme d'une fraction dont le numérateur est 1.

Exemple : l'échelle : 1/50 000

Les chiffres de cette fraction indiquent que les distances du terrain sont représentées sur la carte par des longueurs 50 000 fois plus petites.

Exemple : 2 000 m sont représentés à l'échelle 1/50 000 par une longueur de :

$$2\,000/50\,000 = 0,04 \text{ m, soit } 4 \text{ cm}$$

Cette distance de 2 km serait représentée par une longueur de 8 cm sur une carte au 1/25 000.

Il faut se rappeler que :

- au 1/10 000, 1 mm de la carte représente 10 m ;
- au 1/20 000, 1 mm de la carte représente 20 m ;
- au 1/25 000, 1 mm de la carte représente 25 m ;
- au 1/50 000, 1 mm de la carte représente 50 m ;
- au 1/80 000, 1 mm de la carte représente 80 m ;
- au 1/200 000, 1 mm de la carte représente 200 m.

Ainsi, lorsque sur une carte au 1/50 000 nous mesurons, entre deux points, une longueur de 12 mm, la distance des deux points correspondants du terrain est de :

$$50 \times 12 = 600 \text{ m}$$

La classification des cartes et plans en fonction de leur échelle et de leur finalité :

Echelle	finalité
1/1000 000 à 1/500 000	Carte géographique
1/250 000 à 1/100 000	Carte topographique à petite échelle
1/50 000 à 1/25 000 (base), 1/20 000	Carte topographique à moyenne échelle (IGN)
1/10 000	Carte topographique à grande échelle
1/5 000	Plans topographiques d'études, plans d'urbanisme
1/2 000	Plan d'occupation des sols (POS), descriptifs parcellaires
1/1 000, 1/500	Plans parcellaire, cadastraux urbains
1/200	Plans de voirie, d'implantation, de lotissement
1/100	Plans de propriété, plan de masse
1/50	Plans d'architecture, de coffrage, etc

1.4.1 Application sur la notion d'échelle

1 - Deux stations météorologiques distantes sur le terrain de 1.85 km. Sur une carte au 1/100 000, quelle est la distance séparant les deux stations ? Donnez le résultat en mm.

2 – sur un plan au 1/200 le mur d'une propriété mesure 8.3 cm. Combien mesure ce mur en réalité ? Donnez le résultat en mètre.

3 – une clôture a un linéaire de 85.000 m, sur le plan elle cote 21.25 cm ? Donnez l'échelle du plan.

4 – On mesure sur plan au 1/2000 une surface de 150 cm². Quelle est la surface du terrain en vraie grandeur ?

Solutions :

1 - *Distance T = 1.85 kms, 1/E = 1/100 000*, donc d'après $P/T = 1/E$
 $P = T/E = 1.85 \text{ kms} / 100000 = 1.85 \times 1000 \text{ m} / 100000 = 1.85 \times 1000 \times 100 \text{ cm} / 100000$
 $= 1.85 \times 10^5 \text{ cm} / 10^5 \rightarrow P = \underline{18.5 \text{ mm}}$.

2 – *1/E = 1/200, P = 8.3 cm*, d'après $P/T = 1/E \rightarrow T = P \times E$, $T = 8.3 \text{ cm} \times 200 = 1660$
 $\text{cm} \rightarrow T = \underline{16.60 \text{ m}}$.

3 – *Distance T = 85.000 m, distance sur plan = 21.250 cm* $\rightarrow P/T = 1/E = 21.250 \text{ cm} /$
 $85.000 \text{ m} = 21.250 \text{ cm} / 8500 \text{ cm} \rightarrow \underline{P/T = 1/E = 1/400}$

4 – *1/E = 1/2000, P = 150.000 cm²*, d'après $P/T = 1/E \rightarrow T = P \times E$, $T = 150 \text{ cm}^2$
 $\times 2000 = 300000 \text{ cm}^2 \rightarrow T = \underline{30 \text{ m}^2}$.

1.5 Unités de mesures

Le mètre est défini pour base des unités de longueur (Système International)

Les dispositions légales définissent un multiple du mètre qui est le mille marin :
« longueur moyenne de la minute sexagésimale de latitude terrestre » soit 1852 m.

Le mille marin s'emploie pour la mesure des longueurs marines et aéronautique.

Les mêmes textes ont fixé pour mesure fondamentale de superficie le mètre carré ou centiare, superficie contenue dans un carré d'un mètre de coté.

