

Murs de soutènement

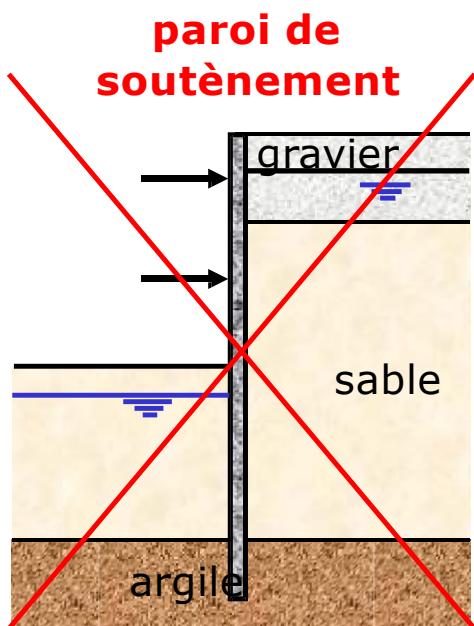
Ouvrages Géotechniques

EPFL



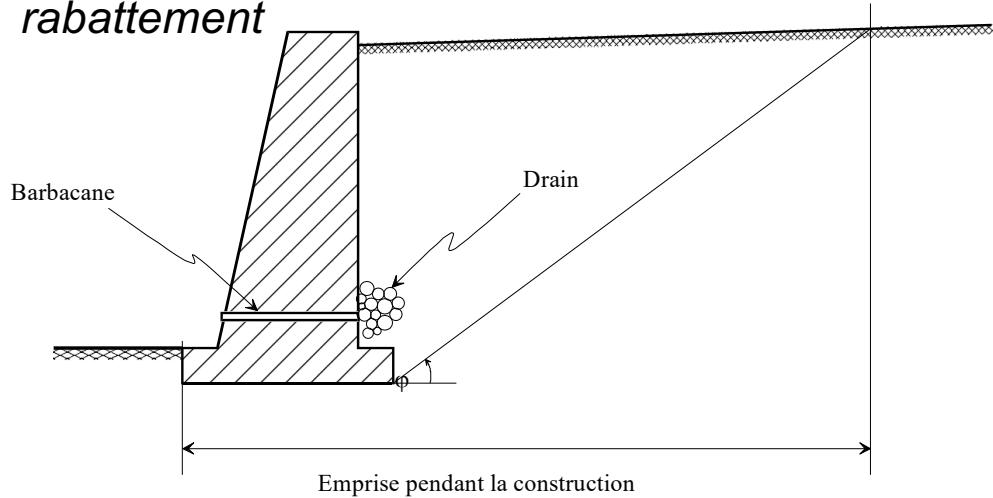
Murs de soutènement Vs Parois de soutènement

Mur de soutènement



Ouvrage auto-stable dont la stabilité est assurée par son propre poids ou par le poids d'un remblai

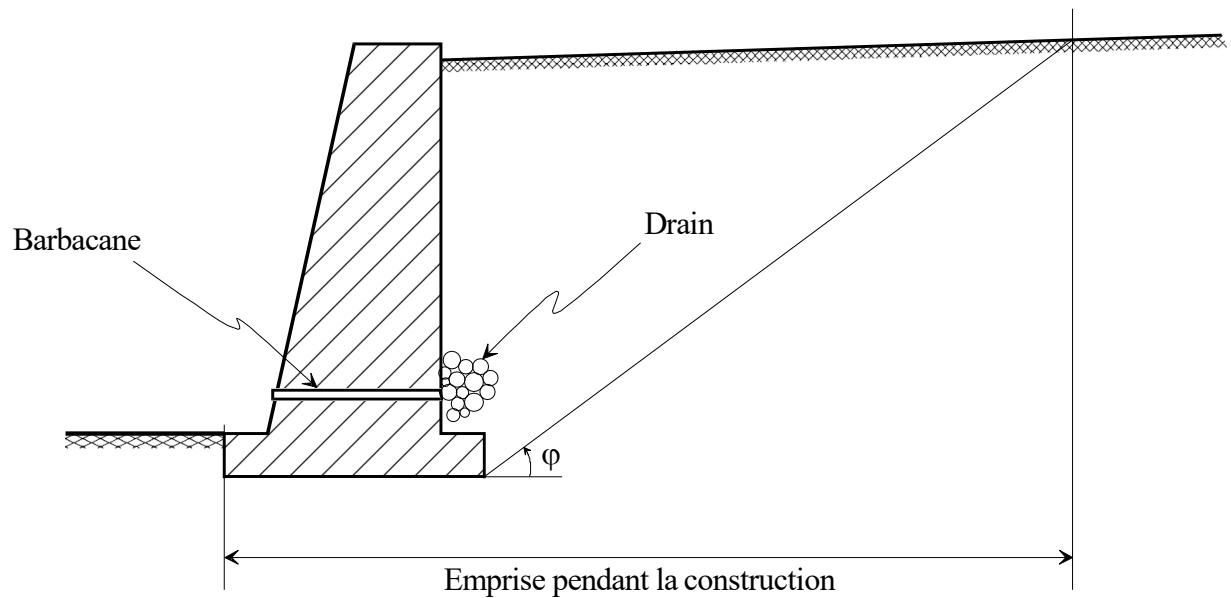
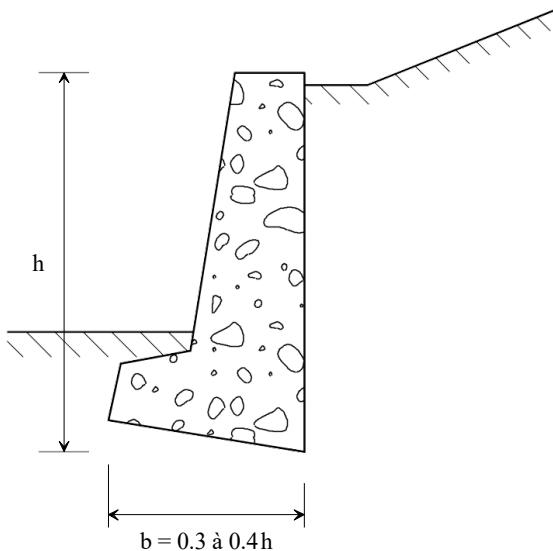
- Remblai apporté derrière le mur
→ terrain de bonne qualité et bien compacté
- Possibilité de drainer le terrain derrière le mur
→ pas de pression d'eau sur le mur
- Réalisation hors nappe ou à l'abri d'un rabattement



