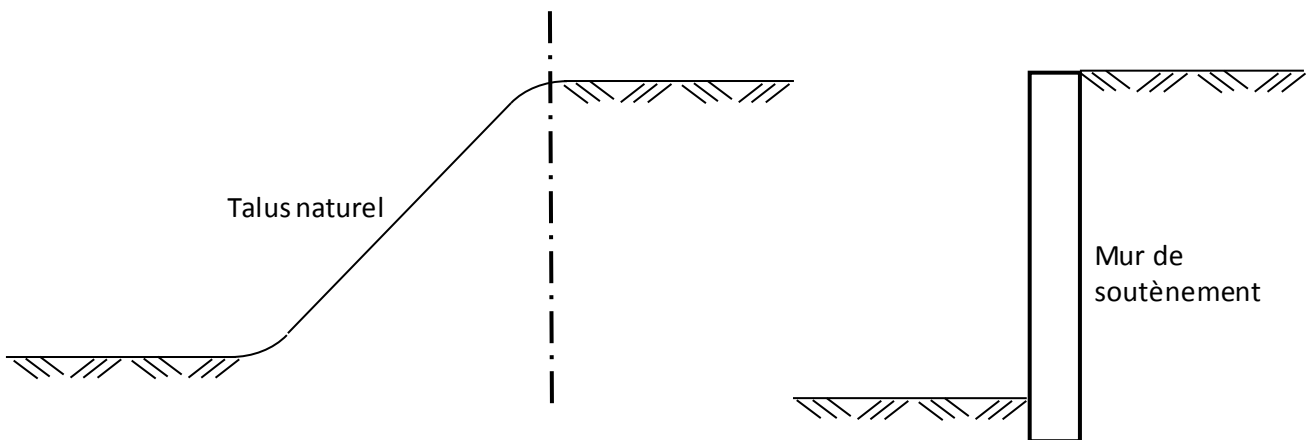


I. Introduction

I-1 Définition

Les ouvrages de soutènement sont des constructions destinées à prévenir l'éboulement ou le glissement d'un talus raide. Ils sont essentiellement employés,

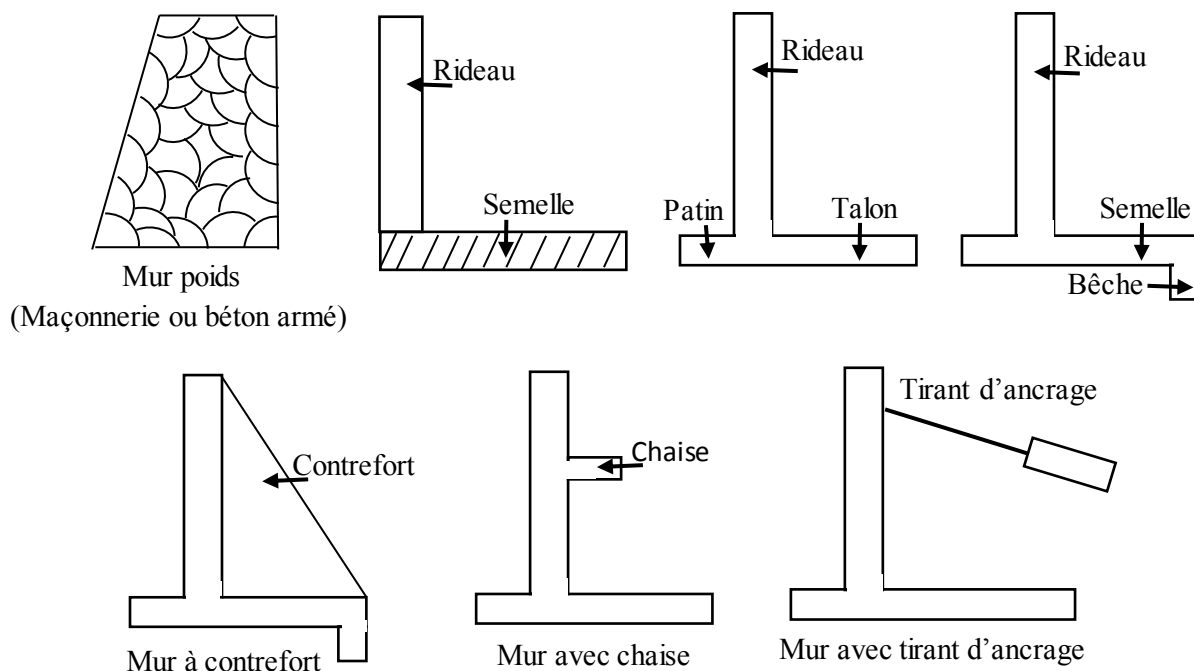
- Soit en site montagneux pour protéger les chaussées routières contre le risque d'éboulement ou d'avalanches.
- Soit en site urbain pour réduire l'emprise d'un talus naturel, en vue de la construction d'une route, d'un bâtiment ou d'un ouvrage d'art.



