

PRESENTATION

Comme son nom l'indique, ce document est un guide qui accompagne les étudiants de 1^{ère} année de l'Ecole Inter-Etats des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural (ETSHER) dans leur formation en topographie dans le cadre des travaux pratiques initiés par le Département Sciences du Technicien

Ce document est une mise en forme des différentes pratiques opérationnelles qu'il faut faire pour l'utilisation du niveau, de l'équerre optique et d'une chaîne dans un levé topographique.

Le style permet de suivre pas à pas les différents modes opératoires présentés dans le document.

Ce document ne traite pas du calcul de nivellement. Les principes de calcul sont traités en cours théorique. Cependant il fournit les méthodes de calcul nécessaires à la vérification des données de terrain. En effet l'homme de terrain doit contrôler ses levés pour s'assurer de la bonne qualité de ses levés.

Nous espérons que ce document contribuera à votre formation pratique de technicien supérieur de L'ETSHER et vous rendra service dans vos activités professionnelles.

Amadou SIMAL
Chef de Travaux
Topographie et Voirie

PREMIERE PARTIE

1. Mesure linéaire

La mesure à la chaîne (ou ruban) est une mesure direct du fait que la ligne est parcourue en posant un certain nombre de fois la chaîne bout à bout.

Le chaînage s'effectue sur l'alignement des deux points

1.1. Jalonnement

Le jalonnement consiste à aligner plusieurs jalons entre deux extrémités afin de disposer de repères intermédiaires au cours de la mesure.

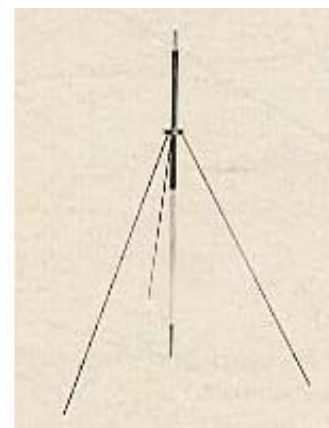
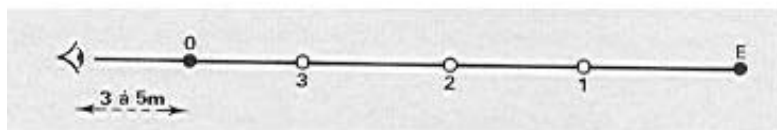
Un jalon doit être vertical ; cette verticalité est obtenue à l'estime en se plaçant dans deux plans verticaux sensiblement perpendiculaires.

Nous présentons ici le jalonnement sans obstacle entre deux points du fait que les sommets de canevas que nous aurons à chaîner sont visibles entre eux.

Mode opératoire

- Placer un jalon à chaque extrémité de l'alignement
le maintien du jalon sur les extrémités (ou surface dure) peut être assuré par un trépied léger
- Se mettre à une extrémité de l'alignement, à 3 à 5m derrière le jalon origine O
- Viser la direction OE
- Faire placer par un aide les jalons intermédiaires : 1-2-3... *en commençant par le plus éloigné*

Le placement des jalons est réalisé, en indiquant à l'aide, par des gestes de la main : *faire des gestes francs en tendant soit le bras gauche ou droit pour indiquer le sens du déplacement*. L'aide suit en ce moment les indications de l'opérateur en se déplaçant perpendiculairement à la direction OE jusqu'à placer le jalon dans l'alignement.



1.2. Mesurage

Quelque soit le type de mesurage (à plat ou par ressauts successifs) l'opérateur parcourt la ligne en reportant bout à bout un certain nombre de fois l'étalon de mesure. Il est donc important de bien comptabiliser ce nombre pour déterminer correctement la distance. Des fiches (piquets) sont utilisées pour comptabiliser le nombre de portée.

Un jeu de onze fiches est le plus souvent utilisé pour réaliser dix portées quand on aura implanté les onze fiches

Mode opératoire d'un chaînage

- Placer une fiche au point de départ
- Tendre la chaîne (l'étalon) sur l'alignement avec l'aide qui tient l'origine de la chaîne à la fiche de départ
- Placer une fiche à la portée de la chaîne
- Poursuivre l'opération en portant la chaîne bout à bout jusqu'à implanter toutes les fiches Pendant ce temps l'aide ramasse les fiches chaque fois qu'il termine de tenir le bout de la chaîne sur la fiche dernièrement implantée par l'opérateur
- L'aide remet à l'opérateur les dix fiches qu'il a ramassé à l'avancement : *on dit qu'on a effectué un échange*. A ce niveau noter bien l'échange et contrôler le nombre de fiches reçues (ça doit faire dix)
- Poursuivre l'opération pour faire n échanges
- Après le dernier échange l'opérateur pourra éventuellement placer un nombre de fois l'étalon. Il lui reste en ce moment un nombre de fiches Nm en main
- Mesurer l'appoint qui est la distance (inférieure à la portée) entre la dernière fiche placée et le point d'arrivée

La distance chaînée est donnée par la formule ci-dessous

P est la portée de l'étalon

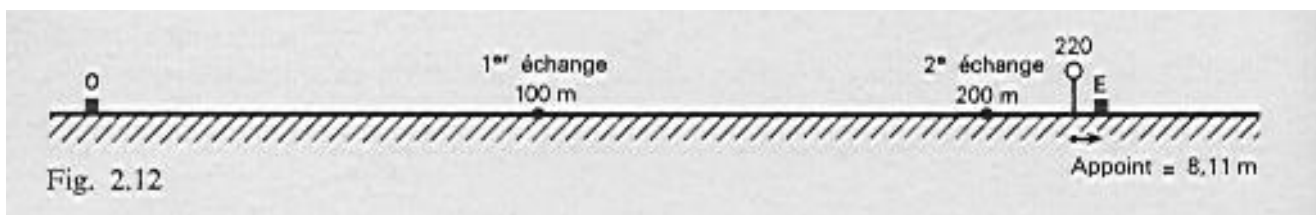
$$D = n(N-1)P + (N-Nm-1)P + \text{appoint}$$

Ex. : Mesure de la distance OE avec une chaîne de 10m de portée.

A l'appoint l'opérateur doit avoir en main 8 fiches

$$D = 2(11-1)10 + (11-8-1)10 + 8.11$$

$$D = 228.11 \text{ m}$$



Tolérance

La tolérance est l'intervalle de confiance, à l'intérieur duquel, il est certain que les écarts sont selon toute vraisemblance exempts de fautes, la faute étant une inexactitude grossière provenant de la maladresse ou d'un oubli.

La tolérance permet de contrôler la qualité du travail ou de déterminer le type de résultats désirés.

Pour contrôler cette distance le chaînage retour est réalisé. L'écart entre les deux distances obtenues à l'aller et au retour doit être comparé à la tolérance

$T(\text{cm}) = 0.069 \sqrt{L} + 0.084L$. L est la distance moyenne des deux déterminations exprimée en mètre

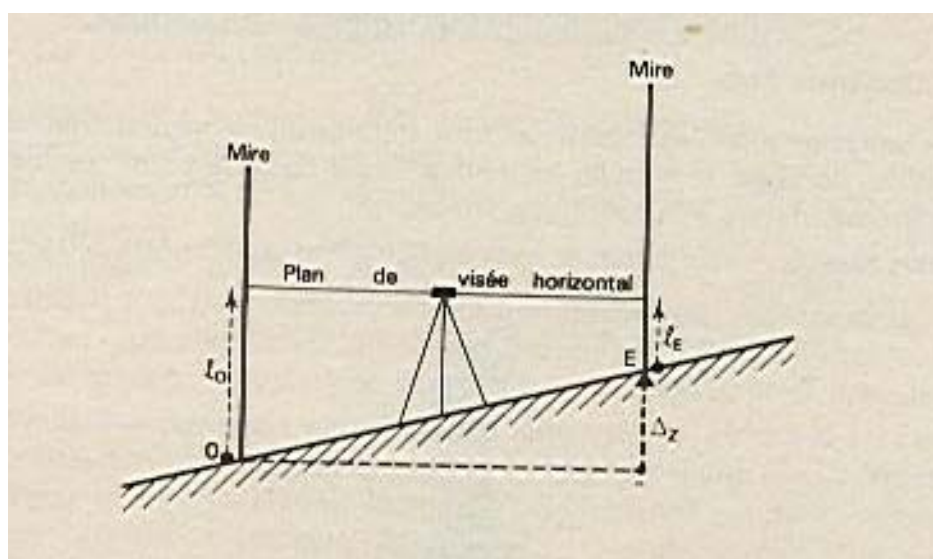
Cet écart doit être inférieur ou égal à la tolérance si non la mesure doit être reprise.

La tolérance peut être calculée aussi par la formule $T(\text{cm}) = 2.58 \sigma$ avec σ l'écart type de la chaîne. Il varie entre 3 et 5 cm/100m.

2. Nivellement direct

2.1. Principe

Le *nivellement direct* consiste à déterminer la dénivellée Δ_z entre deux points O et E à l'aide d'un *niveau* définissant un plan de visée horizontal et d'une échelle verticale appelée *mire* placée successivement sur les deux points. La différence des hauteurs de mire interceptées par le plan horizontal de visée est égale à la dénivellée: $\Delta_z = l_O - l_E$; le nivellement direct est encore appelé *nivellement géométrique*, car il fait intervenir que des différences de hauteurs parallèles entre elles puisque toutes perpendiculaires à un même plan horizontal



La portée qui est la distance du niveau à la mire est au maximum de 85m

Dans toute la mesure du possible l'opérateur place le niveau à peu près à égale distance de O et E de manière à réaliser *l'égalité des portées*; pour autant d'ailleurs *le niveau n'est pas obligatoirement sur l'alignement planimétrique OE*. Donc l'intervisibilité entre O et E n'est pas une condition à remplir en nivellement direct. Il s'agit de placer le niveau approximativement sur la médiatrice de OE de manière à voir les mires placées en O et en E

2.2. Matériels

2.2.1. Niveau

On distingue les niveaux automatiques et les niveaux non automatiques appelés aussi niveau bloc. Leur différence se situe seulement au niveau du dispositif qui rend l'axe optique horizontal.

Ils sont équipés d'un réticule qui permet d'effectuer la lecture sur une mire.

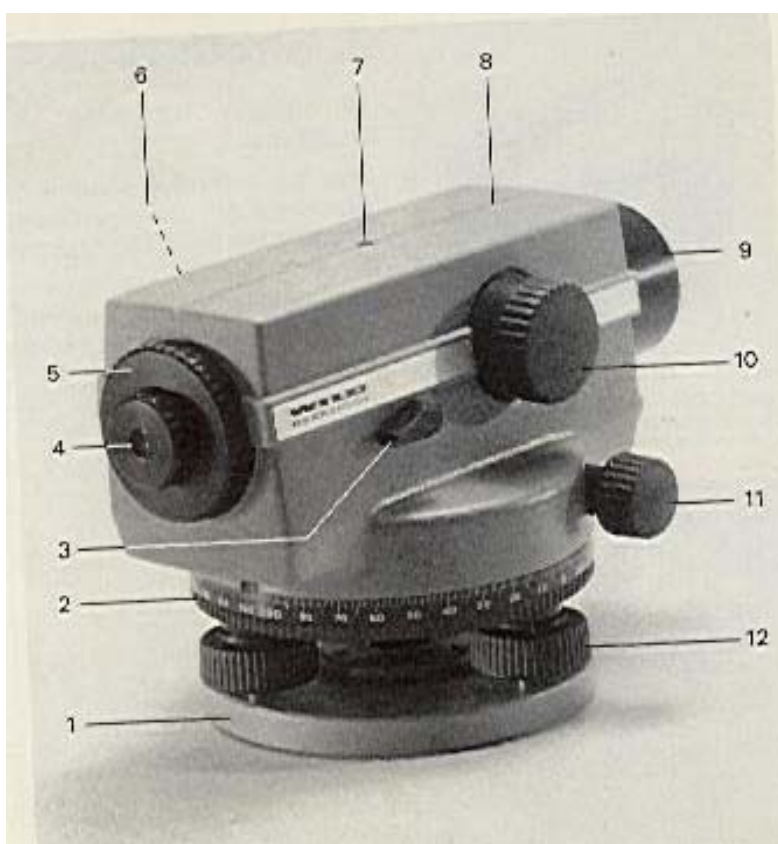


→ Niveaux automatiques

L'axe optique est rendu automatiquement horizontal par l'action d'un *compensateur* (bouton 3).

Niveau NA20 ou NA24

1. Plaque de base
2. Cercle (Rapporteur)
3. Contrôle de fonctionnement ou Compensateur
4. Oculaire
5. Anneau amovible (réglage de collimat.)
6. Nivelles circulaire ou sphérique
7. Point de centrage
8. Viseur
9. Objectif
10. Mise au point
11. Fin mouvement
12. Vis calante (3)

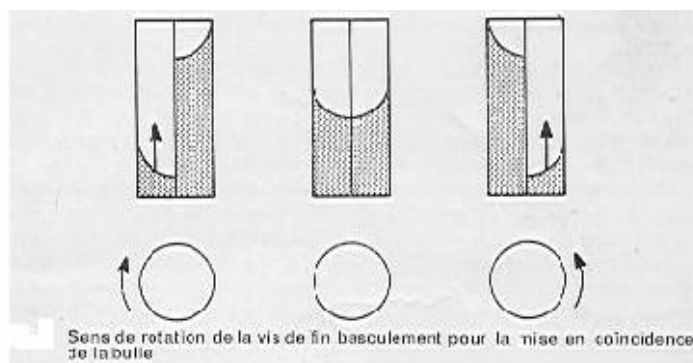


→ Niveaux blocs

L'axe optique est rendu horizontal à l'aide d'une *vis de basculement* qui permet de caler la bulle encore appelée nivellette torique. Souvent le calage est réalisé par la *mise en coïncidence des extrémités des demi paraboles*, qui représentent l'image de la bulle, observées dans un oculaire



Vis de basculement



Oculaire d'observation de la bulle

→ Niveaux numériques

Ce sont les dernières générations de niveaux. Ces niveaux utilisent des mires à code barre pour la lecture.

