

TOPOGRAPHIE

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

Les instruments topographiques généralement utilisés en archéologie sont le GNSS (généralement appelé GPS), le tachéomètre et le niveau de chantier. Le récepteur GNSS permet d'obtenir des positions sur le globe terrestre à partir de données satellitaires. 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'angles d'un tachéomètre 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 tachéomètres électroniques certaines fonctions permettent de connaître instantanément les distances réduites à l'horizontale (celles du plan) (D_H).

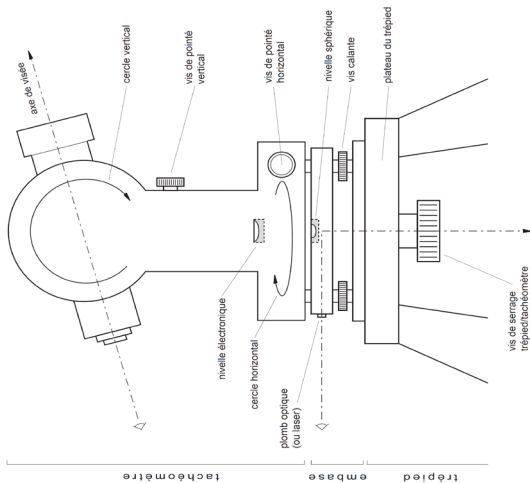
Actuellement, les appareils modernes, permettent de calculer et d'obtenir instantanément les coordonnées rectangulaires des points visés.

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



Mise en station d'un tachéomètre

La mise en station consiste à placer l'appareil d'une part à la verticale de la station matérialisée sur le terrain, et d'autre part dans un plan horizontal.

Voici la démarche à suivre (au besoin se référer au croquis du tachéomètre pour mieux comprendre et situer l'équipement d'un appareil) :

1- Le trépied

Après avoir ouvert et déplié le trépied, l'installer au mieux 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.

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 pour éviter une chute quelque peu ennuyeuse...)

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

A l'aide du plomb laser (ou, selon les appareils, 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) puis en finissant à l'aide des vis calantes.

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 laser ou optique si l'on se trouve toujours sur le point. Si non, finir de se replacer à l'aide des vis calantes.

La nivelle sphérique située sur l'appareil est sûrement "débullée". La caler en faisant coulisser les branches du trépied. Pour cette opération, il est plus aisé de maintenir la branche que l'on coulisse 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 notre point au plomb laser ou optique, il est fort probable que nous ayons un peu bougé. Pour corriger cette erreur, il suffit de faire glisser le tachéomètre sur le plateau du trépied jusqu'à la

bonne position (en desserrant bien sûr la vis de serrage trépied/tachéomètre) : c'est le **centrage forcé**.

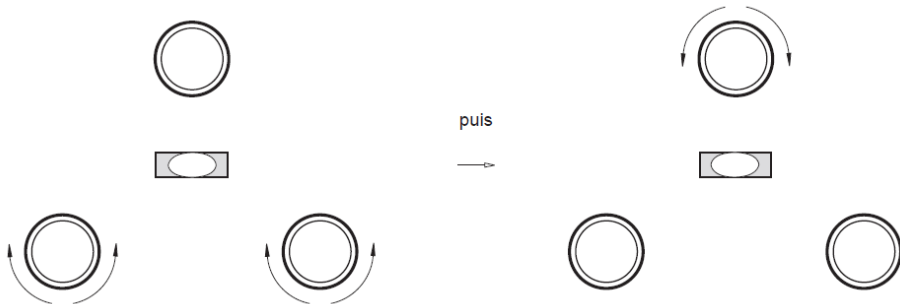
3- Le calage fin avec la nivelle électronique

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 "bullée". Il s'agit à présent de finir cette mise en station grâce à la nivelle électronique.

Suivant l'axe de rotation horizontal du tachéomètre, placer la nivelle électronique (c'est-à-dire l'écran de l'appareil) parallèle à deux

vis calantes. "Buller" la nivelle en tournant ces deux vis calantes en même temps, de la même quantité et en sens inverse (1).

Quand la nivelle est bien calée, terminer de "buller" la nivelle avec la troisième vis calante (2).



(1)

(2)

Lorsque l'appareil est parfaitement mis en station, il est à partir de ce moment-là, **formellement interdit de toucher au trépied (même avec les mains) ainsi qu'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 l'opération précédente jusqu'au résultat parfaitement escompté.

Sur certains appareils, le plomb optique remplace le plomb laser. Cependant, le principe de mise en station reste identique.