- Les multiples et sous multiples usuels de la superficie sont :
- Le kilomètre carré (km^2), qui vaut 1 000 000 mètres carrés ;
- L'hectomètre carré (hm^2), qui vaut 10 000 mètres carrés ;
- Le décamètre carré (dam^2), qui vaut 100 mètres carrés ;
- Le décimètre carré (dm^2), qui vaut 1/100 de mètre carré ;
- Le centimètre carré (cm^2), qui vaut 1/10 000 de mètre carré ;
- Le millimètre carré (mm^2), qui vaut 1/1 000 000 de mètre carré ;

Il y a deux séries de sous multiples usuels de l'angle :

a) le grade (gr) ;

- Le décigrade (dgr), qui vaut 1/10 de grade;
- Le centigrade (cgr), qui vaut 1/100 de grade, désigné couramment par (') ;
- Le milligrade (mgr), qui vaut 1/1000 de grade.

En outre, bien que ce ne soit pas légal, on utilise pratiquement la seconde centésimale qui vaut 1/10000 de grade, et désignée couramment par (").

b) le degré (d ou °) ;

La minute d'angle, ou « minute sexagésimale », désignée par (') ; la seconde d'angle, ou « seconde sexagésimale », qui vaut 1/60 de minute désignée par (").

Pratiquement, pour toutes les opérations topographiques, on utilise actuellement le grade et ses sous-multiples. Le degré reste employé pour toutes les mesures astronomiques, ainsi que pour la navigation maritime et aérienne, parce que des rapports simples existent entre les mesures de temps et les mesures en degrés.

1.5.1 Application sur les unités de mesures

Dans le système international (SI), complétez les vides :

a/ 12.40 km = ? m =? Hectomètres,

$$12.40 \text{ Km} = 12.40 \times 1000 \text{ m} = \underline{12400 \text{ m}} = \underline{124 \text{ hm}}$$

b/ $270.50 \text{ m}^2 = ? \text{ Ares} = ? \text{ Hectares}$,

$$270.50 \text{ m}^2 = \underline{2.705 \text{ ares}} = \underline{0.02705 \text{ hectares}}$$

c/ Transformez les angles : $V = 63.66 \text{ grades} = ? \text{ Radians} = ? \text{ Degrés}$

$$\frac{\beta}{200} = \frac{\gamma(\text{rad})}{\pi} \Rightarrow \gamma(\text{rad}) = \pi \times \beta / 200 = 1 \text{ rad}$$

$$\frac{\alpha(^{\circ})}{180} = \frac{\beta(\text{gr})}{200} \Rightarrow \alpha(^{\circ}) = \frac{180}{200} * \beta(\text{gr}) \Rightarrow \alpha(^{\circ}) = \beta(\text{gr}) \times 180/200 = 57.294^{\circ}$$

d/ $23 \text{ grades } 34 \text{ minutes } 18 \text{ secondes} = ? \text{ (nombre décimale)}$.

e) Convertir l'angle $\beta = 65.432 \text{ grades}$ en degrés :

$$\frac{\alpha(^{\circ})}{180} = \frac{\beta(\text{gr})}{200} \Rightarrow \alpha(^{\circ}) = \frac{180}{200} * \beta(\text{gr})$$

$$\alpha(^{\circ}) = 58.8888^{\circ}$$

$$1^{\circ} = 60' \Rightarrow 0.8888^{\circ} = 53.328' \quad \left\{ \Rightarrow \alpha = 58^{\circ} 53' 20'' \right.$$

$$1' = 60'' \Rightarrow 0.328' = 19.68'' \cong 20''$$

f) Convertir l'angle $\alpha = 58^{\circ} 54' 32''$ en radians : $\frac{\alpha(^{\circ})}{180} = \frac{\gamma(\text{rad})}{\pi} \Rightarrow \gamma(\text{rad}) = \frac{\pi}{180} * \alpha(^{\circ})$

$$60' = 1^{\circ} \Rightarrow 54' = 0.9^{\circ} \Rightarrow \alpha = 58.909^{\circ}$$

$$3600'' = 1^{\circ} \Rightarrow 32'' = 0.009^{\circ}$$

$$\gamma(\text{rad}) = \frac{\pi}{180} * 58.909 = 1.028 \text{ rad}$$

1.6 Instruments et matériel

a) Le trépied

Le trépied a pour rôle de supporter les instruments (théodolite, niveau et tachéomètre). Il est formé de trois pieds réglables en hauteur.

