



BEDOUI Abderrahman

*Ingénieur Géomètre*

*Magistère en urbanisme*

# BIG-B

Votre DESTINATION

POUR LA PRECISION

ET L'EXPERIENCE

## COURS DE NOTIONS DE TOPOGRAPHIE

PAR

BEDOUI ABDERRAHMAN

Ingénieur Géomètre

[bedouiabderr@yahoo.fr](mailto:bedouiabderr@yahoo.fr)

I. NOTIONS GENERALES	2
I.1 INTRODUCTION .....	2
I.2 LA GEODESIE .....	2
I.3 LA PROJECTION .....	2
I.4 LA TRIANGULATION .....	3
I.5 LES DIRECTIONS DU NORD .....	3
I.6 LES COORDONNEES .....	4
<b>I.6.1 LES COORDONNEES RECTANGULAIRES</b> .....	4
I.6.1.1 Système STT (OTC) .....	4
I.6.1.1 Système IGN .....	4
<b>I.6.2 LES COORDONNEES GEOGRAPHIQUES</b> .....	5
I.7 LA TOPOGRAPHIE : .....	5
I.8 LES TOLERANCES .....	6
I.9 LES UNITES DE MESURES .....	6
<b>I.9.1 MESURES DE DISTANCES</b> .....	6
1 Pied <sup>2</sup> = 1/11 m <sup>2</sup> .....	6
I.10 LES PLANS – LES ECHELLES .....	7
LES INSTRUMENTS .....	9
II.1 MATERIEL DE BUREAU .....	9
II.2 INSTRUMENTS DE BUREAU .....	10
<b>II.2.1 LE CURVIMETRE</b> .....	10
<b>II.2.3 Le PANTOGRAPHE</b> .....	11
<b>II.2.4 Le PLANIMETRE</b> .....	11
<b>II.2.5 Le TEREOSCOPE</b> .....	11
II.3 MATERIEL DE TERRAIN .....	12
II.4 LES INSTRUMENTS DE TERRAIN .....	13
<b>II.4.1 LA BOUSSOLE</b> .....	13
<b>II.4.2 L'ALTIMETRE</b> .....	14
<b>II.4.3 LA ROUE MESUREUSE</b> .....	14
<b>II.4.4 L'EQUERRE A PRISME</b> .....	14
<b>II.4.5 LE NIVEAU</b> .....	14
<b>II.4.6 LE THEODOLITE</b> .....	14

## NOTIONS GENERALES

### ***I.1 INTRODUCTION***

De tous temps, les savants se sont occupés de définir la terre et de tenter d'en mesurer ses dimensions.

Au XVII<sup>e</sup> siècle apparaissent les premières méthodes de triangulation. On se rend compte que d'une base mesurée, on peut à l'aide de mesurages d'angles élargir les mesurages et obtenir des résultats très favorables. On est alors sûr de la sphéricité de la terre. On déterminera par la suite des valeurs de l'ellipsoïde terrestre très proche de la réalité, soit  $f = (a-b)/b$  aplatissement et  $a = 6378388$  m. le grand axe (rayon terrestre). Il découle de ces valeurs une longueur du méridien de 40009.15 km, et la longueur de l'équateur est de 40076.59 Km .

### ***I.2 LA GEODESIE***

La géodésie est la science qui a pour objet l'étude de la forme de la terre et la mesure de ses dimensions, en donnant la position de points remarquables et durables, tenant compte des éléments de déformation et d'autre part de déterminer en direction et en intensité, le champ de pesanteur terrestre dans le plus de lieux possibles.

La représentation du géoïde qu'est la terre sur une surface plane ; nécessite des transformations dues à la projection, à la courbure de la terre.

Par calculs géodésiques, on a déterminé sur le territoire de la TUNISIE une série de points transformés servant de base à tout le système cartésien. Sur la base de ces points, il a été possible d'établir des cartes et des plans cadastraux déterminant la propriété, en complétant les mesurages suivant les méthodes en cours.

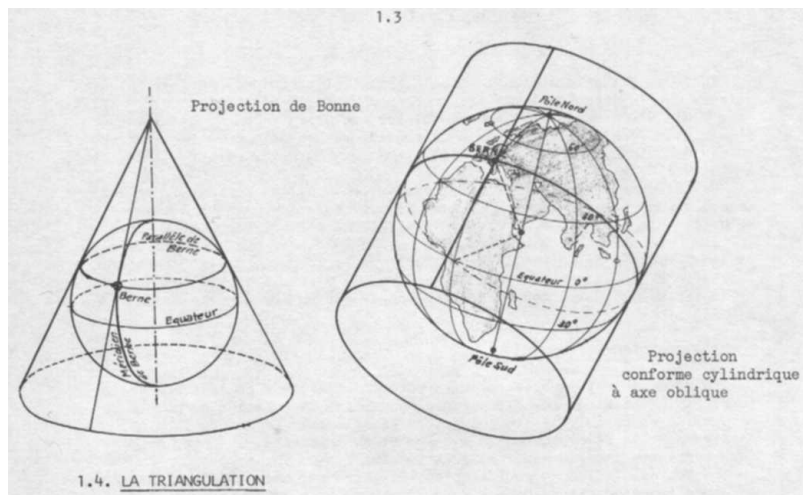
### ***I.3 LA PROJECTION***

La projection d'un point du géoïde sur un plan est le pied de la perpendiculaire abaissée de ce point sur le plan. La cote d'un plan ou d'une carte est déterminée par rapport à un plan origine qui est la cote du niveau moyen de la mer prise au marégraphe de LA GOULETTE.

Les systèmes de projection utilisés consistent tous à projeter différents points de la surface de la terre sur des surfaces développables, telles que plans, cylindres, cônes...

Pour l'établissement d'une carte, le système de projection dépendra de la configuration et de la grandeur d'un pays.

Quel que soit le système de projection utilisé, il sera impossible d'obtenir un plan sans déformations ou altérations.



## 1.4 LA TRIANGULATION

Au XVII<sup>e</sup> siècle sont apparues les premières méthodes de triangulation basée sur la mesure précise d'angles et le calcul par rapport à des triangles de références dont les distances ont été mesurées. La triangulation s'élargit sur toute la surface de la TUNISIE.

Depuis des points d'où la visibilité est bonne, on mesure de séries d'angles et par une méthode de compensation spéciale, tenant compte des éléments géodésiques, soit la courbure de la terre, altitudes des stations, réfraction, corrections de projection...

On calcule le réseau triangulation de premier ordre de la Tunisie. Sur la base de ces points, on élargit encore la triangulation pour obtenir des réseaux de triangulation de deuxième et de troisième ordre.

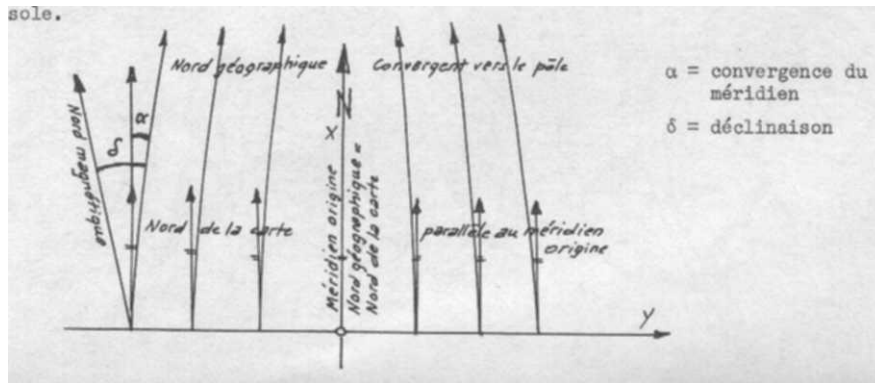
Les coordonnées et altitudes de tous les points de triangulation sont répertoriés dans des livres déposés à l'Office de la Topographie et de la Cartographie.

