

CHAPITRE 1

LES MURS DE SOUTÈNEMENT EN B.A

Chargée de module

D^r. BENSELAMA KHADIDJA

1. INTRODUCTION

Les Ouvrages de soutènement peuvent être classés en plusieurs catégories ; Ils se distinguent principalement par :

- Leur morphologie ;
- Leur mode de fonctionnement ;
- Les matériaux qui les constituent ;
- Leur mode d'exécution ;
- Leur domaine d'emploi privilégié (urbain, montagneux, aquatique,...) ;
- Selon leurs méthodes de dimensionnement externe.

Il existe de nombreux types d'ouvrages de soutènement, qui ont été conçus pour répondre aux situations les plus diverses.

- ❖ **Les murs auto-stables** : murs poids en maçonnerie, en béton armé, les murs préfabriqués, ainsi que les murs caissons, les murs en gabions et autres murs autostables en éléments caverneux préfabriqués ; Ils ne sont pas utilisés pour les grandes hauteurs.
- ❖ **Les rideaux** : rideaux de palplanches (Rideaux continus relativement étanches, constitués de profiles métalliques assemblés par des serrures). Parois moulées (Juxtaposition d'éléments verticaux dont la tenue est assurée par leur fiche et des butons (pour soutenir) et tirants éventuels), rideaux de pieux ;
- ❖ **Les massifs en terre renforcée** : terre armée, les murs en géotextile ou en gabions armés, les parois clouées ; Principe : faire travailler un sol d'apport, renforcé par des armatures passives, pour constituer un massif poids.

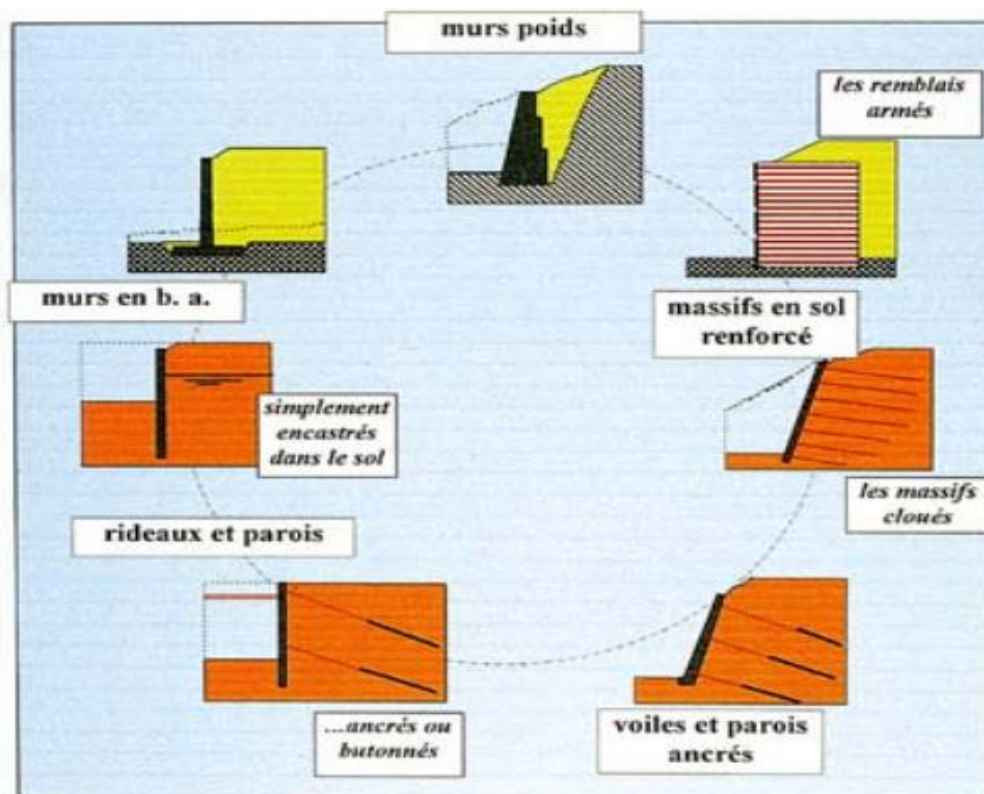


Figure 1. Les types de murs de soutènement

Tous ces ouvrages ont en commun la force de poussée exercée par le massif de sol retenu. L'effort de poussée exercé par le massif peut être repris de diverses manières. Trois modes principaux peuvent être distingués :

