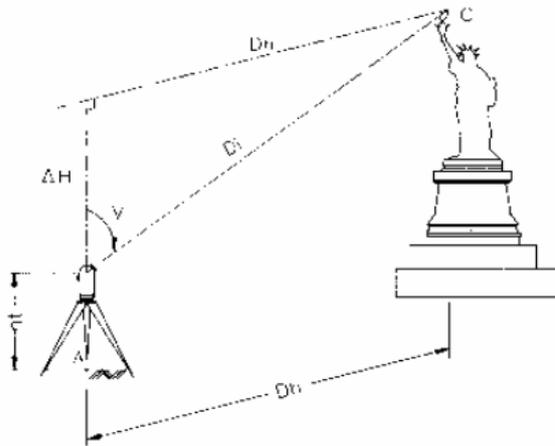


Application :



On cherche à connaître l'altitude d'un point inaccessible C connaissant seulement l'altitude d'un point proche A qui servira de référence. Si l'on peut mesurer la distance horizontale AC, on peut calculer la dénivelée de A vers C en mesurant l'angle V lu de A sur C et la hauteur de l'axe des tourillons ht (fig. 31-a).

L'altitude est donnée par :

$$\Delta H = Dh \cdot \cot V$$

Une solution pour obtenir la distance horizontale Dh est de créer une base AB par adjonction d'un deuxième point B, de mesurer cette base et de mesurer les angles horizontaux CBA et CAB. Ceci permet de résoudre le triangle ABC et donc de calculer les distances horizontales AC et BC (fig. 32-a). L'altitude de C est alors :

$$H_C = H_A + ht + \frac{Dh}{\tan V}$$

On peut aussi calculer l'altitude de C deux fois : une première fois depuis A et une seconde depuis

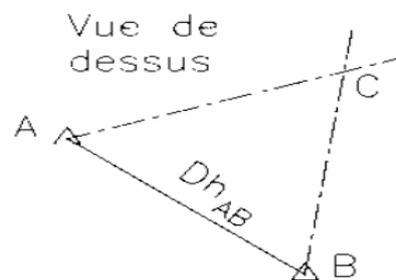


Fig. 32-a

B et ainsi contrôler les résultats. Pour cela, il faut déterminer l'altitude de B et ne pas oublier de mesurer la hauteur des tourillons ht à chaque station.

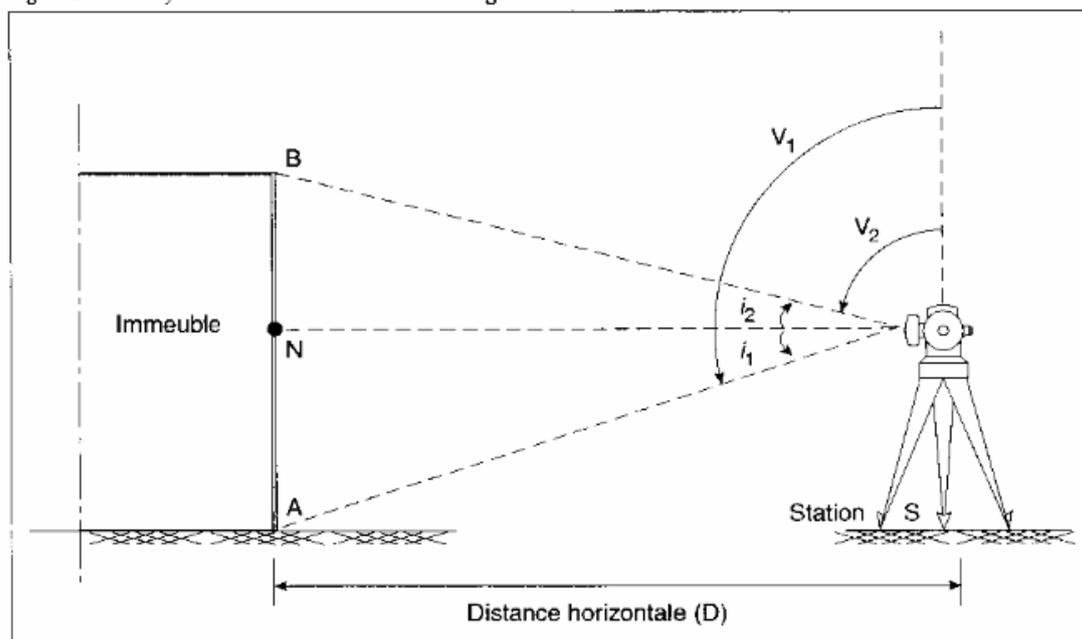
6.5 Contrôle de la hauteur et de l'altitude

