

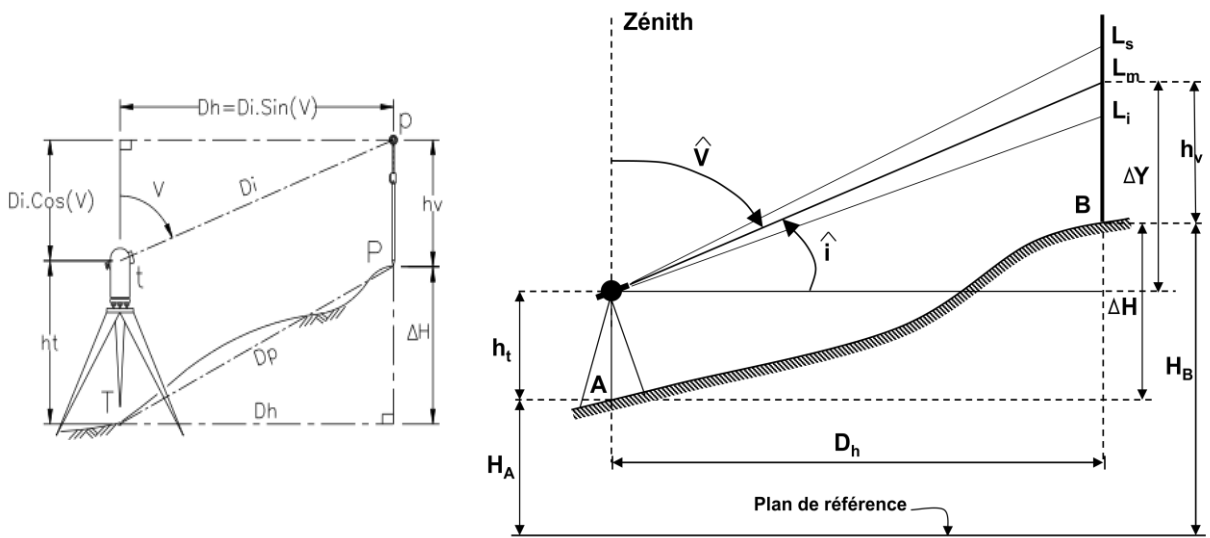
**NIVELLEMENT INDIRECT**

**Nivellement trigonométrique**

Le nivellement indirect ou trigonométrique est généralement effectué à courte distance  $\leq 400$  m contrairement au nivellement géodésique qui s'effectue sur des cotés longs de 1 à 4 km.

Permet de déterminer la dénivelée  $\Delta H$  entre la station A d'un théodolite et un point B visé. Ceci est fait par la mesure de la distance inclinée suivant la ligne de visée  $D_i$  et de l'angle zénithal (noté  $V$  sur la figure).

Pour déterminer l'alt. de **B** connaissant celle de **A** on se base sur les formules suiv :



- $H_B = H_A + \Delta H$
- $\Delta H_{AB} = \Delta Y + h_t - h_v$

$\Delta H_{AB} = D_h \operatorname{tgi} + h_t - h_v$  avec : ( $h_v$  est la hauteur de voyant = la hauteur visée)

- Si  $h_t - h_v$  alors :  $\Delta H_{AB} = D_h \operatorname{tgi}$  ou  $\Delta H_{AB} = h_t + D_i \cdot \cos v - h_v$
- $D_h = 100 \cdot (L_s - L_i) \cdot \sin^2 V$
- $D_h = 100 \cdot (L_s - L_i) \cdot \cos^2 i$

$H_A$  et  $H_B$  : les altitudes des points A et B successivement,  $\Delta H$  : la dénivelée entre A et B

**LECTURE DES ANGLES VERTICAUX**

- ❖  $i = 100 - V$
- ❖  $V = V_{CG} + |C_v| = 400 - (V_{CD} + |C_v|)$
- ❖  $V = \frac{V_{CG} + (400 - V_{CD})}{2}$

