

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES DE TOPOGRAPHIE

La topographie consiste notamment à définir des points en coordonnées rectangulaires X, Y, Z (plan) à partir de coordonnées polaires (angles horizontaux, verticaux et distances) relevées sur le terrain.

Les instruments topographiques généralement utilisés en archéologie sont le tachéomètre et le niveau de chantier. Le tachéomètre permet de mesurer des angles horizontaux, verticaux et des distances (le théodolite lui, ne mesure que des angles horizontaux et verticaux). Le niveau de chantier permet de calculer des différences d'altitudes.

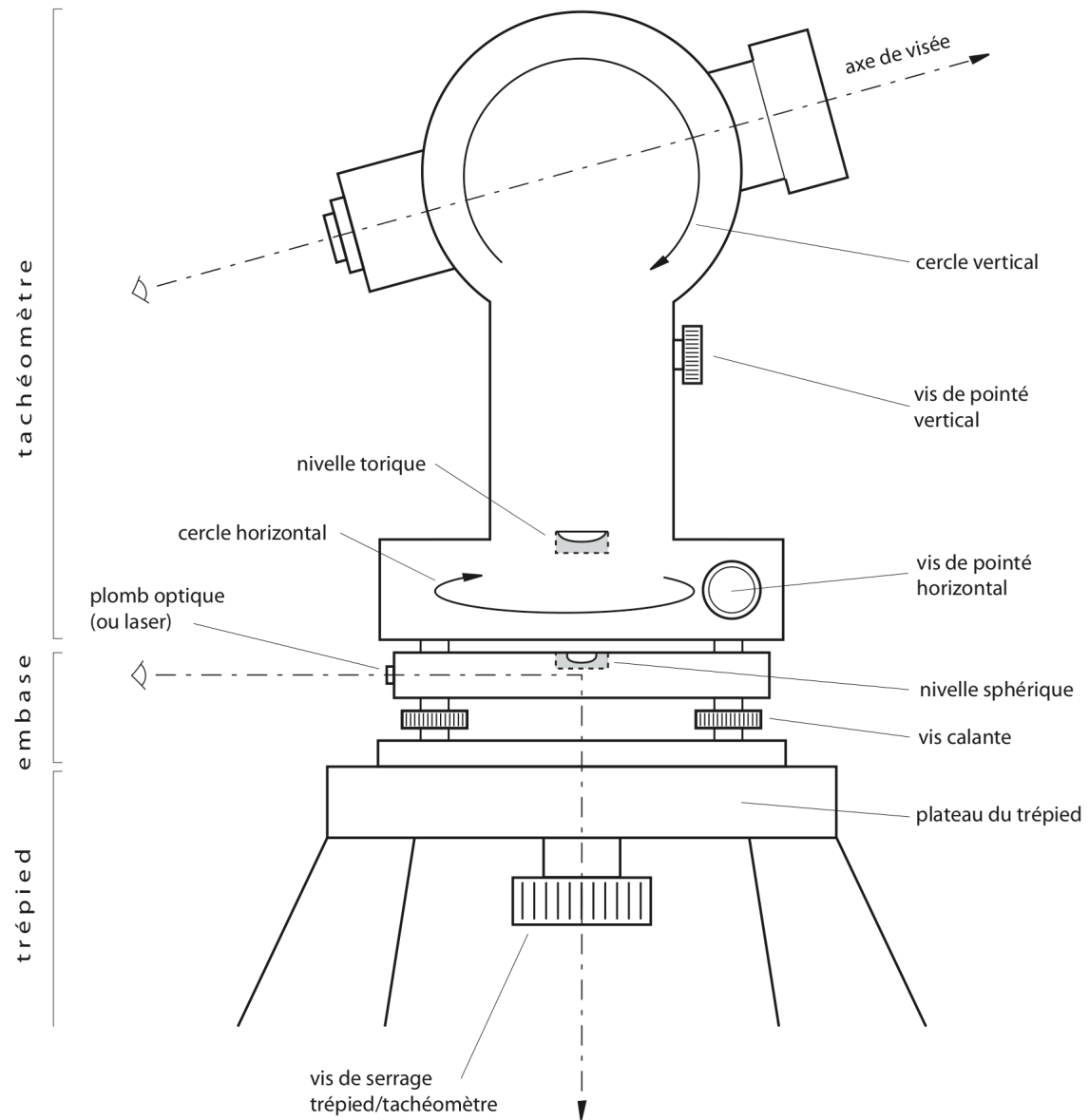
Les mesures d'angle sont exprimées en grades (de 0 à 400 gr.) et déterminées grâce à deux cercles gradués, l'un horizontal, l'autre vertical.