Le contrôle représente l'ensemble des opérations et des techniques topographiques utilisées pendant et après la réalisation d'un ouvrage pour s'assurer de respecter les formes et les dimensions indiquées sur les plans d'exécution. Le contrôle peut s'effectuer en verticalité ou en horizontalité. Le contrôle en verticalité peut porter sur la hauteur ou sur l'altitude. **Ainsi, on peut vouloir vérifier la hauteur d'un ouvrage ou encore l'altitude d'un point inaccessible.**

VÉRIFICATION DE LA HAUTEUR D'UN OUVRAGE

Voici les étapes à suivre pour vérifier la hauteur d'un ouvrage (figure 5.2).

Figure 5.2 Vérification de la hauteur d'un ouvrage



1. Mettre en station (S) l'appareil topographique (tachéomètre) à une distance appropriée de la façade de l'ouvrage, de telle façon qu'on puisse viser le **bas** et le **haut** de l'ouvrage.
2. Mesurer la distance horizontale (D) entre la station (S) et l'ouvrage à l'aide d'un ruban d'acier, ou directement avec l'appareil topographique (tachéomètre).
3. Viser le bas de l'ouvrage (point A), en calculant l'angle de site (i_1).
[Rappelons que $i = 100 \text{ gr} - V$, dans laquelle V = angle vertical mesuré à l'aide de l'appareil topographique (tachéomètre).]
4. Viser le haut de l'ouvrage (point B), en calculant l'angle de site (i_2).
5. Calculer la valeur de AN et de NB en utilisant les formules trigonométriques suivantes :

$$\text{tg}(i_1) = \frac{AN}{D}$$

d'où :

$$AN = D \times \text{tg} (i_1)$$

et

$$\text{tg} (i_2) = \frac{NB}{D}$$

d'où :

$$NB = D \times \text{tg} (i_2)$$

6. Calculer la hauteur de l'immeuble à l'aide de la formule suivante :

$$h_{AB} = AN + NB = [D \times \text{tg} (i_1)] + [D \times \text{tg} (i_2)]$$

d'où :

$$h_{AB} = D [\text{tg} (i_1) + \text{tg} (i_2)]$$

Exemple :

Dans le cadre du contrôle de la hauteur d'un bâtiment (figure 5.2), on a stationné un tachéomètre sur un point S et on a visé le sommet et la base du bâtiment. Le résultat des mesures est le suivant :

- angle de site $i_1 = 5,505$ gr
- angle de site $i_2 = 4,758$ gr
- distance horizontale (D) = 40 m

Il s'agit maintenant de calculer la hauteur du bâtiment. Pour cela, on applique la formule suivante :