Types de murs de soutènement

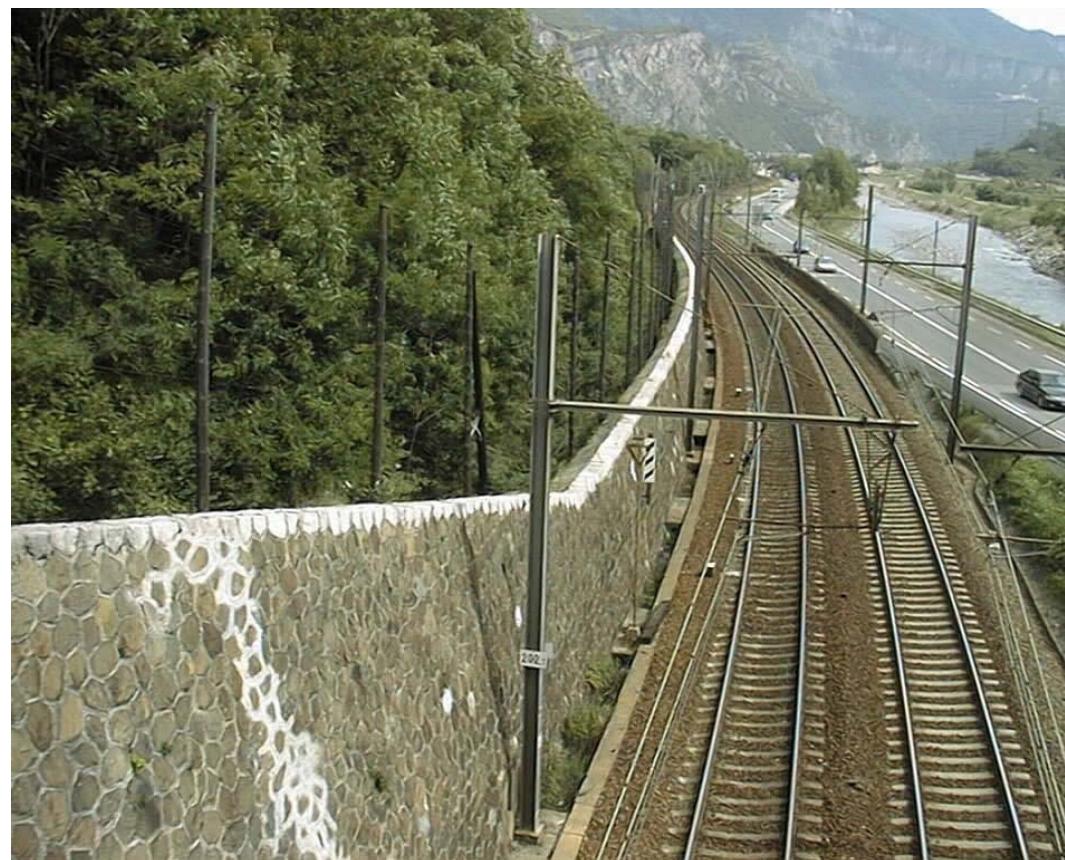
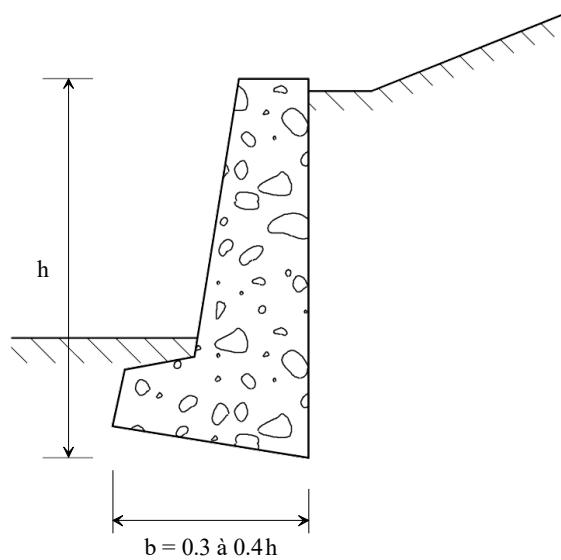
Mur massif ou mur poids

- *Stabilité assurée par son poids propre*
- *Non armé ou légèrement armé*
- → *Terrains de bonne qualité*



Types de murs de soutènement

Mur massif ou mur poids



Types de murs de soutènement

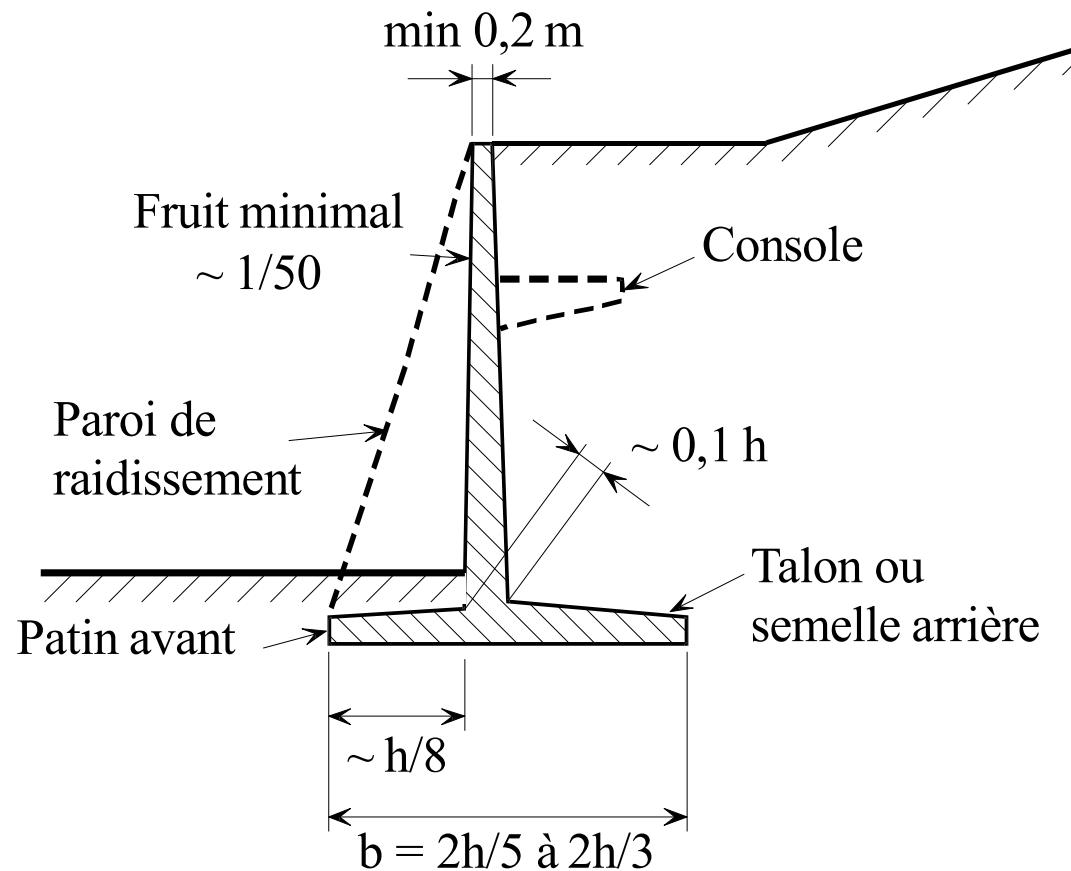


**Mur poids:
Gabion + roches**

Types de murs de soutènement

Mur en équerre

- Stabilité assurée par le poids de terre reposant sur la semelle
- Béton armé avec console ou semelle arrière, avec ou sans paroi de raidissement