Les distances relevées sont des distances inclinées (D_i), c'est-à-dire mesurées suivant la pente de l'axe de visée entre l'appareil et le réflecteur. Toutefois, sur les appareils électroniques, certaines fonctions permettent de connaître instantanément les distances réduites à l'horizontale (celles du plan) (D_H).

CLASSIFICATION SOMMAIRE DES CARTES ET PLANS

1/1 000 000 et en-dessous 1/500 000	]	Cartes géographiques	]	Cartes à petite échelle
1/250 000 1/100 000	]	Cartes topographiques]	
1/50 000 1/25 000	]	Cartes topographiques	]	Cartes à moyenne échelle
1/10 000	]	Cartes topographiques	]	Cartes à grande échelle
1/5 000 1/2 000 1/1 000 1/500 1/200 1/100	]	Plans topographiques		
1/50	]	Plans d'architecture		
1/20 1/10	]	Plans de détail d'architecture		

LE TACHÉOMÈTRE



1. Mise en station d'un tachéomètre

La mise en station consiste à placer l'appareil d'une part à la verticale de la station et d'autre part dans un plan horizontal. Pour y parvenir, la démarche est la suivante (au besoin se référer au croquis du tachéomètre pour mieux comprendre et situer l'équipement d'un appareil).

1.1. Le trépied

Après avoir ouvert et déplié le trépied, l'installer au-dessus de la station. Un principe simple consiste à intersecter les projections au sol des 3 branches du trépied sur le point de station.

Pour une mise en station plus aisée, le plateau du trépied (partie métallique sur laquelle est posé le tachéomètre) doit être le plus horizontal possible.

1.2. Le calage grossier avec la nivelle sphérique

Une fois le trépied en place, venir fixer l'appareil sur le plateau du trépied à l'aide de la vis de serrage trépied/tachéomètre (par mesure de sécurité, serrer la vis d'une main et, de l'autre, tenir fermement l'appareil).

L'appareil est fixé sur le plateau du trépied. Il faut à présent le centrer à la verticale de la station, dans un plan horizontal (dans un premier temps, la nivelle sphérique permet de se caler grossièrement).

Tout en regardant à travers le plomb optique, venir placer le tachéomètre sur le point de station en déplaçant tout d'abord les branches du trépied (2 par 2).

Stabiliser définitivement le trépied en enfonçant chaque branche dans le sol (appuyer sur chaque pied en y mettant tout le poids de son corps). Revérifier au plomb optique si l'on se trouve toujours sur le point. Sinon, se replacer à l'aide des vis calantes.

La nivelle sphérique située sur l'appareil est sûrement dérégulée. La caler en faisant coulisser les branches du trépied. Pour cette opération, il est plus aisé de maintenir la branche que l'on coulisser à l'aide du pied.

Quand la nivelle est calée, il est important de vérifier que chaque branche du trépied est bien serrée.

Si l'on contrôle au plomb optique, il est fort probable que l'appareil ne soit pas parfaitement centré sur le point de station. Pour corriger, desserrer la vis de serrage trépied/théodolite, faire glisser le tachéomètre sur le plateau du trépied jusqu'à la bonne position : c'est le **centrage forcé**.