$$c_v = (400 - (V_{CG} + V_{CD}))/2$$

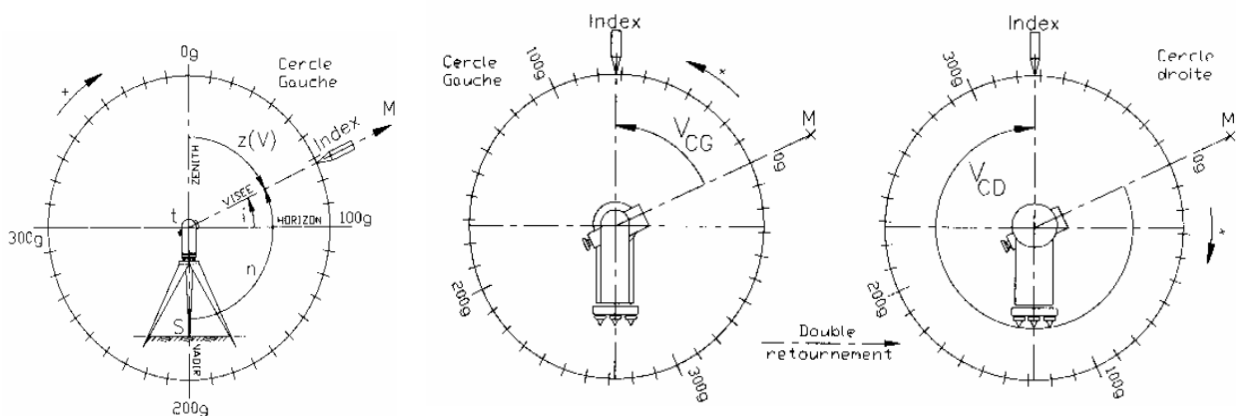


schéma de lecture d'un angle zénithal

**Valeur moyenne d'un angle vertical par double retournement**

L'appareil utilisé est le théodolite (tachéomètre, station totale) est un appareil permettant de mesurer des angles horizontaux et des angles verticaux.

### Principe de fonctionnement

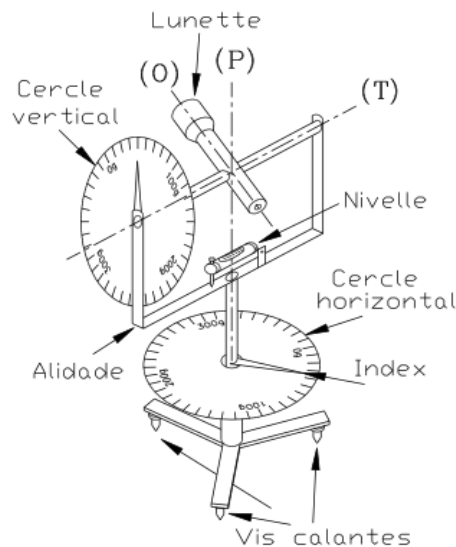
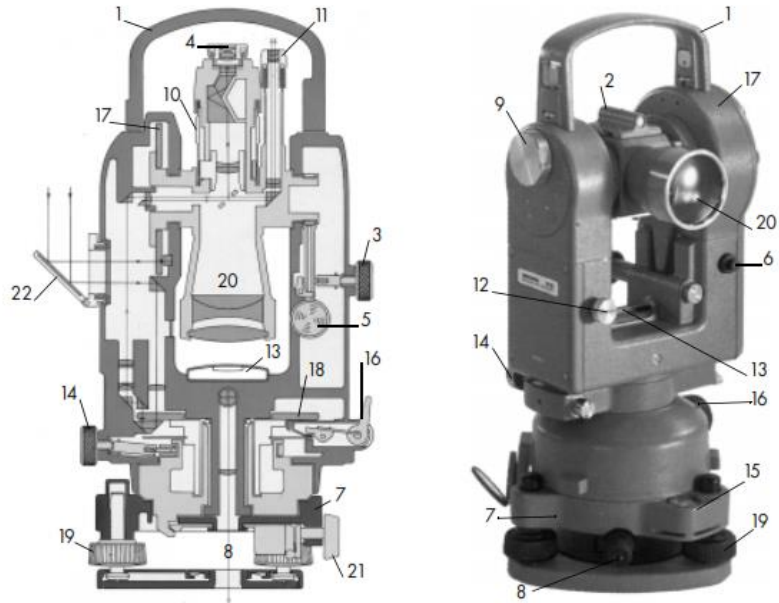


Schéma de principe d'un théodolite

- (P) : axe principal, il doit être vertical après la MES du théodolite et doit passer par le centre de la graduation horizontale (et le pt stationné).
- (T) : axe secondaire (axe des tourillons), perpendiculaire à (P) et doit passer au centre de la graduation verticale.
- (O) : axe optique (axe de visée), perpendiculaire à (T), les 3 axes (P), (T) et (O) devant être concourants.
- L'alidade : c'est un ensemble mobile autour de l'axe principal (P) comprenant le cercle vertical, la lunette, la nivelle torique d'alidade et les dispositifs de lecture.
- Le cercle vertical (graduation verticale). Solidaire de la lunette et pivote autour de (T).
- Le cercle horizontal ou limbe.