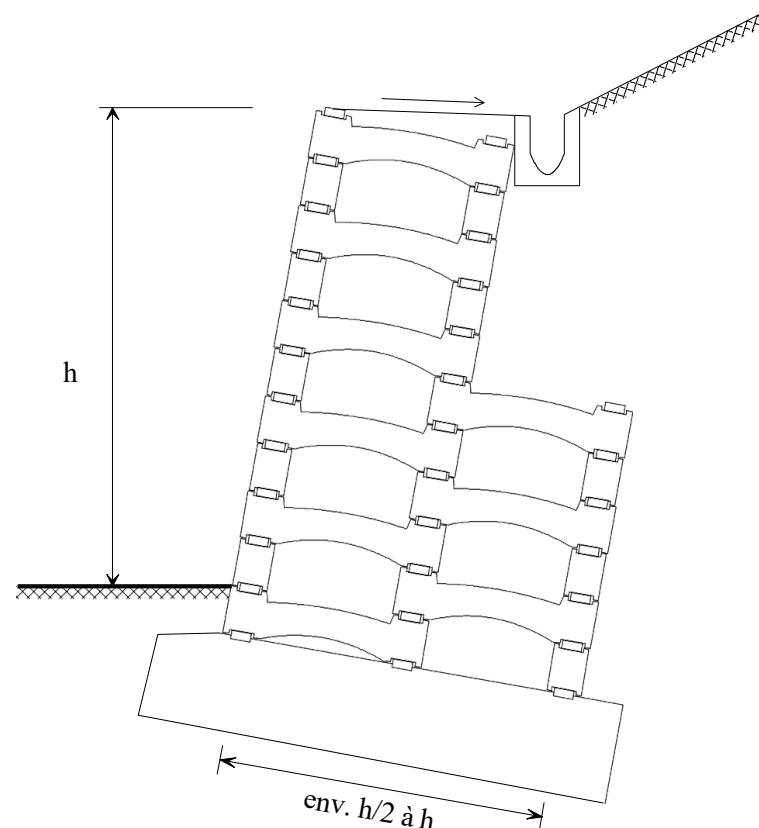




Types de murs de soutènement

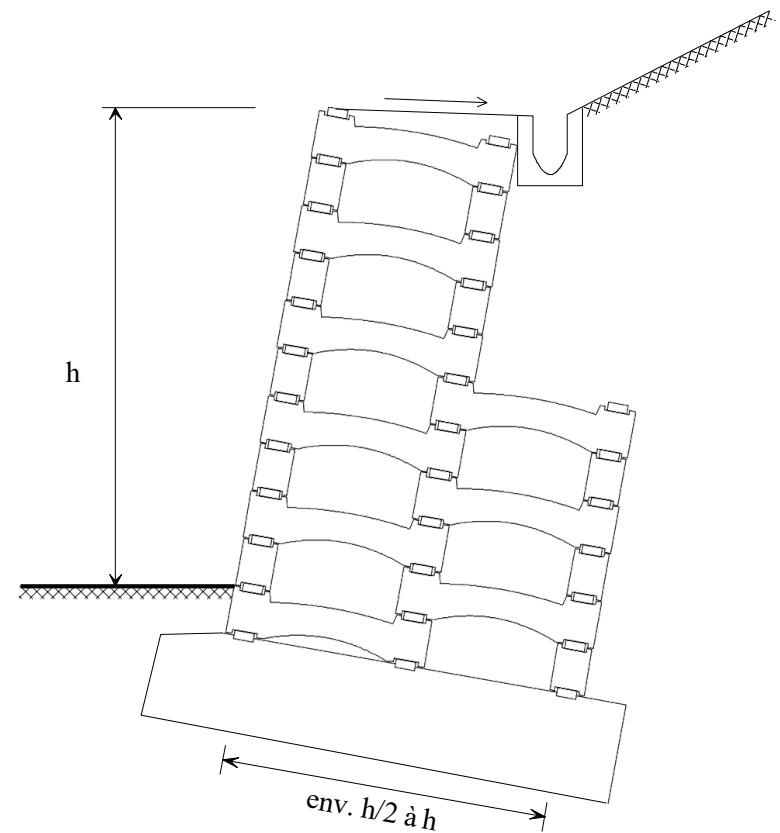
Mur caisson ou mur cellulaire

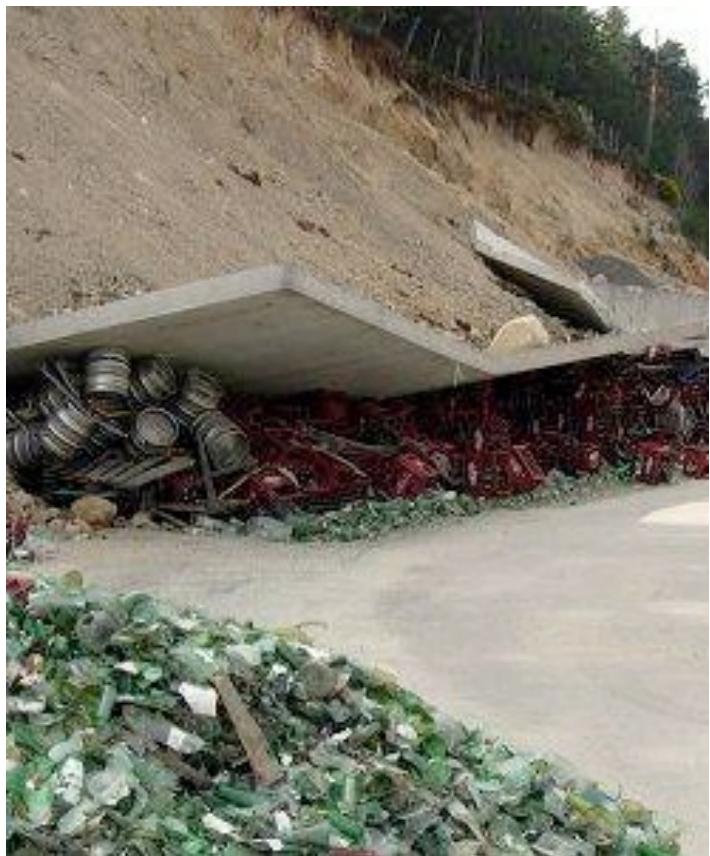
*le terrain contribue
à la stabilité avec
le poids propre
des cellules*



Types de murs de soutènement

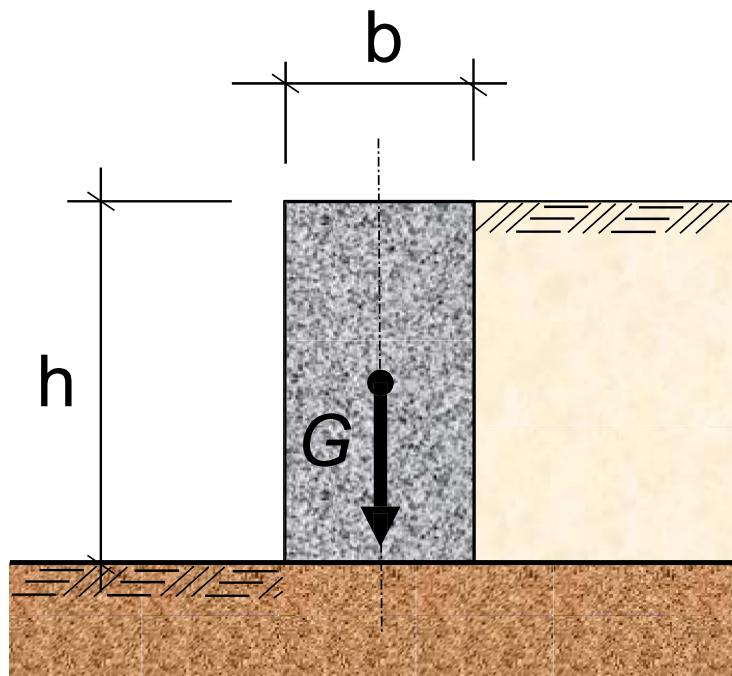
Mur caisson ou mur cellulaire





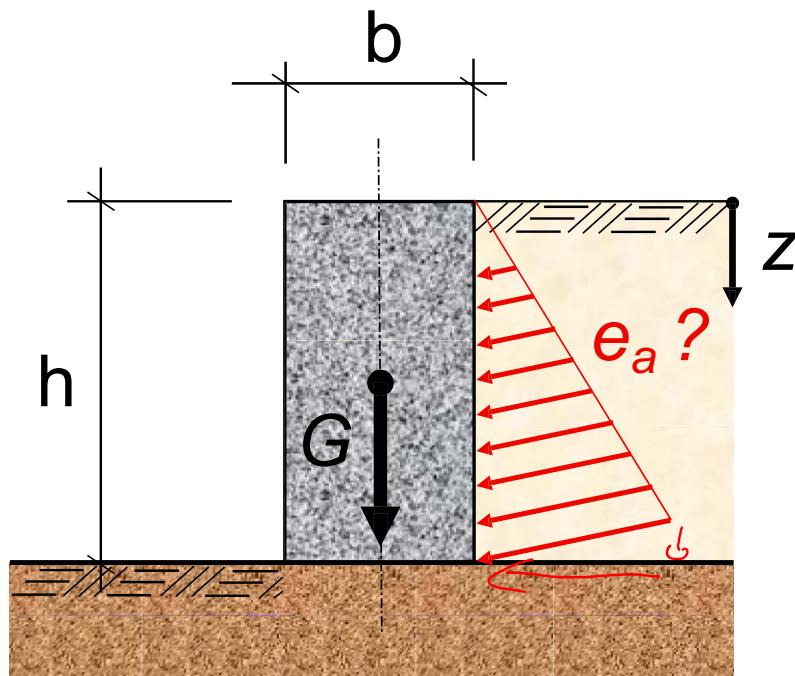
MUR MASSIF DE SOUTÈNEMENT

Poids propre du mur (valeur caractéristique)



Poids propre du mur : $G = \gamma_b \cdot h \cdot b$

Poussée du remblai (valeur caractéristique)



Contraintes derrière le mur :

$$\sigma'_v = \gamma \cdot z$$

Poussée du remblai (valeur caractéristique)