$$h_{AB} = D [\text{tg} (i_1) + \text{tg} (i_2)]$$

$$h_{AB} = 40 [\text{tg} (5,505) + \text{tg} (4,758)]$$

$$h_{AB} = 40 (0,086688515 + 0,074877959)$$

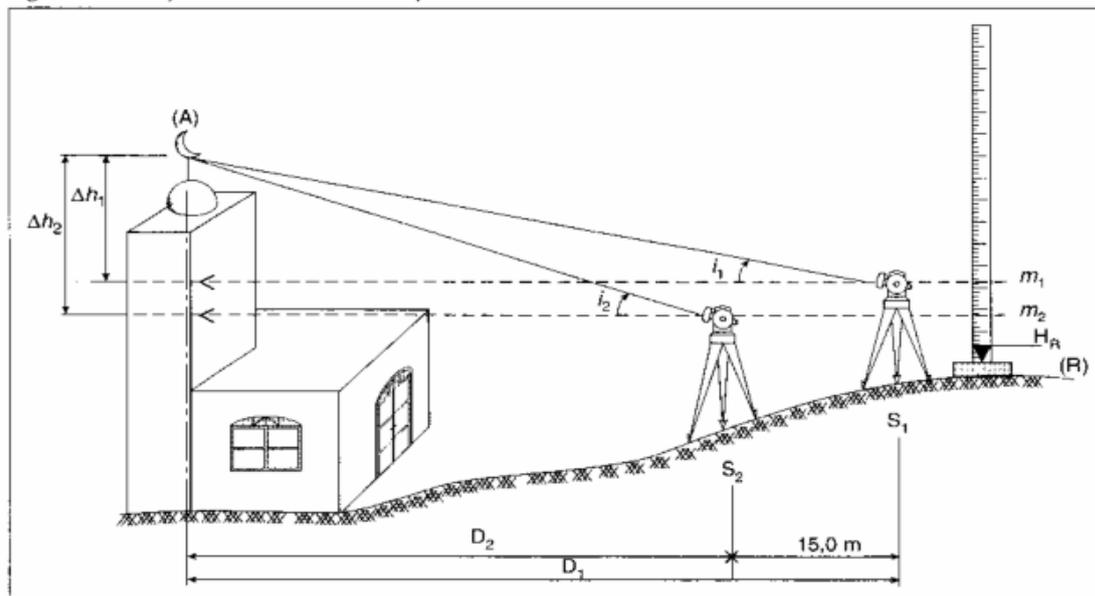
$$h_{AB} = 40 (0,161566475)$$

$$h_{AB} = 6,462658999 \approx 6,47 \text{ m}$$

VÉRIFICATION DE L'ALTITUDE D'UN POINT INACCESSIBLE

Pour vérifier l'altitude d'un ou de plusieurs points inaccessibles (sommet, coupole, fil électrique), on procède comme suit (figure 5.3).

Figure 5.3 Vérification de l'altitude d'un point inaccessible



- Déterminer un repère de nivellement (R) dans un réseau de points d'appui à l'altitude connue.
- Choisir deux stations (S_1 et S_2) espacées d'une distance (D) dans l'alignement du point A et le repère de nivellement (R). On prend généralement $D = 15$ m.
- Viser le point A avec un appareil topographique (tachéomètre) une fois à la station S_1 et une autre fois à la station S_2 , en calculant pour chaque visée l'angle de site (i_1 et i_2 respectivement).
- Mettre une mire (verticalement) sur le repère de nivellement R, puis faire la lecture du fil niveleur une fois de la station S_1 soit (m_1) et une autre fois de la station S_2 , soit m_2 .
- Calculer l'altitude du point en utilisant les deux formules suivantes :
 - Visée de la station S_1 : $H_A = H_R + m_1 + \Delta h_1$ (1)
 - Visée de la station S_2 : $H_A = H_R + m_2 + \Delta h_2$ (2)
 dans lesquelles :
 - $\Delta h_1 = D_1 \times \text{tg}(i_1)$
 - $\Delta h_2 = D_2 \times \text{tg}(i_2)$
 - On a aussi :
 - $D_1 = D_2 + 15$ m

Exemple :

Soit à vérifier l'altitude d'un point inaccessible (point A sur la figure 5.3) avec les résultats des mesures suivants :

- Visée de la station S_1 :
 - Lecture du fil niveleur m_1 sur la mire placée au point R = 1,65 m
 - Angle de site $i_1 = 20$ gr
- Visée de la station S_2 :
 - Lecture du fil niveleur m_2 sur la mire placée au point R = 1,50 m
 - Angle de site $i_2 = 30$ gr

On sait que l'altitude du point de repère (H_R) est de 120,00 m.

Solution :

Pour vérifier l'altitude du point A, on applique les formules suivantes :

- Visée de la station S_1 : $H_A = H_R + m_1 + \Delta h_1$ (1)
On sait que : $H_R = 120,00$ m
 $m_1 = 1,65$ m
 $\Delta h_1 = D_1 \times \text{tg}(i_1)$, avec $i_1 = 20$ gr
- Visée de la station S_2 : $H_A = H_R + m_2 + \Delta h_2$ (2)
On sait que : $H_R = 120,00$ m
 $m_2 = 1,50$ m
 $\Delta h_2 = D_2 \times \text{tg}(i_2)$, avec $i_2 = 30$ gr

En remplaçant Δh_1 et Δh_2 dans les équations précédentes, on obtient respectivement :

$$H_A = 120,00 + 1,65 + D_1 \times \text{tg}(20) \quad (3)$$

$$H_A = 120,00 + 1,50 + D_2 \times \text{tg}(30) \quad (4)$$

On sait aussi, d'après la figure 5.3, que $D_1 = 15 + D_2$.

