

ENPO MA
Département de génie civil
Cours De Topographie

MESURES DIRECTES

AYED Kada

Mesure des distances

Histoire

Au XVIIIème siècle l'unité de longueur était le **pied (0,31m)** et la **toise (6 pieds =1,9m)**.

A la fin du XVIIIème siècle, l'académie des sciences proposait un étalon basé sur la longueur de la circonférence terrestre, le mètre est défini comme étant la dix millionième partie du quart du Meridian terrestre.

En 1790 17 pays ont adopté le système métrique.

Actuellement la définition du mètre est basé sur la vitesse de la lumière dans le vide. Au laboratoire CERN BUREAU DES POIDS ET DES MESURES, l'étalon est fourni par un interféromètre à laser.

MESURE DES DISTANCES

Les procédés de mesures des distances peuvent être classés en trois catégories :

Mesure Direct, Mesure Indirect et Mesure graphique.

Mesure direct: mesurer directement une longueur c'est la comparer à une mesure étalon donc il s'agit de connaître combien de fois cette longueur contient d'étalon de mesure. Étalon de mesure peut être le mètre, décamètre, double décamètre...etc. L'étalon peut être rigide ou souple

Mesure indirect: une mesure est effectuée indirectement lorsqu'elle est obtenue sans avoir à parcourir la longueur à mesurer en comptant le nombre de fois d'étalon que contient la longueur étalon. On utilise le procédé stadimétrique parallaxiques.

La mesure graphique est faite lorsqu'il s'agit d'une longueur comprise entre deux points préalablement et parfaitement déterminés (exemple: par calcul des coordonnées rectangulaires des extrémités)

Mesures directes

Pour exécuter la mesure directe d'une distance, il existe plusieurs méthodes rapides et approximatives et d'autres rapides et précises.

Compteur kilométrique : c'est un moyen permettant d'avoir rapidement et approximativement la distance entre deux points, mais cette distance est suivant le chemin parcouru et non horizontale. Il est utilisé surtout pour les travaux de reconnaissance.

Mesure au pas : c'est une méthode approximative pour évaluer des distances courtes et pour vérifier grossièrement le chaînage en cas de fautes. Ce procédé est valable sur un terrain relativement plat et dégagé.

Mesure à la roue de reconnaissance : connaissant le rayon R de la roue et marquant un point de départ, la mesure d'une distance entre deux points quelconques sera possible en comptant le nombre de tours de la roue.

$$\text{Distance} = n \text{ (nombre de tours)} \times 2R \text{ (circonférence de la roue).}$$

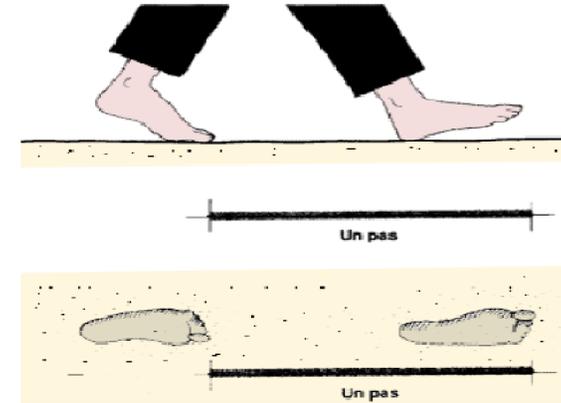
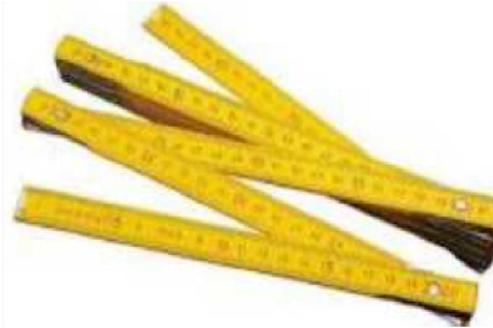
Ce procédé donne d'assez bons résultats en terrain plat dégagé. Cependant, le procédé le plus utilisé et le plus courant pour mesurer directement une distance est le **chaînage** qui est une opération importante (elle donne la distance sur le terrain) et délicate (introduction de fautes et d'erreurs dans les mesures).