1.3. Le calage fin avec la nivelle torique

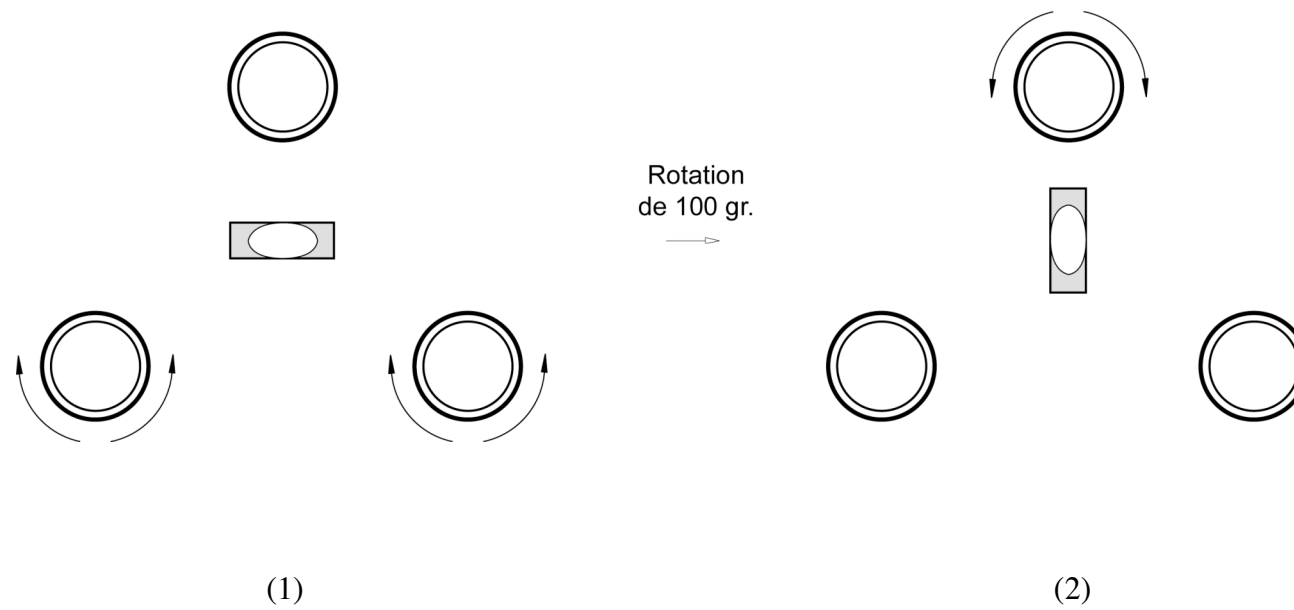
Le tachéomètre et le trépied sont bien solidaires, les branches du trépied sont stables et bien serrées, l'appareil est parfaitement à la verticale de la station et la nivelle sphérique est réglée. Il s'agit à présent de finir cette mise en station grâce à la nivelle torique.

Suivant l'axe de rotation horizontal du tachéomètre, placer la nivelle torique parallèle à deux vis calantes. Régler la nivelle en tournant ces deux vis calantes en même temps, de la même quantité et en sens inverse (1).

Quand, dans cette première position, la nivelle est bien réglée, donner à l'appareil (donc à la nivelle, puisque celle-ci est solidaire du tachéomètre) une rotation de 100 gr. (angle droit, 90°) et régler à nouveau la nivelle à l'aide de la troisième vis calante (2).

Quand, dans cette seconde position, la nivelle est bien calée, revenir à la première position et régler de nouveau la nivelle.

Réitérer cette opération dans les deux positions jusqu'à un résultat parfait de la nivelle torique.



Lorsque l'appareil est parfaitement mis en station, il est **formellement interdit de toucher au trépied (même avec les mains) et aux vis calantes.**

Important : à chaque fin d'opération de la mise en station, contrôler à l'aide du plomb optique la position du tachéomètre et, au besoin, réitérer la mise en station jusqu'à un résultat parfait.