Donc un mur de soutènement est un ouvrage destiné à maintenir les terres.

Exemples

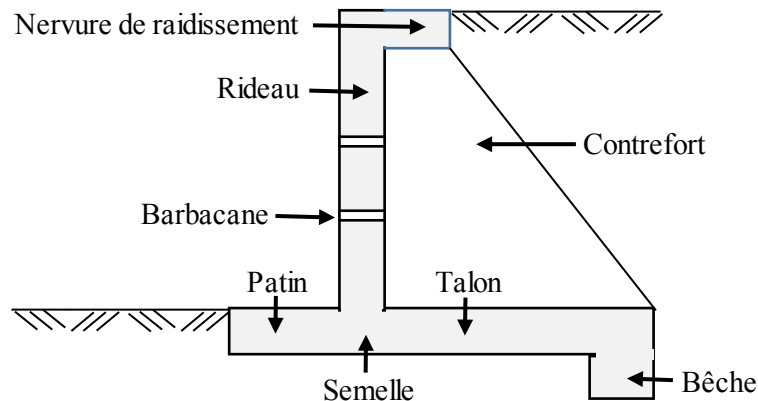
Il existe plusieurs types de murs de soutènement.



I-2 Eléments constitutifs

Un mur de soutènement en béton armé se compose habituellement des éléments suivants :

- Un rideau qui reçoit la poussée des terres et qui est terminé à la partie supérieure par une nervure de raidissement. Ce rideau est généralement muni de barbacanes pour éviter l'accumulation des eaux à l'arrière du mur. (à raison d'une barbacane tous les 2 ou 3 m²).
- Une semelle qui sert de fondation à l'ouvrage qui peut déborder en avant du rideau, de manière à assurer une meilleure répartition des pressions sur le sol. Du Côté des terres, la semelle est généralement terminée par une nervure appelée bêche, qui par l'ancrage qu'elle réalise dans le sol, s'oppose au glissement de l'ouvrage. (glissement provoqué par la composante horizontale de la poussée des terres).
- Des contreforts, régulièrement espacés, qui sont destinés à solidariser le rideau et la semelle et à maintenir ainsi les positions relatives de ces éléments.



II. Evaluation des charges

On néglige le poids de la nervure de raidissement et de la bêche. (= 1,6 KN).

On donne :
$$K_a = \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Avec,

K_a : Coefficient de poussée dépend de (φ , i , α , C), (Voir tableau Caquot Kerizel).

G_r : Poids du rideau

G_s : Poids de la semelle

G_T : Poids des terres sur la semelle

G_T^H : Poussée horizontale des terres

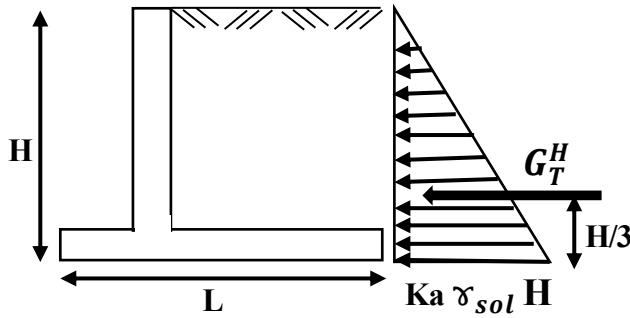
Q : Surcharge sur le remblai

Q^H : Poussée horizontale due à la surcharge.