A partir de ces points, on aura la possibilité d'exécuter des travaux de polygonaion, de levés de détail et ainsi de confectionner des plans précis utilisés non seulement pour l'état des propriétés à la conservation foncière, mais encore servant de base aux projets collectifs de génie civil, d'adduction d'eau, d'aménagement ...

## 1.5 LES DIRECTIONS DU NORD

Il existe trois directions du Nord :

- **Le NORD GEOGRAPHIQUE** qui est la direction du pôle nord et se situe toujours dans le plan du méridien du lieu.
- **Le NORD DE LA CARTE** : qui est la direction du ligne Sud-Nord de nos cartes et dont l'axe des X passant par l'origine, est identique au nord géographique uniquement pour les points situés sur ce méridien en particulier. Pour tous les autres points, il y a un écart d'angle dû à l'altération de la projection, écart d'angle appelé «la convergence du méridien».
- **Le NORD MAGNETIQUE** qui est la direction d'une aiguille aimantée d'une boussole.

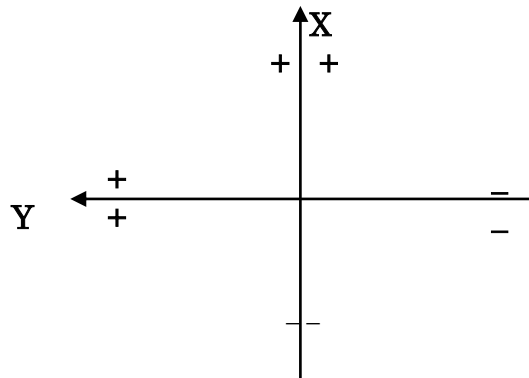


La différence entre le Nord magnétique et le nord géographique s'appelle la déclinaison. Cette déclinaison est variable suivant la région, l'année ; le jour et même l'heure.

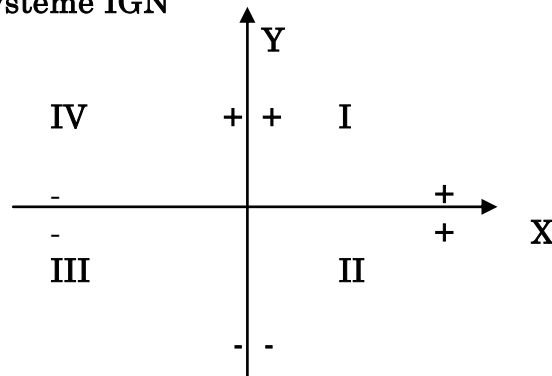
## I.6 LES COORDONNEES

### I.6.1 LES COORDONNEES RECTANGULAIRES

#### I.6.1.1 Système STT (OTC)



#### I.6.1.1 Système IGN



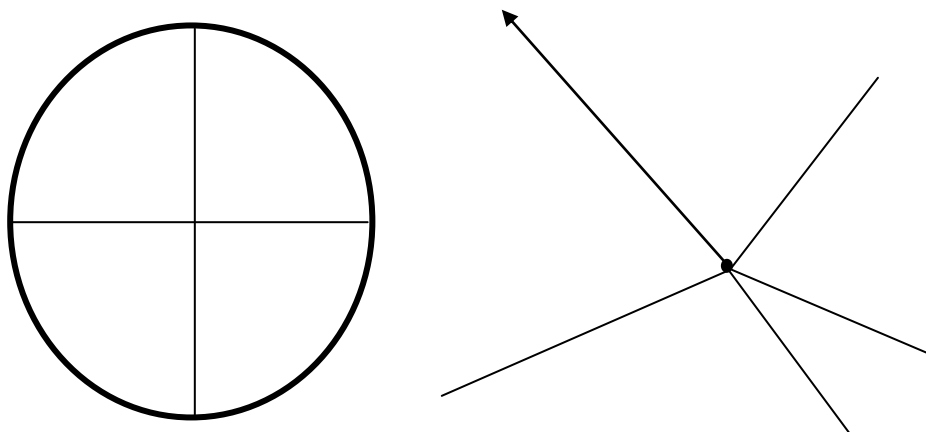
### **I. 6.2 LES COORDONNEES GEOGRAPHIQUES**

Si on a affaire à des étendues très grandes, on est obligé de conserver un système de coordonnées qui s'adapte à la courbure de la terre. C'est le cas par exemple des positions de bateaux sur les océans.

On utilise alors les coordonnées géographiques qui sont déterminées par des angles à partir du centre de la terre ou de son axe. Ainsi en considérant un méridien comme origine du système (le méridien de Greenwich) on va obtenir le long du parallèle du lieu, un angle entre ce méridien et le point A, angle appelé la longitude du lieu. Le cercle terrestre sera divisé en 2 fois  $180^\circ$  et les longitudes seront définies par la notion de longitude Est ou longitude Ouest.

D'autre part par rapport au cercle équatorial, l'angle formé depuis le centre du globe entre l'équateur et le point sera appelé latitude du lieu. Egalement la latitude sera définie de  $0$  à  $90^\circ$  par la notion de latitude nord et latitude sud .

Un troisième système de coordonnées qui sera également très utilisé dans le domaine de l'arpentage sera celui des coordonnées polaires. Par rapport à une origine (direction du nord en particulier ou quelconque) on détermine l'emplacement des points par direction et distance. Les nouvelles méthodes de levés de terrain utilisent précisément ces coordonnées polaires.



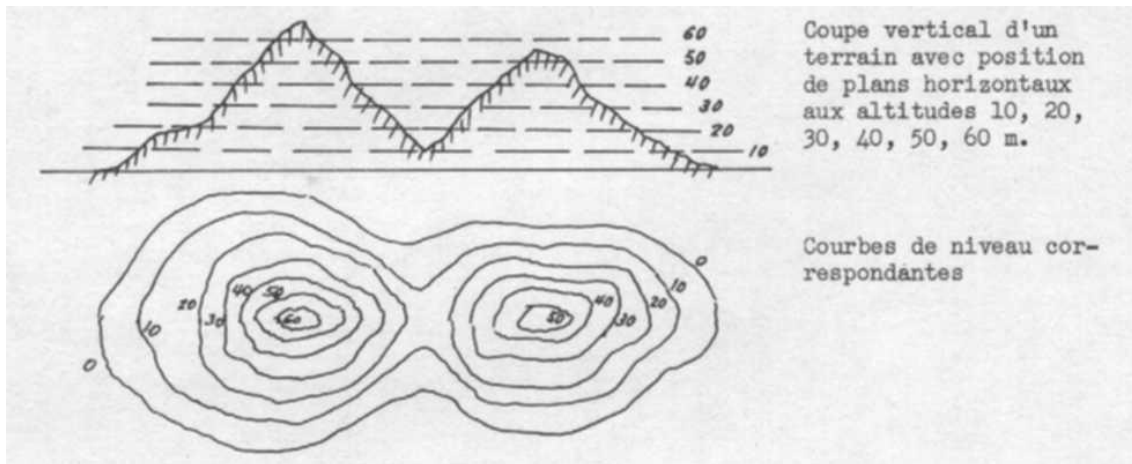
### **I.7 LA TOPOGRAPHIE :**

On appelle topographie, la représentation graphique d'un terrain avec son relief sur un plan une fois les déformations géodésiques compensées.