- La poussée est reprise par le poids de l'ouvrage de soutènement ;
- La poussée est reprise par encastrement de l'ouvrage de soutènement ;
- La poussée est reprise par des ancrages

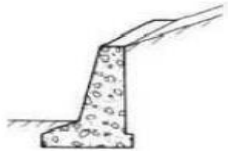
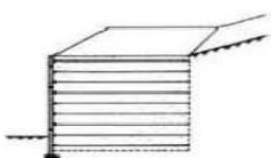
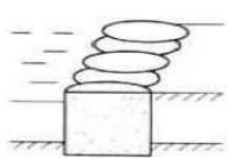
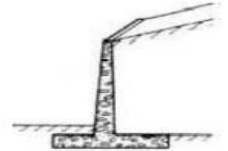
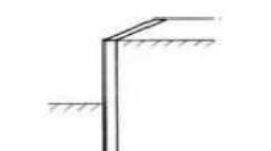
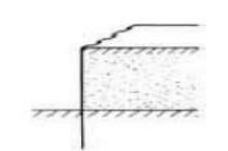
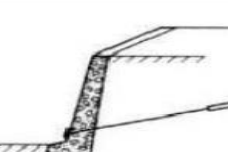
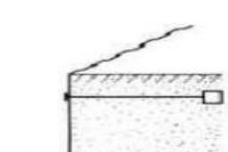
Classification des ouvrages de soutènement d'après le mode de reprise de la poussée			
Mode de reprise de la poussée	Ouvrages de soutènement		
Poids de l'ouvrage	 Mur poids en béton ou maçonnerie	 Mur en terre armée	 Ouvrage cellulaire
Encastrement	 Mur cantilever en béton armé	 Paroi moulée	 Rideau de palplanches
Ancrage	 Mur en béton, ancré	 Paroi moulée ancrée	 Rideau ancré

Figure 2 Classification des ouvrages de soutènement d'après le mode de reprise de la poussée

2. DEFINITION D'UN MUR DE SOUTÈNEMENT :

Un mur de soutènement est un mur vertical ou sub-vertical qui permet de contenir des terres sur une surface réduite. La retenue des terres par un mur de soutènement répond à des besoins multiples : préserver les routes et chemins des éboulements et glissements de terrain, structurer une berge naturelle en un quai (port maritime et voie navigable), parer en soubassement les fondations d'édifices de grande hauteur, soutenir des fouilles et tranches de chantier pour travailler à l'abri de l'eau (batardeau).

- ❖ Les murs en béton armé sont le type d'ouvrage de soutènement le plus couramment employé.

3. LES ELEMENTS CONSTITUTIFS D'UN MUR DE SOUTÈNEMENT EN B.A

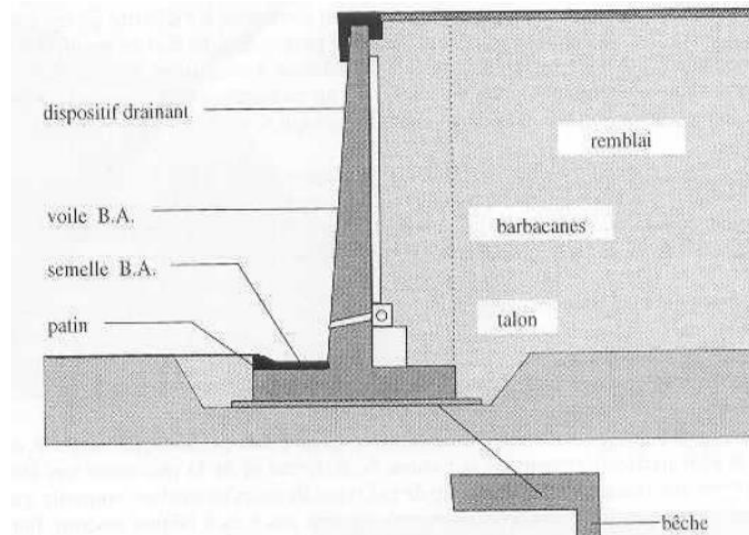


Figure 3 Les éléments constitutifs d'un mur de soutènement

a) RIDEAU ou VOILE :