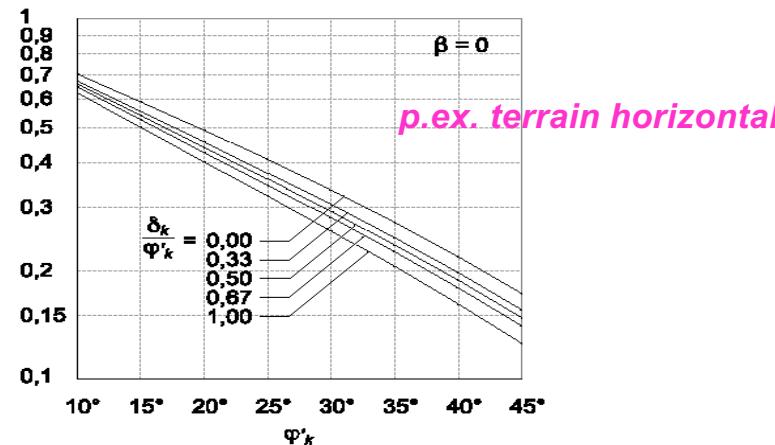
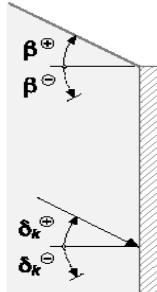
Estimation selon des méthodes reconnues de la mécanique des sols

Poussée active du remblai (Coulomb) : $e_{ah,k} = K_{ah} \cdot \gamma \cdot z$
 $e_{av,k} = e_{ah,k} \cdot \tan \delta_k$

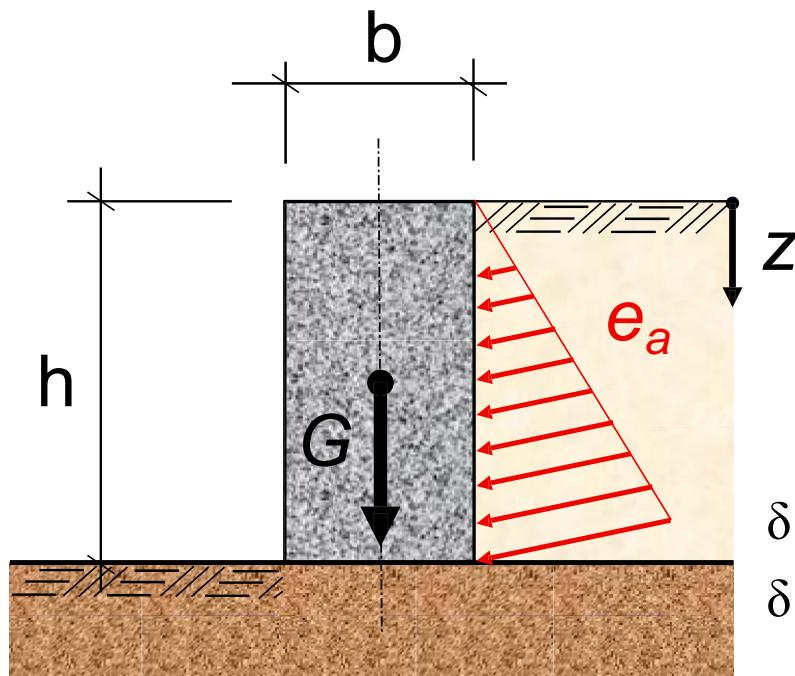
Coefficient de poussée active K_{ah} pour un parement vertical estimé par Coulomb

$\delta_k = \frac{2}{3} \varphi'_k$ parement rugueux et déplacement relatif suffisant entre le sol et l'ouvrage

$\delta_k = 0$ parement lisse ou peu de déplacement relatif entre le sol et l'ouvrage



Poussée du remblai (valeur caractéristique)



Contraintes derrière le mur :

$$\sigma'_v = \gamma \cdot z$$

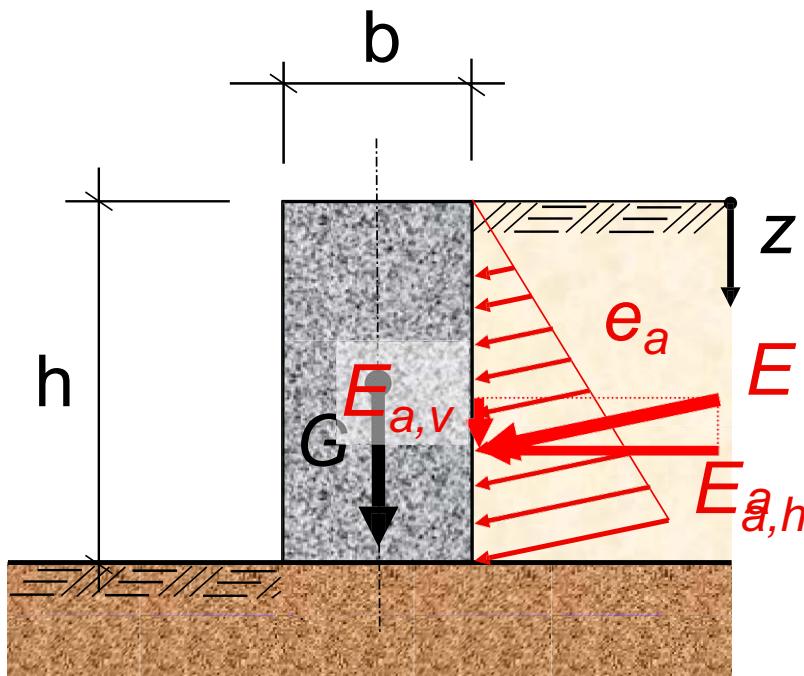
$$e_{a,h} = K_{ah} \cdot \gamma \cdot z$$

$$e_{a,v} = e_{a,h} \cdot \tan \delta$$

$\delta = 2/3 \varphi$ si mur rugueux et déplacement suffisant

$\delta = 0$ sinon

Poussée du remblai (valeur caractéristique)



Contraintes derrière le mur :

$$\sigma'_{v'} = \gamma \cdot z$$

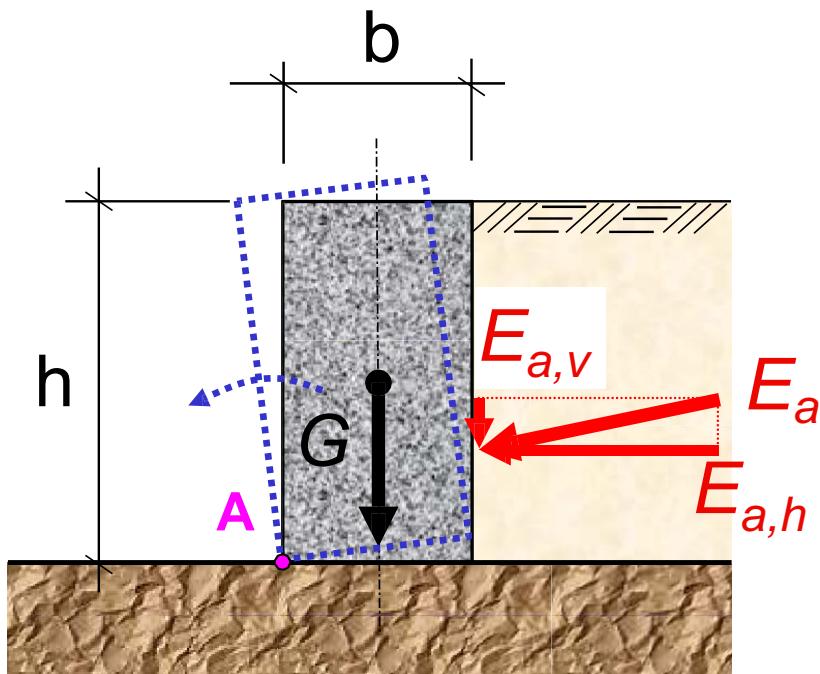
$$e_{a,h} = K_{ah} \cdot \gamma \cdot z$$