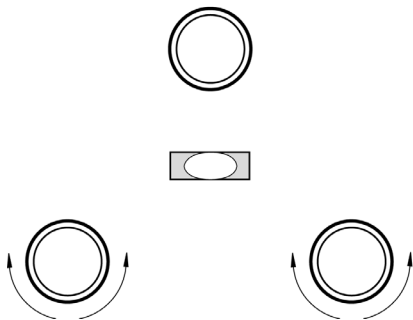
De même sur certains appareils, la nivelle électronique est remplacée par une nivelle torique. Dans ce cas, le calage fin nécessite un réglage à 100 gr près :

Suivant l'axe de rotation horizontal du tachéomètre, placer la nivelle torique parallèle à deux vis calantes. "Buller" 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 calée, donner à l'appareil (donc à la nivelle puisque celle-ci est solidaire du tachéomètre) une rotation de 100 gr. (angle droit, 90°) et "buller" la nivelle avec la troisième vis calante (2).

Quand dans cette seconde position, la nivelle est bien calée, revenir à la première position et "rebuller" la nivelle.

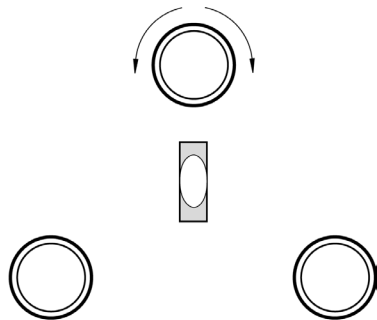
Réitérer cette opération dans les deux positions jusqu'à un résultat parfait de la nivelle torique.



(1)

Visées et relevés

Rotation
de 100 gr.



(2)

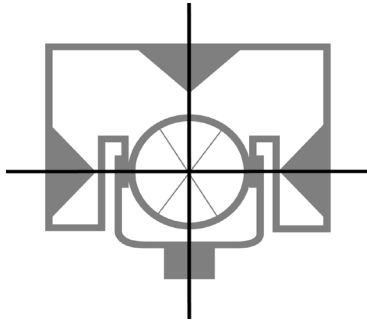
1- Orientations

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 afin de replacer le relevé dans le système de coordonnées en vigueur sur le chantier. Nous allons donc viser des références connues (au minimum deux, au mieux trois) qui sont d'autres stations connues en XYZ et matérialisées sur le terrain.

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

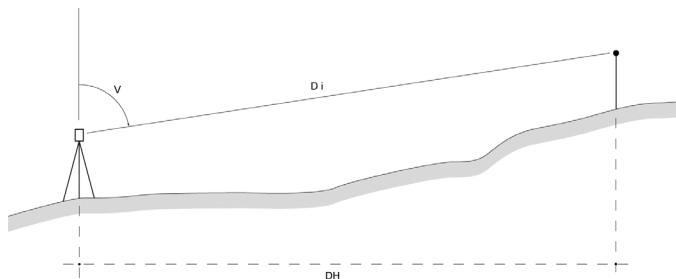
2- Visées sur un prisme avec un tachéomètre

Les tachéomètres actuels sont des appareils topographiques dont 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

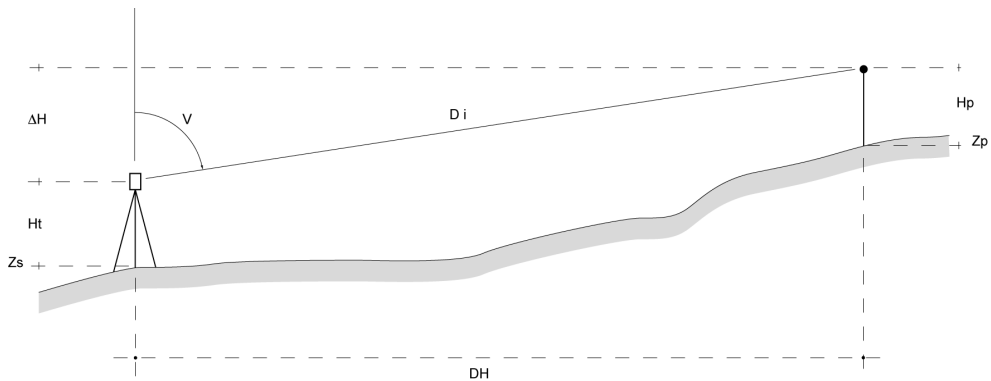
La distance inclinée est celle mesurée sur le terrain (suivant l'axe distance-mètre /réflecteur). La distance réduite à l'horizontale est celle séparant réellement deux points et sera donc celle reportée sur le plan.