Pour une tranche de 1m, nous avons :

a) Calcul des forces horizontales

*Poussée horizontale des terres G_T^H



γ_{sol} : Poids volumique du sol

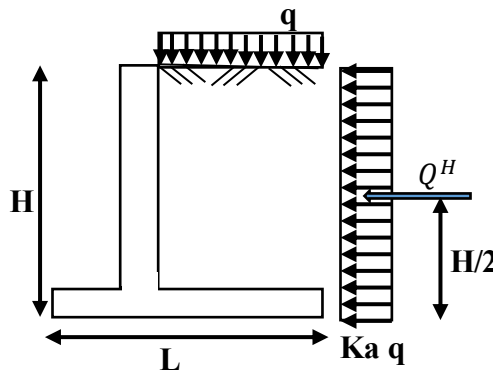
φ : angle de frottement

C : Cohésion

$$G_T^H = \frac{1}{2} K_a \gamma_{sol} H \cdot H$$

$$G_T^H = \frac{1}{2} K_a \gamma_{sol} H^2$$

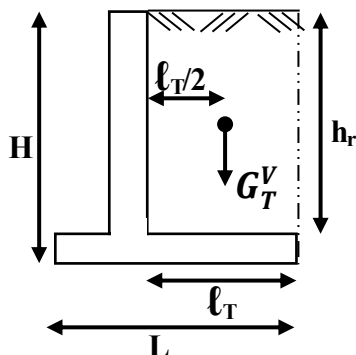
*Poussée horizontale due à la surcharge Q^H



$$Q^H = K_a q H$$

b) Calcul des forces verticales

*Poids des terres sur la semelle G_T^V



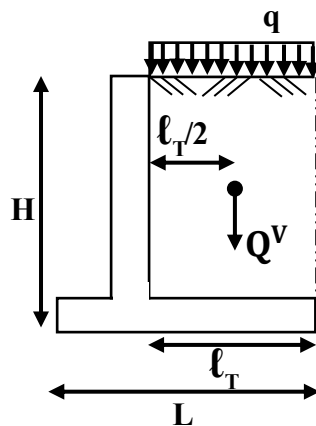
$$G_T^V = h_r l_T \gamma_{sol}$$

Avec,

h_r : hauteur du rideau

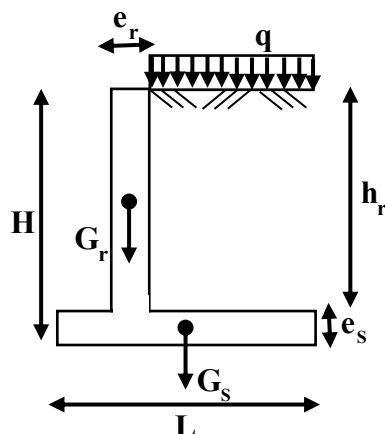
l_T : longueur du talon

*Surcharge sur le remblai Q



$$Q^v = q l_T$$

*Poids du rideau et de la semelle G_r et G_s



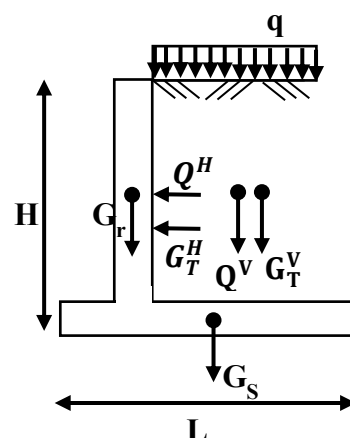
$$G_r = \gamma_b e_r h_r$$

$$G_s = \gamma_b e_s L$$

γ_b : Poids volumique du béton

Récapitulation

Forces horizontales et verticales appliquées
sur le mur de soutènement.



III. Vérification de la stabilité du mur de soutènement

Après avoir évalué toutes les forces agissantes sur le mur, on passe à la vérification de la stabilité en tout point.

Toutes les vérifications se feront à l'ELU.

Il est nécessaire de procéder aux vérifications suivantes :

III- 1 Stabilité du mur au glissement

Soit,

$$H : \text{force horizontale de glissement} \quad H = 1,35 G_T^H + 1,5 Q^H$$

et

$$V : \text{force verticale stabilisatrice} \quad V = G_r + G_s + G_T^V + 1,5 Q^V$$

On vérifie que : $H / V = \text{force de glissement} / \text{force stabilisatrice} \leq f$

Avec : $f = 0,3$ pour argile

$f = 0,6$ pour gravier

$f = 0,5$ pour sable

III- 2 Stabilité du mur au renversement

Pour vérifier la stabilité du mur au renversement, on localise arbitrairement l'axe de rotation du mur au droit de l'arête extérieure de la semelle et l'on compare les moments par rapport à cet axe :

- Des forces stabilisatrices que sont le poids du mur, de la semelle et des terres.
- Des forces renversantes que sont les poussées des terres et des surcharges.