$$e_{a,v} = e_{a,h} \cdot \tan \delta$$

$$E_{a,h} = 1/2 \cdot K_{ah} \cdot \gamma \cdot h^2$$

$$E_{a,v} = E_{a,h} \cdot \tan \delta$$

Basculement ou renversement du mur



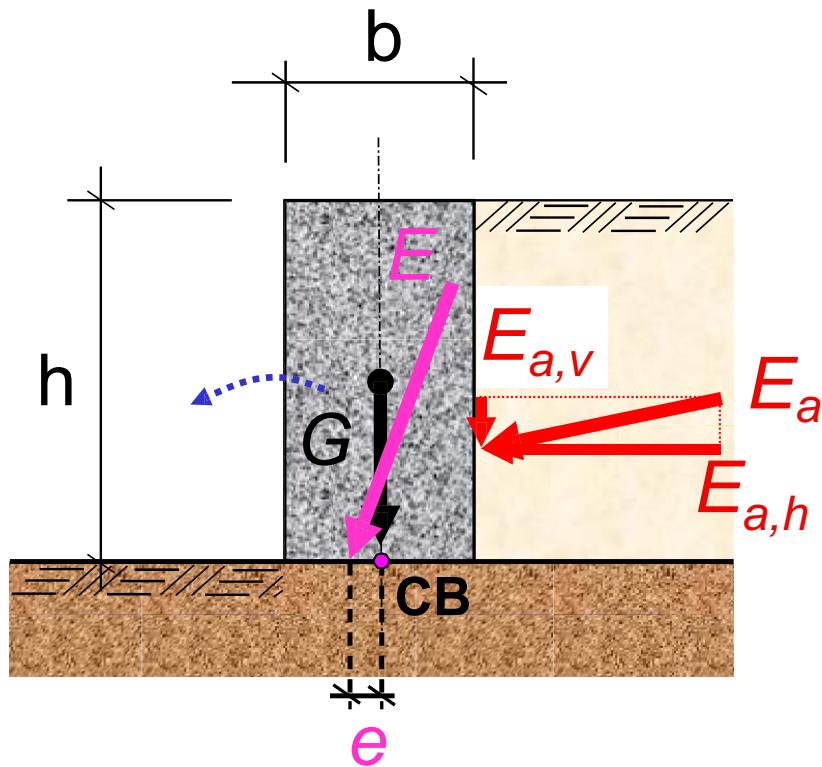
ELU type 1
Mécanisme:
Rotation autour du point A

$$M_{dst} = E_{dst} \leq E_{stb} = M_{stb}$$

$$E_{a,h} \cdot \frac{h}{3} \leq G \cdot \frac{b}{2} + E_{a,v} \cdot b$$

Mur sur un fond rocheux

Basculement ou renversement du mur



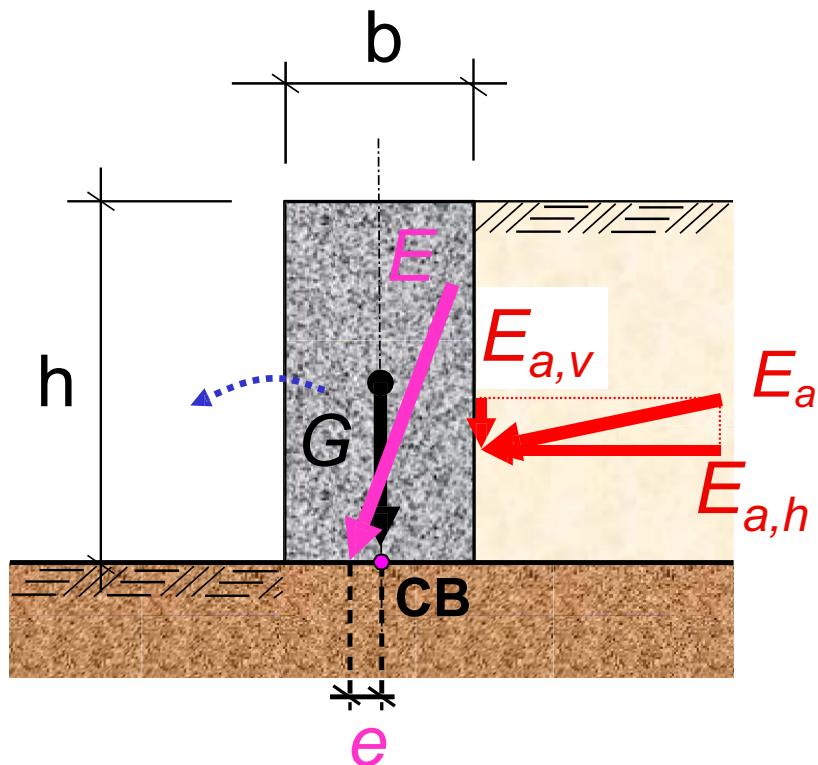
Mur sur un terrain meuble
ELU type 1
Mécanisme moins net

$$e \leq e_{gr} = b/3$$

e : excentricité de la résultante des forces

e_{gr} : excentricité limite

Basculement ou renversement du mur



Mur sur un terrain meuble ELU type 1

Composante normale de E :

$$E_N = G + E_{a,v}$$

Composante tangentielle de E :

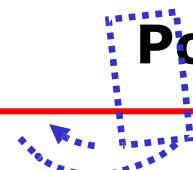
$$E_T = E_{a,h}$$

Moment de la résultante p/r CB :

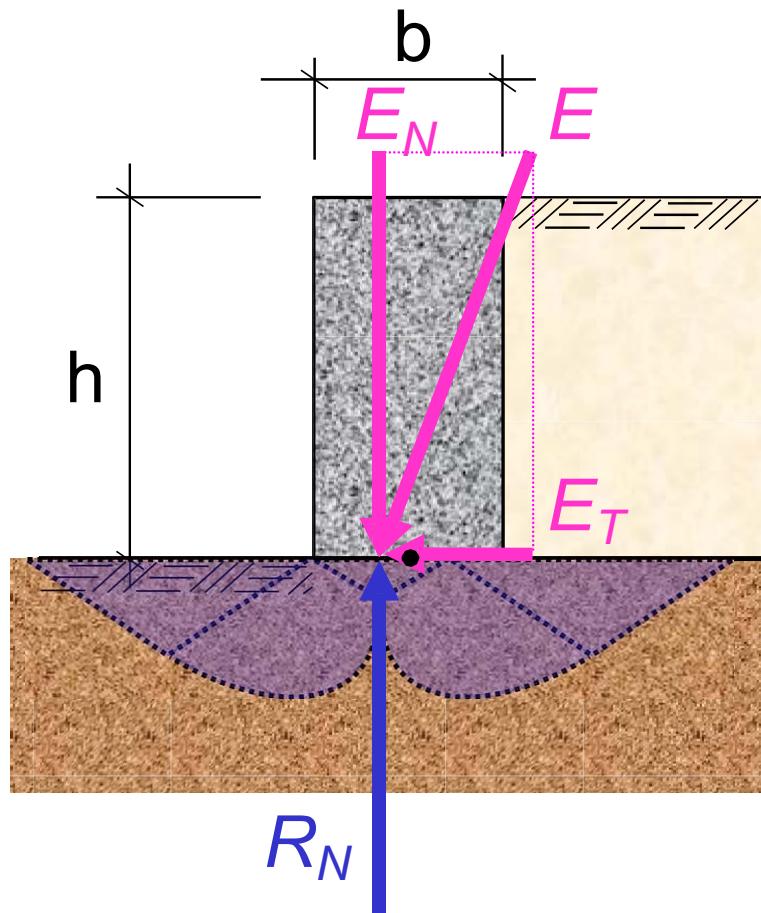
$$M_{CB} = E_{a,h} \cdot h/3 - E_{a,v} \cdot b/2$$

Excentricité de la résultante :

$$e = M_{CB} / E_N \leq e_{gr} = b/3$$



Poinçonnement du sol sous le mur

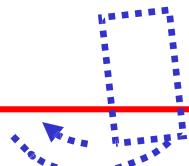


Poinçonnement du sol ELU type 2 externe

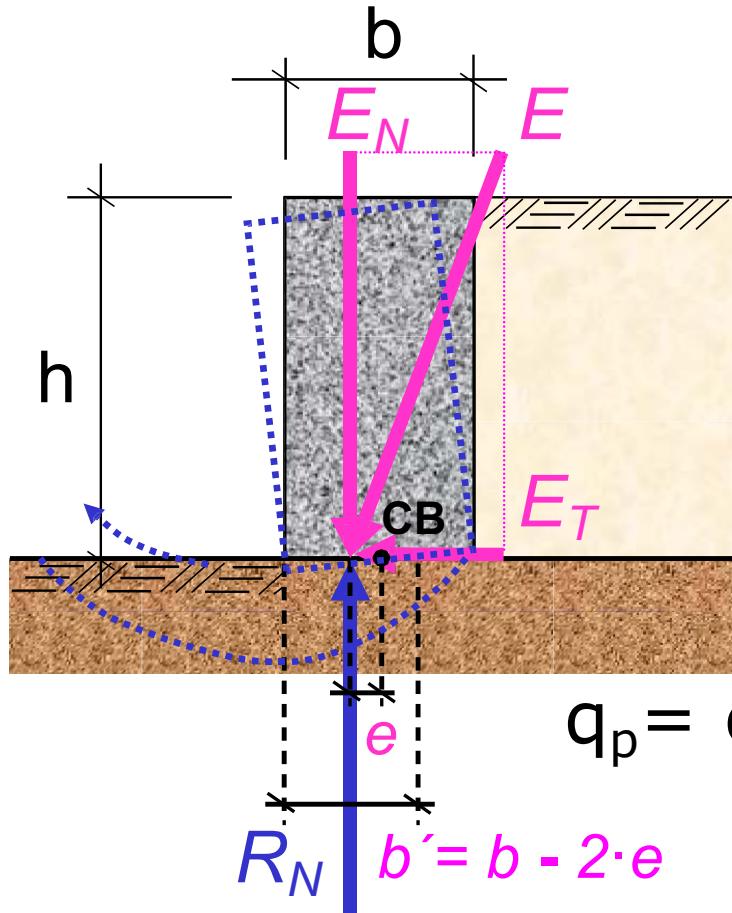
Vérification :

$$E_N \leq R_N$$

*En tenant compte de
l'excentricité
et de
l'inclinaison
de la résultante des forces*