Actuellement, le plomb laser remplace le plomb optique. Si son utilisation est plus confortable que celle du plomb optique, le principe de mise en station reste identique.

Par ailleurs, sur les appareils récents, la nivelle électronique remplace la nivelle torique. Dans ce cas, le calage fin à 100 gr. près expliqué précédemment, n'est plus nécessaire. Le réglage de la nivelle électronique se fait dans une seule position à l'aide des trois vis calantes.

2. Visées et relevés

2.1. Orientations

Lorsque l'appareil est parfaitement mis en station, nous pouvons procéder au relevé du terrain. Toutefois, à chaque nouvelle station, et avant de commencer le relevé, il faut orienter le cercle gradué horizontal, c'est-à-dire l'appareil. Il faut donc viser des références connues (au minimum deux, au mieux trois) qui sont en général d'autres stations.

Il est important aussi de noter l'angle horizontal d'une autre référence "stable", lointaine si possible, indépendante du levé (par exemple minaret, clocher, angle d'une corniche, d'une maison, etc.). Celle-ci servira de contrôle permanent en fin pour vérifier si l'appareil ne « bouge » pas au cours du relevé.

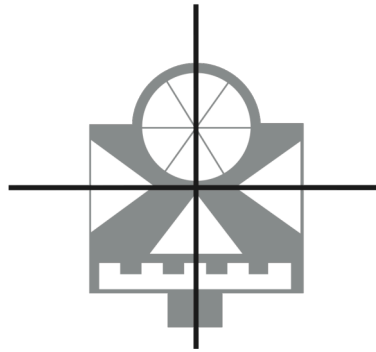
Pour donner un ordre d'idée, on estime en topographie qu'une différence d'angle de 1 Mgr correspond à 100 m à une erreur de 1,6 cm.

2.2. Visées sur un prisme avec un tachéomètre

- Tachéomètre avec parallaxe

Sur les anciens tachéomètres, l'axe de visée de la lunette et l'axe du faisceau du distance-mètre ne sont pas confondus, mais parallèles. Il existe donc une parallaxe entre ces deux axes, dont il faut tenir compte lors des mesures. Pour

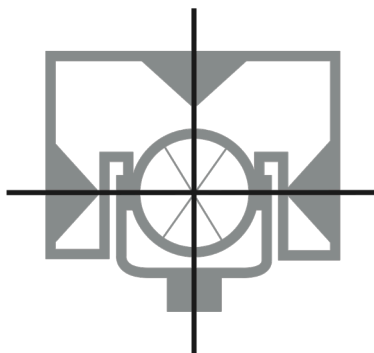
ce type d'appareil, la visée ne se fait pas sur le centre du prisme, mais sur un point matérialisé sur le prisme (cf. croquis ci-dessous).



Sur ce type d'appareil, la différence de parallaxe correspond à un prisme propre. Ne jamais utiliser un prisme différent de celui associé à l'appareil (les mesures réalisées se feraient sans difficultés, mais elles seraient fausses).