On remplace cette valeur dans l'équation 3 et on l'égalise avec l'équation 4; on trouve :

$$H_A = 120,00 + 1,65 + [(15 + D_2) \times \text{tg}(20)] = 120,00 + 1,50 + [D_2 \times \text{tg}(30)]$$

$$D_2 = \frac{1,50 - 1,65 - 15 \text{ tg}(20)}{[\text{tg}(20) - \text{tg}(30)]} = \frac{-0,15 - 4,874}{0,3249 - 0,5095} = \frac{-5,024}{-0,1846} = 27,22 \text{ m}$$

On remplace enfin la valeur de D_2 dans l'équation 4 et on obtient :

$$H_A = 120,00 + 1,50 + [27,22 \times \text{tg}(30)]$$

$$H_A = 121,50 + 13,869$$

$$H_A = 135,369 \text{ m}$$

RÉSUMÉ

- Le contrôle des constructions représente l'ensemble des opérations et des techniques topographiques utilisées pendant et après la réalisation d'un ouvrage pour s'assurer de respecter les formes et les dimensions indiquées sur les plans d'exécution.
- Pour contrôler la hauteur d'un immeuble, on applique la formule suivante :
$$h = D [\operatorname{tg}(i_1) + \operatorname{tg}(i_2)]$$
dans laquelle :
 - D : Distance horizontale entre la station et l'ouvrage
 - i_1 = angle de site en visant le bas de l'ouvrage
 - i_2 = angle de site en visant le haut de l'ouvrage
- Pour vérifier l'altitude d'un point inaccessible, on applique les formules suivantes :
$$H_A = H_R + m_1 + \Delta h_1$$
$$H_A = H_R + m_2 + \Delta h_2$$

6.6 Contrôle de la verticalité

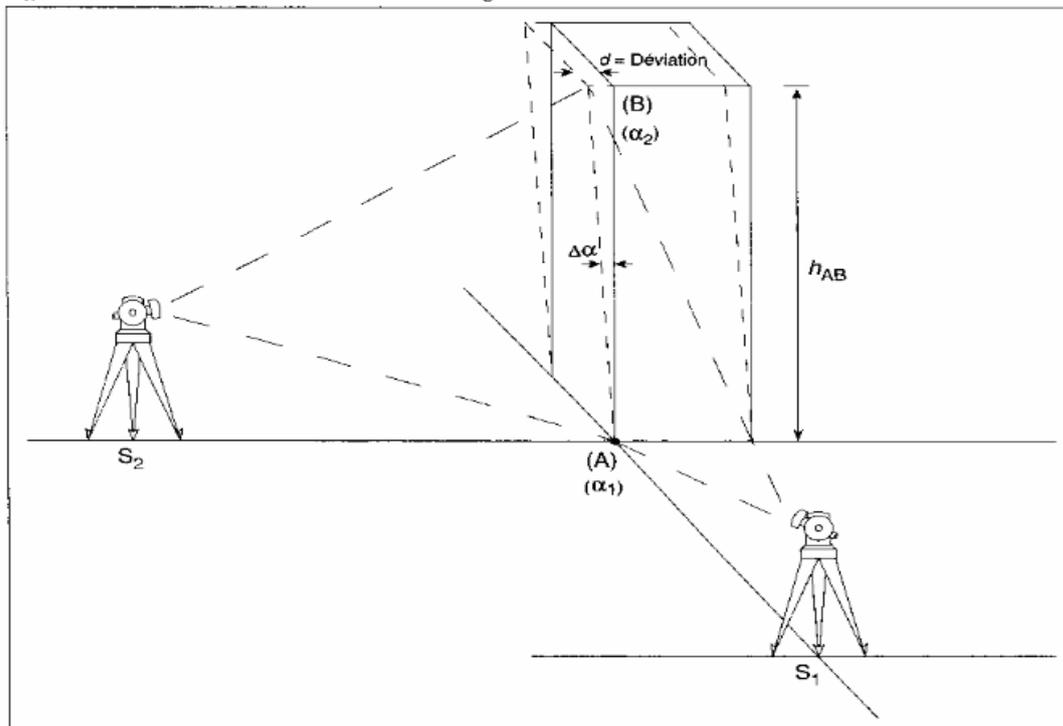
Le contrôle de la verticalité est une opération importante, que ce soit pendant la réalisation d'un ouvrage, pour assurer une bonne **conformité** avec les plans d'exécution, ou bien après la réalisation afin de veiller à la **qualité** de l'ouvrage réalisé.