Fig. 1.2 : Trépied



b) La mire graduée

La mire télescopique que nous avons utilisée a une longueur qui peut atteindre les 5 mètres. Elle possède une bulle de niveau qui permet au manipulateur de la maintenir dans une position verticale durant la lecture après réglage de l'horizontalité. Elle est graduée en centimètres : 1 cm correspond à un trait rouge, noir ou blanc... On distingue chaque mètre par la couleur : si le premier mètre est en noir, le second est alors en rouge etc...



Fig. 1.3 : La mire

c) Le jalon

De couleur rouge et blanc, le jalon est une pièce en métal mince et pointue à l'une de ses extrémités. Il est utilisé pour repérer un point quelconque qui est en général considéré comme point repère dans les mesures.

Fig. 1.5 : Le porte jalon

d) Le fil à plomb

Le fil à plomb est utilisé pour régler la verticalité des jalons et pour vérifier l'alignement du centre de l'appareil et du point station avec la verticale.



Fig. 1.6 : Le fil à plomb

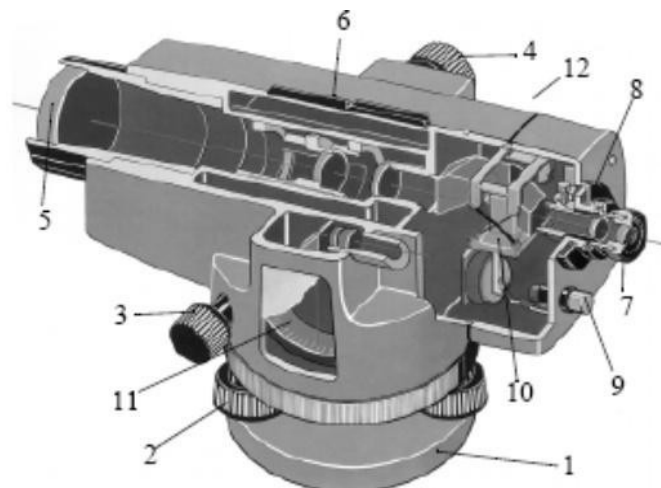
e) Décamètre



Fig. 1.7 : Le décamètre

f) Le Niveau

Description :



Doc. Leica : NAK 2(vue en coup)

Fig. 1.8 : Le niveau

Les éléments constitutifs d'un niveau sont les suivants :

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. Embase | 7. Oculaire |
| 2. Vis calant (3 vis) | 8. Anneau amovible |
| 3. Rotation lente | 9. Contrôle de l'automatisme |
| 4. Mise au point sur l'objet | 10. Compensateur à pendule |
| 5. Objectif | 11. Cercle horizontal (option sur le NA2) |
| 6. Viseur d'approche rapide | 12. Nivelles sphérique (invisible ici) |

Utilisé pour le nivellement, le niveau a pour principal rôle de créer un plan horizontal dans lequel l'axe de sa lunette tournera. Une fois ce plan horizontal déterminé, le niveau nous aidera à :

- Connaître la différence de niveau entre 2 points donnés.
- Matérialiser une horizontale pour un travail donné.
- Dresser des courbes de niveau.

Deux sortes de niveaux se présentent: Le niveau à lunette et le niveau à pendule. Dans ce stage nous avons fait usage du niveau à lunette.

Le niveau est composé de :

- **les vis calantes** ayant pour rôle de régler l'horizontalité de l'appareil.
- **les vis de fixation** empêchent le niveau de tourner autour des axes horizontal et vertical.
- **les vis d'ajustement** permettent de changer le cadre de l'image vu à travers la lunette.
- **les vis de netteté** règlent la netteté de l'image observée.
- **l'objectif** permet de faire la visée.
- **le viseur** trouve une direction approchée où se trouve la mire.

Mise en stationnement de l'appareil :

- 1- Fixer le niveau sur le trépied qui doit être réglé à une hauteur appropriée à la réalisation des relevés.

- 2- Mettre à niveau à l'aide de la nivelle sphérique :
 - a) Fixer deux pieds et modifier la hauteur du troisième de façon à avoir l'embase presque horizontale.
 - b) En faisant tourner deux vis calantes, positionner la bulle au milieu de la fenêtre.
 - c) Faire tourner la troisième vis calante pour amener la bulle au centre du cercle.
- 3- Orienter la lunette vers la lumière en plaçant une feuille de papier devant et tourner l'oculaire jusqu'à ce que le réticule soit très net.
- 4- Viser la région de la mire avec le viseur.
- 5- Viser exactement la mire avec la lunette en réglant la visibilité et la netteté de l'image à l'aide des vis de netteté.