Poinçonnement du sol sous le mur



$$E_N = G + E_{a,v}$$

$$E_T = E_{a,h}$$

$$M_{CB} = E_{a,h} \cdot h/3 - E_{a,v} \cdot b/2$$

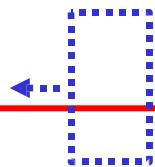
$$e = M_{CB} / E_N$$

$$\varepsilon = \text{arc tan} (E_T / E_N)$$

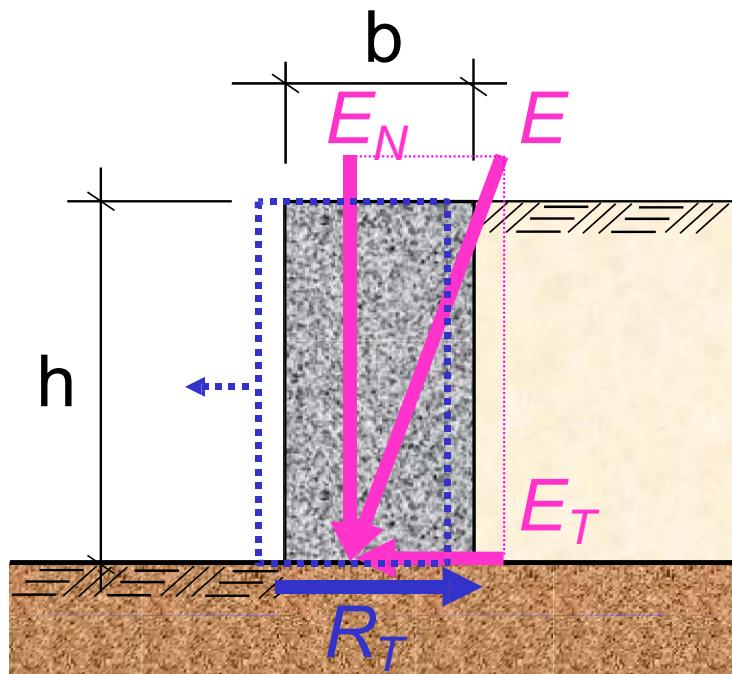
Charge de poinçonnement:

$$q_p = c' N_c i_c + q N_q i_q + \frac{1}{2} b' \gamma N_\gamma i_\gamma$$

$$R_N = q_p b'$$



Glissement du mur à l'interface



Glissement du mur ELU type 2 externe

Vérification :

$$E_T \leq R_T$$

$$E_T = E_{a,h}$$

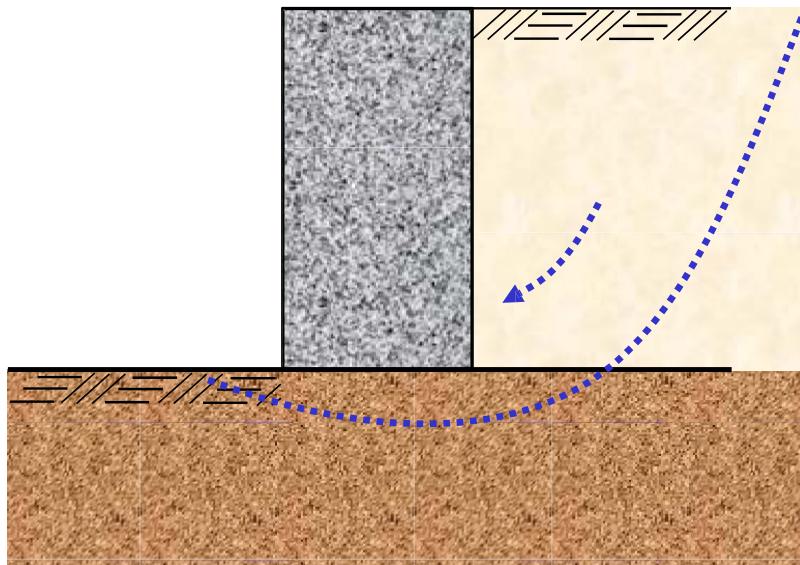
$$R_T = E_N \cdot \tan \delta + A' c'$$

$$A' = b' \cdot 1 \text{ surface effective}$$

$\delta = \varphi'$ si semelle rugueuse avec rupture dans le sol

$\delta = \frac{1}{2} \text{ à } \frac{2}{3} \varphi'$ si semelle lisse avec rupture dans l'interface