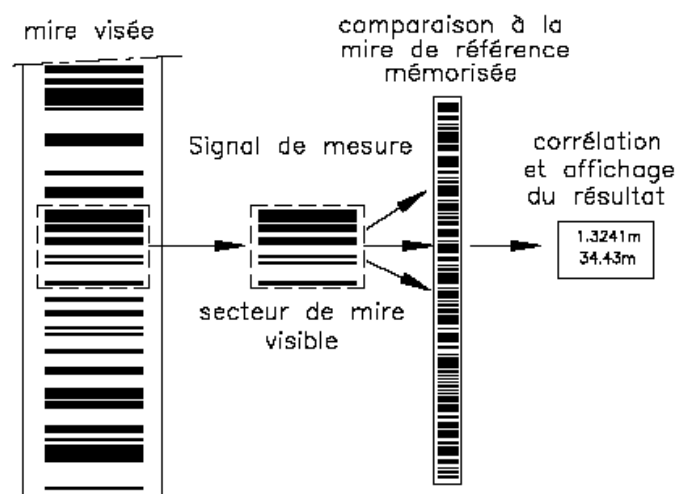
La lecture sur la mire est faite par comparaison, de la portion de mire visée avec l'image de la mire numérisée dans l'appareil.

L'appareil détecte la position de l'axe de visée à partir de l'image enregistrée et fournit la lecture et la distance horizontale entre l'appareil et la mire.

Toujours s'assurer que la mire utilisée correspond à la mire numérisée dans l'appareil.

Les mires ne sont pas toujours identiques d'un fabricant à l'autre.

Ces niveaux sont utilisés de la même manière que les niveaux automatiques (mise en station réglage etc), seule la gestion de la lecture est différente.



NA 3003 Leica

NB : Les niveaux numériques peuvent être utilisés aussi comme un niveau automatique avec la lecture des 3 fils stadimétriques sur une mire droite.

Le Sokkia SDL 30 est pour la CFPI et sera présenté plus en détail plus loin.



SOKKIA SDL30

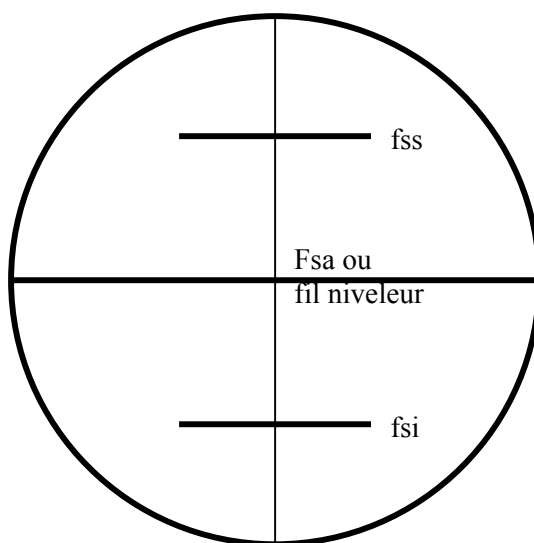
→ Le réticule

C'est un disque de verre fixe par rapport à l'objectif, on le voit en regardant dans l'oculaire. *Le réticule* porte trois traits horizontaux fss, fsa et fsi appelés respectivement *fil stadimétrique supérieur*, *fil stadimétrique axial ou fil niveleur* et *fil stadimétrique inférieur*.

Le fil niveleur représente le plan horizontal et les fils supérieur et inférieur sont symétriques par rapport au fil niveleur.

Le réticule doit être réglé pour faire apparaître tous ces différents fils

Pour cela tourner l'oculaire **4** jusqu'à ce que les fils deviennent bien visibles (*voir mise en station*).



2.2.2. Mire

Une mire de nivellement est une échelle linéaire qu'il faut tenir verticalement, qui ne doit en aucun cas être considérée comme un accessoire de moindre importance. *La valeur de la mesure d'une dénivelée dépendant en effet autant de la mire que du niveau*. Il est donc important de mettre du sérieux dans la tenue d'une mire pour la rendre verticale.

On distingue plusieurs types de mire dont la mire ordinaire centimétrique à quatre mètres de long. Elle est la plus utilisée. Elle est constituée de deux parties de deux mètres reliées par une charnière et un verrou. La mire est calée avec une nivelle sphérique en mettant la bulle circulaire dans son cercle repère.

La mire est constituée par des échelons ou case, de un centimètre, groupés par cinq pour aider à la lecture.

Lecture de mire

Qu'il s'agisse d'une lunette à image droite ou d'une lunette à image renversée le principe de lecture est le même. Seulement pour une lunette à image droite l'opérateur lit du bas vers le haut alors que pour une lunette à image renversée l'opérateur lit du haut vers le bas. Les niveaux à images renversées disparaissent de plus en plus au profit des images droites et deviennent ainsi rares.

Afin d'éviter une erreur parasite lire selon le mode de chiffrage.

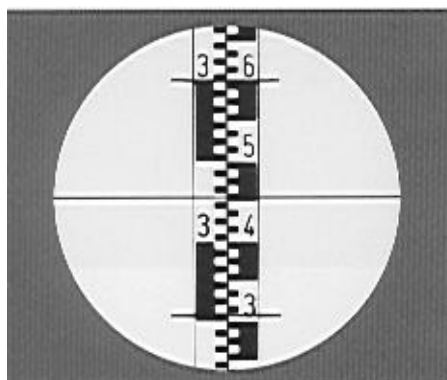


Image droite : lire 34 -5-6=346

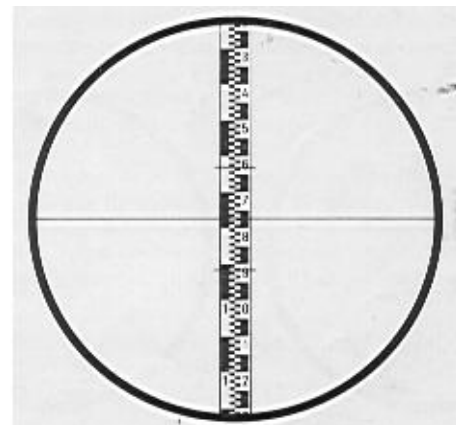


Image renversée : lire 07-7-4=0774

Le plan de visée horizontal P d'un niveau en station coupe toute mire verticale placée sur un point O à sa portée. La lecture l_0 sur la mire est l'évaluation de la longueur de celle-ci comptée depuis l'origine de l'échelle jusqu'au plan horizontal de visée visualisé par le long trait médian horizontal du réticule ou *trait niveleur*.

La lecture sur la mire est *une lecture estimée* du fait que le millimètre est apprécié lorsque la mire est graduée en centimètre.

L'opérateur peut donc éventuellement contrôler la lecture l_0 au fil niveleur (fsa) par la moyenne arithmétique des lectures aux traits stadimétriques *fss* et *fsi* respectivement l_2 et l_1 .

$$h = \frac{l_2 - l_1}{2} \pm 3mm$$

La distance entre le niveau et la mire peut être déterminée à l'aide des lectures des deux fils stadimétriques supérieur l_2 et inférieur l_1

$$D = 100(l_2 - l_1)$$

$$\text{Ex. : lecture } h=3456 ; \frac{3601 + 3309}{2} = 3455$$

$$D_m = 100(3.601 - 3.309) = 360.1 - 330.9 = 29.2m$$

La distance en mètre entre le niveau et la mire est la différence entre le fil supérieur et le fil inférieur exprimés en centimètre.

Ce qu'il faut faire avant de lire la mire

Une fois le niveau en station

- Régler le réticule du niveau pour rendre visible les fils stadimétriques
 - pointer la mire et avec le bouton fin mouvement amener le fil vertical du réticule au milieu de la mire
 - régler l'image de la mire avec le bouton de mise au point
 - *Pour le niveau automatique*: contrôler le bon fonctionnement du compensateur en appuyant sur le bouton de contrôle (on constate l'image de la mire bougée verticalement)
- NB: Les derniers niveaux automatiques de Leica (NA720, NA 724) n'ont de compensateur.**
- *Pour le niveau bloc (non automatique)*: caler la bulle ou nivelle torique à l'aide de la vis de basculement.

2.2.3 Le trépied

Les trépieds en bois sont très utilisés. Un trépied doit être robuste pour supporter l'appareil afin de lui assurer une stabilité. Le trépied est muni d'une vis centrale qui permet de fixer l'appareil sur le plateau qui peut être protégé par une coiffe.

Les jambes coulissantes permettent de régler le niveau à hauteur de l'œil de l'opérateur. Le mouvement des jambes du trépied doit être régulier. Les jambes doivent garder leur écartement quand le trépied est soulevé par le plateau.



2.3. Mise en station du niveau

La mise en station consiste à rendre le plan de visée du niveau horizontal. Il s'agit de mettre le niveau prêt à la lecture sur une mire. Pour cela:

I. Ouverture du trépied

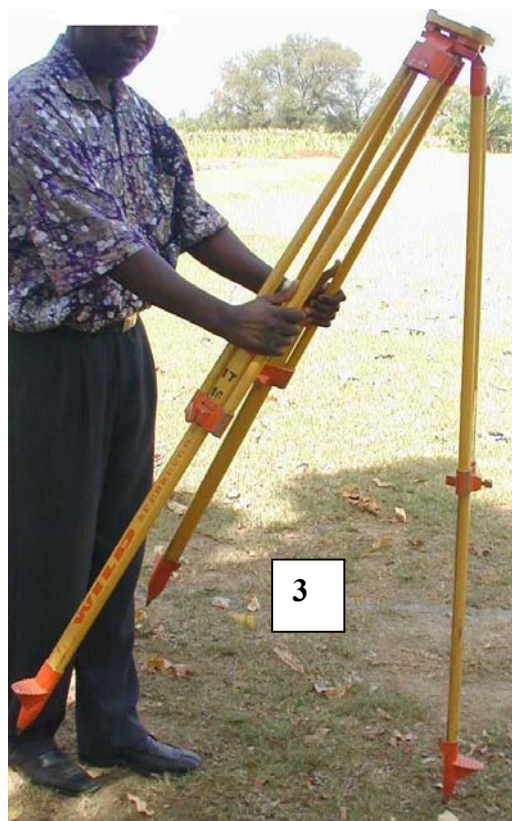


1 Desserrer les pieds du trépied pour permettre leur coulissement



2 Faire coulisser le trépied jusqu'à la hauteur du menton

Resserrer le trépied



3 Ecarter suffisamment les jambes du trépied de manière à assurer à la fois la stabilité, l'horizontalité à vue d'œil du plateau à la hauteur convenable permettant l'opérateur d'opérer sans se courber ou se tenir sur la pointe des pieds.

Pour cela poser un pied par terre et tirer les deux autres vers l'arrière pour les poser. Sur un terrain plat construire un triangle équilatéral avec les trois pieds

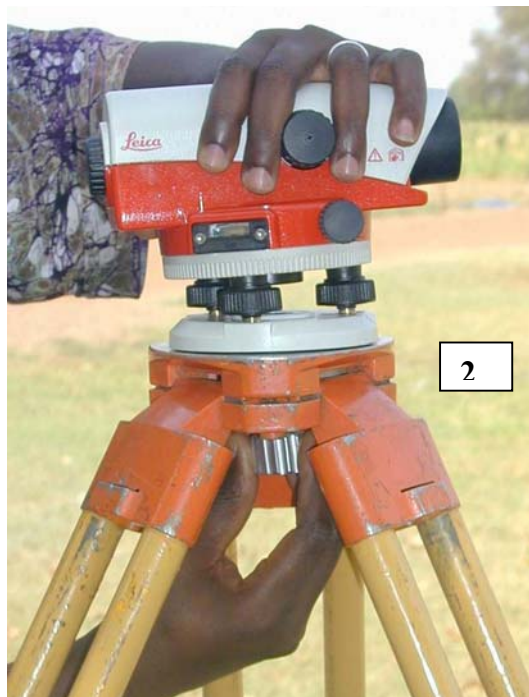


4 Retirer la coiffe de protection du plateau du trépied le cas échéant en desserrant la vis de fixation

II. Fixation du niveau sur le trépied

1. Retirer le niveau de son étui

prendre le soin de regarder sa position dans l'étui pour pouvoir l'y remettre à la fin des opérations



2. Fixer le niveau sur le trépied

Centrer le niveau sur le plateau, le maintenir d'une main et le fixer immédiatement de l'autre main avec la vis centrale du trépied (serrer modérément).

3. Refermer l'étui pour éviter de salir l'intérieur

4. Régler les vis calantes sensiblement à mi-course

5. Enfoncer les jambes du trépied à refus

Pour enfoncer une jambe garder le genou contre celle-ci

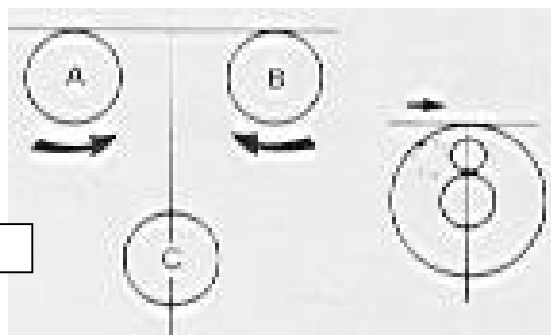


Bonne position



A ne pas faire

III. Le calage

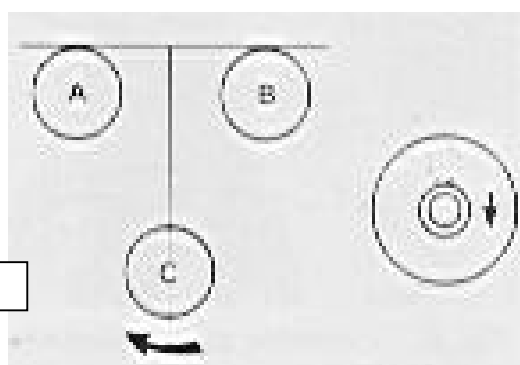


1

1 Placer la lunette parallèle à deux vis calantes choisies soient A et B tourner les vis calantes A et B simultanément et en sens contraire pour amener la bulle circulaire dans la direction parallèle à la direction axe du pivot-3^{ème} vis calante C



2

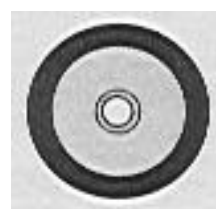


2 *Tourner la 3^{ème} vis calante C pour entrer la bulle dans son cercle repère; dans le cas contraire ne dépasser la direction parallèle à

AB passant par le centre du cercle repère.