Rideau ou voile est un élément qui reçoit la poussée des terres et surcharges, encastré à la base dans une semelle et prend appui sur le *contrefort* pour augmenter la rigidité du mur à la flexion qui comporte dans sa partie supérieure une nervure de raidissement afin de limiter les déformations au sommet

Le rideau est muni des ouvertures appelées *Barbacane* placées sur la longueur du mur pour faciliter l'écoulement et l'évacuation des eaux qui risque d'être cumulées à l'arrière du mur (*assurer le drainage*) :

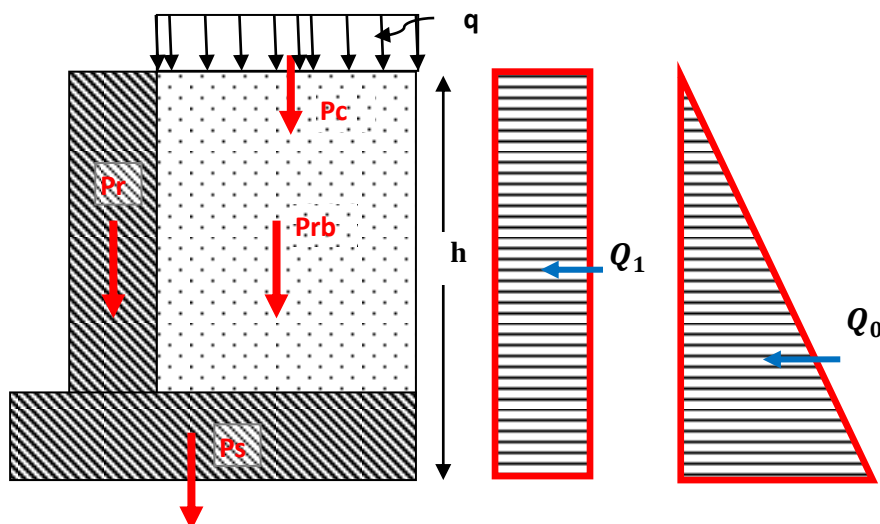
b) SEMELLE :

C'est la fondation de l'ouvrage, elle peut être débordée à l'avant du mur (patin) pour mieux répartir les pressions sur le sol. A l'arrière du mur la semelle est munie d'une nervure appelée *Bêche* (B) afin d'éviter le glissement de l'ouvrage provoqué par la poussée des terres.

c) LES CONTREFORTS :

Sont des éléments destinés pour solidariser le rideau et la semelle, espaces pour maintenir la stabilité de l'ouvrage, ils sont utilisés lorsque la hauteur du mur $h > 4\text{m}$.

4. FORCES AGISSANTES SUR LE MUR



a. Forces verticales

- Le poids du rideau **Pr**
- Poids de la semelle **Ps**
- Poids des terres **Prb** (remblai)
- Poids de la surcharge **Pc**
- Poids total (résultante de toutes les forces verticales) **$P = Pr + Ps + Prb + Pc$**

b. Forces horizontales

- La poussée du massif de terres **Q_0**
- La poussée due à la surcharge **Q_1**
- Résultante des forces horizontales **$Q = Q_0 + Q_1$**

La poussée des terres **$Q_0 = A \Delta \frac{h^2}{2}$** (appliquée à $\frac{2}{3}$ de la hauteur du mur)

* Coefficient de poussée **$A = tg^2(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2})$**

* **φ** Angle de frottement

* **Δ** le poids spécifique des terres (remblais)

La poussée due à la surcharge **$Q_1 = A q h$** (appliquée à $\frac{1}{2}$ de la hauteur du mur)

5. VERIFICATION DE LA STABILITE D'UN MUR DE SOUTÈNEMENT

Le calcul de stabilité d'un mur de soutènement en BA prend en compte **3 vérifications**

- Renversment;
- Glissement;
- Poinçonnement;