La vérification au renversement s'écrit alors :

$$\text{Moments stabilisateurs} / \text{Moments de renversement} \geq 1,5 \quad (\text{coefficient de sécurité})$$

III-3 Résistance du sol de fondation

Il faudra également qu'en tout point de la partie inférieure de la fondation du mur, la contrainte maximale induite par les différentes actions reste inférieure à la portance du sol, désignée par $\bar{\sigma}_{\text{sol}}$.

La vérification des contraintes dans le sol s'écrit : $\sigma_{\text{semelle}} (\text{max}) \leq \bar{\sigma}_{\text{sol}}$

Après ces vérifications préliminaires, on évalue les sollicitations (effort normal « N », effort tranchant « T » et moment fléchissant « M ») maximales qui agissent sur le mur :

Ces sollicitations serviront de données pour le calcul des armatures des différentes parties du mur.

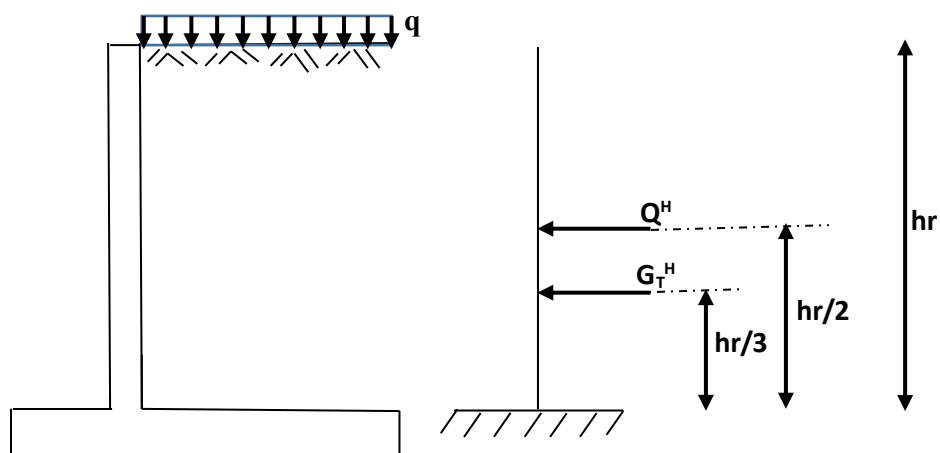
IV- Ferraillage du mur de soutènement

Le calcul du ferraillage se fait à l'ELU et à l'ELS (fissuration préjudiciable).

IV-1 Ferraillage du rideau

Le rideau était à sa base encastré dans la semelle, il est soumis à un effort normal de compression appliqué au centre de gravité G et à un moment de flexion dû aux efforts horizontaux de la poussée des terres et de la surcharge. Il travaille donc en flexion composée. Cependant en pratique, il est plus commode de négliger l'action de l'effort normal et de ferrailler le rideau en flexion simple.

- Le rideau est sollicité par l'action de la poussée des terres et celle de la surcharge.
- On calcule le moment à l'encastrement (Section à la base du rideau).



Le calcul se fait en flexion simple sous MG_T^H et MQ^H .