** Si nécessaire répéter ces deux opérations jusqu'à ce que la bulle circulaire soit dans son cercle repère

bulle



NB Changer de sens de rotation lorsqu'on s'aperçoit que la bulle circulaire s'éloigne du cercle repère. La bulle suit le sens du pouce gauche ou le sens contraire du pouce droit.

IV. Réglage du réticule



- Diriger la lunette vers un fond clair et uniforme ou tenir une feuille de papier blanc devant l'objectif
- Regarder dans la lunette
 - Tourner l'oculaire jusqu'à ce que les fils du réticule apparaissent nets et bien noirs

Ce réglage peut être ajusté pendant les opérations en fonction de la mise au point de l'image de la mire.

NB. Pour passer d'une station à une autre l'appareil peut être transporté sur le trépied. Durant ce déplacement essayer autant que possible de garder le niveau sensiblement horizontal.

Pour stationner : synthèse de la mise en station (voir détail ci-dessus)

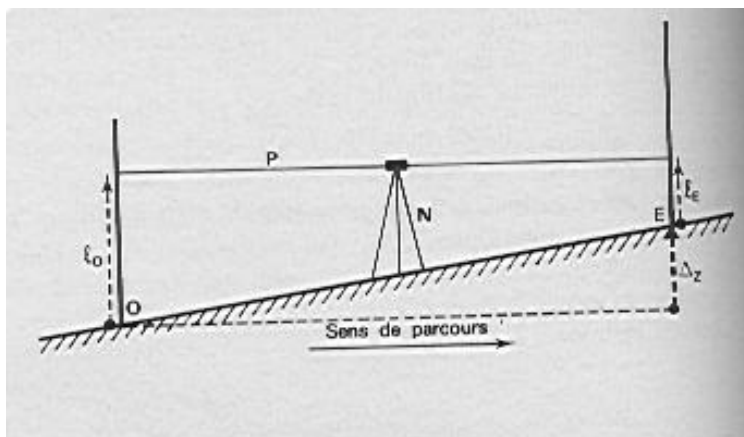
- Placer le trépied horizontal à vue d'œil
- Enfoncer les jambes du trépied à refus
- Caler la nivelle sphérique

A la fin des travaux ouvrir l'étui avant de démonter le niveau. Pour le démonter, le maintenir d'une main et desserrer avec l'autre main la vis de fixation et le ranger immédiatement dans son étui puis fermer l'étui.

2.4. Dénivelée élémentaire

Pour obtenir la dénivelée Δz entre O et E, les deux points étant situés de manière à faire une lecture sur chaque point à partir d'une seule station.

Il n'est pas nécessaire que les deux mires soit visible entre elles, mais il s'agit de placer le niveau à égale distance de manière à pouvoir voir chaque mire. Définir un sens au choix ; dans notre exemple le sens OE est choisi.



A partir du sens le point O devient arrière et la lecture qu'on y fait s'appelle lecture arrière et le point E est point avant et sa lecture s'appelle lecture avant.

Pour déterminer la dénivelée (différence de hauteur) entre O et E

- Stationner en N sensiblement à égale distance de O et de E de manière à respecter au mieux l'égalité des portées. (pas forcément sur l'alignement)
- Placer verticalement une mire à chaque point O et E. ou déplacer une mire d'un point à l'autre
- Lire la mire sur O (lecture arrière) soit l_O puis la mire en E (lecture avant) soit l_E en respectant les dispositions à tenir selon le type de niveau.

La dénivelée Δz de O vers E, positive ou négative est telle que:

$$Z_E = Z_O + \Delta_Z \Rightarrow \Delta_Z = Z_E - Z_O$$

$$\Delta_Z = (Z_P - l_E) - Z_O$$

$$\Delta_Z = ((Z_O + l_O) - l_E) - Z_O$$

$$\Delta_Z = l_O - l_E + Z_O - Z_O$$

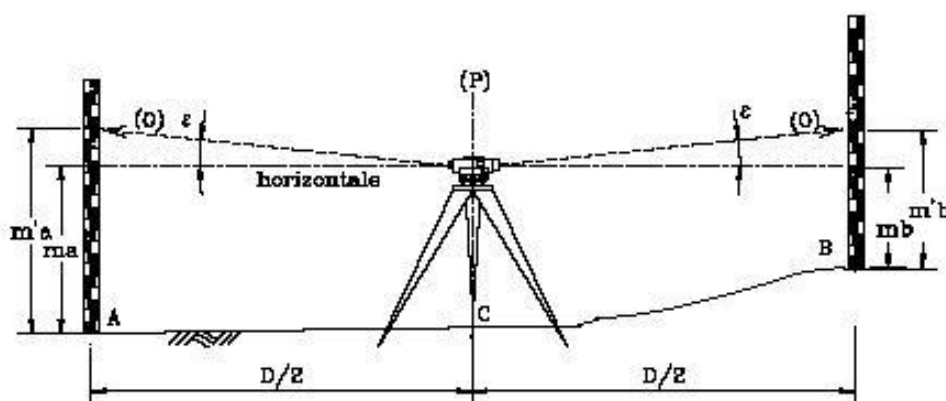
$$\Delta_Z = l_O - l_E$$

$$\Delta_Z = l_{ar.} - l_{av.}$$

La dénivelée est donnée par la différence de la lecture arrière et de la lecture issue d'une même station.

2.5. Erreur de collimation verticale

C'est un défaut d'horizontalité résiduel de l'axe optique du niveau quand la bulle est calée (niveau non automatique) ou le compensateur en équilibre (niveau automatique)
Ce défaut d'horizontalité crée une erreur sur la lecture de la mire.



Compte tenu du défaut d'horizontalité ε (erreur de collimation verticale) le niveau lit sur les mires A et B respectivement $m'a$ et $m'b$. Ces lectures auraient du être ma et mb s'il l'appareil n'avait pas d'erreur de collimation.

La dénivelée réelle entre A et B $\Delta_{AB} = ma - mb$

Avec l'erreur de collimation l'opérateur détermine

$$\Delta'_{AB} = m'a - m'b = (ma + D_{AC} \text{tg } \varepsilon) - (mb + D_{BC} \text{tg } \varepsilon) = ma - mb + \text{tg } \varepsilon (D_{AC} - D_{BC})$$

Si $D_{AC} = D_{BC}$ alors $\Delta_{AB} = \Delta'_{AB}$ C'est ce qui justifie le principe de l'égalité des portées.

NB : Pour supprimer l'incidence de la collimation dans une dénivelée il faut stationner à égale distance des deux points dont on veut déterminer leur dénivelée.

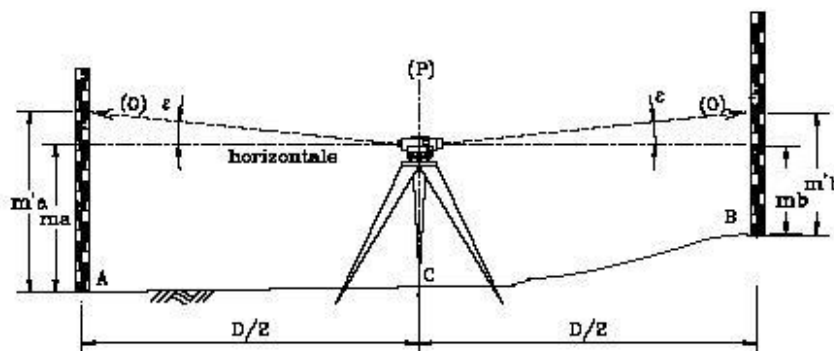
Le principe de l'égalité des portées ne peut être toujours respecté surtout dans le cas du rayonnement (voir plus loin) ou d'une implantation.

Dans ce cas il faut déterminer l'erreur de collimation verticale et corriger les différentes lectures surtout quand la collimation dépasse 3mgr.

2.6 Principe de détermination de la collimation verticale

Pour déterminer l'erreur de collimation d'un niveau placer par exemple deux points A et B distants de 60m.

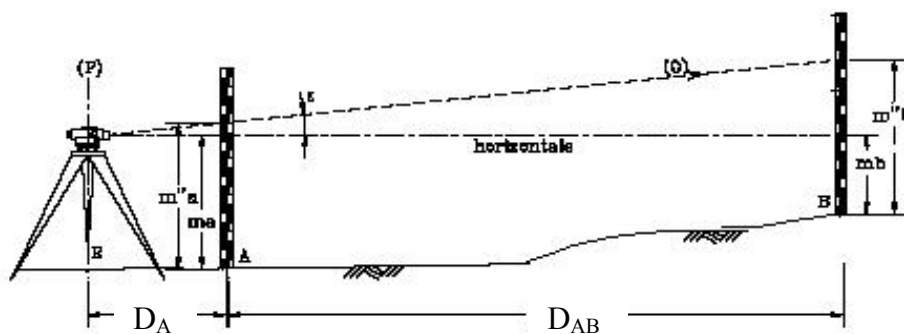
Déterminer à la chaîne le milieu C, puis stationner le niveau à ce milieu pour déterminer la dénivelée $\Delta_{AB} = \Delta'_{AB} = m'a - m'b$



La dénivelée mesurée est égale à la dénivelée réelle car l'effet de l'erreur d'inclinaison ε s'annule du fait de **l'égalité des portées** CA et CB.

$$\Delta_{AB} = ma - mb = \Delta'_{AB} = m'a - m'b$$

Après cette détermination changer de station en stationnant plus près d'une des deux mires. Dans la figure ci dessous on s'est approché de A. La position n'a pas d'importance, l'essentiel c'est d'être plus proche d'une mire dans une position qui permet de lire sur les deux mires.



$$\Delta''_{AB} = m''a - m''b = (ma + D_{AE} \text{tg } \varepsilon) - (mb + D_{BE} \text{tg } \varepsilon) = ma - mb + \text{tg } \varepsilon (D_{AE} - D_{BE})$$

$$\Delta''_{AB} = \Delta_{AB} + \text{tg } \varepsilon (D_{AE} - D_{BE}) \Rightarrow \text{tg } \varepsilon = \frac{\Delta''_{AB} - \Delta_{AB}}{D_{AE} - D_{BE}}$$

A partir de cette collimation verticale, toute lecture $m'i$ faite sur une mire située à une distance L peut être corrigée pour obtenir la lecture réelle m_i telle que :

$$m_i = m'i - L \text{tg } \varepsilon ; L \text{ est déterminé par tachéométrie avec } L = 100(\text{fss} - \text{fsi})$$

Ces corrections sont importantes dans le cadre d'une implantation ou d'un rayonnement ou le plus souvent l'égalité des portées n'est pas toujours assurée surtout

lorsque l'erreur de collimation est importante (une collimation de 3mgr crée une erreur de lecture de 3mm sur une mire à 60m)

2.7 Cheminement

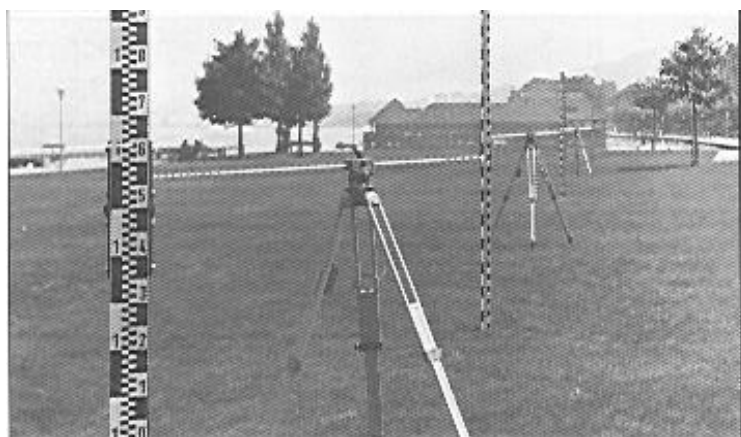
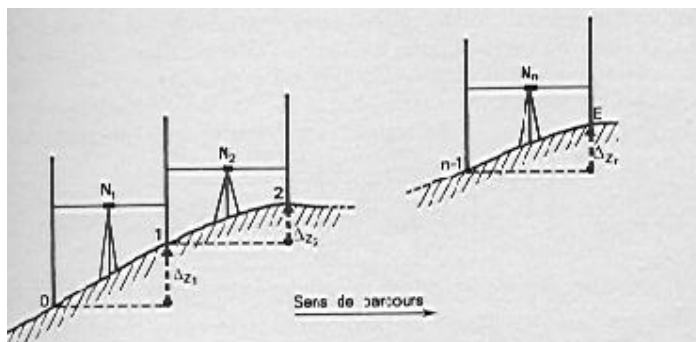
Lorsque les points O et E sont situés de telle façon qu'une seule station du niveau ne suffise pas à déterminer leur dénivelée: éloignement, obstacle, dénivelée importante. etc décomposer la dénivelée totale en dénivelées élémentaires en faisant plusieurs stations à l'aide de points intermédiaires 1, 2, 3, etc . On dit qu'on a fait *un cheminement de nivellement*.

Un cheminement peut être *encadré ou fermé*.