La première visée s'appelle "Coup arrière". Cette appellation vient du fait que la mire que nous visons est derrière nous si nous suivons un parcours donné. La seconde visée est le "Coup avant". La différence entre ces deux lectures nous donne la différence de niveau entre les points où ont été positionnées les mires.

g) Le théodolite

Description :

Un théodolite est un appareil mesurant des angles dans les deux plans horizontal et vertical afin de déterminer une direction. Il est utilisé pour réaliser les mesures d'une **triangulation** : mesure des angles d'un triangle.

On l'utilise donc pour la détermination des coordonnées d'un point par **relèvement** ainsi que la détermination du **gisement** d'une direction bien définie.

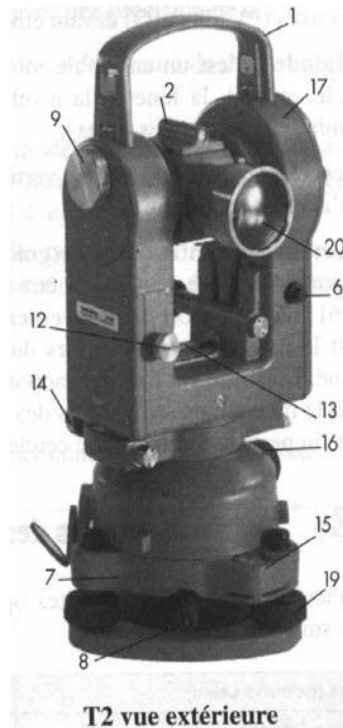


Fig. 1.11 : théodolites Wild

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. Poignée amovible | 12. commutateur de lecture Hz-V |
| 2. Viseur d'approche | 13. Nivelles d'alidade |
| 3. Vis de blocage de la lunette | 14. Vis d'alidade de fin pointé |
| 4. Oculaire de la lunette | 15. Nivelles sphériques |
| 5. Vis de fin pointé | 16. Débrayage du limbe (T16) |
| 6. Contrôle d'automatisme | 17. Cercle vertical |
| 7. Embase amovible | 18. Cercle horizontal |
| 8. Plan optique | 19. Vis calantes |
| 9. Micromètre optique | 20. Objectif |
| 10. Bague de mise au point | 21. Blocage de l'embase |
| 11. Microscope de lecture | 22. Eclairage des cercles |

Le théodolite est composé de :

- **L'embase** permet la fixation de l'appareil sur le trépied.
- **les trois vis calantes** règlent l'horizontalité de l'appareil.
- **La bulle sphérique de niveau** vérifie l'horizontalité.
- **Les vis de fixation** empêchent le théodolite de tourner autour des axes horizontal et vertical.
- **Les vis d'ajustement** permettent de changer le cadre de l'image vue à travers la lunette.

- **La lunette qui permet de viser le point station** et de vérifier que l'appareil prend les mesures exactement de ce point.
- **La lunette de visée**
- **La réticule** règle la visibilité de l'image et la netteté de la croix à travers laquelle on vise les points de coordonnées connues.
- **Le clavier** permet de fournir à l'appareil les informations nécessaires pour les mesures
- **L'écran** donne les résultats.

Mise en stationnement de l'appareil :

- 1- On place le théodolite sur son trépied.
- 2- On retrouve le point origine en regardant à travers la lentille : tout en fixant un des trois pieds, on fait bouger ensemble les deux autres.
- 3- Pour assurer cela, nous fixons deux pieds, et nous modifions la hauteur du troisième (faire la même démarche que pour le niveau).
- 4- Une fois le plateau proche de l'horizontale tourner deux vis calantes en sens opposé pour centrer exactement la bulle horizontalement.
- 5- Tourner la troisième vis calante pour régler le niveau électronique vertical.

h) Le Tachéomètre T400

Le tachéomètre est un instrument qui a pour but de calculer des angles (comme le théodolite) et de mesurer par des moyens optiques les distances, ce qui le distingue du théodolite. Dans la lunette, on obtient par lecture sur la mire directement la distance horizontale et par calcul mental la différence de niveau. L'appareillage du tachéomètre est formé de quatre parties fondamentales :

1 - L'embase : C'est la partie fixe de l'appareil qui est vissée au trépied et qui est munie de trois vis appelées "vis calantes". Celles-ci aident à régler l'horizontalité de l'appareil.