Cette représentation comporte deux parties distinctes :

- 1er) La planimétrie qui est la représentation en plan (Situation) des objets du terrain.
- 2e) L'altimétrie qui est la représentations des altitudes des points par le dessin de courbes de niveau.

On appelle courbe de niveau l'intersection d'un plan parallèle horizontal avec le terrain. Ces plans peuvent donc être placés à la cote voulue et sont en général équidistants les uns des autres.



## **1.8 LES TOLERANCES**

On possède des tolérances, dont les valeurs sont contenues dans des « tables de tolérances » éditée par l'Office de la Topographie et de la Cartographie. Ces tolérances permettront à l'opérateur de compenser les résultats si un écart compris dans les tolérances se présente. Les tolérances sont établies pour la triangulation, la polygonaion, les levés de détails, les calculs de surfaces, les plans d'ensemble...

## **1.9 LES UNITES DE MESURES**

### **1.9.1 MESURES DE DISTANCES**

Nous utiliserons le système métrique en cours en TUNISIE c'est-à-dire l'unité du mètre avec ses subdivisions. Le mètre est la dixmillionième partie du quart du méridien terrestre.

Toutefois à titre d'orientation nous signalons l'existence d'autres unités de mesures telle que :

Le système anglais : Le pied, le pouce, Le Yard, Le mile.

1 pied = 12 pouces

1 pouce = 2.54 cm      1 pied = 0.3048 m

1 Yard = 3 pied

1 mile = 1610 m

**1 Pied<sup>2</sup> = 1/11 m<sup>2</sup>**

### **1.9.2 MESURES DES ANGLES**

Bien que différents systèmes soient encore utilisés de nos jours, en principe dans le domaine de la topographie, on utilise en Tunisie des instruments don't la division angulaire décimale soit le Grade.

On trouve d'autre part :

1) Division en grades (400 gr)

- 2) Division en degrés (360°)
- 3) Division en radian (unité angulaire)
- 4) Division en pourcent (% = valeur de la tangente de l'angle)
- 5) Division en pourmille (% pourmille d'artillerie )

1. **Division en grades** (400 gr) Gons dans le nouveau système international SI)

Le système est décimal. Le cercle est divisé en 400 grades. Chaque grade vaut 100 minutes centésimales ; chaque minute vaut 100 secondes centésimales. L'avantage du système est d'obtenir des valeurs directes sans avoir besoin d'effectuer des transformations. Minute = c ; seconde = cc.

2. **Division en degrés 360°**

Système sexagésimal. Le cercle est divisé en 360°

. Chaque degré vaut 60 minutes sexagésimales (60') et chaque minute vaut 60 secondes (60''). Ce système est encore couramment utilisé dans certains domaines de l'industrie, dans tous les pays de tendance anglophone, voir même en architecture, astronomie, géodésie, etc.

3. **Division en radian**

La division en radian est l'unité angulaire. Le radian est l'angle qui a pour mesure l'arc de même longueur que le rayon du cercle sur lequel il est pris.

La constante est la valeur de un radian en degrés ou en grades.

$$\rho = 180^\circ / \pi = 57,29578^\circ$$

$$\rho = 200g / \pi = 66,66198g$$

## **I.10 LES PLANS – LES ECHELLES**

Suivant l'utilisation d'un plan, l'échelle varie.

L'échelle est le rapport entre les longueurs mesurées sur le plan et les longueurs mesurées horizontalement sur le terrain.

$$\frac{1}{E} = \frac{d_{plan}}{D_{terrain}}$$

Il est à remarquer que le plan donne une situation plane, c'est à dire que les distances inclinées sur le terrain seront reportées sur un plan selon leur projection. Toutes les distances sur le terrain devront donc être mesurées horizontalement ou devront être réduites à l'horizon si elles sont mesurées obliquement.

Plus l'échelle d'une carte ou d'un plan est petite, plus le nombre se trouvant au dénominateur est grand, et inversement, plus une échelle est grande, plus le nombre se trouvant au dénominateur est petit. On considère plusieurs sortes de plan ou de cartes :

**PLANS CADASTRAUX :**

Echelle 1 :250 , 1 :500 , 1 :1000 , 1 :5000

On représente sur ces plans les limites de propriétés les bâtiments, les murs importants, les ouvrages d'art, les ruisseaux. Ce sont les documents qui servent de base pour la conservation foncière et qui font foi.

**PLANS D'ENSEMBLE :**

Echelle 1 :5000 1 : 10000 Ils représentent la situation déjà schématisée avec les courbes de niveau donnant le relief du terrain. On y trouve la représentation d'arbres, de talus ou autres permettant une bonne orientation.

**CARTES TOPOGRAPHIQUES :**

Echelle 1 :25000 1 :50000 1 :100000

qui sont des représentation schématiques de la situation avec des courbes de niveau d'équidistance variable 10m, 25 m .

**CARTES GEOGRAPHIQUES :**

Echelle suivant l'étendue de la représentation, de 1 : 200000 à 1 :100'000'000. Les situations correspondent schématiquement à la réalité. Vu les dimensions des cartes géographiques, on y mentionne les noms de villes importantes, les limites des pays.

## LES INSTRUMENTS

### II.1 MATERIEL DE BUREAU

La règle graduée, le Kutsch , le rapporteur, les équerres, la gomme électrique, l'appareil à hachurer,

les chablons de rayons, la machine à calculer, les tables à dessin lumineuses, la loupe, la machine à photocopier, la machine à héliographe ...



Les Chablons de rayons



La Loupe

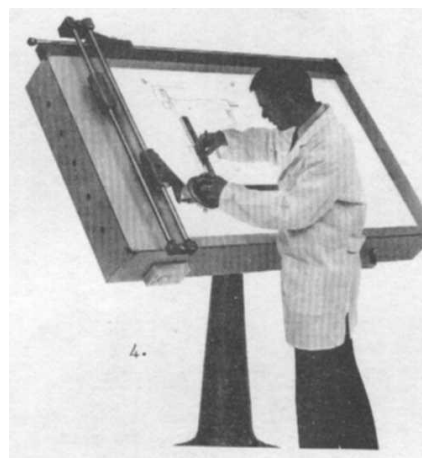
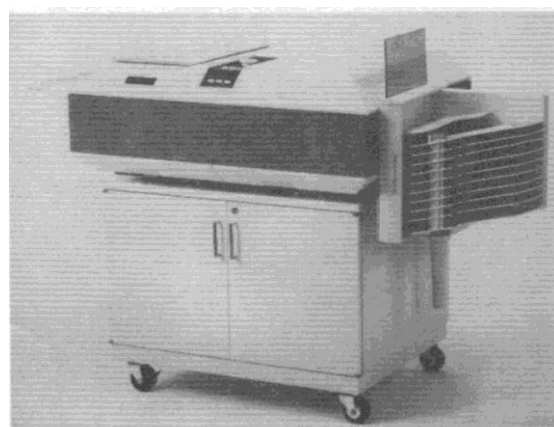


Table de dessin



la machine à héliographe



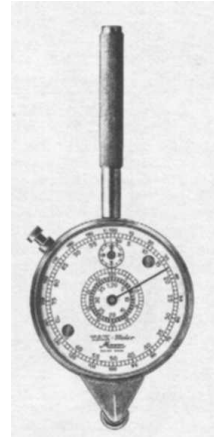
la photocopieuse

## II.2 INSTRUMENTS DE BUREAU

### II.2.1 LE CURVIMETRE

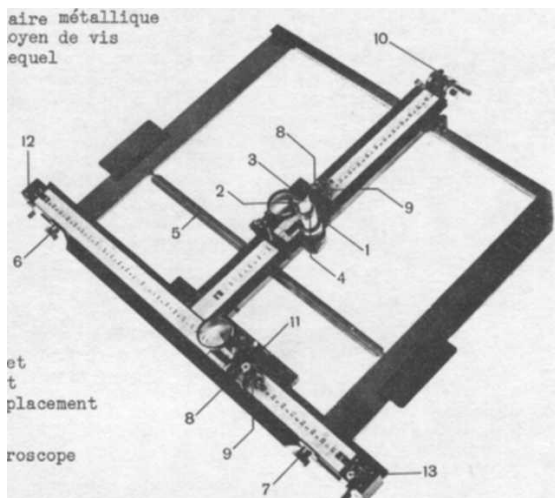
Il s'agit d'un petit instrument composé d'un cadran, d'une roulette et de support, qui permet de déterminer sur une carte, des distances approximatives en centaines de mètres ou kilomètres.