Un cheminement encadré part d'un repère origine connu en altitude(ou tout simplement côte) passe par un certain nombre de point à déterminer et se ferme sur un autre repère extrémité également connu.

Lorsque l'on ferme sur le même point de départ (repère origine =repère extrémité) on parle de *cheminement fermé ou de boucle*.

2.7.1.Cheminement encadré



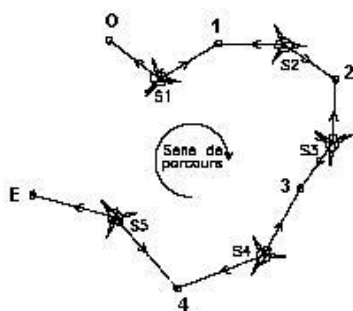
Mode opératoire

- Mettre le niveau en station en N_1 en estimant à vue l'emplacement ou devra se trouver le point de mire suivant 1 pour respecter au mieux l'égalité des portées : $N_1O \approx N_11$
- Placer verticalement la mire sur le repère origine O
- Pointer la mire en O ,régler l'image ,caler la bulle (niveau bloc) ou vérifier le bon fonctionnement du compensateur(niveau automatique)
- Faire la lecture arrière en O l_{arO} . (lire les trois fils : fil niveleur l_n , fil stadimétrique supérieur l_s et fil stadimétrique inférieur l_i et vérifier que $l_n = \frac{l_s + l_i}{2} \pm 3mm$)
- Placer verticalement la mire au point 1
- Le point doit être stable. Cette stabilité est assurée par un socle métallique appelé *crapaud*, un piquet enfoncé au sol ou toute autre chose pouvant assurer cette stabilité et le caractère ponctuel.
- *En effet, le caractère ponctuel et la stabilité d'un point de mire sont les conditions essentielles pour qu'un cheminement rentre dans les tolérances.*
- Faire la lecture $l_{av,1}$ sur la mire au point 1 avec les dispositions habituelles
- La dénivelée Δ_{z1} de O vers 1 vaut en grandeur et en signe:

$$\rightarrow \Delta_{z1} = l_{ar.o} - l_{av.1}$$

- Se déplacer pour choisir une station N_2 en prévoyant l'emplacement approximatif du point 2 suivant tel que $N_{21} \approx N_{22}$ (avec 2 mires, les deux points sont occupés et l'opérateur peut mieux apprécier l'égalité des portées)
- Le porte mire au point 1 oriente la mire vers l'opérateur et la replace sur 1
- Faire la lecture $l_{av.1}$ sur la mire tenue verticale en 1 avec les dispositions habituelles
- Placer verticalement la mire au point 2
- Faire la lecture $l_{av.2}$ sur la mire en 2 avec les dispositions habituelles
- Poursuivre l'opération en changeant chaque fois de station après avoir fait la lecture avant l_{av} sur le point suivant jusqu'à la dernière station N_n pour faire la dernière lecture avant $l_{av.E}$ sur le point extrémité E.

L'ensemble de ces données sont consignées dans un tableau ci-dessous
 Donner les trois fils (f_{ss} , f_n , f_{si}) à chaque lecture sur mire



Points		Dist.	Lectures arrière		Lectures avant		Dénivelées				Dénivelées compensées		Côtes	Points
			Fils stad.	Fil nivel.	Fils stad.	Fil nivel.	+	c	-	c	+	-		
0		119.25	1547 0935	1241	1615 1000	1307							100.056	0
1		139.47	1840 1036	1439	1545 0767	1155								1
2		100.09	1596 1056	1326	1307 0747	1027								2
3		148.25	2103 1347	1725	1733 0964	1348								3
4		117.34	1728 1124	1426	1844 1254	1549								4
E													100.841	E
$\Sigma =$		624.40	7157		6386									

$\Delta p = \sum lect. ar - \sum lect. av = 771 \dots$

Contrôle: $\Delta p = \sum dénivelées = \dots$

$\Delta r = Z. arrivée - Z. départ = 0.785; n = \frac{N}{L_{(km)}} = 8$

Contrôle: $\Delta r = \sum dénivelées compensées = \dots$

$f = \Delta p - \Delta r = \dots -14 \dots$ $c = \Delta r - \Delta p = \dots$

$n \leq 16 \Rightarrow T_{(mm)} = 4\sqrt{36L + L^2} = \dots 19 \dots; f \leq T \Rightarrow c_i = \frac{c \cdot L_i}{L}$

L : longueur du cheminement en Km; N : nbre de dénivelées

$> 16 \Rightarrow T_{(mm)} = \sqrt{36N + \frac{N^2}{16}} = \dots; f \leq T \Rightarrow c_i = \frac{c \cdot |\Delta_i|}{\sum |\Delta_i|}$

$f > T \Rightarrow pas compensation \Rightarrow cht. à reprendre$

Les dénivelées partielles valent en grandeur et en signe:

$$\begin{aligned}\Delta_{Z_1} &= l_{ar.O} - l_{av.1} \Rightarrow Z_1 = Z_O + \Delta_{Z_1} \\ \Delta_{Z_2} &= l_{ar.1} - l_{av.2} \Rightarrow Z_2 = Z_1 + \Delta_{Z_2} = Z_O + \Delta_{Z_1} + \Delta_{Z_2} \\ &\vdots \\ \Delta_{Z_n} &= l_{ar.n-1} - l_{av.E} \Rightarrow Z_E = Z_O + \sum_{i=1}^n \Delta_{Z_i}\end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta_{Z_i} = \sum_{i=1}^n l_{ar.i} - \sum_{i=1}^n l_{av.i} \quad \mathbf{1}$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta_{Z_i} = \Delta_{EO} = Z_E - Z_O \quad \mathbf{2}$$

Z_E et Z_O étant connus, on peut calculer d'après l'équation **2** $\sum_{i=1}^n \Delta_{Z_i}$

Le cheminement de nivellement étant terminé, on peut aussi calculer d'après **1**

$$\sum_{i=1}^n \Delta_{Z_i}$$

Calculer l'écart entre la valeur obtenue au **1** et la valeur obtenue au **2**. Cet écart est appelé **écart de fermeture**.

Le travail est correct si la valeur absolue de cet écart de fermeture est inférieure ou égale à la tolérance du cheminement. On dit dans ce cas que **le cheminement ferme**.

Si la valeur absolue de l'écart est supérieure à la tolérance le travail doit être repris. *C'est pourquoi ce contrôle doit être réalisé sur le terrain afin de s'assurer de la qualité du cheminement pour décider de sa reprise ou non avant de quitter le chantier.*

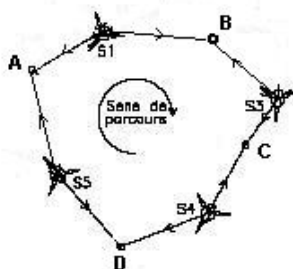
2.5.2. Cheminement fermé

Dans le cas d'un cheminement fermé, le repère extrémité est aussi le repère d'origine. Il est très employé pour les raisons suivantes :

- il permet la détermination des côtes d'un cheminement même quand on ne connaît qu'un seul repère ;
- il est possible de calculer un tel cheminement en affectant une côte relative à un point de départ fixe et durable ; un rattachement à un point connu en altitude permet de déterminer la constante qu'il faut ajouter à la côte de chaque point pour l'avoir en altitude.
- il permet un contrôle de fermeture qui est indépendant de la précision de connaissance de la côte du point de référence.

Le point de départ étant le même que le point d'arrivée $Z_E = Z_O$ et

$\sum_{i=1}^n \Delta_{Z_i}$ obtenue à l'équation **2** est nul et l'écart de fermeture devient donc $\sum_{i=1}^n \Delta_{Z_i}$ obtenue à l'équation **1**.



ETSHER/ Dépt Topo-Voirie						Date :							
NIVELLEMENT DIRECT N° 1													
Appareil:						Projet :							
Cheminement:						Opérateur:							
Zone :						Groupe:							
Points	Dist.	Lectures arrière		Lectures avant		Dénivelées				Dénivelées compensées		Côtes	Points
		Fils stad.	Fil nivel.	Fils stad.	Fil nivel.	+	c	-	c	+	-		
A		1872 1133	1502									100.000	A
	140.28												
B		1755 0941	1348	1672 0942	1307								B
	153.41												
C		1496 0918	1207	1605 0782	1195								C
	117.39												
D		1633 1132	1383	1714 1111	1414								D
	95.47												
A				1779 1293	1536							100.000	A
Σ	= 506.55		5440		5452								

$\Delta p = \Sigma lect. ar - \Sigma lect. av = \dots -12 \dots$

$\Delta r = Z. arrivée - Z. départ = \dots 0 \dots; n = \frac{N}{L_{(km)}} = .8$

$f = \Delta p - \Delta r = \dots -12 \dots \quad c = \Delta r - \Delta p = \dots$

$n \leq 16 \Rightarrow T_{(mm)} = 4\sqrt{36L + L^2} = .17 \dots; f \leq T \Rightarrow c_i = \frac{c \cdot L_i}{L}$

$n > 16 \Rightarrow T_{(mm)} = \sqrt{36N + \frac{N^2}{16}} = \dots; f \leq T \Rightarrow c_i = \frac{c \cdot |\Delta_i|}{\Sigma |\Delta_i|}$

$f > T \Rightarrow pas \text{ compensation} \Rightarrow cht. \grave{a} \text{ reprendre}$

Par A. f

2.8. Tolérance

La tolérance est fonction du nombre de dénivelée (nombre de station) ou de la longueur du cheminement selon que le terrain est accidenté ou non.

Selon le nombre de dénivelée (station) au kilomètre $n = \frac{N}{L}$, le terrain est dit accidenté ou non et la tolérance est donnée par l'une des formule ci-dessous.

$$\text{Terrain non accidenté} \Rightarrow n \leq 16 \Rightarrow T_{(mm)} = 4\sqrt{36L + L^2}$$

$$\text{Terrain accidenté} \Rightarrow n > 16 \Rightarrow T_{(mm)} = \sqrt{36N + \frac{N^2}{16}}$$

L est la longueur totale du cheminement en Km et N le nombre de dénivelée ou station.

2.9 Rayonnement ou Cheminement mixte

Le rayonnement consiste à effectuer simultanément le nivellement du cheminement et d'autres points hors du cheminement appelé points de détail. Ils sont dits *points rayonnés*.

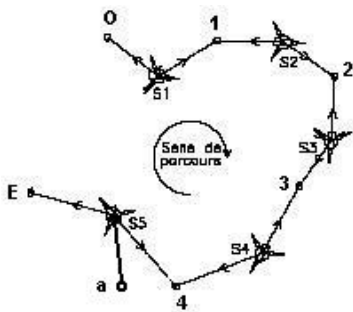
Depuis une station de niveau N_i du cheminement l'opérateur effectue:

- la lecture arrière sur le point $i-1$ du cheminement
- la ou les lectures avant sur le ou les points rayonnés
- la lecture avant sur le point suivant i du cheminement
- se déplacer à la station N_{i+1} pour la poursuite du cheminement en

répétant les mêmes lectures sur les points du cheminement et sur les points à rayonner s'il en existe et ainsi de suite jusqu'à la fin du cheminement.

Toutes ces données sont consignées dans un imprimé.

Soit le cheminement de nivellement O-E suivant avec les points a rayonné à la station 5



ETSHER/ Dépt Topo-Voirie										Date :			
NIVELLEMENT DIRECT N° 1										TD N°:			
Appareil:					Projet:								
Cheminement:					Opérateur:								
Zone:					Groupe:								
Points	Dist.	Lectures arrière		Lectures avant		Dénivelées				Dénivelées compensées		Côtes	Points
		Fils stad.	Fil nivel.	Fils stad.	Fil nivel.	+	c	-	c	+	-		
O	119.25	1547	1241									100.056	O
		0935											
1	139.47	1840	1439	1615	1307								1
		1036		1000									
2	100.09	1596	1326	1545	1155								2
		1056		0767									
3	148.25	2103	1725	1307	1027								3
		1347		0747									
4		1728	1426	1733	1348								4
		1124		0964									
a	117.34			1910	1627								a
				1343									
E				1844	1549							100.841	E
				1254									
$\Sigma =$	624.40		7157		6386								

$$\Delta p = \sum lect. ar - \sum lect. av = \dots 771 \dots$$

$$f = \Delta p - \Delta r = \dots 14 \dots \quad c = \Delta r - \Delta p = \dots$$

Contrôle: $\Delta p = \sum dénivelées = \dots$

$$\Delta r = Z. arrivée - Z. départ = 0.785; n = \frac{N}{L_{(km)}} = 8$$

dénivelées

Contrôle: $\Delta r = \sum dénivelées compensées = \dots$

$n \leq 16 \Rightarrow T_{(mm)} = 4\sqrt{36L + L^2} = 19 \dots; f \leq T \Rightarrow c_i = \frac{c \cdot L_i}{L}$

$n > 16 \Rightarrow T_{(mm)} = \sqrt{36N + \frac{N^2}{16}} = \dots; f \leq T \Rightarrow c_i = \frac{c \cdot |\Delta_i|}{\sum |\Delta_i|}$

$f > T \Rightarrow pas compensation \Rightarrow chi. \grave{a} reprendre$

Par A. S

NB: Un cheminement mixte peut être encadré ou fermé.