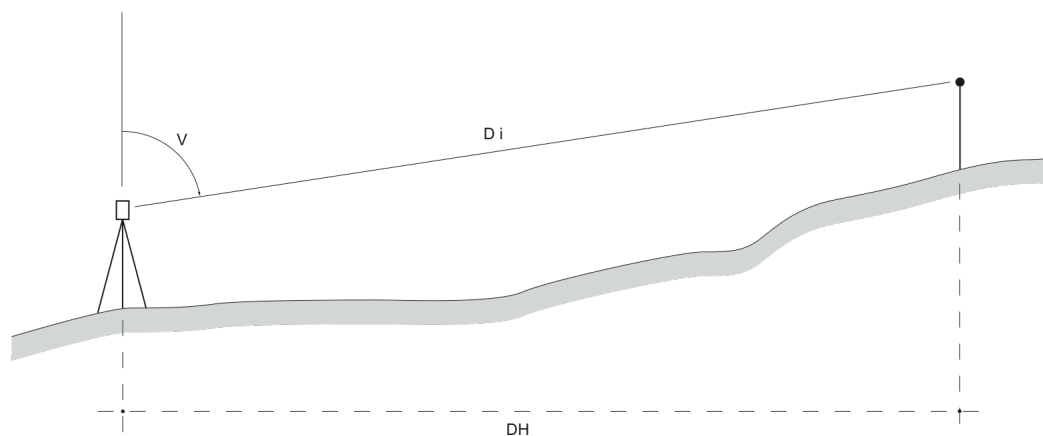
- Tachéomètre sans parallaxe

Sur les tachéomètres modernes, l'axe de visée de la lunette et l'axe du faisceau du distance-mètre sont confondus. Les mesures sont réalisées en visant le centre du réflecteur (cf. croquis ci-dessous).



3. Distance inclinée et distance réduite à l'horizontale

La distance inclinée est celle mesurée sur le terrain (suivant l'axe distance-mètre /réflecteur). La distance réduite à l'horizontale est celle séparant réellement deux points : c'est donc celle reportée sur le plan.



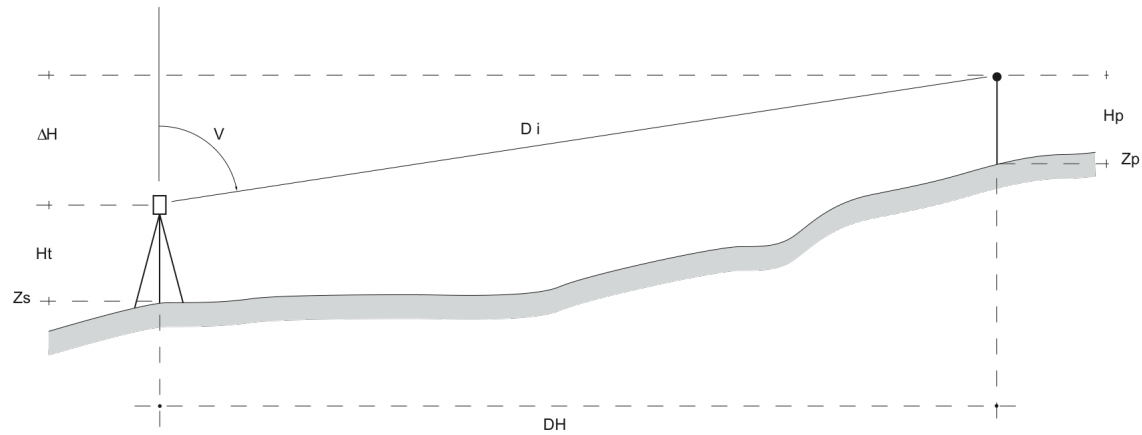
V = angle vertical

Di = distance inclinée

DH = distance réduite à l'horizontale

$$DH = Di \sin V$$

4. Altitude d'un point



V = angle vertical

Di = distance inclinée

Z_p = altitude du point visé (à déterminer)