2 - L'alidade : C'est la partie du théodolite qui est en rotation autour de l'axe principal de l'appareil. Cet axe doit être aussi vertical que possible et passant par le point choisi sur le terrain.

3 - La lunette : C'est par elle que se fera la visée. Elle comporte les oculaires et les objectifs.

4 - Le trépied : Cette partie a pour rôle de supporter le tachéomètre. Elle est formée de trois pieds réglables en hauteur pour s'adapter à la nature du terrain.

Le tachéomètre qu'on a utilisé durant le stage, peut enregistrer des informations concernant certains points, grâce à la carte de mémoire qu'il contient.

Pour mesurer les distances, la partie haute du tachéomètre est munie d'un télémètre électronique qui génère une onde électromagnétique qui se propage dans l'air et qui se réfléchit sur un réflecteur installé sur le point à étudier.

Mise en stationnement de l'appareil :

On commence premièrement par stationner le tachéomètre au point qu'on doit connaître soit par hypothèse soit par techniques expérimentales.

- On installe le trépied juste au dessus de la marque, on regarde dans le plomb optique et avec les trois vis on ajuste pour que la verticale de la lunette passe par la marque.

- A l'aide des pieds coulissants, on rétablit la bulle au centre du cercle

- On clique sur menu puis « Set Horizontal » pour ajuster la verticale avec une précision électronique.
- On ajuste la hauteur du Prisme de façon à ce que le Prisme et le Tachéomètre aient la même hauteur.

La visée des points :

Pour exécuter une visée correcte et rapide, on doit passer par les étapes suivantes :

- On débloque les deux freins de serrage ce qui permet à l'alidade et à la lunette de tourner librement et respectivement autour de l'axe principal et secondaire.
- On repère le centre du prisme à travers un viseur spécial positionné au-dessus de la lunette. Si on éloigne de quelques centimètres notre œil, on devrait pouvoir superposer une croix blanche sur fond noir avec le point à viser.
- On bloque le tachéomètre en serrant les freins, celui-ci ne pourra plus bouger qu'à l'aide des vis de fins mouvements.
- On ajuste le focus de la lunette pour assurer la netteté de l'image.
- Une fois que le point à viser est dans le champ de vision de la lunette, nous pouvons procéder à la lecture des angles et des distance et en appuyant sur le bouton : « distance » (DIST).

Description du tachéomètre

Le tachéomètre est constitué essentiellement des trois axes concourants et deux cercles, on distingue :

- axe principal calé verticalement et centré sur un point au sol.
- axe des tourillons perpendiculaires à l'axe principal
- axe optique de la lunette perpendiculaire à l'axe de tourillons
- un plateau extérieur appelé limbe. Ce limbe est solidaire avec l'alidade et peut tourner autour de l'axe principal qui doit passer par la station.

- Une Lunette terrestre mobile dans un plan vertical, solidaire de l'alidade, elle est une lunette astronomique, elle a un mouvement de rotation autour de l'axe horizontal.
- Cercle vertical : cercle vertical gradué pour avoir la possibilité de lire la mesure de tournement de la lunette autour de l'axe des tourillons.
- Cercle horizontal : permet la mesure des angles horizontaux ;
- Une nivelle : fixée sur la partie horizontale de l'alidade et liée à l'axe principal de l'instrument;
- Une alidade mobile autour d'un axe principal, cet axe principal est par construction perpendiculaire au plan du limbe. La rotation de l'alidade est repérée par un index et se déplace devant les graduations du cercle.

1.7 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".

1.7.1 Les fautes

Manquement à une norme, aux règles d'une science, d'une technique. On parle de faute généralement à propos de l'opérateur, et peut être due à un manque de soin, le non respect des règles de base et peuvent être souvent imputables à la maladresse, à la négligence, à un oubli, à l'incompétence ou à la mauvaise foi.

1.7.2 Les erreurs

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)

$$e = x - X \quad (1.2)$$

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.

1.7.2.1 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.

1.7.2.2 Erreurs vraies et erreurs apparentes

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.

1.7.3 Erreurs accidentelles

Toutes les erreurs accidentelles qui ne peuvent être calculées d'avance, ni éliminées par un mode opératoire, celles dont les causes sont fortuites, et dont le signe n'est pas constant, sont des erreurs accidentelles. Les erreurs accidentelles n'ont aucune cause assignable et elles sont dues au hasard. Les erreurs accidentelles supposent que les mesures sont répétées un très grand nombre de fois, dans les mêmes conditions.

Mesure des distances