Le rayonnement est en quelque sorte une parenthèse qu'on ouvre, après une lecture arrière sur un point i d'un cheminement, pour faire une ou plusieurs lectures avant pour ensuite fermer la parenthèse et poursuivre le cheminement par une lecture avant sur le point $i+1$ du cheminement. Et on ouvre une parenthèse chaque fois de besoin pour faire des rayonnement.

$$\Delta_{A1} = l_{ar.A} - l_{av.1}$$

$$\Delta_{12} = l_{ar.1} - l_{av.2}$$

$$\Delta_{2a} = l_{ar.2} - l_{av.a}$$

$$\Delta_{2b} = l_{ar.2} - l_{av.b}$$

$$\Delta_{23} = l_{ar.2} - l_{av.3}$$

$$\Delta_{3B} = l_{ar.3} - l_{av.B}$$

$$\Delta_{AB} = \sum_{i=1}^n \Delta_{Z_i} \text{ du cheminement}$$

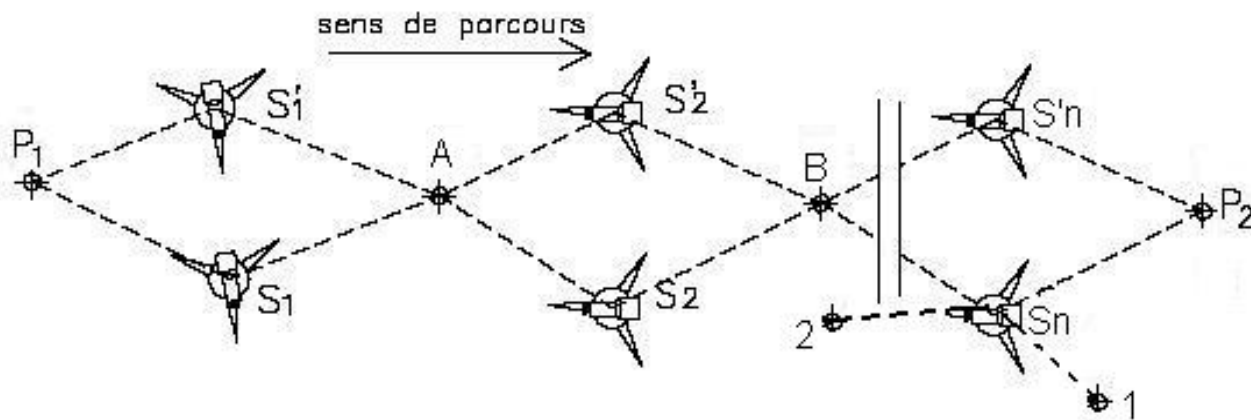
$$\Delta_{AB} = \Delta_{A1} + \Delta_{12} + \Delta_{23} + \Delta_{3B}$$

$$\Delta_{AB} = (l_{arA} + l_{ar1} + l_{ar2} + l_{ar3}) - (l_{av1} + l_{av2} + l_{av3} + l_{avB})$$

Cette formule est équivalente à la formule **1** dans le chapitre 2.5.1.

Donc dans le calcul de la $\sum_{i=1}^n \Delta_{Z_i}$ les lectures avant sur les points rayonnés ne sont pas considérées. Seules les lectures avant sur les points du cheminement sont prises en compte.

2.10 Nivellement double station



La double station est mise en œuvre le plus souvent lorsqu'on connaît la côte d'un seul point et que la configuration du cheminement ne se prête pas à faire un cheminement fermé (ou aller / retour). Ce type de cheminement permet de déterminer l'ensemble des points à partir d'un seul en garantissant un contrôle du nivellement.

Il s'agit en quelque sorte de reprendre chaque dénivelée en faisant une deuxième station différente de la première qui a permis de déterminer la dénivelée en question une première fois.

En général les points rayonnés dans un cheminement double station sont souvent pris en une seule station. C'est à dire que la dénivelée, entre un point du cheminement et un point rayonné, est déterminée une seule fois. Cette dénivelée est donc calculée avec les lectures qui sont faites avec la station qui a permis de rayonner le point considéré.

Dans un cheminement double station on se limite en général à porter que les fils niveleurs. Néanmoins pour contrôler chaque fil niveleur on peut le faire par la moyenne des fils stadimétriques supérieur et inférieur sans que cela ne soit nécessaire de les porter sur le « carnet de terrain ».

Les fils supérieur et inférieur peuvent permettre aussi les portées en calculant les distances stadimétriques entre le niveau et chaque mire ce qui permet de vérifier l'égalité des portées.

Contrôle de marche : le contrôle de marche consiste à calculer les deux déterminations d'une dénivelée élémentaire entre chaque 2 points et de s'assurer que leur écart ne dépasse pas 3mm

Soient Δ_1 et Δ_2 , les deux déterminations d'une dénivelée :

$$|\Delta_1| - |\Delta_2| \leq 3mm$$

ETSHER/ Dépt Topo-Voirie										Date :	
NIVELLEMENT DIRECT double station N° 1										TD N°:	
Appareil:					Projet:						
Cheminement:					Opérateur:						
Zone :					Groupe:						
Pts	Dist.	Lectures arrières		Lectures avants		Dénivelées (vérifier que $\Delta_1 = \Delta_2 \pm 3mm$)		Dénivelées moyennes		Côtes	Points
		Fils nivel	Moyenne	Fils nivel	Moyenne	Station1	Station2	+	-		
P1	149.97	1405				-178	-177			95.525	P1
		1249									
A	150.50	1735		1583		403	402				A
		1532		1426							
B	149.62	1395		1332		-365	-365				B
		1045		1130							
C	149.72	1670		1760		-420	-421				C
		1430		1410							
D		1315		2090							D
		1515		1851							
1				1850							1
				/							
2	150.42			1747		-1145	-1145				2
				/							
P2				2460							P2
				2660							
$\Sigma =$	750.23	7520	6771	9225	8477						

1) $\Delta_{p_1}(stat1) = \sum lect.ar_1 - \sum lect.av_1 = 1705$ pas de $\Delta_r \Rightarrow f = \Delta_{p_1} - \Delta_{p_2} = -1$ Si $f \leq T \Rightarrow \Delta_{moy}$ (pas de compensat.)
 $\Delta_{p_2}(stat2) = \sum lect.ar_2 - \sum lect.av_2 = 1706$
 $n \leq 16 \Rightarrow T_{(mm)} = 4\sqrt{36L + L^2} = 21....; f \leq T \Rightarrow c_i = \frac{c \cdot L_i}{L}$
 Δ_r : en général pt d'arrivée non connu .. $n = \frac{N}{L_{(km)}} = 7$ L : longueur du cheminement en Km; N: nbre de dénivelées

2) Si Δ_r connu $f = \Delta_{p_{moy}} - \Delta_r$ et $c = -f$ (compenser)
 $n > 16 \Rightarrow T_{(mm)} = \sqrt{36N + \frac{N^2}{16}} =; f \leq T \Rightarrow c_i = \frac{c \cdot |\Delta_i|}{\sum |\Delta_i|}$

$f > T \Rightarrow$ pas compensation \Rightarrow cht à reprendre

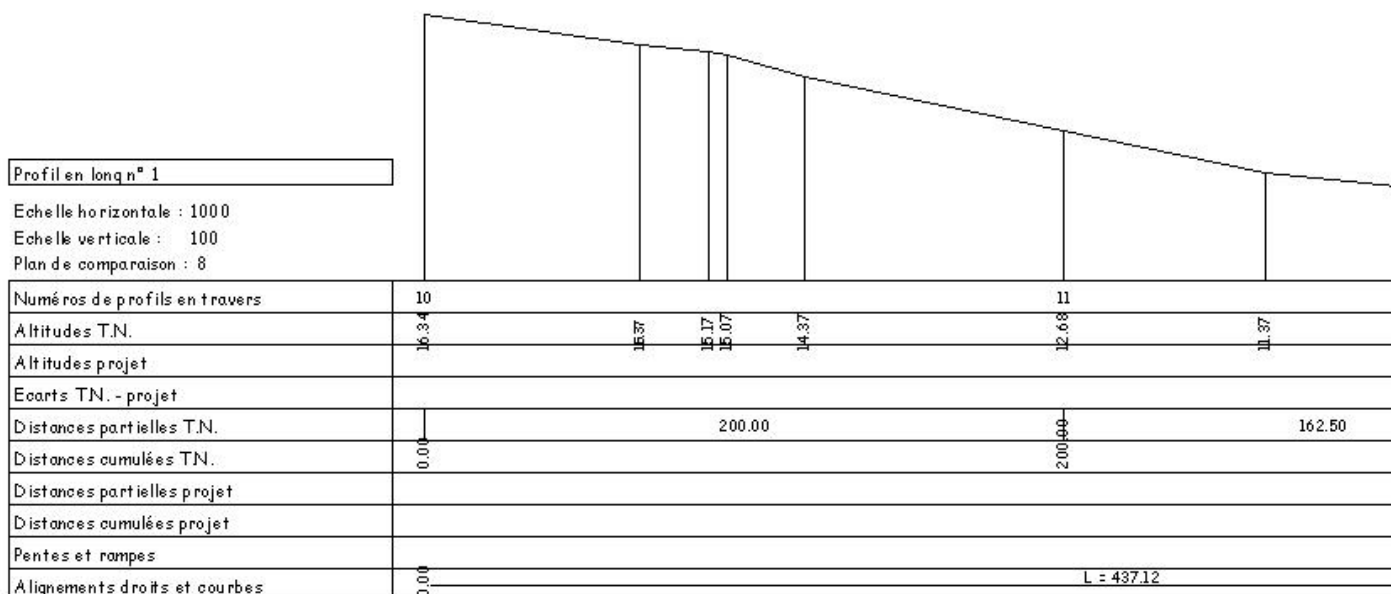
2.11 Profils en long et profils en travers

- **Le profil en long TN est la représentation d'une coupe verticale du terrain naturel (TN) suivant l'axe du projet linéaire** (route, voie ferrée, canalisation, etc.).
- **Les profils en travers sont les représentations des coupes verticales du TN suivant des plans perpendiculaires à l'axe du projet.**

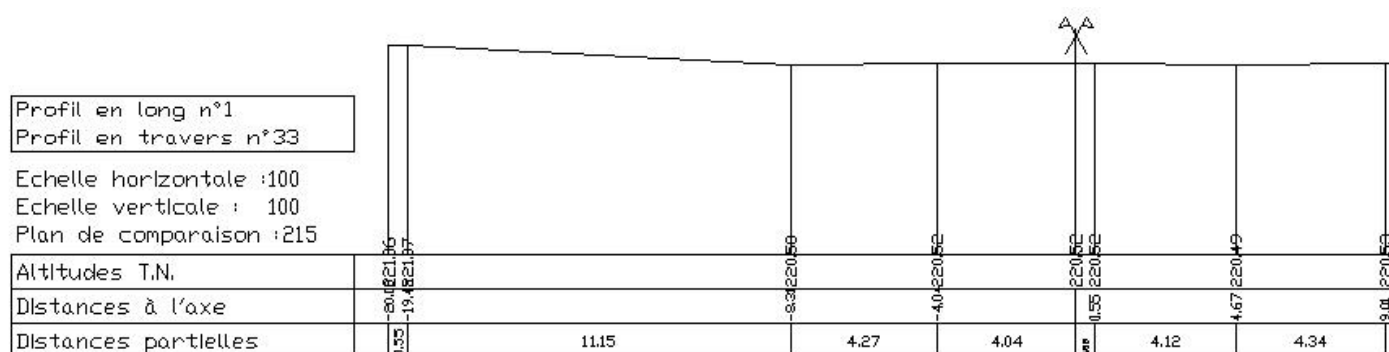
Le profil est un graphique tracé sur un repère orthonormé où la distance horizontale est placée en abscisse et la côte en ordonnée.

Leur établissement permet en général le calcul des mouvements de terres (cubatures)

Ces points d'inflexion correspondent aux points de changement de pente du terrain sur l'axe à représenter.



Profil en long

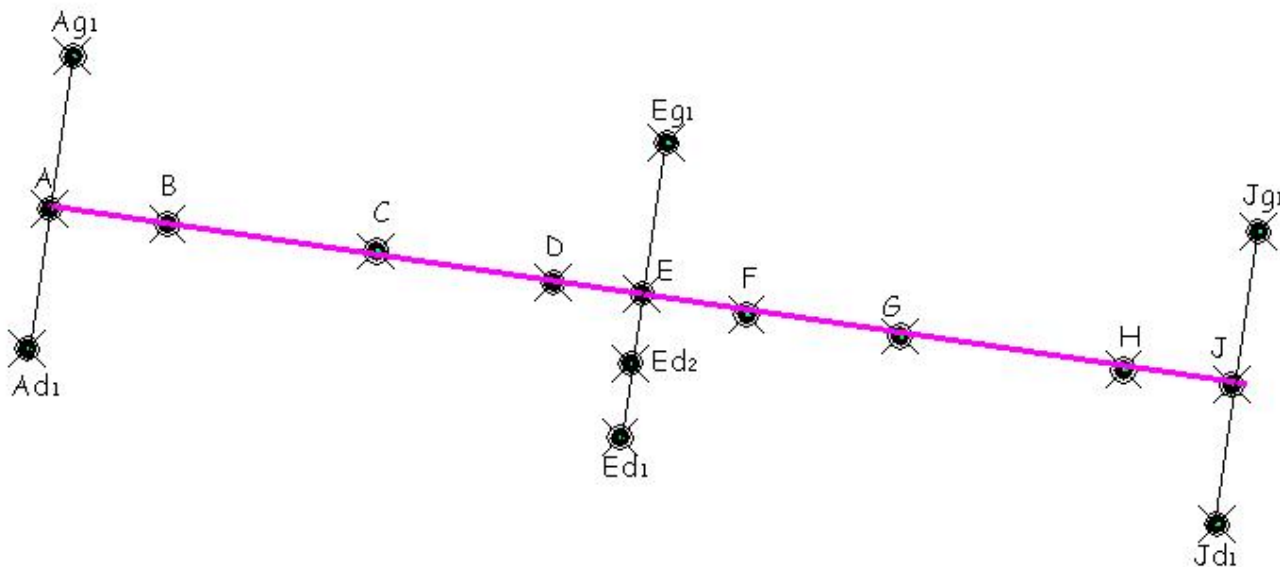


Profil en travers

Donc, pour réaliser un profil en long ou en travers, il suffit de relever sur le terrain la distance horizontale de tous les points de changement de pente par rapport à l'origine (éviter des mesures partielles entre points consécutifs pour plus de précision) du profil et leur côte par un nivellement. Ces données de terrain, après calcul, permettront de représenter le ou les profils.