### Légende

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

### Mise en station

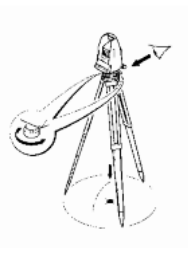
La mise en station d'un théodolite consiste à caler l'axe principal à la verticale d'un point de station donné. La méthode de MES détaillée suppose l'utilisation d'un trépied classique. Elle donne toutefois le principe de base commun à tous les types de trépieds. Cette méthode évite l'emploi du fil à plomb qui, dans la pratique, est peu commode : trop sensible, inutilisable dans un vent même faible et le plus souvent introuvable...voir le TP

### Etape 1 : préparation



- Disposer les jambes du trépied à égale distance du point de station. Enfoncer les dans le sol.
- Vérifier que les vis calantes sont à mi-course et que le plateau est horizontal.

### Etape 2 : centrage



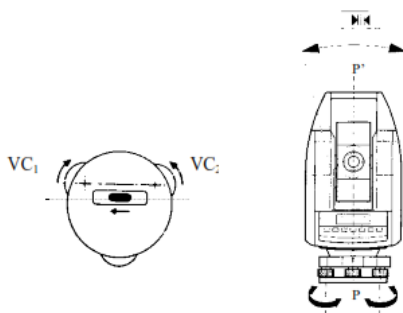
- Faire passer l'axe principal par le point de station en tournant les 3 vis calantes tout en observant le point de station à l'aide du plomb optique.

### Etape 3 : quasi-verticalité



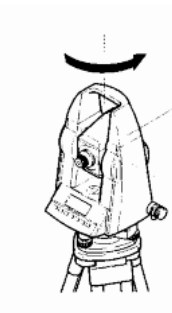
- Caler la bulle de la nivelle sphérique en modifiant la longueur des jambes du trépied.

### Etape 4 : verticalité fine – direction VC1-VC2



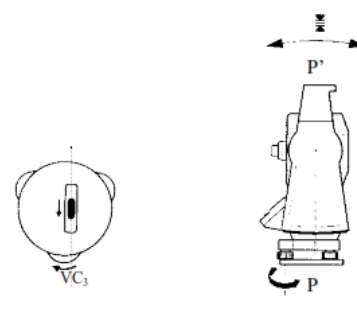
- Tourner l'alidade pour amener la nivelle torique dans la position VC<sub>1</sub>-VC<sub>2</sub>.
- Tourner les 2 vis calantes VC<sub>1</sub>-VC<sub>2</sub> en sens opposé pour caler la bulle de la nivelle torique. L'axe principal PP' est vertical quand la bulle est calée.

### Etape 5 : rot. de l'alidade

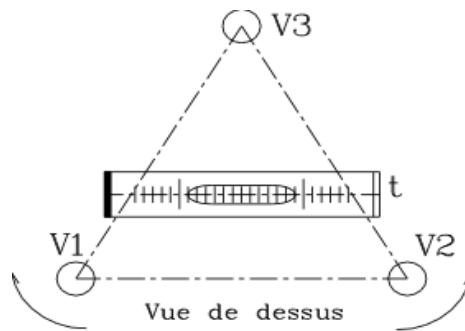
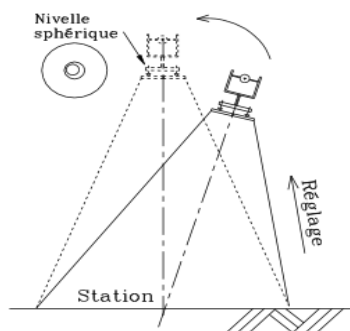


- Faire pivoter l'alidade de 100 gon (1/4 de tour)

### Etape 6 : verticalité fine – direction VC3



- Tourner la troisième vis calante VC<sub>3</sub> pour caler la nivelle torique. L'axe principal PP' est vertical quand la bulle est calée.