Les instruments de mesures

Les instruments ou procédés utilisés pour la mesure directe des distances sont :



Figure II. 1. Double mètre.



Mesure par comptage de pas.

Le pas ou double pas est une méthode qui permet de mesurer rapidement les



Constitué de plusieurs éléments coulissants, il est télescopique et rigide. Il permet de mesurer avec précision des détails jusqu'à 5m au millimètre près. Utilisé pour les travaux de levés d'intérieur,

La chaîne d'arpenteur



actuellement abandonnée

Le ruban (étalon à bouts)

En acier, de longueur de 10, 20,30,50m



Il est bien adapté pour tous les travaux topométriques

La roulette (étalon à traits)

Moins fragile a la pluie, et le passage des voitures, par contre elle n'est pas trop précise, utilisé pour le métré et les petite implantations. Elle est soit en plastique soit en acier, longueur de 10,20,30,50m, L'anneau n'est pas compris dans la longueur,



Roulette étalon à traits.

Le fil à plomb



Est employé pour projeter au sol les points mesurés la pointe doit être tenue à quelques mm du sol. Il faut éviter qu'il balance.

Il existe plusieurs modèles à différentes formes, le modèle le plus pratique est le modèle conique pour les mesurages.

Roues enregistreuses ou topomètres

Leurs précision est faible mais suffisante pour certains mètres.
Leurs précision est faible mais suffisante pour certains mètres



Roues enregistreuses ou topomètres.

Le jalonnement

Un jalon est un tube métallique de 200x3 cm environ, constitué de un ou plusieurs éléments peints en rouge et blanc. Assure l'alignement de certains points, facilite la mesure de distance partielle.



Jalons d'alignement



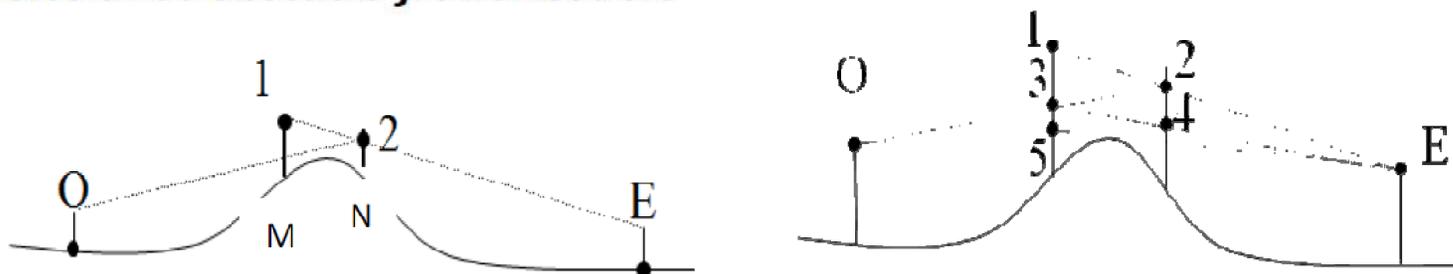
porte jalon

Droite sans obstacle

Pour des distances courtes. La matérialisation des extrémités suffit. On peut faire l'alignement de plusieurs points entre ces deux

L'opérateur au point **M** se place aussi près que possible de l'alignement **OE**, de tel sorte qu'il puisse voir E, par exemple en **1**. L'aide **N** aligné par l'opérateur sur **2E** se place en **2** d'où il aligne à son tour l'opérateur en **3** sur **2O**. L'opérateur **3** aligne ensuite l'aide en **4** sur **3E**. Et ainsi de suite jusqu'à ce que les alignements successifs aboutissent aux points corrects **M** et **N**, où les rectifications de position