Pour cela:

- implanter les points de changement de pente du tronçon dont on veut faire le profil en les matérialisant sur le terrain.
- mesurer les distances horizontales de chaque point par rapport l'origine. Pour le profil en travers l'origine est le point à l'axe du profil en long
- faire le nivellement par rayonnement de l'ensemble des points. La mire est posée directement au sol parce qu'il s'agit de déterminer la cote du (TN) pour les points du profil.



Exemple d'une implantation d'un profil en long AJ et de trois profils en travers A, E & J

Les points B, C, D, F, G et H correspondent à des changements de pente sur l'axe AJ.

Les profils en travers sont placés à distance régulière ou à des points particuliers. Leur emplacement et la demi-largeur de chaque côté de l'axe sont définis par le cahier de charge.

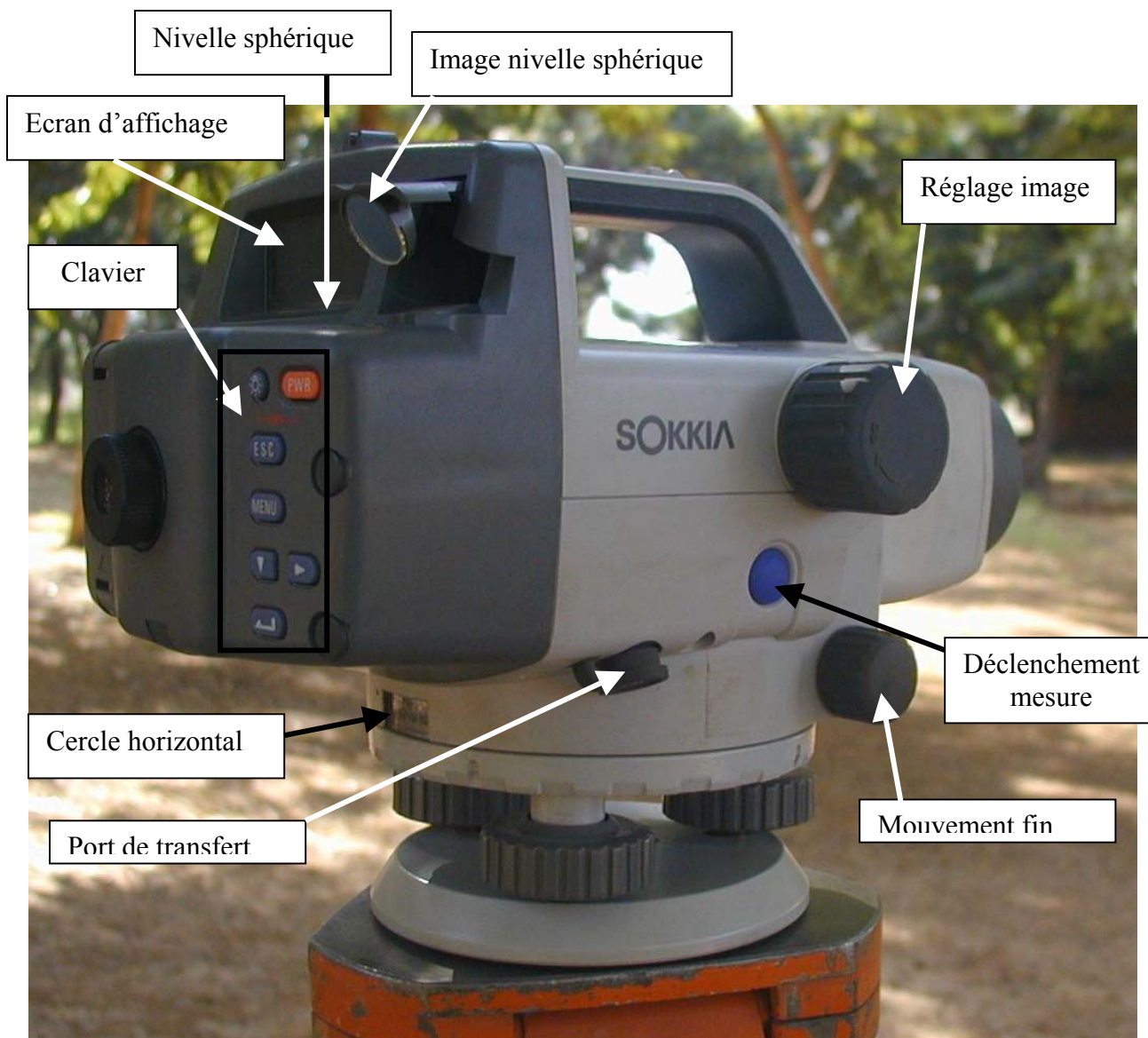
Pour chaque profil en travers les points de changement de pente sont également implantés entre les deux extrémités. S'il en n'existe pas le profil en travers peut être défini par les deux points d'extrémité et le point d'axe. Dans certains cas lorsque le profil en travers est long on peut placer quelques points à distances régulières pour mieux définir le profil.

Pour le nivellement il s'agit de faire un cheminement de nivellement mixte encore appelé rayonnement. Le type de cheminement est choisi en fonction des données sur le terrain. Exemple faire une double station lorsqu'on ne connaît qu'un point.

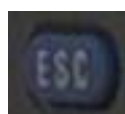
Attention: pour les points du cheminement on utilise un crapaud ou on met des piquets qui pourront aider au contrôle en cas de problème sur la fermeture

La pente entre deux points consécutifs est supposée constante donc sur le graphique les points sont reliés par des segments. Contrairement au profil topo où on relie les points par des courbes pour ressortir les formes naturelles du terrain.

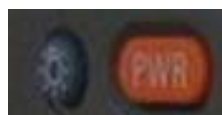
LE NIVEAU NUMERIQUE SOKKIA SDL30 DE LA CFPI



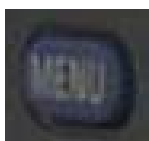
Bouton pour allumer l'appareil



Pour revenir à l'écran précédent

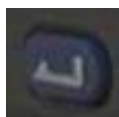
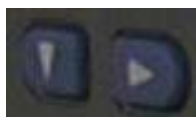


Appuyer les deux pour éteindre l'appareil



Pour configurer (option de mesure, unité etc) et pour changer de station dans un cheminement

Valider un écran ou enregistrer une
Bouton de navigation mesure



Mode opératoire

En plus de la lecture sur la mire et de la distance horizontale l'appareil possède deux autres options ; l'une pour calculer la dénivelée l'autre pour calculer le Z des points mesurés après avoir fourni le Z de départ. Ces options sont choisies dans le menu.

La procédure qui est présentée ci-dessous donne l'option par défaut qui fournit la lecture et la distance horizontale.

Les mesures sont enregistrées dans des répertoires appelés JOB (travail) qu'il faut créer à partir du menu.

- Stationner le niveau de la même manière qu'un niveau automatique à égale portée
- Allumer l'appareil
- Viser la mire à code barre (lecture arrière)
- Régler l'image
- Appuyer sur le bouton du déclenchement de la mesure pour lire la lecture arrière (noter que les mesures peuvent être éditées sur l'appareil au bureau ce qui vous évite de relever les mesures sur le terrain)
- Appuyer sur Entrée pour enregistrer la mesure (YES étant sélectionné par défaut)
- Viser la mire en lecture avant (on peut faire des rayonnements ; dans le cas échéant rayonner avant le point du cheminement en lecture avant)
- Déclencher la mesure à chaque point
- Appuyer sur Entrée après chaque lecture avant pour l'enregistrer
- Pour changer de station appuyer sur menu et valider YES avec le bouton Entrée au message « Turning point »
- Changer de station (on peut éteindre l'appareil pour se déplacer)
- Reprendre les mêmes opérations en faisant la lecture arrière sur le dernier point (point après lequel on a fait « Turning point » jusqu'à la fin du cheminement.

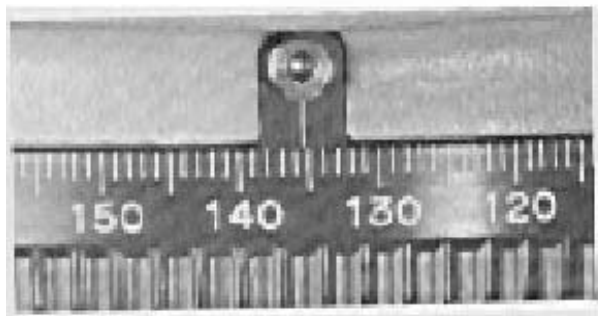
Cette présentation est la procédure simplifiée mais l'appareil possède d'autres fonctions telles que les fonctions d'implantation qui ne sont pas présentées ici.

DEUXIEME PARTIE

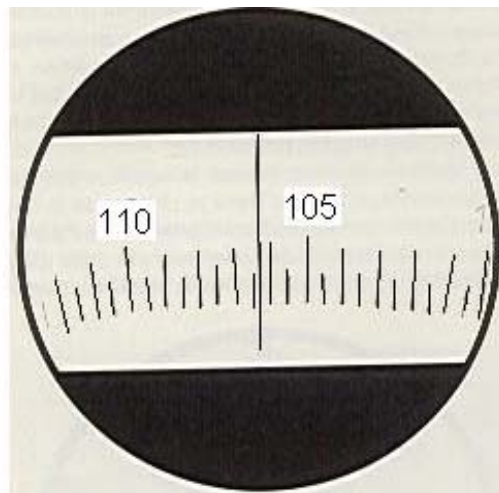
3. Mesure d'angle avec niveau

Les niveaux sont de plus en plus équipés d'un cercle horizontal qui permet de mesurer les angles et ou d'implanter une direction.

Les graduations du cercle peuvent être externes ou internes selon le type de niveau. Pour le deuxième type la lecture est faite à l'aide d'un microscope.



Index externe

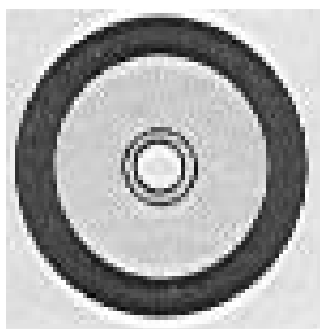


Microscopie

Pour mesurer un angle ou implanter une direction à partir d'un point, le niveau doit être mis en station au-dessus du point à l'aide d'un fil à plomb s'il n'est pas équipé d'un plomb optique.

3.1. Mise en station au-dessus d'un point

La mise en station du niveau au-dessus d'un point consiste à réaliser simultanément:



⇒ **le calage:** c'est à dire caler la nivelle sphérique en mettant la bulle circulaire dans son cercle repère;



⇒ **le centrage:** c'est à dire placer le fil à plomb fixé sous l'appareil au dessus du point à stationner. Le fil à plomb matérialise l'axe vertical du niveau qu'il s'agit de mettre en coïncidence avec la verticale passant par le point de station.

Mode opératoire de la mise en station au-dessus d'un point

- ➔ Fixer l'appareil sur le trépied en respectant les dispositions d'usage (voir 2.3.)
- ➔ Régler les vis calantes sensiblement à mi-course
- ➔ Introduire la douille du fil à plomb par-dessous la vis de fixation du trépied et la tourner à droite pour la fixer
- ➔ Placer le trépied au-dessus du point à stationner de manière à placer la pointe du plomb centrée au mieux (moins de 2cm) au-dessus du piquet tout en ayant le plateau du trépied horizontal à vue
- ➔ Régler la longueur du fil à plomb si nécessaire de manière à ce que la pointe du plomb touche presque le piquet qui doit être stationner quand le trépied est au-dessus du piquet
- ➔ Enfoncer les jambes du trépied à refus avec le genou contre la jambe du trépied
- ➔ Centrer le fil à plomb sur le point en réglant la longueur des jambes du trépied: maintenir son pied sur l'ergot d'appui de manière à éviter de soulever la jambe
- ➔ Caler la nivelle sphérique à l'aide des vis calantes comme au 2.3.
 - **Si le fil à plomb n'est pas correctement centré sur le piquet:**
- ◆ Desserrer légèrement la vis de fixation de manière à permettre à l'appareil de glisser sur le plateau
- ◆ Déplacer l'appareil en le glissant sur son plateau jusqu'à ce que le fil à plomb soit encore centré sur le point
- ◆ Resserrer modérément la vis de fixation
 - **Contrôler le calage puis le centrage et corriger si nécessaire**

En deux essais le niveau est mis en station en réalisant à la fois le calage de la nivelle sphérique et le centrage du fil à plomb

3.2. Mesure d'un angle et ou implantation d'une direction

Une fois que l'appareil est en station au-dessus d'un point on peut alors mesurer un angle et ou implanter une direction.