Le cadran possède une graduation à des échelles différentes de plans ou de cartes et en partant de zéro de l'instrument, et en suivant le parcours, on obtient la distance sur le point d'arrivée.



Le curvimètre

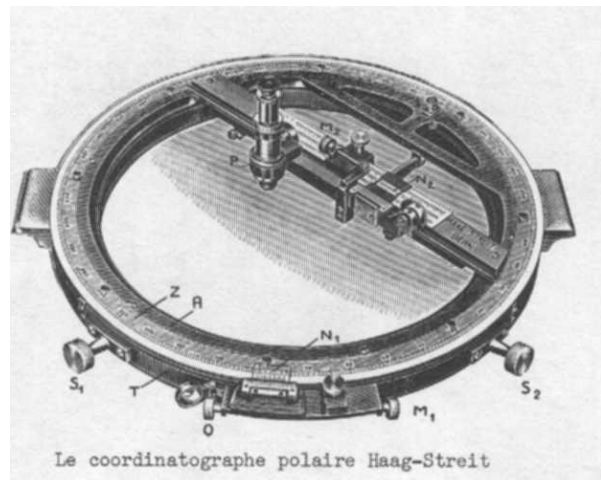
### II.2.2 Le COORDINATOGRAPHE



Le coordinatographe rectangulaire

C'est un instrument de mesures de distances sur le plan et de report soit de levés à l'équerre à prisme, soit de coordonnées rectangulaires : sa précision est de l'ordre du 1/10 mm.

On peut dire que de nos jours il est remplacé par les imprimantes de grand format (le traceur).

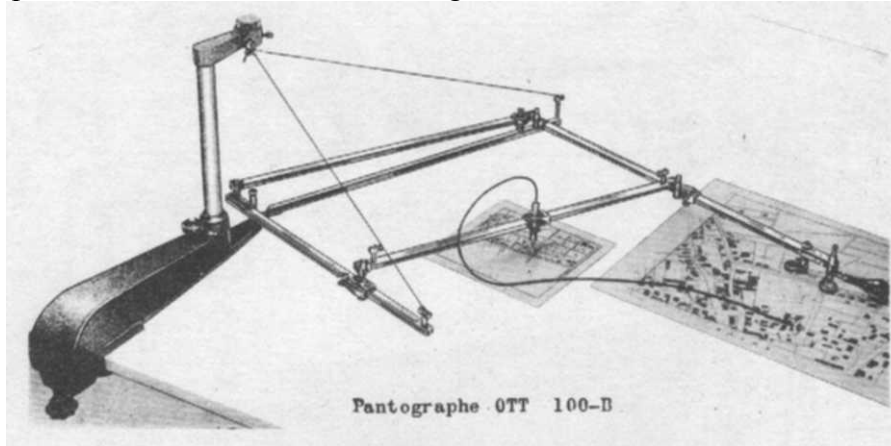


Le coordinatographe polaire

C'est l'instrument correspondant au précédent mais adapté aux levés polaires effectués au moyen d'un théodolite par direction et distances

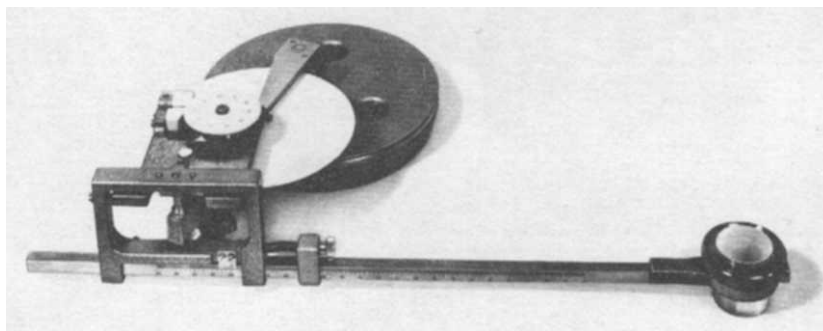
### II.2.3 Le PANTOGRAPHE

Le pantographe est un instrument servant à l'agrandissement ou à la réduction de plans.



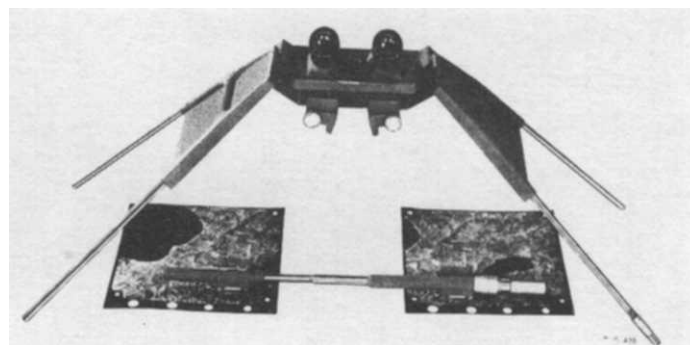
### II.2.4 Le PLANIMETRE

Le planimètre est un intégrateur. Il permet par simple contournement d'une figure dessinée au plan à une échelle donnée, d'en déterminer *la surface* de forme quelconque.



### II.2.5 Le STEREOSCOPE

Le stéréoscope est un appareil utilisé en photogrammétrie. Il décèle le relief d'une image formée par deux vues décalées par prise de vue photographique. Il est accompagné d'un stéréomicroscope pour la lecture des distances sur photos.





Les jalons sont placés verticalement au moyen du fil à plomb derrière le point à mesurer ou pour plus de sûreté, directement sur le point à l'aide d'un trépied à jalon. Ce trépied de jalon permet en outre de poser un jalon sur des emplacements où celui-ci ne peut pas être planté ou enfoncé. Le profil du jalon est soit circulaire, soit triangulaire.

### **LE NIVEAU D'EAU, LA NIVELLE**

Le niveau d'eau est composé d'une fiole en verre possédant un certain rayon de courbure. Dans cette fiole se trouve de l'eau ou le plus souvent de l'alcool (moins gélif). Une bulle d'air est conservée dans la fiole et lorsque cette bulle est entre ses repères, la base du niveau est horizontale ou verticale suivant les niveaux.

La nivelle est constituée de la même façon et s'utilise pour la verticalité des mires ou l'horizontalité des instruments.

### **MIRE VERTICALE A NIVELER ET DE TOPOGRAPHIE**

C'est une mire verticale divisée normalement en centimètres, dont les chiffres des divisions sont soit à l'endroit, soit à l'envers suivant l'utilisation des instruments donnant une image droite ou inversée de l'objet. On la verticalise au moyen de nivelle. La longueur des mires verticales varie de 3 à 5 m.