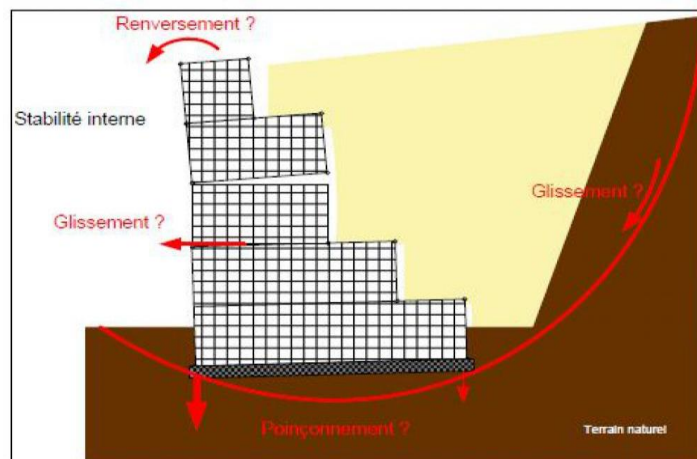


Figure 4 les phénomènes d'instabilité d'un mur de soutènement

5.1. Stabilité au renversement

Cette vérification se fait par rapport à l'axe de rotation du mur (généralement l'arrête inférieure de l'aval de la fondation). On compare la somme des moments des forces qui tendent à renverser le mur et la somme des moments des forces stabilisantes.

Le rapport de ces deux sommes est le coefficient de stabilisé au renversement. Le mur est stable vis-à-vis du renversement, si ce coefficient de stabilité (*sécurité*) est supérieur ou égal à **1,5 ou 2**.

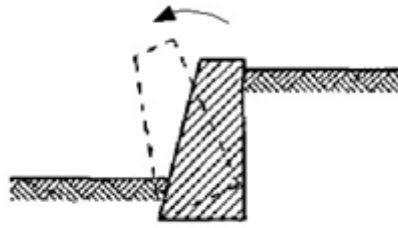


Figure 5. Renversement du mur

Le raisonnement se fait sur une tranche de 1 mètre linéaire.

$$\frac{\sum \text{des moments stabilisants l'ouvrage /pt0}}{\sum \text{des moments renversants l'ouvrage /pt0}} > 2$$

- ❖ Les moments stabilisants ou résistants sont induits par:

L'action du poids propre de l'ouvrage ou éventuellement celle du volume de sol qui charge sa fondation.

L'action de la butée, bien que participant à la résistance au renversement est négligée par sécurité.

- ❖ Les moments moteurs sont ceux induits par: la poussée des terres éventuellement l'action de l'eau si celle-ci est retenue par l'ouvrage.

5.2. Stabilité au glissement

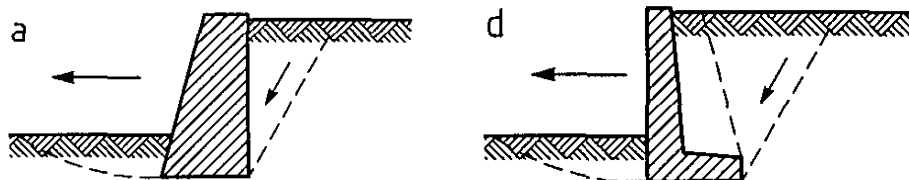


Figure 6 Le glissement

La vérification de la stabilité du mur vis-à-vis du glissement consiste à comparer la composante T de la résultante R de toutes les actions dans le plan de la fondation, et de résistance que le terrain est capable d'opposer au glissement ($C.B + N.tg \delta$).

C: cohésion du terrain

B: largeur de la fondation

δ : angle de frottement entre la base du mur et le sol (*en général* $= \varphi$).

$$\frac{(C.B + N.tg \delta)}{T} > 1,5$$

Ou bien

$$\frac{\sum \text{des forces horizontales qui glissent l'ouvrages}}{\sum \text{des forces verticales qui stabilisent l'ouvrage}} < F$$

F : le coefficient de frottement entre béton et sol

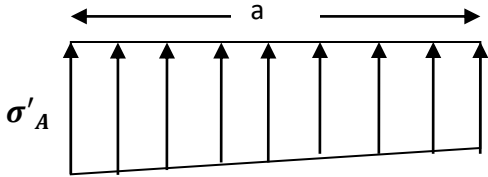
5.3. Stabilité au poinçonnement (vérifications des contraintes)

La stabilité au poinçonnement consiste à vérifier que l'on se trouve suffisamment loin des conditions de rupture du sol de fondation.