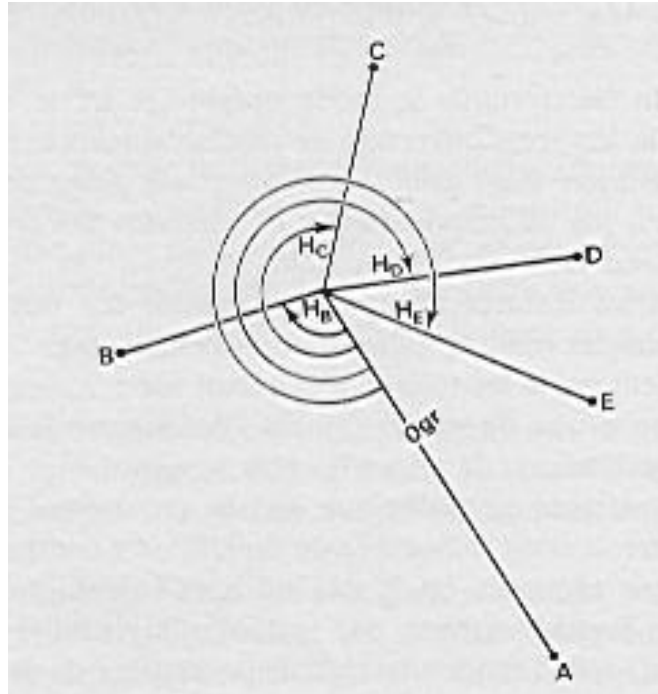
Pour cela:

- placer verticalement un jalon sur le point de référence A: c'est le point qui avec le point de station matérialise la direction de référence
- viser le jalon sur le point de référence avec le fil verticale du réticule: dans la position horizontale de la lunette regarder le jalon le plus bas possible
- tourner la bague extérieure du cercle pour lire 0 à l'index apparent ou dans le microscope selon le type de niveau (cette opération est facultative ; on peut aussi lire une position quelconque du cercle après avoir visé le point de référence mais pour le moment on va afficher 0 sur la référence)

Après ces trois opérations selon qu'on veut mesurer un angle ou implanter une direction, opérer comme suit:

Mesure d'un angle

- placer verticalement un jalon sur le point B qui avec le point de station matérialise la direction à mesurer
- tourner l'appareil dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à viser le jalon : finir toujours le pointé avec le mouvement fin du niveau pour amener le fil vertical du réticule sur le jalon
- faire la lecture H_B du cercle soit avec l'index externe ou par le microscope selon le type de niveau
- répéter ces opérations pour toutes les directions à mesurer (C,D et E)



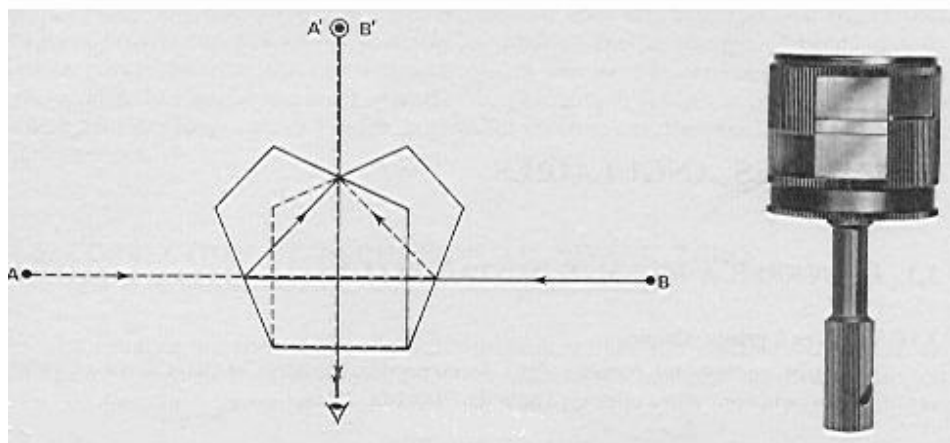
Implantation d'une direction

- tourner l'appareil dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à lire sur le cercle l'angle que fait la direction à implanter avec la direction de référence
- diriger un aide opérateur pour placer un jalon dans la direction
- répéter ces opérations pour toutes les directions à implanter

3.3. Equerre à double-prisme

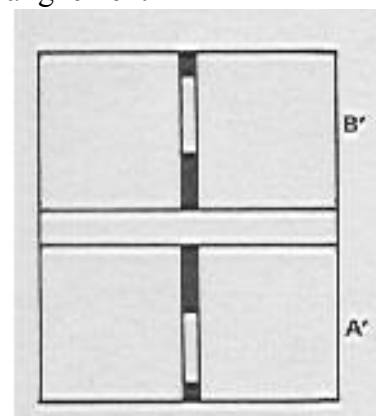
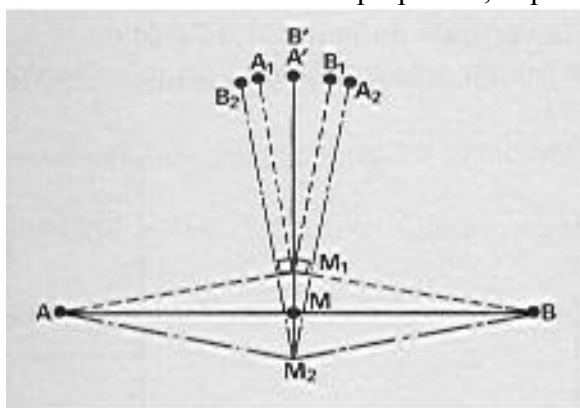
L'équerre à double-prisme ou équerre d'alignement permet de trouver un point sur un alignement, d'élever une perpendiculaire à un alignement depuis un point de celui-ci ou d'abaisser une perpendiculaire sur un alignement depuis un point extérieur à celui-ci.

L'équerre est tenue à la main, son axe vertical étant descendu au sol à l'aide d'un fil à plomb ou d'une canne à plomber sur laquelle l'équerre est vissée.



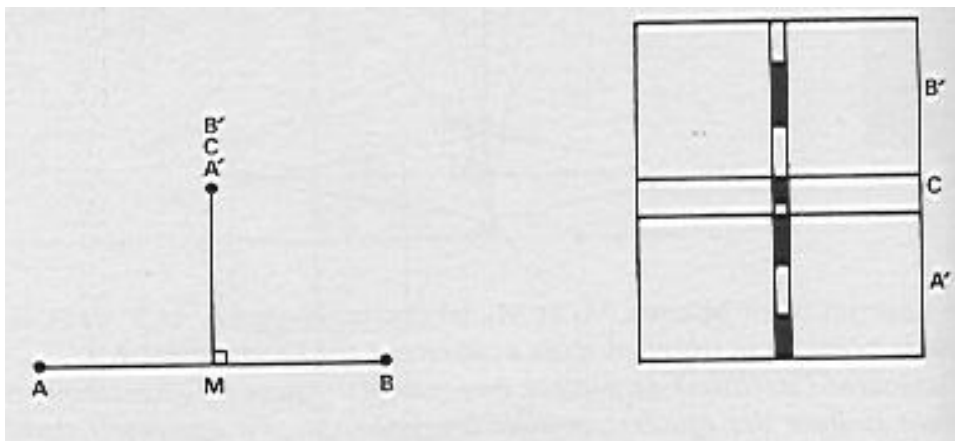
3.3.1. Alignement entre deux points

- Placer verticalement un jalon à chaque point A et B qui matérialise l'alignement
- Se placer à l'estime sur l'alignement, la ligne des épaules parallèle à l'alignement
- Se déplacer perpendiculairement à l'alignement, en gardant la ligne des épaules parallèle à celui-ci, jusqu'à apercevoir dans les deux prismes superposés les images A' et B' de A et B en prolongement l'une de l'autre
 - * s'il est en M_1 "en avant" de l'alignement, comme M_1A_1 est perpendiculaire à AM_1 et M_1B_1 à BM_1 , il voit A_1 à gauche et B_1 à droite
 - * s'il est en M_2 "en arrière" de l'alignement, il voit A_2 à droite et B_2 à gauche
 - * il existe un seul point M tel que les images A' et B' de A et B soient superposées, le point M se trouvant alors sur l'alignement AB



3.3.2. Elever une perpendiculaire à un alignement

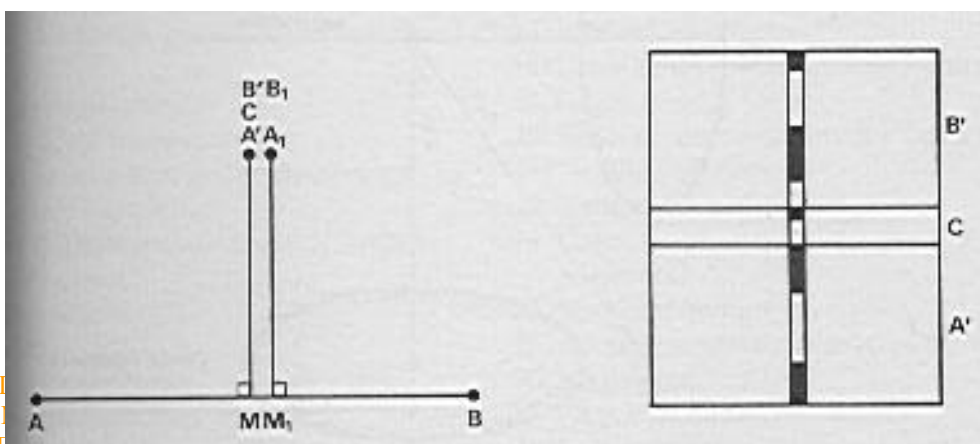
- l'alignement
- Placer verticalement un jalon à chaque point A et B qui matérialise l'alignement
 - maintenir l'équerre à la verticale du point M, d'où on veut élever la perpendiculaire, à l'aide d'un fil à plomb ou d'une canne à plomber; les images A' et B' de A et B en prolongement l'une de l'autre dans les deux prismes
 - faire déplacer par un aide opérateur un jalon C jusqu'à l'amener en prolongement des images de A et B. Le jalon C est observé directement à travers la ou les fentes de l'équerre, le point C est alors à la perpendiculaire de l'alignement passant par M



3.3.3. Abaisser une perpendiculaire sur un alignement

- l'alignement
- Placer verticalement un jalon à chaque point A et B qui matérialise l'alignement
 - placer verticalement un jalon sur le point C à abaisser
 - se placer à l'estime à la perpendiculaire issue de C
 - s'aligner sur A et B, en M₁ par exemple, les images A₁ et B₁ de A et B étant en prolongement
 - se déplacer sur l'alignement, c'est à dire en conservant les images de A et B en prolongement l'une de l'autre dans les prismes de l'équerre, jusqu'à apercevoir directement le jalon C à travers la fente dans le prolongement des images A' et B' de A et B.
- L'axe de l'équerre descendu au sol par le fil à plomb ou la canne à plomber donne le point M cherché

Le champ de chaque prisme et de la fente étant réduits dans le plan vertical, tous les points A, B, C, à observer doivent être situés à peu près dans un même plan horizontal.



4. Levé planimétrique

Le levé planimétrique permet de représenter par un plan l'ensemble des détails naturels et artificiels d'une portion de la terre.

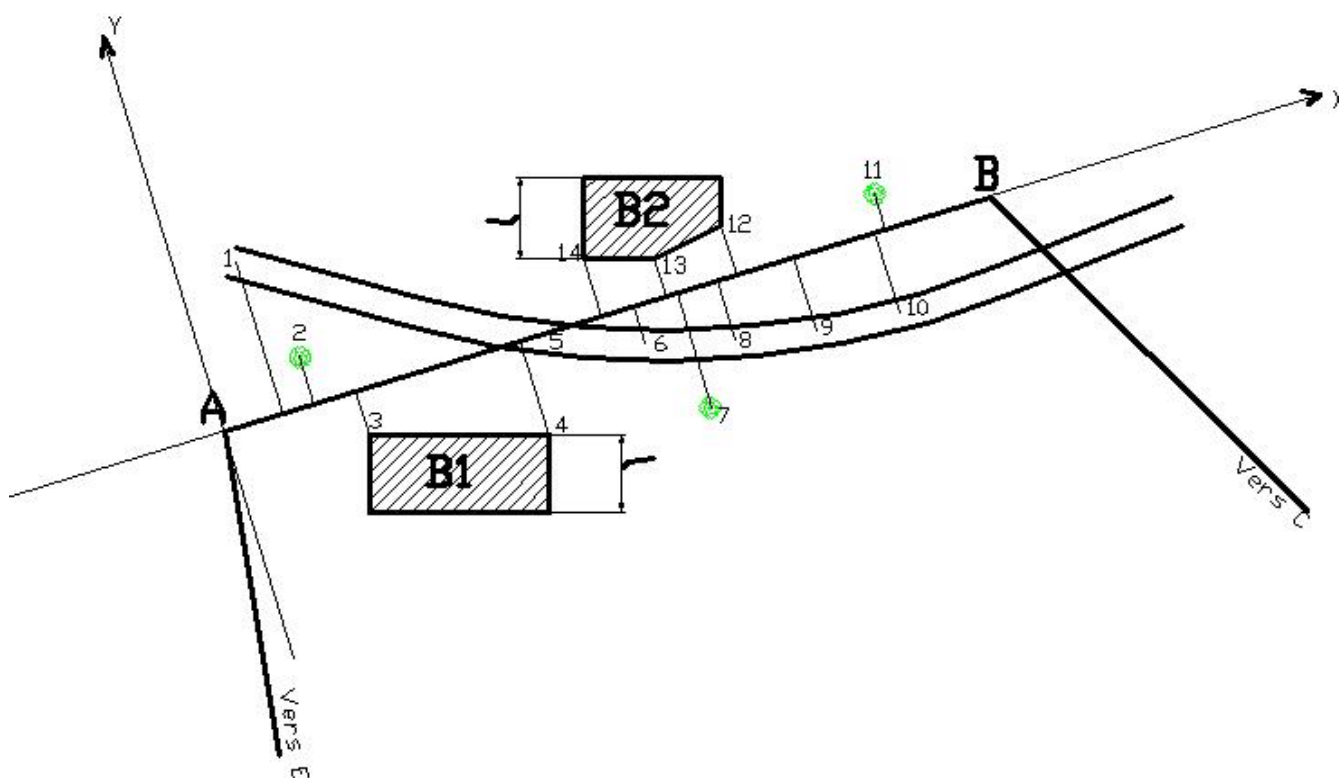
Chaque détail est rattaché au canevas (repères connus ou susceptible de l'être) par un *minimum nécessaire de mesures*.

Il existe plusieurs méthodes parmi lesquelles, le levé par abscisse et ordonnée, le levé par quadrillage et le levé tachéométrique au niveau qui sont présentés dans ce document.

4.1. Levé par abscisses et ordonnées

Chaque point est défini par ses coordonnées rectangulaires à partir d'un système d'axe orthogonal dont celui des abscisses est choisi. Par conséquent l'axe des ordonnées est défini.