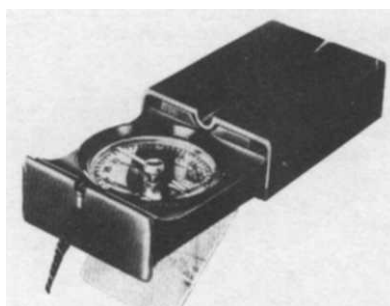
### **LA NIVELETTE**

C'est une règle en bois en forme de T, permettant d'aligner un point en altitude sur une autre nivelette. Elle est utilisée surtout dans les travaux de route pour le contrôle de l'aplanie. On utilise à cet effet 3 nivelettes de couleur différentes.

## **II.4 LES INSTRUMENTS DE TERRAIN**

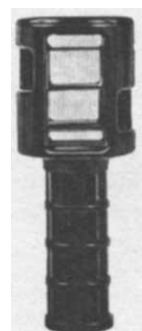
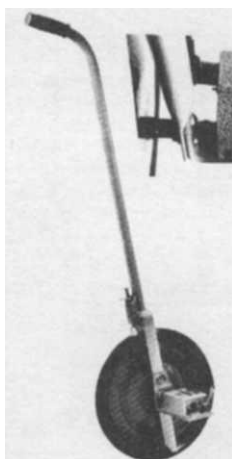
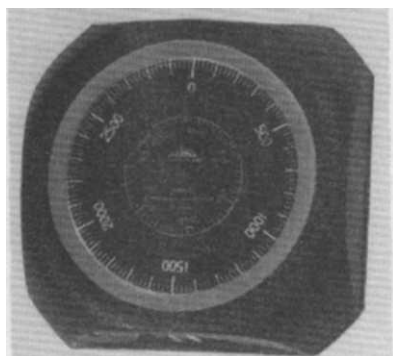
### **II.4.1 LA BOUSSOLE**

La boussole est un instrument donnant la direction du nord magnétique au moyen d'une aiguille aimantée.



#### **II.4.2 L'ALTIMETRE**

L'altimètre est un instrument basé sur la pression atmosphérique agissant sur une colonne de mercure, tel un baromètre. L'appareil est de petite taille et peut se glisser dans une poche. Très utile pour la détermination de l'altitude à de très grandes hauteurs suivant une certaine précision en fonction des modèles.( 10m par exemple).



#### **II.4.3 LA ROUE MESUREUSE**

Il s'agit d'une roulette reliée à un manche, possédant un compteur, et dont la circonférence de la roue a exactement 1m.

#### **II.4.4 L'EQUERRE A PRISME**

C'est un petit instrument qui donne l'angle droit. Il existe l'équerre à prisme simple et l'équerre à prisme double.

#### **II.4.5 LE NIVEAU**

Le niveau est un instrument qui sert à la détermination des altitudes des points.

#### **II.4.6 LE THEODOLITE**

Le théodolite est un instrument servant à la mesure d'angles horizontaux et verticaux.



## REPERAGE DES POINTS FIXES

### **III.1 LE BORNAGE :**

Dans notre pays (La Tunisie), les propriétés immatriculées sont délimitées au sol par des signes de démarcation artificiels ou naturels.

L'Immatriculation foncière permettant le levé exact des parcelles, est la base de la conservation foncière. Elle est soumise à des instructions strictes. Elle est soumise à des instructions strictes relevant du code des droits réels.

L'Immatriculation foncière comprend différentes phases, puisque les levés sont basés sur la triangulation, les points ainsi déterminés seront repérés par des bornes, des chevilles, surmontés de triangle métallique permettant les visées de rattachement de loin.

Les polygones rattachés à la triangulation seront repérés eux-aussi.

Puis enfin, les propriétés elles-mêmes seront abornées par des points-limites.

On considère les signes de démarcation naturels et artificiels.

Comme signes naturels, on trouve les arêtes de montagne, les gorges, les rivières, les ruisseaux...

Comme signes de démarcation artificiels, on trouve les bornes, les chevilles métalliques (boulons), les croix, les piquets, les pieux, les tuyaux, les murs.

### **III.2 LES POINTS LIMITES**

Les propriétés sont délimitées par des points limites. Si aucun signe naturel n'apparaît visiblement, on pose des signes de démarcation artificiels.

a) La Borne

La borne en pierre naturelle, en granit ou en grès ou en béton armé. Elle possède une tête de dimensions bien établies. Elle a le centre de sa tête marqué d'une croix taillée.

b) La cheville métallique (boulon)

Elle est utilisée comme signe de démarcation artificiel, et est scellée sur les murs de maisons, dans des socles en béton.

c) La croix

On a possibilité sur les murs en pierre, sur les rochers, sur les bordures en pierre, de tailler une croix à 4 branches comme point-limite.

### III.3 LES POINTS DE POLYGONE

Les polygones peuvent être repérés soit par des bornes de propriété, soit par des boulons, soit par des tuyaux bétonnés et protégés.

Si l'on utilise des bornes de propriété comme polygones, on taille au milieu de la croix gravée sur sa tête, un trou permettant l'installation précise de l'instrument.

Si des bornes spéciales doivent être posées en dehors des limites, avec un trou à son centre, de longueur identique à celle des bornes de propriété.

Les boulons peuvent aussi être utilisés.

### III.4 POINTS DE TRIANGULATION

Les points de triangulation font partie des points fixes de l'immatriculation foncière et du cadastre.

Les points au sol sont repérés soit par des bornes soit des boulons, soit par des croix gravées au rocher ou aux bordures.

Les points de triangulation d'ordre supérieur sont choisis sur des sommets de montagnes, de collines, des minarets de mosquées, des clochers d'églises...

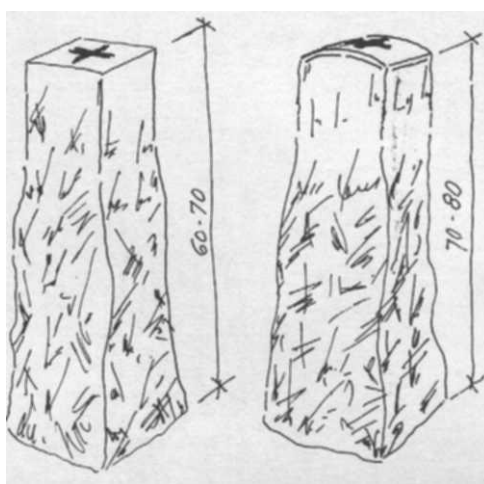
### III.5 REPERE DE NIVELLEMENT

L'office de la topographie et de la cartographie est le seul service habilité à établir des repères de nivellement NGT.

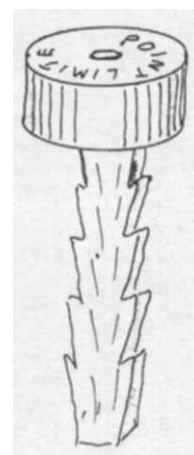
Les repères sont matérialisés en général soit avec des boulons scellés sur des bases solides tels que borne kilométrique, pont, plate forme ou par des chevilles circulaires scellées au soubassement de constructions bien distincts exemple des équipements publics.