D. ne sont plus nécessaires. (Figure II. 13)



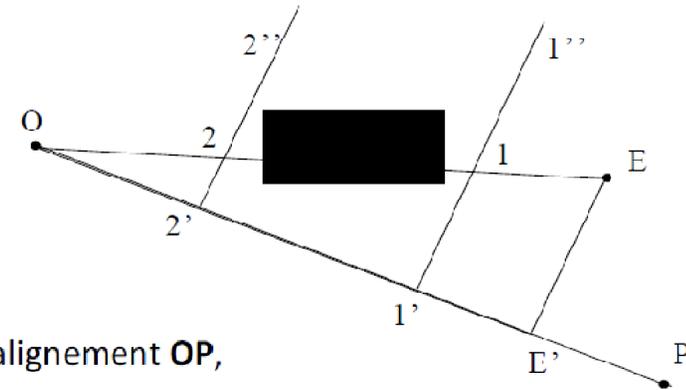
L'opérateur au point M se place aussi que possible en alignement OE, de tel sorte qu'il puisse voir E, par exemple en 1. l'aide N aligné par l'opérateur sur 2^E se place 2 d'où il aligne à son tour l'opérateur en 3 sur 2O, l'opérateur 3 aligne ensuite l'aide en 4 sur 3E. Ainsi de suite jusqu'à ce que les alignements successifs aboutissent aux points correcte Met N.

Droite avec obstacle infranchissable et sans visibilité

Obstacle planimétrique (ex. : une construction)

objectif

l'alignement et mesurer la distance **OE**

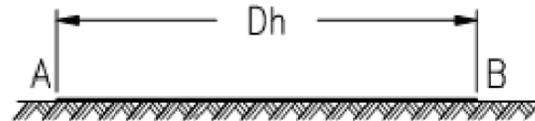


- 1) On choisit un point **P** intermédiaire,
- 2) On matérialise l'alignement **OP**,
- 3) On abaisse alors la perpendiculaire **EE'** sur **OP** (utiliser un équerre à double prisme),
- 4) On choisit deux points **1'** et **2'** sur **OP** / les perpendiculaires **1'1''** et **2'2''** à **OP** soient situées de part et d'autre de l'obstacle.
- 5) On mesure **O2'**, **O1'**, **OE'**, **EE'**. Dans les triangles **O22'**, **O11'** et **OEE'** :
$$\frac{22'}{EE'} = \frac{O2'}{OE'} \Rightarrow 22' = O2' \cdot \frac{EE'}{OE'} \quad \frac{11'}{EE'} = \frac{O1'}{OE'} \Rightarrow 11' = O1' \cdot \frac{EE'}{OE'}$$
- 6) On porte alors ces deux longueurs **11'** et **22'** sur les deux perpendiculaires **1'1''** et **2'2''** ce qui donne les points **1** et **2** sur l'alignement **OE**.
- 7) Pour avoir **OE** : $OE^2 = OE'^2 + EE'^2$ (l'angle E' est droit).

Mesures en terrain régulier

Terrain régulier et horizontal

Si le terrain est régulier et en pente faible (moins de 2%), il est possible de se contenter de poser le ruban sur le sol et de considérer que la distance horizontale est lue directement. Et il faut respecter l'alignement entre les points intermédiaires



Mesure au ruban en terrain horizontal.

Exemple

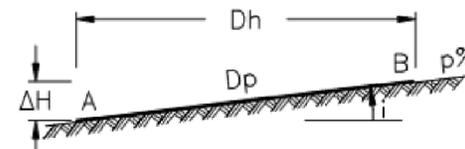
Montrons qu'à partir de 2% de pente, une erreur de 1 cm apparaît sur une mesure de 50 m. Nous avons : $Dp = 50$ m, $\Delta H = 0,02 \cdot 50 = 1$ m donc $Dh = 49,99$ m.

Terrain incliné en pente régulière

Si le terrain n'est pas parfaitement horizontal, il faut considérer que l'on mesure la distance suivant la pente. Pour connaître la distance horizontale avec précision, il faut donc mesurer la dénivelée ΔH entre A et B ou bien la pente P de AB

$$Dh = \sqrt{Dp^2 - \Delta H^2}$$

ou bien : $Dh = Dp \cdot \cos i = Dp \sqrt{\frac{1}{1 + \tan^2 i}} = \frac{Dp}{\sqrt{1 + p^2}}$ puisque $p = \tan i$



Mesure au ruban en terrain en pente régulière.