Dans son principe, sa justification consiste à vérifier que la contrainte normale appliquée au sol de fondation reste *inférieure* à une fraction de la contrainte de rupture du sol.

$$\sigma'_A = \frac{N}{S} + \frac{M.V}{I} < \bar{\sigma}_{sol} \qquad \sigma'_B = \frac{N}{S} - \frac{M.V}{I} > 0$$

$$\sigma'_A = \frac{N}{1000 a} + \frac{6Mg}{1000a^2} < \bar{\sigma}_{sol}$$



$$\sigma'_B = \frac{N}{1000 a} - \frac{6Mg}{1000a^2} > 0$$

$\bar{\sigma}_{sol}$: La contrainte de rupture du sol (contrainte admissible)

6. CALCUL DU FERRAILLAGE

RIDEAU

Le rideau travaille comme une console encastrée à la base dans la semelle est soumis à une charge triangulaire (poussée des terres) et une autre charge rectangulaire (poussée due à la surcharge si elle existe)

Les armatures du rideau seront calculées par le moment de flexion $M = Qh / 3$ et pour une section rectangulaire de largeur 1m et de hauteur = épaisseur du mur ;

SEMELLE

La semelle est calculée comme une *poutre encastrée* d'un côté et *libre* de l'autre

La semelle est soumise par une tranche de 1mètre

1. Le poids propre de la semelle
2. Le poids du rideau
3. Le poids des terres (remblais)
4. La réaction du sol

7. MUR A CONTREFORTS:

Lorsque la hauteur du mur devient importante ou que les coefficients de poussée sont élevés, le moment d'encastrement du voile sur la semelle devient grand. Une première solution consiste à disposer des contreforts dont le but est de raidir le voile. **Figure 8** Mur à contreforts On peut encore adopter d'autres solutions pour limiter les poussées des terres sur le voile des murs, mais elles sont d'un emploi peu fréquent. Ces solutions, certes astucieuses et séduisantes, ont l'inconvénient d'être

d'une exécution difficile et de grever le coût du mur, même si l'on économise par ailleurs sur la matière.

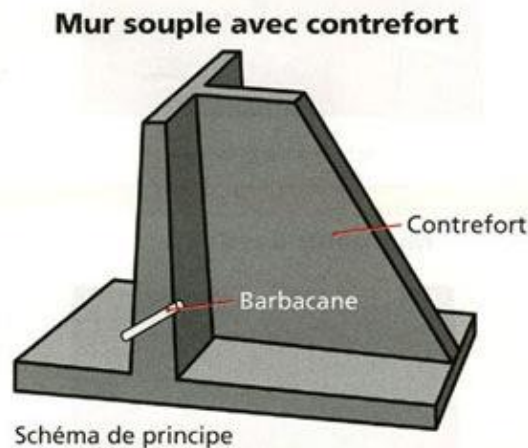


Figure 8 Mur à contreforts

❖ CALCUL D'UN MUR AVEC CONTREFORT

La vérification de la stabilité du mur est comme celle d'un mur sans contrefort (section précédente)

a. Calcul du rideau

Dans ce cas le rideau travaille comme une dalle semi encastrée sur les contreforts et soumise à une charge horizontale ; pour cela on découpe le mur en tranches de 1m de hauteur à partir du sommet et on suppose que chaque tranche est soumise à une pression constante (poussée des terres) ,

❖ Les valeurs des moments

En travée $M_t = 0.8 M_0$

En appui $M_a = -0.5 M_0$

b. Calcul de la semelle

La semelle est soumise à : son poids propre (P_s), une charge uniformément répartie sur toute la largeur de la semelle, Le poids de rideau (P_r), poids d remblais (P_t), la surcharge sur le remblai (P_c)

Qui correspond à une charge (P') et la réaction du sol

c. Calcul des contreforts

Ces éléments sont calculés comme des consoles encastrées dans la semelle et soumises aux efforts transmis par le rideau ; leur section est une section en T et la table de compression est constituée par le rideau

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

2009-2010 ENTPE Cours de Mécanique des sols appliquée Murs de soutènement M. BIETH Emmanuel