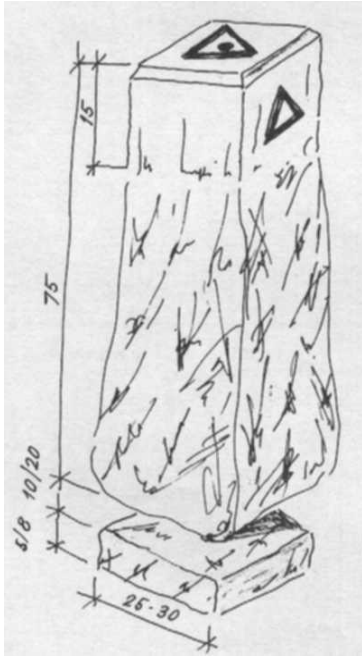
borne polygonale



borne I.F



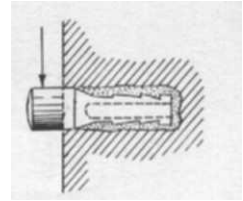
Cheville (boulon)



Point de triangulation



Balisage de Point de triangulation



Repère de nivellement

## LE NIVELLEMENT

### IV. 1 GENERALITES

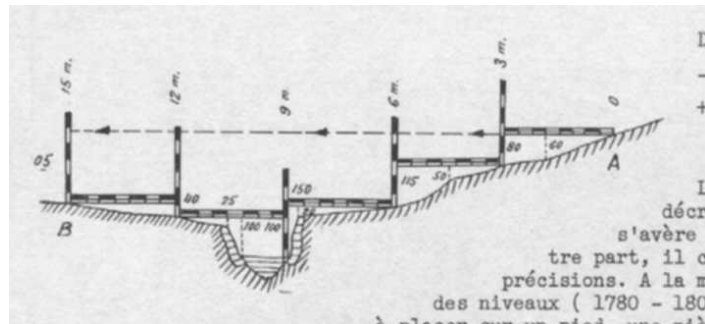
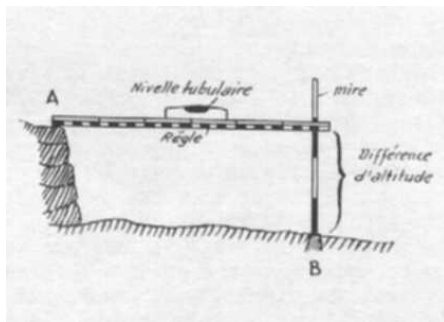
On entend par nivellement toute opération de mesurage déterminant les altitudes des points. Il existe plusieurs sortes de nivellement :

- Le nivellement géométrique
- Le nivellement trigonométrique
- Le nivellement barométrique

La précision des mesures est fonction de la destination du travail et des moyens dont on dispose.

Le plan de comparaison de base est le niveau de la mer pris au marégraphe de La Goulette, d'une altitude de référence de 0.00 m .

### IV. 2 LE NIVELLEMENT SIMPLE



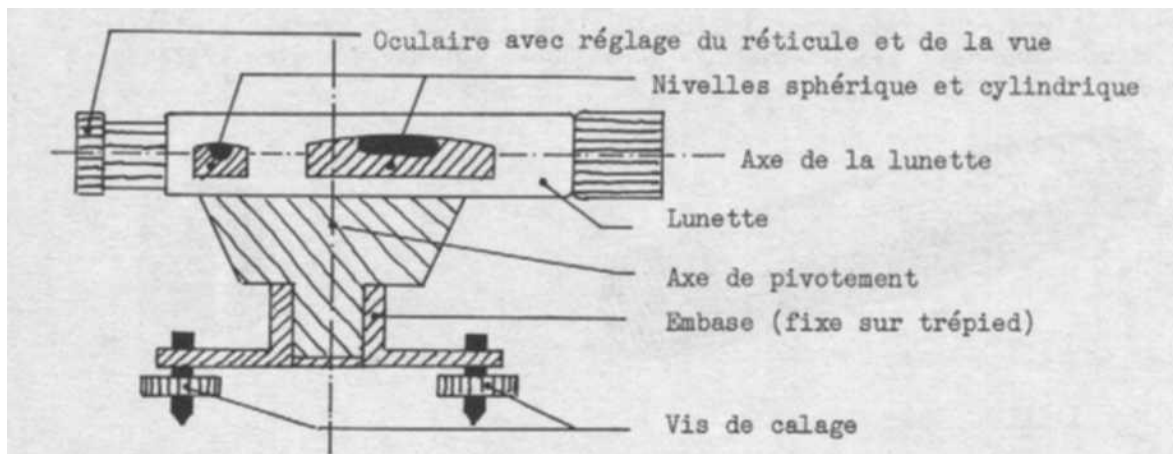
Ces procédés s'avèrent long et imprécis, on a alors construit l'instrument de nivellement appelé le niveau.

### IV.3 L'APPAREIL DE NIVELLEMENT

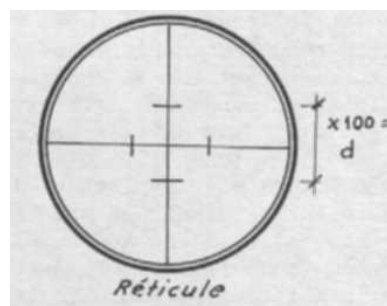
L'appareil de nivellement appelé communément « le niveau » détermine d'une façon précise un plan horizontal parallèle à la ligne de visée de sa lunette.

Le niveau se compose de plusieurs pièces essentielles.

- 1) l'embase
- 2) La lunette
- 3) Les nivelles



- 1) **L'EMBASE** : c'est la pièce fixée sur le trépied et supportant la lunette. Elle possède 3 vis de calage permettant au moyen d'une nivelles sphérique d'horizontaliser l'instrument.
- 2) **LA LUNETTE** : elle pivote sur l'embase, déterminant la trace d'un plan horizontal. Elle comporte l'optique nécessaire à la visée soit :
  - a) un oculaire qu'on règle au début des mesures à sa vue. Ce réglage s'effectue sur le réticule, qui est une plaque de verre gravée d'une croisée de fils pour l'ajustage de la visée sur un point exact et la lecture des altitudes ( en réalité des différences de niveau, l'altitude étant déterminée par calcul).
  - b) Un objectif grossissant l'image.



- 3) **LES NIVELLES** : un niveau possède 2 nivelles, l'une sphérique fixée à l'embase permettant l'horizontalisation de l'instrument et l'autre cylindrique, la nivelles de collimation, corrigeant les erreurs résiduelles d'inclinaison de l'axe de pivotement. Dans les instruments automatiques, cette nivelles de collimation est remplacée par un compensateur qui est soit une suspension de prismes, soit un plan de liquide.

## **IV.4 DESCRIPTION DE QUELQUES NIVEAUX**

### **1. NIVEAU DE CHANTIER :**

Il s'agit d'un niveau dont la précision est suffisante pour des travaux ordinaires. Bien souvent ce niveau n'a pas de nivelle de collimation.

### **2. NIVEAU D'INGENIEUR :**

La précision est garantie par une nivelle de collimation dont l'observation s'effectue au travers d'un oculaire par le système de coïncidence de la nivelle.

### **3. NIVEAU DE HAUTE PRECISION :**

En principe tous les niveaux possédant un système de micromètre à lames à faces parallèles permettant le décalage de la ligne de visée sur une division ronde, peuvent être considérés comme niveaux de haute précision.