ELS $M_{ser} = MG_T^H + MQ^H$

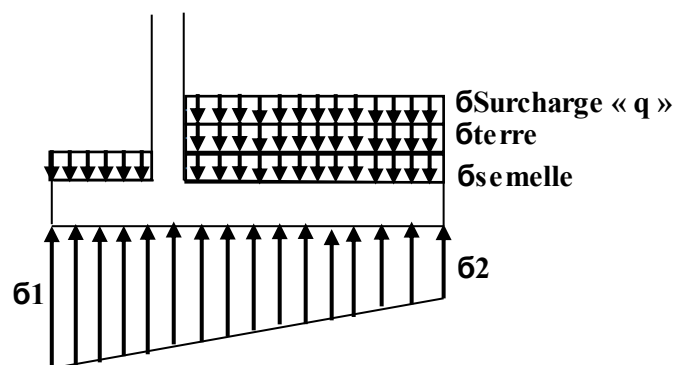
ELU $M_u = 1,35 MG_T^H + 1,5 MQ^H$

IV-2 Ferraillage de la semelle

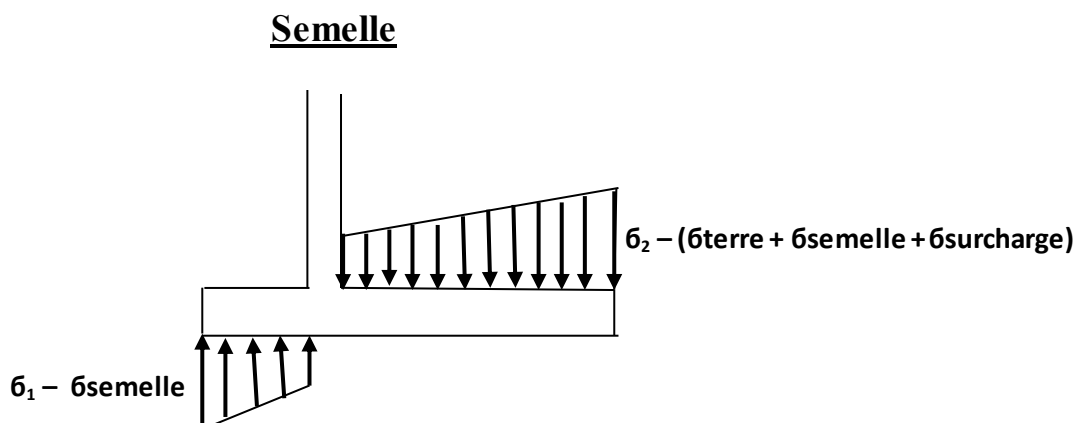
Les semelles avant et arrière seront considérées comme des consoles encastrées au rideau.

- La semelle du mur est soumise à :
 - Des contraintes verticales ascendantes (contraintes dans le sol) dont les valeurs aux extrémités correspondent aux contraintes ($\sigma_{\max} = \sigma_1$; $\sigma_{\min} = \sigma_2$) dirigées vers le haut calculées précédemment.
 - Des contraintes uniformes descendantes dues au poids de la semelle (dirigées vers le bas).
 - Des contraintes uniformes dues au sol et aux surcharges au-dessus du talon de la semelle (dirigées vers le bas).

Les contraintes appliquées sur la semelle sera donc :

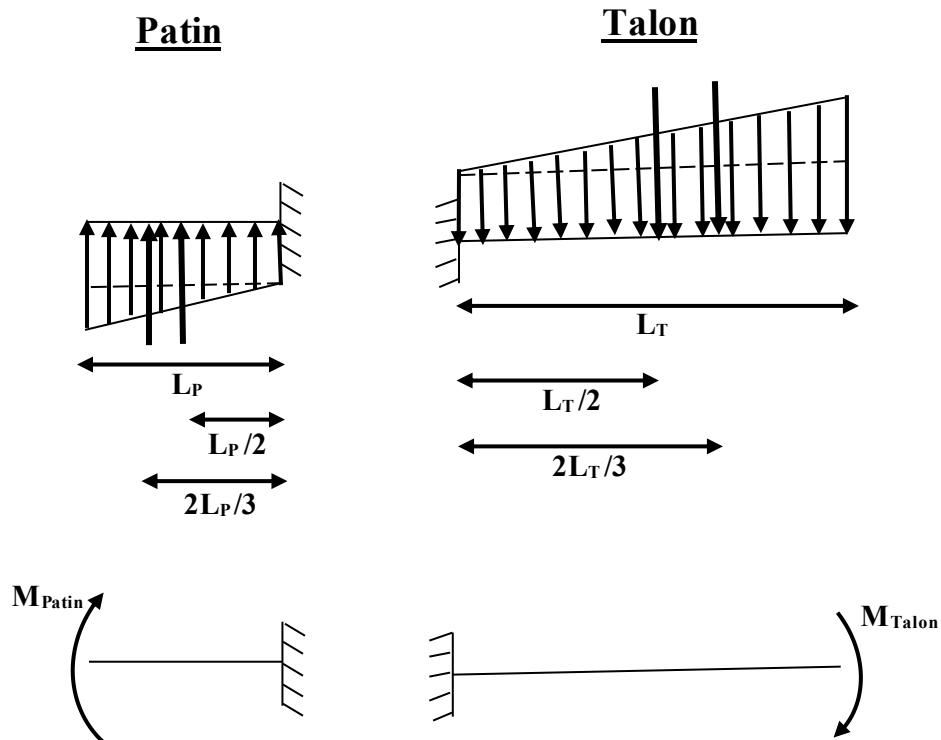


La sommation des contraintes donne :



L'avant et l'arrière de la semelle (talon et patin) seront considérés comme des consoles encastrées au rideau.

Le calcul du ferrailage se fait en flexion simple sous les moments de flexion comme représenté ci-dessous.



IV-3 Croquis de ferrailage principal du mur de soutènement