Glissement généralisé

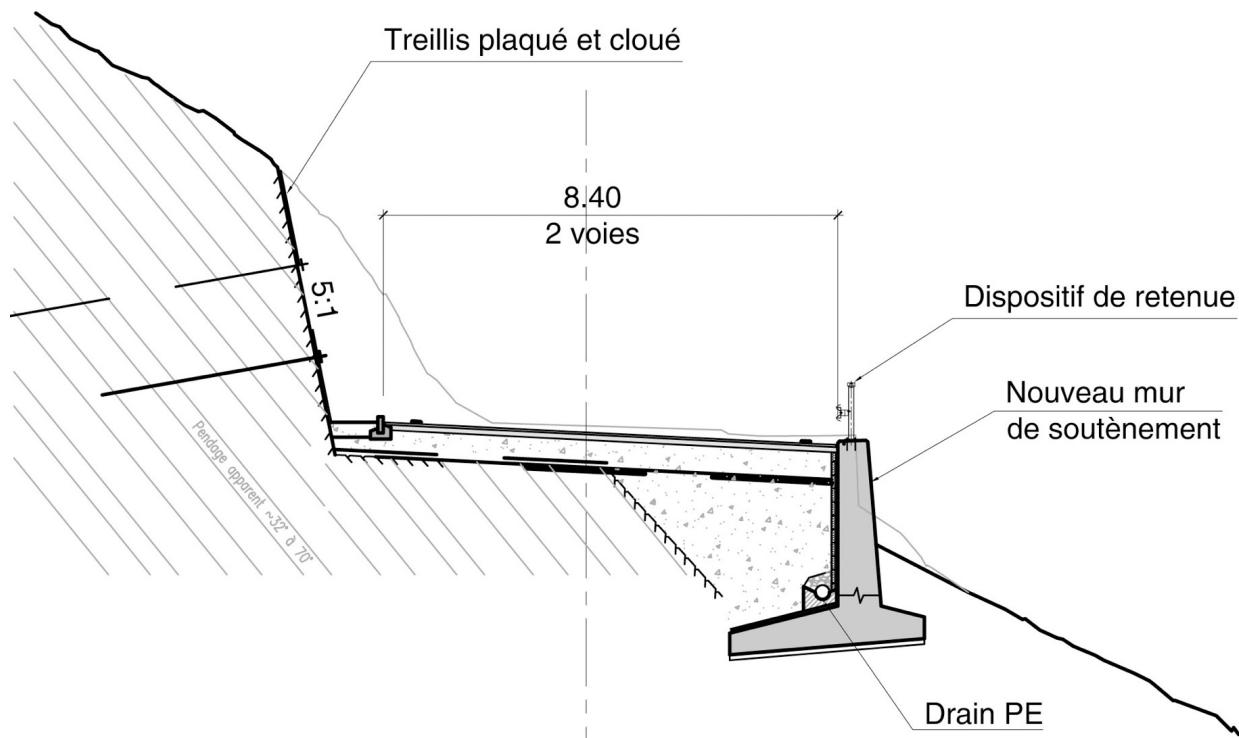


**Glissement
généralisé
englobant le mur**

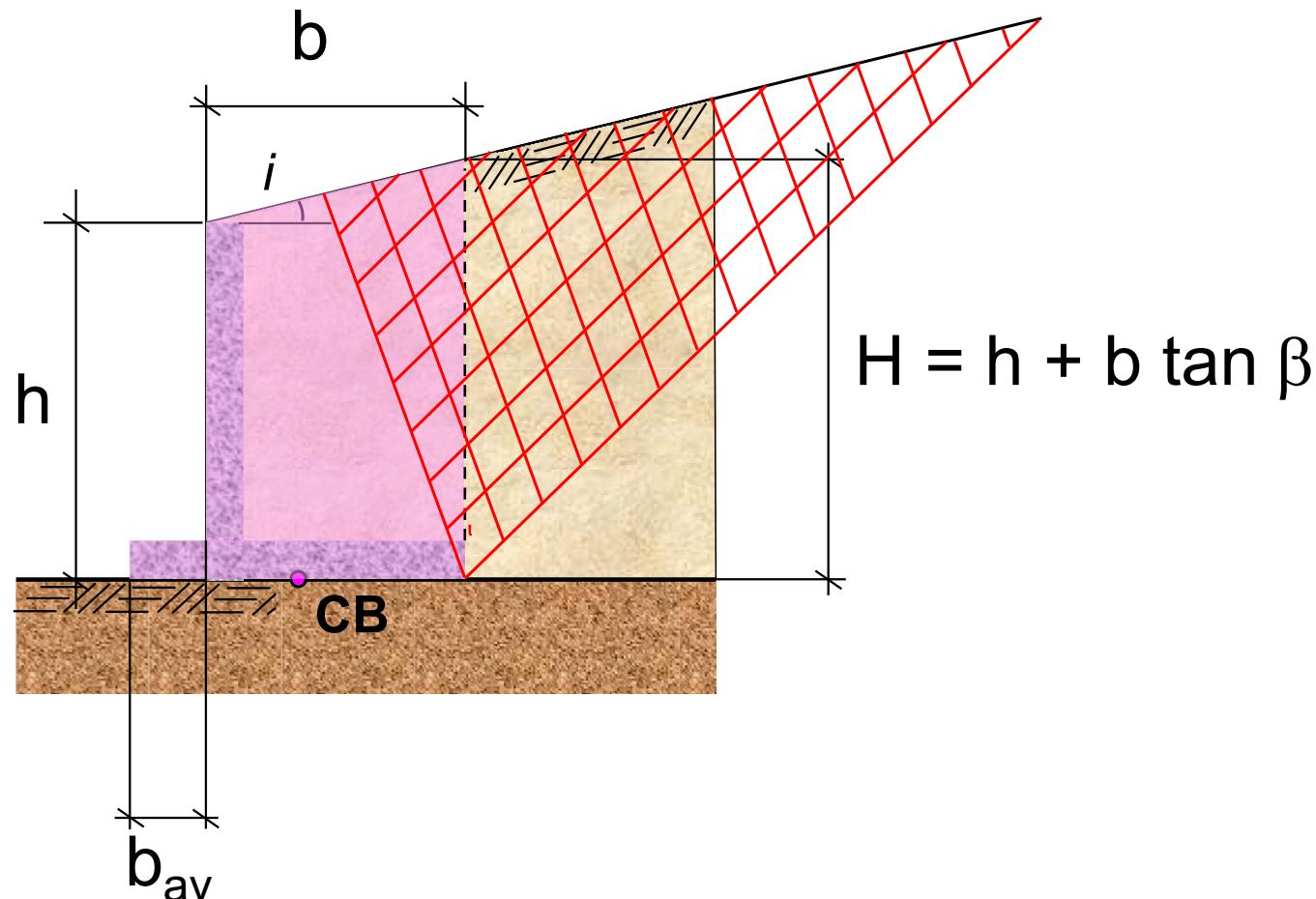
ELU type 3

STABILITÉ DES MURS EN ÉQUERRE

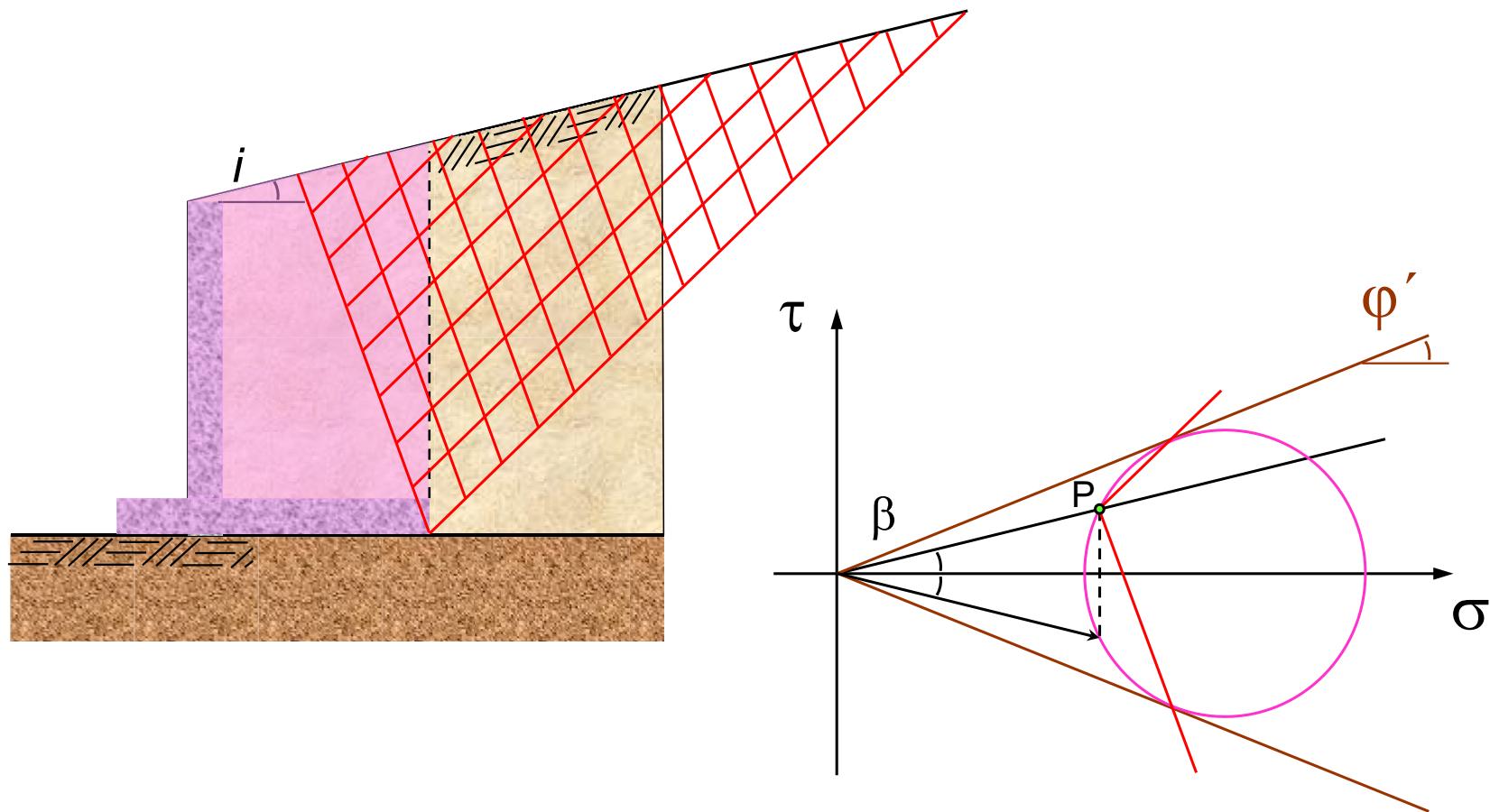




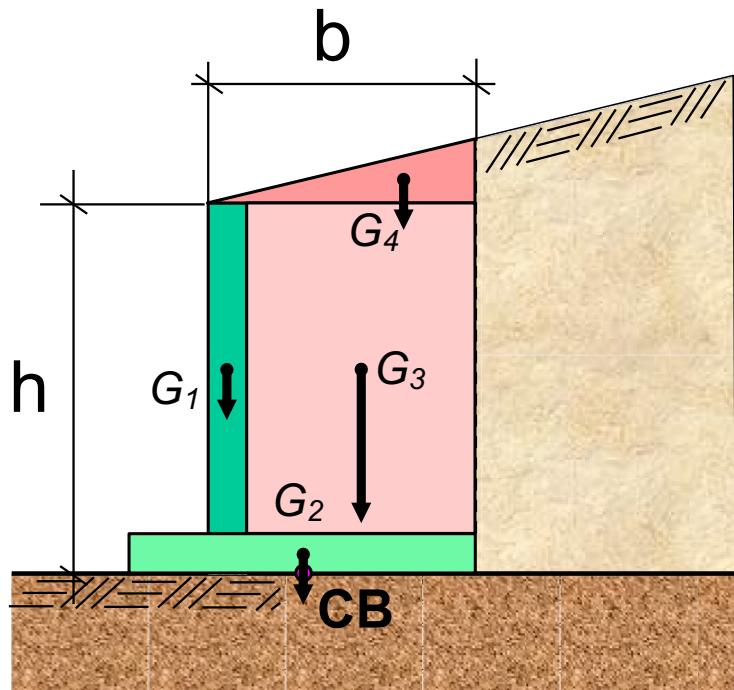
Modélisation du mur en équerre



Mécanisme de rupture



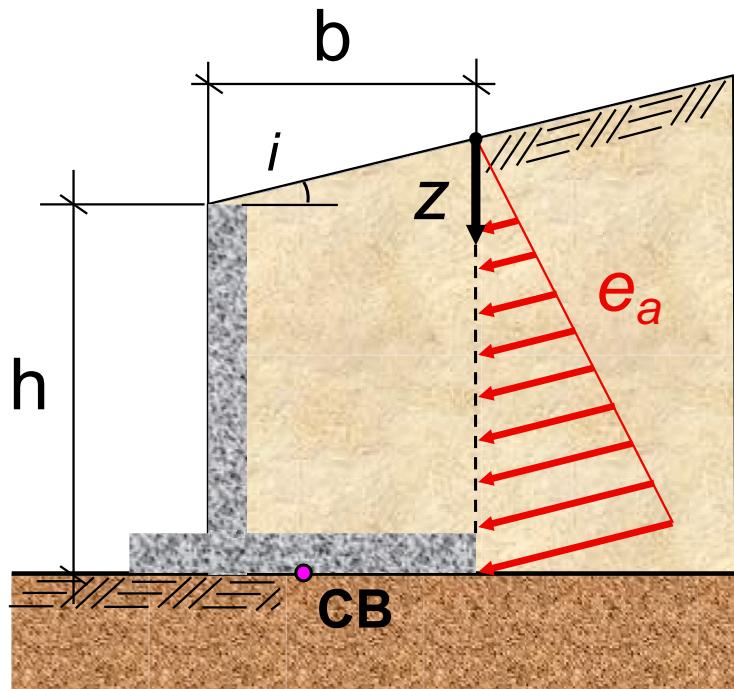
Actions sur le mur (valeurs caractéristiques)



Poids propre du mur en béton :
 G_{1k} et G_{2k} évalués avec γ_b

Poids propre du remblai :
 G_{3k} et G_{4k} évalués avec γ

Actions sur le mur (valeurs caractéristiques)