## **IV.5 LE NIVELLEMENT GEOMETRIQUE**

### **IV.5.1 PRINCIPE**

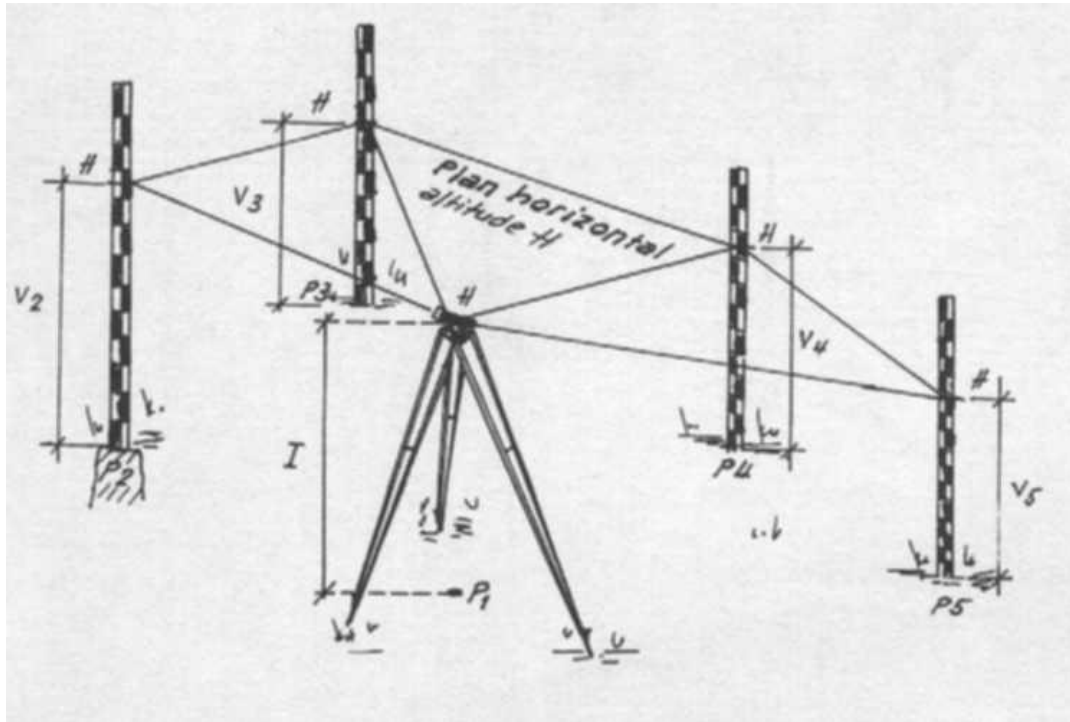
Le nivellement géométrique est l'opération par laquelle on détermine les altitudes des points au moyen du niveau. C'est en fait la façon la plus précise d'obtenir des différences de niveau.

Le principe de mesure consiste à matérialiser un plan horizontal à la hauteur de la ligne de visée de la lunette.

En plaçant une mire verticale ajustée dans sa verticalité, par une nivelle sphérique, sur un point dont l'altitude est connue  $P_1$ , on détermine la hauteur d'un plan horizontal que définit une différence de hauteur entre le point et le plan.

Cette visée sur un point d'altitude connue s'appelle visée arrière (ou lecture arrière). En additionnant à l'altitude du point  $P_1$  la hauteur lue sur la mire, on obtient l'altitude du plan horizontal, soit  $H$ . En mesurant sur la mire verticale posée sur un autre point la hauteur du plan, il suffira de réduire de  $H$  la différence de niveau obtenue pour connaître l'altitude du nouveau point.

La différence de niveau lue sur la mire et qui doit être soustraite de l'altitude  $H$  du plan, s'appelle une visée avant, lorsqu'il y a aura changement de station, et une visée intermédiaire, si la station ne change pas.



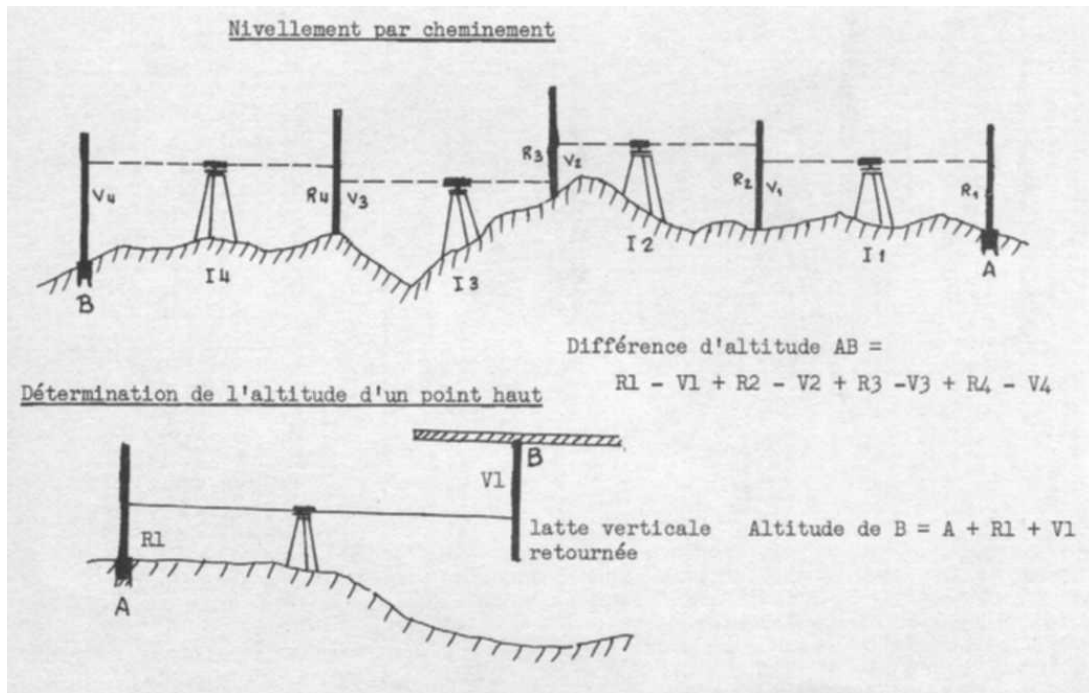
#### **IV.5.2 LE NIVELLEMENT ALLER ET RETOUR – LE NIVELLEMENT PAR CHEMINEMENT**

Le nivellement aller et retour s'effectuera lorsqu'un seul point d'altitude est connu dans un secteur. Il faudra donc partir de cette altitude, effectuer le nivellement et revenir sur ce point afin d'établir un contrôle.

Le nivellement par cheminement s'effectuera lorsque plusieurs points sont connus par leur altitude. On partira ainsi de l'un d'eux pour aboutir sur un autre point.

Dans les deux cas, on devra procéder par changements de stations. Ayant déterminé l'altitude d'un point par rapport au point donné, l'aide reste sur le point tourne sa mire, et l'opérateur déplace son instrument et recommence le mesurage par une visée arrière se servant de l'altitude du dernier point relevé pour continuer son calcul.

Si l'on veut obtenir l'altitude d'un point haut, on peut faire retourner la mire et additionner au lieu de soustraire.



#### IV. 5. 3 CALCULS ET COMPENSATION D'UN NIVELLEMENT

Un nivellement se calcule par deux méthodes distinctes :

- 1) **Par la hauteur du plan horizontal**
- 2) **Par différences de niveau**

Les compensations s'effectuent de deux façons :

- A) Compensation de l'erreur de fermeture **uniformément** répartie sur les changements de stations.
- B) Compensation de l'erreur de fermeture pour le nivellement de précision en tenant compte des distances entre points, c'est-à-dire introduction de **poids** inversement proportionnels à la distance.