V = angle vertical D_i = distance inclinée D_H = distance

l'horizontale **$D_H = D_i \sin V$**

4- Altitude d'un point



V = angle vertical

Z_p = altitude du point visé (à déterminer)

Di = distance inclinée

DH = distance horizontale

Ht = hauteur de l'instrument

ΔH = différence de hauteur de la visée

Hp = hauteur du prisme

Zs = altitude connue de la station

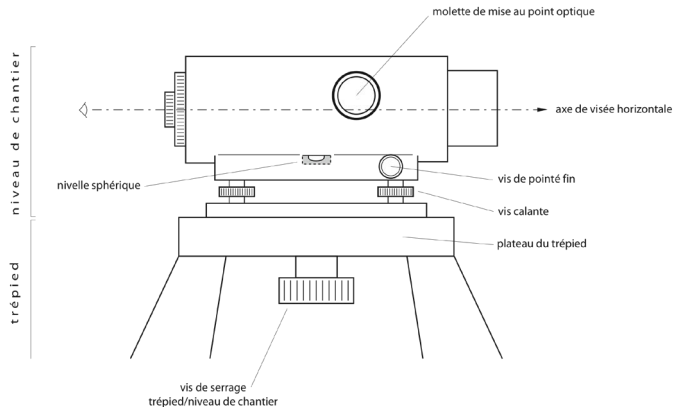
$$\Delta H = D_i \cos V$$

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

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

Le niveau de chantier

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



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 de préférence le niveau est installé entre le point de référence et les points à mesurer.

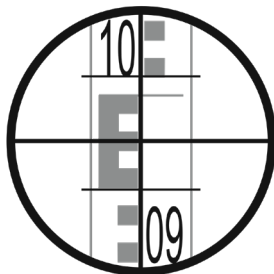
Après avoir ouvert et déplié le trépied, fixer le niveau sur le plateau du trépied à l'aide de la vis de serrage trépied/niveau (par mesure de sécurité, serrer la vis d'une main et de l'autre tenir fermement l'appareil pour éviter une chute quelque peu ennuyeuse...).

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

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.

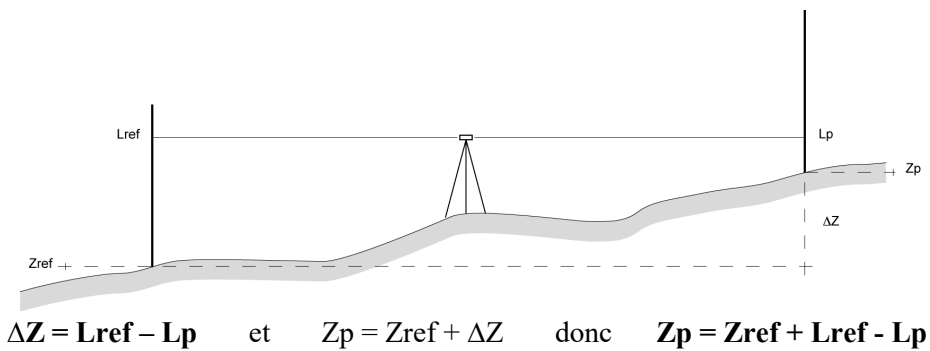


Sur cet exemple de visée, la lecture de mesure (en mm) est : 0975

Nota : dans notre cas, la lecture se fait uniquement sur le fil réticulaire horizontal et principal. Les deux autres fils réticulaires secondaires (dits stadimétriques) ne sont pas utilisés. Pour information, ils servent à effectuer des mesures de contrôles ou des estimations de distances.

Détermination des différences d'altitudes

La détermination des différences d'altitudes ΔZ se calcule par une simple soustraction entre la lecture sur la référence (L_{ref}) et la lecture sur le point à mesurer (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.

COORDONNEES GEOGRAPHIQUES

Position d'un point à la surface de la Terre, exprimée par une longitude et une latitude.

EQUIDISTANCE DES COURBES DE NIVEAU

Différence d'altitude entre deux courbes de niveau successives.

GEODESIE

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.

GNSS (*GPS.*)

Le GNSS (Global Navigation Satellite System), couramment appelé GPS (Global Positioning System), est un système de positionnement, en tout point du globe terrestre, à partir de satellites. Le récepteur GNSS permet de recevoir les données de plusieurs constellations satellitaires [GPS (USA), Glonass (Russe), Galileo (Européen), ...]. Les coordonnées GNSS

sont par défaut exprimées dans le système géodésique W.G.S. 84 (*cf. définition*).

GNSS (GPS) DE NAVIGATION

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

GNSS (GPS) DIFFERENTIEL

Couple de récepteurs décodeurs mono ou bi-fréquence des données satellitaires GNSS permettant le positionnement relatif par rapport à une référence. Ils sont couramment utilisés en cartographie et en topographie. La précision obtenue par cette méthode varie de 1 cm à une dizaine de cm.

GRADE

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

Le grade est la conséquence directe du mètre (*cf définition*).

La circonférence de la terre étant d'environ 40 000 km, 400 grades représentent donc 40 000 km. $1\text{km} = 0,01\text{gr}$.

METRE

Unité de mesure de longueur, la valeur du mètre équivaut au un dix-millionième du quart du méridien terrestre.

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 GEOGRAPHIQUE

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 MAGNETIQUE

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 (ou GNSS) doté d'une carte mémoire qui enregistre les données relevées sur le terrain.

SYSTEME GEODESIQUE

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).

TACHEOMETRE

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

THEODOLITE

Instrument topographique de mesures 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.