DH = distance horizontale

$$\Delta H = Di \cos V$$

Ht = hauteur de l'instrument

Hp = hauteur du prisme

ΔH = différence de hauteur de la visée

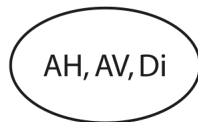
Zs = altitude connue de la station

$$Z_p = Z_s + H_t + \Delta H - H_p$$

$$Z_p = Z_s + H_t + D_i \cos V - H_p$$

Coordonnées polaires et coordonnées rectangulaires

Tachéomètre, données de terrain



Coordonnées polaires

AH = angle horizontal

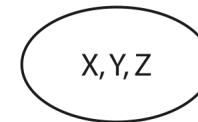
AV = angle vertical

Di = distance inclinée

calculs



Ordinateur, plan



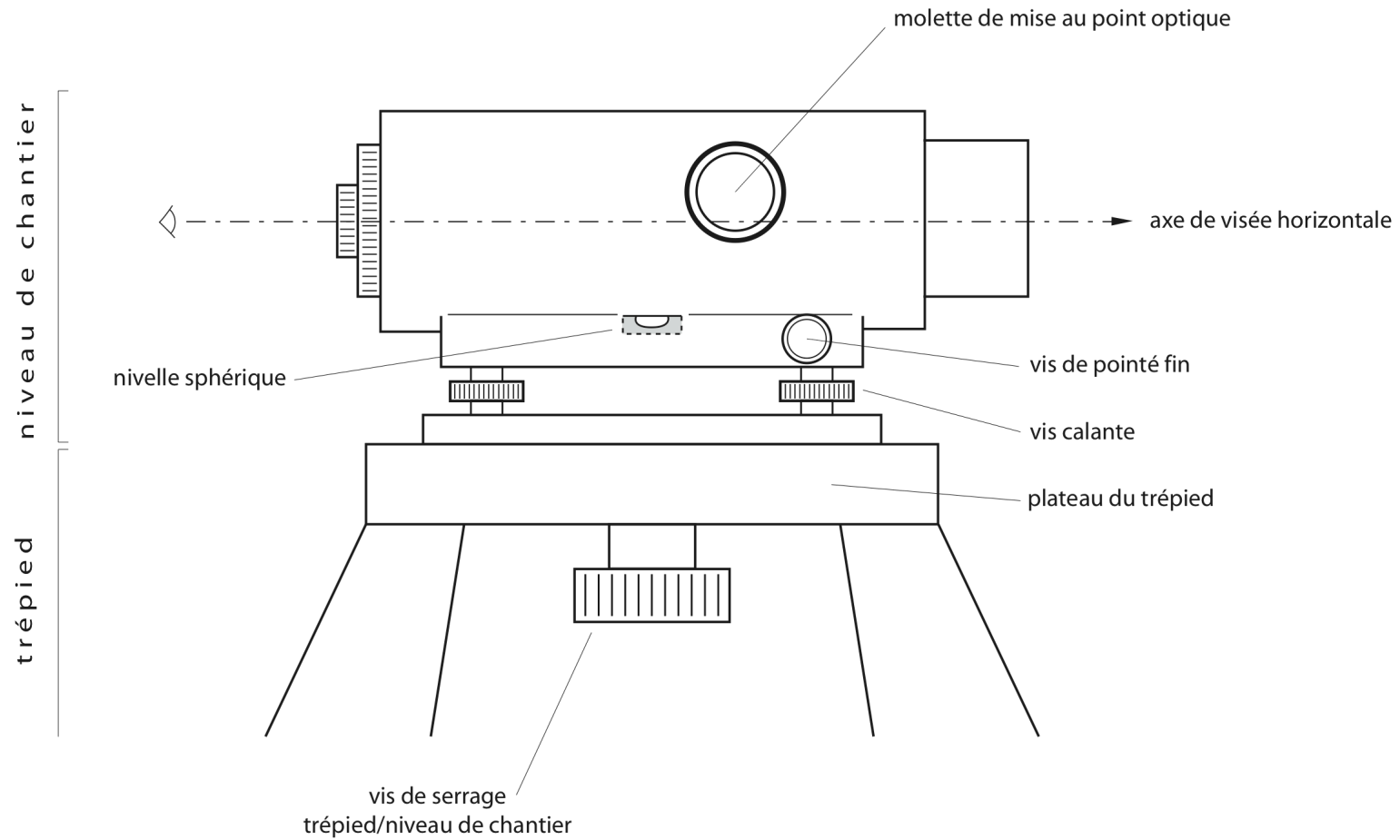
Coordonnées rectangulaires

X, Y = coordonnées planimétriques

Z = coordonnée altimétrique

LE NIVEAU DE CHANTIER

Le niveau de chantier permet de mesurer des hauteurs sur une règle graduée (la mire) et par calculs de déterminer des différences d'altitudes entre des points.