Exemples :

##### 1) **Calcul par la hauteur du plan horizontal :**

Points	Lecture Arrière	Lecture intermédiaire	Lecture avant	Horizon	Altitudes
<b>100</b>	0.652				<b>419.020</b>
1		0.429			
2		0.266			
3		0.937			
4	1.413		1.244		
5		0.163			
6	1.299		0.118		
7		1.794			
8		1.501			
9		1.090			
<b>200</b>			1.455		<b>419.573</b>

Somme des visées arrières	= 3.364
Somme des visées avant	= 2.817
Différence	= 0.547
Doit	= 0.553
Erreur de fermeture	= 0.006

Il est à compenser selon la méthode A) 6 mm sur 3 changements de station, c'est à dire sur les visées arrières 3 fois + 1 mm et sur les visées avant 3 fois -1 mm. Les visées intermédiaires restent inchangées. Cette compensation agit sur les hauteurs d'horizon et sur les altitudes des points de changement de stations.

Points	Lecture Arrière	Lecture intermédiaire	Lecture avant	Horizon	Altitudes
<b>100</b>	0.653			419.673	<b>419.020</b>
1		0.429			419.244
2		0.266			419.407
3		0.937			418.736
4	1.413		1.243	419.844	418.430
5		0.163			419.681
6	1.300		0.117	421.027	419.727
7		1.794			419.233
8		1.501			419.526
9		1.090			419.937
<b>200</b>			1.454		<b>419.573</b>

## 2) calculs par différence de niveau

Points	Lecture Arrière	Lecture intermédiaire	Lecture avant	Horizon	Altitudes
R.19	1.622				<b>22.012</b>
a	1.313		0.990		
b	1.160		1.244		
c	1.559		1.424		
d	1.327		1.723		
e	1.211		1.605		
f	1.477		1.508		
R.20			1.314		<b>21.868</b>

Somme des visées arrières	= 9.669
Somme des visées avant	= 9.808
Différence	= 0.139
Doit	= 0.144
Erreur de fermeture	= 0.005

Il est à compenser selon la méthode A) 5 mm sur visées arrières sur les visées avant. Dans cet exemple on a compensé 1 mm sur 5 visées arrières.

Points	Lecture Arrière	Lecture avant	Différences		Horizon	Altitudes
			+	-		
R.19	1.621					<b>22.012</b>
a	1.312	0.990	0.631			22.643
b	1.160	1.244	0.068			22.711
c	1.558	1.424		0.264		22.447
d	1.326	1.723		0.165		22.282
e	1.211	1.605		0.279		22.003
f	1.476	1.508		0.297		21.706
R.20		1.314	0.162			<b>21.868</b>

#### **IV.6 LE PROFIL EN LONG**

Pour l'étude de tracés de voies ferrées, routes, canaux, ligne à haute tension, il est nécessaire d'établir des profils en long. Les distances entre les points au sol et leurs altitudes permettent d'obtenir une coupe verticale du terrain le long de l'axe du profil.

Annexés entre autres à un plan de situation et aux profils en travers, le profil en long représente les éléments essentiels pour l'étude du projet.

Le nivellement des différents points du profil en long est piqué sur terrain à l'aide de jalons, puis repéré par des piquets, soit un piquet enfoncé complètement en terre (le talon) qui sert de base de levé et un piquet servant de repère, sortant à moitié de terre et sur lequel on peut indiquer une numérotation.



Si nous considérons l'exemple de la construction d'une route, le profil en long permet de déterminer la différence de niveau entre le point au sol et le point projeté. Sur le dessin du profil en long, on reporte généralement outre la situation en coupe des points par leurs distances et leurs altitudes, la ligne du nouveau projet, les canalisations à poser, les courbes à gauche ou à droite, les pentes en pourcents, les cotes des points réels, les cotes des points projetés, les distances cumulées, la différence entre les cotes du terrain et les cotes du projet, les numéros de piquets qui correspondent plus tard à la numérotation des profils en travers.

On utilise pour cela un plan d'horizon servant de base au profil. Les échelles en général ne sont pas les mêmes pour les distances et les hauteurs. On prend généralement pour les distances les échelles 1 :500 ou 1 :1000 alors que pour les hauteurs, les échelles de 1 :50, 1 :100, ou 1 :200 sont les plus courantes. On indique également les rayons de courbure verticaux pour les raccordements de 2 pentes différentes. Ces rayons normalement, vu les échelles différentes devraient être représentés par des paraboles.

On nomme palier le chemin qui est horizontal, rampe le chemin montant et pente le chemin descendant depuis l'origine de la route. D'autre part, on appelle remblais quand le niveau de la chaussée nouvelle se trouve au-dessus du niveau du sol, et déblais, lorsque la chaussée se trouve au-dessous de ce niveau. Lorsque la route est à moitié en remblais, moitié en déblais, on appelle le profil en travers correspondant, un profil mixte.

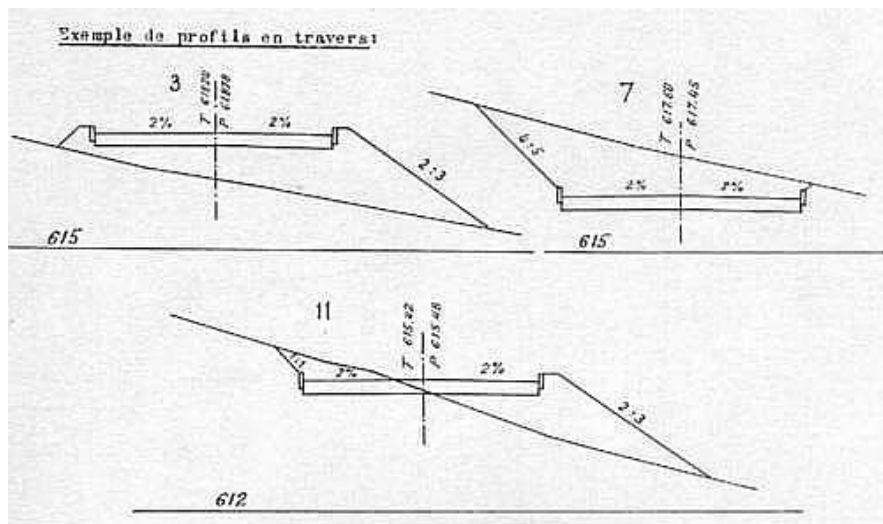
Par convention, on teinte les copies du profil en long en indiquant les déblais en jaune, les remblais en carmin, l'épaisseur de la chaussée en gris, les canalisations en rouge...

#### **IV.7 LE PROFIL EN TRAVERS :**

Le profil en travers est généralement piqueté perpendiculairement aux points du profil en long. Aux angles du profil en long, on prendra les profils en travers suivant la bissectrice de l'angle. Sur chacune des lignes piquetées perpendiculairement à l'axe, on mesure à partir du piquet de l'axe dans les deux sens, soit en distance, soit en altitude.

On reporte ensuite sur un plan, ces différents profils où l'échelle sera cette-fois-ci la même en distance et en hauteur ( 1 :50, 1 :100, 1 :200), puis sur la base de la cote du projet à l'axe, on reporte également le nouveau profil de la route. Ces profils en travers seront ensuite calculés en surfaces et serviront de base aux calculs des terrassements, où l'on prendra soit la somme des surfaces de 2 profils juxtaposés, multipliée par la distance entre profils divisée par 2, soit la surface d'un profil en travers multipliée par la demi-distance de chaque côté de ce profil. Ce procédé détermine le cube de terrassement.

Il est à remarquer que les profils en travers permettront également de calculer le dégazonnement (enlèvement de la terre végétale), le réglage des nouveaux talus, le volume de béton pour la construction de radiers, etc.



#### IV.8 LE PROFIL EN TRAVERS TYPE

Pour chaque exécution de construction, on dessine un profil en travers appelé TYPE, qui est un profil en travers sur lequel figurent les renseignements nécessaires au sujet des matériaux à utiliser, des épaisseurs de fondation, etc.