Dans ce manuel, on se limitera à l'étude du contrôle de la verticalité après la réalisation de l'ouvrage.

CONTRÔLE DE LA VERTICALITÉ DES ÉLÉMENTS APRÈS LA RÉALISATION

L'opération de contrôle de la verticalité d'éléments (par exemple des poteaux) après leur réalisation se fait à l'aide d'un appareil topographique (tachéomètre) en suivant les étapes indiquées ci-après (figure 5.5).

Figure 5.5 Contrôle de la verticalité d'un ouvrage



1. Mettre en station S_1 l'appareil topographique (tachéomètre) dans l'alignement d'une des deux façades verticales de l'ouvrage.
2. Viser le bas de cet élément (par exemple le point A).
3. Faire la lecture de l'angle α_1 sur le cercle horizontal de l'appareil topographique (tachéomètre).
4. Viser le haut de l'élément (par exemple, le point B).
5. Faire la lecture de l'angle α_2 sur le cercle horizontal de l'appareil.



Si l'élément est parfaitement vertical, la lecture de l'angle α ne change pas ($\alpha_1 = \alpha_2$). Par contre, s'il y a une déviation de cet élément, on fait une deuxième lecture (α_2) différente de la première (α_1).

Au besoin :

5. Calculer la valeur de la déviation (d) de cet élément, déviation qui est déterminée par la relation suivante :

$$\text{tg}(\Delta\alpha) = \frac{d}{h_{AB}}$$

D'où :

$$d = h_{AB} \times \text{tg}(\Delta\alpha)$$

Puisque $\Delta\alpha$ est très petit, $\text{tg} \Delta\alpha \approx \Delta\alpha$. ($\Delta\alpha$ est exprimé en radians)

Donc :

$$d = h_{AB} \times \Delta\alpha$$

dans laquelle :

h_{AB} : hauteur de l'élément

d : déviation de l'élément

$\Delta\alpha$: $\alpha_2 - \alpha_1$

7. Procéder de la même façon à partir d'une deuxième station (S_2) située perpendiculairement à la première station (S_1) pour vérifier le deuxième côté.

Exemple :

On veut calculer la déviation (d) de l'élément de la figure 5.5 sachant que :

- la hauteur de l'élément (h_{AB}) = 4 m
- la lecture de l'angle horizontal du point A (α_1) = 17 gr
- la lecture de l'angle horizontal du point B (α_2) = 17,03 gr

Pour calculer la valeur de la déviation (d), on utilise la formule suivante :

$$d = h_{AB} \times \Delta\alpha$$

avec :

$$h_{AB} = 4 \text{ m}$$

et

$$\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 \text{ (en radians)}$$

$$\Delta\alpha = (17,03 - 17,00) \times \frac{\pi}{200}$$

$$\Delta\alpha = 0,03 \text{ gr} \times \frac{\pi}{200}$$

$$\Delta\alpha = 0,00047 \text{ rad}$$

Donc, la déviation est égale à :

$$d = 4 \times 0,00047$$

$$d = 0,00188 \text{ m}$$

$$d = 1,88 \text{ mm}$$

RÉSUMÉ

- Le contrôle de la verticalité est assez important lors de la réalisation des ouvrages en Bâtiments et Travaux publics afin d'assurer une bonne conformité avec les plans d'exécution et de veiller à la qualité des ouvrages réalisés.
- Pour contrôler la verticalité d'un ouvrage, on vise le bas et le haut de l'ouvrage et on lit la valeur des angles α_1 et α_2 sur le cercle horizontal de l'appareil topographique. L'ouvrage est parfaitement vertical si la lecture de l'angle α est identique.
- La déviation d'un élément peut être calculée à l'aide de la formule suivante :
 $d = h \times \Delta\alpha$ (en radians)

Contrôle de l'horizontalité