1. Mise en station d'un niveau de chantier

La mise en station consiste à placer l'appareil dans un plan horizontal. Elle peut se faire n'importe où, mais il est préférable d'installer le niveau entre le point de référence et les points à mesurer.

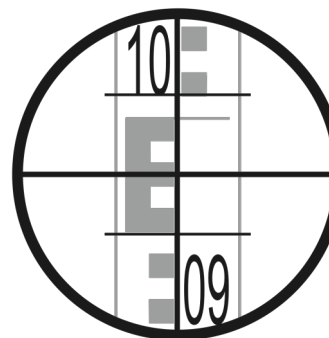
Après avoir ouvert et déplié le trépied, fixer le niveau sur le plateau du trépied à l'aide de la vis de serrage trépied/niveau (par mesure de sécurité, serrer la vis d'une main et de l'autre tenir fermement l'appareil).

Pour une mise en station plus aisée, le plateau du trépied (partie métallique sur laquelle sera posé le niveau) doit être le plus horizontal possible.

Le réglage du niveau s'effectue en réglant la nivelle sphérique à l'aide des trois vis calantes.

2. Les visées

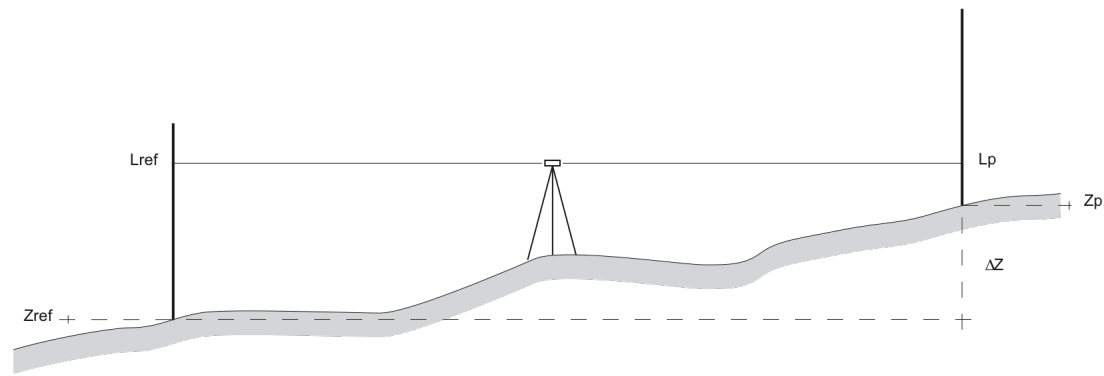
Les visées sont par définition horizontales et les lectures se font sur une mire en lisant la graduation du fil réticulaire horizontal et principal.



Sur cet exemple de visée, la lecture de mesure (en mm) est : 0975

3. Détermination des différences d'altitudes

La détermination des différences d'altitudes se calcule par une simple soustraction entre la lecture sur la référence (Lref) et la lecture sur le point à mesurer (Lp).



$$\Delta Z = L_{ref} - L_p$$

et $Z_p = Z_{ref} + \Delta Z$

$$Z_p = Z_{ref} + L_{ref} - L_p$$

LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE

AZIMUT

En topographie, l'azimut d'une direction est l'angle horaire (c'est-à-dire dans le sens des aiguilles d'une montre) compté de 0 à 400 grades, depuis une direction de référence.

COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES

Position d'un point à la surface de la Terre, définie par une longitude et une latitude. Les coordonnées géographiques découlent d'un système géodésique (cf. définition).

ÉQUIDISTANCE DES COURBES DE NIVEAU

Différence d'altitudes entre deux courbes de niveau successives.

GÉODÉSIE

Science ayant pour but de déterminer la forme et les dimensions de la Terre.