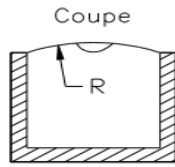


Fig. 3.8-a. Niveau sphérique

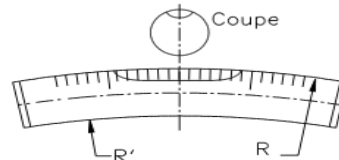


Fig. 3.8-b. : Niveau torique

### EXERCICE 1

Un topographe a mis en station un théodolite sur le point A, ensuite il a visé la mire sur le point B où il a trouvé les résultats suivants :

- $V = 58.9730$  gr
- $L_S = 2.123$  m,  $L_m = 1.518$  m,  $L_i = 0.913$  m
- $H_i$  (hauteur de l'instrument) = 1.55 m

On demande :

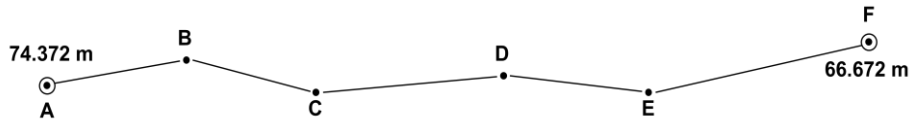
- Calculer la distance horizontale entre les deux points A et B.
- Déterminer l'altitude du point B sachant que l'altitude du point A est 478.250 m.

### EXERCICE 2

Pour connaître les altitudes de quelques points d'un terrain destiné à la réalisation d'un ensemble de bâtiments à usage d'habitation, un topographe a utilisé un théodolite, et en procédant par cheminement il a trouvé les résultats présentés sur le tableau ci-dessous :

stations $H_i$ (m)	points visés	direct (d) ou inverse (i)	Angles verticaux		Distances horizontales (m)
			$V_G$ (gr)	$V_D$ (gr)	
A 1.53	B	d	98.280	301.740	?
B 1.54	A C	i d	101.75 96.850	298.27 303.17	
C 1.49	B D	i d	103.150 103.200	296.860 296.830	47.072
D 1.52	C E	i d	96.820 103.480	303.190 296.540	61.054
E 1.56	D F	i d	96.540 104.140	303.480 295.880	59.798
					82.995

F	E	i	95.870	304.150	
1.48					



Sachant que la mire est visée à la même hauteur que l'instrument ( $H_m = H_i$ ), On demande :

Calculer la distance horizontale entre les deux points A et B sachant que :

$$L_s = 1.786 \text{ m}$$

$$L_m = 1.530 \text{ m}$$

$$L_i = 1.274 \text{ m}$$

Calculer les altitudes des sommets du cheminement réalisé, sachant que les altitudes des points A et F sont successivement 74.372 m et 66.672 m.

**Remarque :** les résultats doivent être présentés sous forme d'un tableau (Tableau de nivellement).

**Tableau du nivellement indirect**

Stations $H_i$ (m)	points visés	d ou i	Angles verticaux		Angle de site moyen	Distances horizon. $D_h$ (m)	Dénivelée $\Delta H$		Altitudes calcul. (m)	Comp	Altitudes compensés (m)
			$V_G$ (gr)	$V_D$ (gr)			+	-			

**d** : direct

**i** : inverse

**C** : compensation

## Solution

Station ht (m)	points visés	d ou i	Angles verticaux		Angle de site moyen	Distances horizon. D <sub>h</sub> (m)	Dénivelé e ΔH		Altitudes calcul. (m)	Comp	Altitudes compens (m)
			V <sub>G</sub> (gr)	V <sub>D</sub> (gr)			+	-			
A 1.53	B	d	98.280	301.740							
B 1.54	A	i	101.75	298.27							
	C	d	96.850	303.17							
C 1.49	B	i	103.150	296.860							
	D	d	103.200	296.830							
D 1.52	C	i	96.820	303.190							
	E	d	103.480	296.540							
E 1.56	D	i	96.540	303.480							
	F	d	104.140	295.880							
F 1.48	E	i	95.870	304.150							

L'écart de fermeture :  $E_f = Z_{Fcal} - Z_{Fdon} = 66.654 - 66.672 = -0.018$  m

La tolérance :  $T = \pm 4.5$  cm  $\} \Rightarrow E_f < T$  (les mesures sont acceptables)

La compensation :  $C = -E_f = +0.018$  cm

Les topographes ont l'habitude de répartir l'écart de fermeture proportionnellement aux dénivelées en valeurs absolue. Toutes fois une répartition proportionnelle aux distances n'est pas illogique.

$C_i = -E_f \frac{|\Delta Z_i|}{\sum |\Delta Z_i|}$  avec  $|\Delta Z_i|$  dénivelée entre deux points.

A titre d'exemple :  $C_1 = 0.018 \times 1.394 / 15.172 = 0.0016 \cong 0.002$  m