Exemple

En mesurant une distance suivant la pente de 37.25 m et en mesurant au clisimètre une pente de 2.3%. Quelles sont les valeurs de Dh et de ΔH ? .

La valeur de Dh sera donné par :

$$Dh = \frac{37,25}{\sqrt{1 + 0,023^2}} = 37,25 \text{ m}$$

Et celle de ΔH par :

$$\Delta h = \sqrt{37,25^2 - 37,24^2} = 0,86 \text{ m}$$

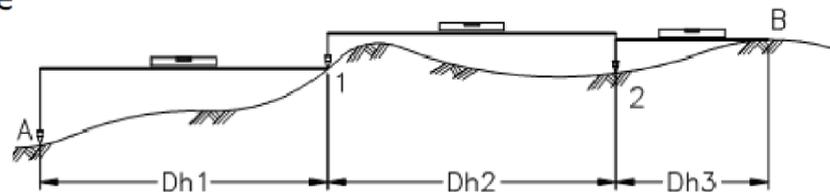
Mesure en terrain irrégulier ou en forte pente

A cause des ondulations, il est impossible de tendre le ruban sur le sol. La pente ou la distance à chaîner ne sera pas facile à déterminer directement.

Mesure par ressauts horizontaux

Appelée aussi mesure par cultellation. Elle nécessite l'emploi d'un niveau à bulle et de deux fils à plomb en plus de la chaîne et des fiches d'arpentage (ou jalons). Sa mise en œuvre est longue et le procédé peu précis.

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3$$



Mesure au ruban par ressauts horizontaux.

Mesurage de précision : étalonnage d'un ruban

Correction d'étalonnage

$$L_{\text{exacte}} = L_{\text{mesurée}} \cdot (1 + k_E)$$

$$L_{\text{exacte}} = L_{\text{mesurée}} + C_E \quad \longrightarrow \quad C_E = k_E \cdot L_{\text{mesurée}}$$

Par exemple un double décamètre indique 19,987 m en mesurant une base de 20,000

Il est donc trop long de 0,013 m et donne des valeurs très petites. Il faut le corriger de 0,013 m tous les 20 m

Correction due à la température

$$L_{\text{exacte}} = L_{\text{mesurée}} \cdot [1 + 1,08 \cdot 10^{-5} \cdot (t - t_e)]$$

$$k = 1,08 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

t_e est la température d'étalonnage (20°C en général).

Exemple

La mesure d'une longueur de 35,035 m avec un ruban en acier à $t = 40^\circ\text{C}$, il faut corriger la valeur lue d'une valeur positive :

$$(40 - 20) \cdot 1,08 \cdot 10^{-5} = 0,216 \text{ mm/m. Et } L_{\text{exacte}} = 35,035 \cdot (1 + 0,216 \cdot 10^{-3}) = 35,04256 \text{ m.}$$

Correction de tension (ou d'élasticité du ruban)

L'allongement ΔL en mètre d'un ruban d'acier soumis à la tension T est:

$$\Delta L = \frac{L.T}{E.S}$$

L : longueur du ruban exprimée en m.

S : section constante du ruban en mm^2 .

E : module d'élasticité de l'acier $E = 21000 \text{ daN/mm}^2$.

T : effort de tension exprimée en daN ($1\text{kgf} = 9,81 \text{ N}$).

La longueur exacte est :

$$L_{\text{exacte}} = L_{\text{mesurée}} \cdot (1 + k_T)$$

$$\text{avec } k_T = \frac{(T - T_0)}{E.S}$$

k_T est appelé le coefficient de tension et T_0 est la tension d'étalonnage ($\sim 5 \text{ daN}$).

Exemple

Un ruban de 50 m, de section $(0,2 \times 13) \text{ mm}^2$ étalonné sous une tension de 5 daN s'allonge de 10 mm sous une tension de 16 daN.