L'axe des abscisses est appelé *ligne d'opération*.



Mode opératoire

- Choisir une ligne d'opération AB (axe des abscisses) la plus proche possible des détails à lever. Cette ligne d'opération peut être, selon les détails, un des côtés de la polygonale ou toute autre ligne déjà connue ou susceptible de l'être.
- Abaisser de chaque point de détail i une perpendiculaire sur la ligne d'opération à l'aide d'une équerre optique. Soit i' le point de la perpendiculaire sur la ligne AB
- Mesurer les abscisses Ai' et les ordonnées $i'i$ des points de détail.

Les abscisses et les ordonnées sont données dans le système d'axe AXY . A titre indicatif le tableau suivant peut servir de support pour ces types de mesures.

Ces mesures sont complétées par des mesures des certaines dimensions des détails.

Exemple : la longueur l sur les détails B1 et B2 est mesurée pour définir ces détails de façon complète.

Levé par abscisses & ordonnées			
Points	Abscisses	Ordonnées	Croquis & Observations
A	0.00	0.00	
1			
2			
3			
4			
:			
12			
:			
B		0.00	

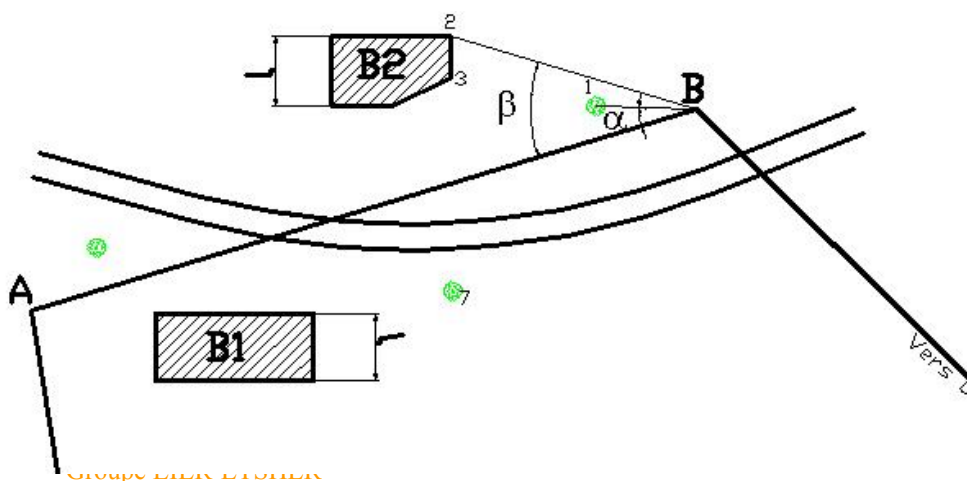
Le même travail est répété selon les détails sur d'autres côtés de la polygonale jusqu'à levé l'ensemble des détails. Chaque coté de polygonale définit un système d'axe qui permet de déterminer les abscisses et ordonnées qui intéressent le côté.

4.2. Levé par coordonnées polaires avec le niveau

Il s'agit de déterminer chaque point, qu'il s'agisse de points de détail ou de points côtés, par un angle par rapport à une référence (en général un côté de la polygonale) et par une distance.

Mode opératoire

- Stationner le niveau au-dessus d'un point de la polygonale à l'aide du fil à plomb
- Placer verticalement un jalon sur un point de référence (en général un point de la polygonale visible de la station)
- Viser le jalon de référence
- Afficher un angle sur le cercle horizontal (zéro de préférence)
- Si l'altitude des points levés est recherchée, lire une mire placée sur un point connu et cette lecture sera considérée comme lecture arrière L_{ar}
- Placer la mire sur un point à lever
- Lire les 3 fils stadimétriques du niveau et l'angle horizontal du cercle.
- Déplacer la mire sur chaque point et lire pour chaque point la mire et le cercle



Le point 1 est défini par la distance horiz. $B1$ et l'angle α

Le point 2 est défini par la distance horiz. $B2$ et l'angle β

La distance horizontale de la station à un point P_i est donnée par : $D_{S-P_i} = 100(f_{ss} - f_{si})$
 La côte Z_i d'un point P_i est donnée par : $Z_i = Z_s + (L_{ar} - f_n)$ avec Z_s côte de la station et f_n la lecture du fil niveleur sur le point P_i .

Chaque point est ainsi défini par un angle, une distance et une côte (éventuellement) et le point peut être représenté.

4.3 Levé par quadrillage

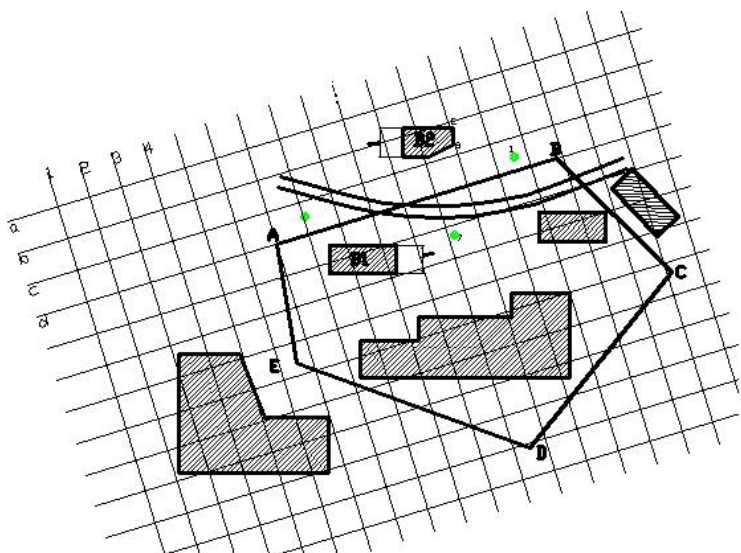
Il s'agit d'implanter sur la zone à lever un quadrillage rectangulaire à maille carrée.

La longueur du côté de la maille dépend en général de l'échelle du plan à réaliser. Il faut fixer cette longueur de sorte que les points soient espacés de 2.5 cm maximum sur le plan. Par exemple pour un plan au 1/1000 les points peuvent être espacés de 25m maxi. Cependant il peut arriver quand est relativement plat d'espacer d'avantage les points pour réduire le coût du levé.

Il peut être réalisé un ou plusieurs quadrillages selon la configuration du terrain par la présence ou non d'obstacles pouvant rendre difficile l'implantation d'un seul quadrillage.

Le seul objectif est de couvrir toute la zone à lever par un ou plusieurs quadrillages

Les détails sont levés, soit par abscisses et ordonnées à partir du carré le plus proche, soit par au moins deux mesures de distance à partir d'au moins deux sommets du quadrillage.

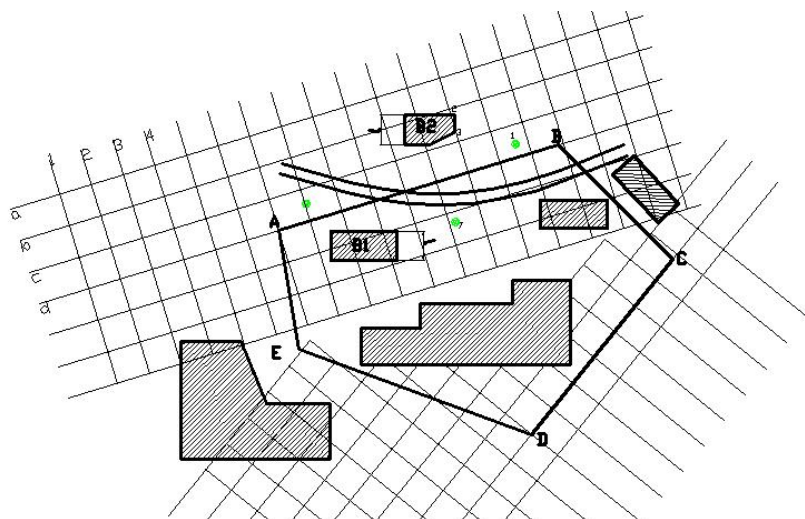


Cas d'un seul quadrillage :

Difficile à mettre en œuvre quand il existe beaucoup d'obstacles

Chaque ligne est numérotée de manière à donner une adresse à chaque point du quadrillage. Ex. le point 4a

Un tableau à double entrées convient bien dans ce type de numérotation



Cas de plusieurs quadrillages

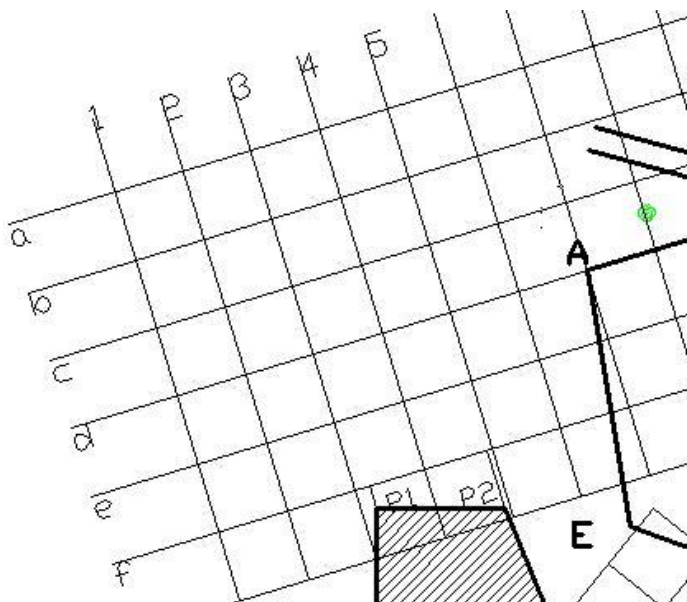
Beaucoup de souplesse dans sa mise en œuvre.

Chaque quadrillage peut s'appuyer sur un côté de la polygonale.

Idem pour la numérotation des points des quadrillages.

Le levé à partir d'un quadrillage consiste à positionner tout point de détail par rapport à un ou plusieurs points du quadrillage par un minimum de mesures suffisantes pour définir le point de détails.

Le point de détails peut être défini par abscisse et ordonnée ou par la multilatération ou intersection (au moins 2 longueurs bien réparties autour du point)



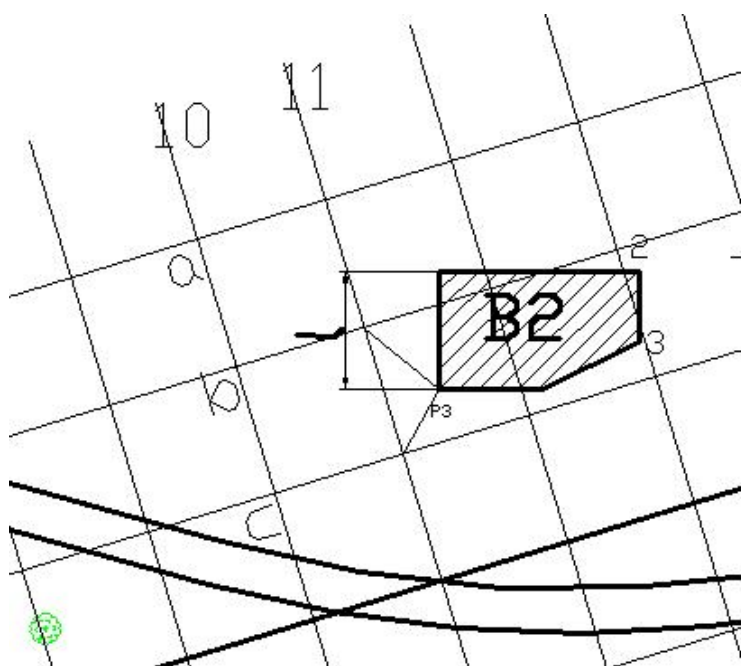
Pour lever le point P2, abaisser sa perpendiculaire sur la ligne f par exemple soit le P'1

Mesurer la distance $3f-P'1$ comme abscisse et la distance $P'1-P1$ comme ordonnée.

Même principe pour le point P2 à partir du point du quadrillage $5f$

Les mesures peuvent consignéés dans un tableau comme ci-dessous.

Levé par quadrillage					
N° de détail	Sommet quadrillage	Coordonnées rectangulaires		Multilatération	Croquis
		X	Y		
P1	3f	distance $3f-P'1$	Distance $P'1-P1$		
P2	5f	distance $5f-P'2$	Distance $P'2-P2$		
P3	11b			distance 11b-P3	
	11c			distance 11c-P3	



Le point P3 est levé en mesurant les distances $11b-P3$ et $11c-P3$

Les mesures peuvent être consignéés dans le tableau ci-dessus.

5. Levé altimétrique

Sur un plan topographique le relief est représenté par des courbes de niveau et des points cotés. Les points déterminés très souvent au nivellement direct précisent les lignes caractéristiques naturelles: crêtes, thalwegs, changement de pente etc. et artificielles: axe de voie, haut et pied de talus.

Pour filer les courbes de niveau il faut un semi de point cotés sur la surface à étudier.

Ce semi peut obtenu par coordonnées polaires ou à partir un quadrillage

5.1. Semi de points par coordonnées polaires

Il s'agit de couvrir les zones s inoccupées par des points levés dans le même principe que le levé par coordonnées polaires au 4.2.

Le porte se déplace de façon organisée, à une distance fonction de l'échelle (voir la longueur de la maille au 4.3), et pose la mire au sol.

L'opérateur lit sur la mire les trois fils stadimétriques et le cercle du niveau.

Ainsi est défini par sa position et sa cote.

Le quadrillage

Il s'agit de faire le nivellement direct des sommets du ou des quadrillages implantés au 4.3.

Le nivellement des points est fait par rayonnement en posant la mire au sol.

Le porte se place sur chaque point du quadrillage pour être lu par l'opérateur.

Le cheminement peut être constitué des sommets de la polygonale déjà déterminés par un nivellement direct (souvent)