GISEMENT

C'est l'angle horaire (c'est-à-dire dans le sens des aiguilles d'une montre) compris entre la direction de l'axe des Y et celle d'un point vers un autre.

G.P.S.

(Global Positioning System) système de positionnement, en tout point du globe terrestre, à partir de satellites. Les coordonnées G.P.S. sont exprimées dans le système géodésique W.G.S. 84 (cf. définition). Il existe d'autres systèmes de positionnement, par exemple Galiléo (en projet).

G.P.S. DE NAVIGATION

Récepteur décodeur mono-fréquence des données satellitaires G.P.S. permettant le positionnement en tout point du globe terrestre. La précision des G.P.S. de navigation est aujourd'hui de l'ordre de quelques mètres.

G.P.S. DIFFÉRENTIEL

Couple de récepteurs décodeurs bi-fréquence des données satellitaires G.P.S. permettant le positionnement relatif par rapport à une référence. Couramment utilisés en topographie, ces instruments ont une précision de l'ordre de 0,5 cm.

GRADE

Unité de mesure d'angle (de 0 à 400 gr.) utilisée en topographie.

M.N.T.

Modèle Numérique de Terrain.

Traditionnellement en topographie, le modelé d'un terrain est dressé à partir de points caractéristiques remarquables (points hauts ou bas, lignes de ruptures de pentes, ...). Ces points, calculés en XYZ, vont composer un semis de points qui correspondront aux sommets des triangles suivant lesquels les interpolations en altitude seront calculées. L'ensemble de ces triangles (ou triangulation) constituera des faces en 3 dimensions et déterminera de manière numérique un modèle du terrain.

NIVEAU DE CHANTIER

Instrument topographique permettant de mesurer des hauteurs ou des différences d'altitudes.

NORD GÉOGRAPHIQUE

C'est la direction du méridien d'un point vers le pôle nord. L'angle compris entre le nord géographique et le nord du quadrillage (ou des Y, cf. définition) est appelé convergence des méridiens.

NORD MAGNÉTIQUE

C'est la direction de la pointe de l'aiguille aimantée de la boussole, c'est-à-dire du champ magnétique terrestre du moment et du lieu.

NORD DES Y OU NORD DU QUADRILLAGE

C'est la direction de l'axe des Y en un point ; on parle alors de nord U.T.M., nord Lambert, ...

POLYGONALE

En topographie, une polygonale (ou cheminement polygonal) est un ensemble de stations, mesurées et calculées les unes par rapport aux autres.

PROJECTION CARTOGRAPHIQUE

C'est un ensemble de techniques permettant de représenter la surface plus ou moins sphérique de la Terre dans son ensemble ou en partie sur la surface plane d'une carte ou d'un plan. Les projections conformes conservent les angles (Mercator, Lambert, U.T.M.), les projections équivalentes conservent les surfaces (Bonne, Peters).

STATION TOTALE

Tachéomètre doté d'une carte mémoire qui enregistre les données relevées sur le terrain.

SYSTÈME GÉODÉSIQUE

C'est un système de référence permettant d'exprimer les positions au voisinage de la Terre. Les coordonnées géodésiques d'un point dans un système géodésique considéré sont la latitude, la longitude, et la hauteur géodésique. Les systèmes géodésiques les plus connus sont par exemple le W.G.S. 84, la NTF (Nouvelle Triangulation de la France), EUROPE 50, ou ED 50 (pour European Datum 50).

TACHÉOMÈTRE

Instrument topographique de mesure d'angles (horizontaux et verticaux) et de distances. Un tachéomètre qui enregistre les données de terrain est une station totale.

THÉODOLITE

Instrument topographique de mesure d'angles (horizontaux et verticaux).

Vo

Le Vo (parfois appelé Go) correspond au gisement du 0,000 gr du cercle horizontal de l'appareil en station, dans un système planimétrique donné (voir le manuel de topographie).

W.G.S. 84

Système de référence géodésique établi par le Service Géographique de l'Armée des U.S.A.