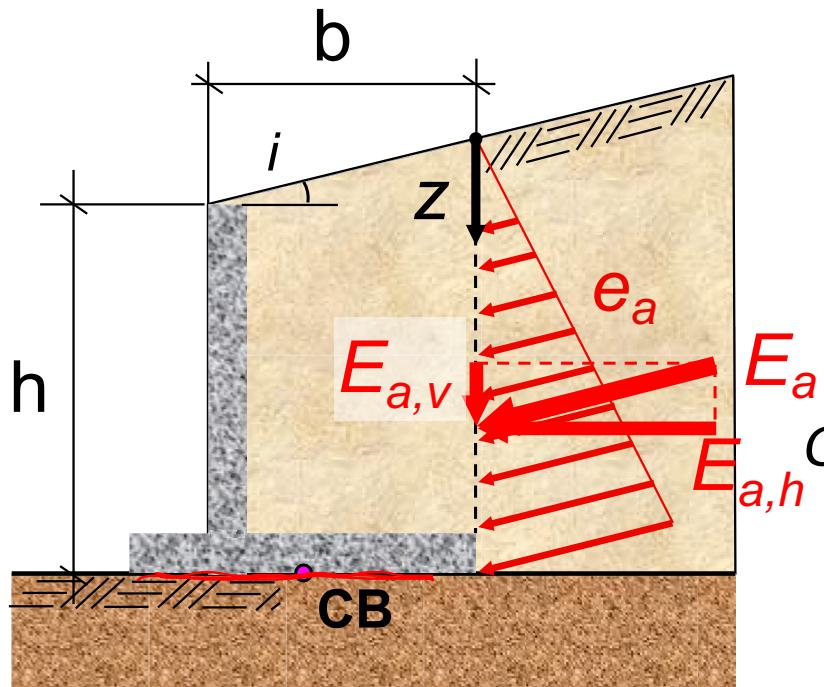


Contraintes derrière le mur :

$$e_{ah,k} = K_{ah} \cdot \gamma \cdot z$$

$$e_{av,k} = e_{ah,k} \cdot \tan i$$

Actions sur le mur (valeurs caractéristiques)



Contraintes derrière le mur :

$$e_{ah,k} = K_{ah} \cdot \gamma \cdot z$$

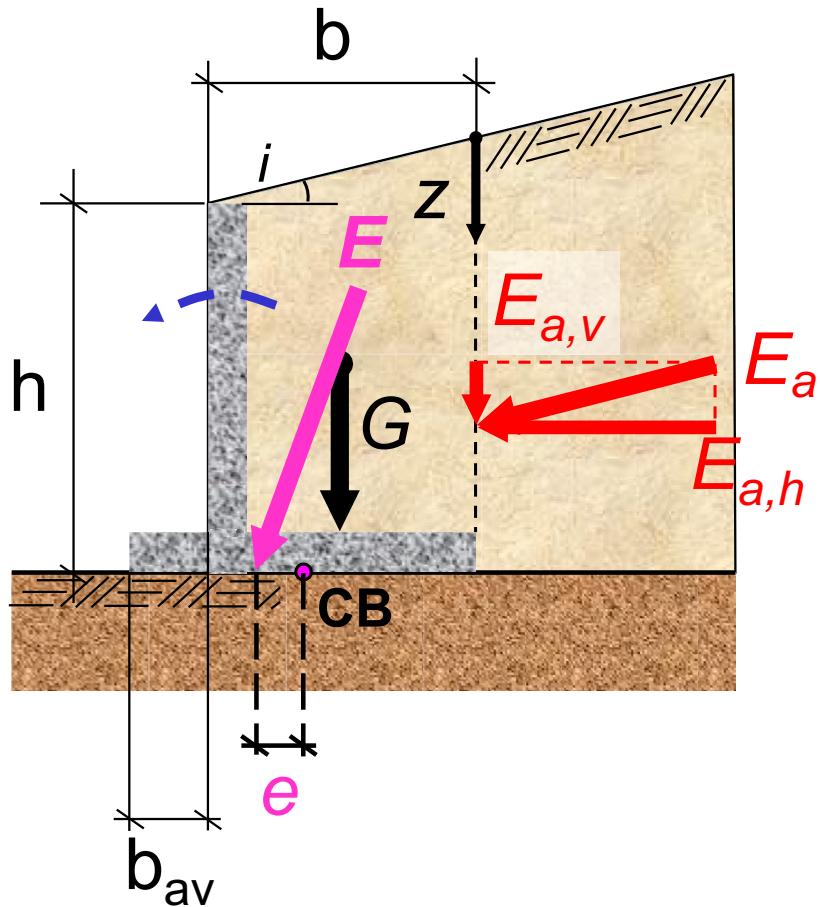
$$e_{av,k} = e_{ah,k} \cdot \tan i$$

$$E_{ah,k} = \frac{1}{2} \cdot K_{ah} \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$E_{av,k} = E_{ah,k} \cdot \tan i$$



Basculement ou renversement du mur



Mur sur un terrain meuble
ELU type 1
Mécanisme pas net

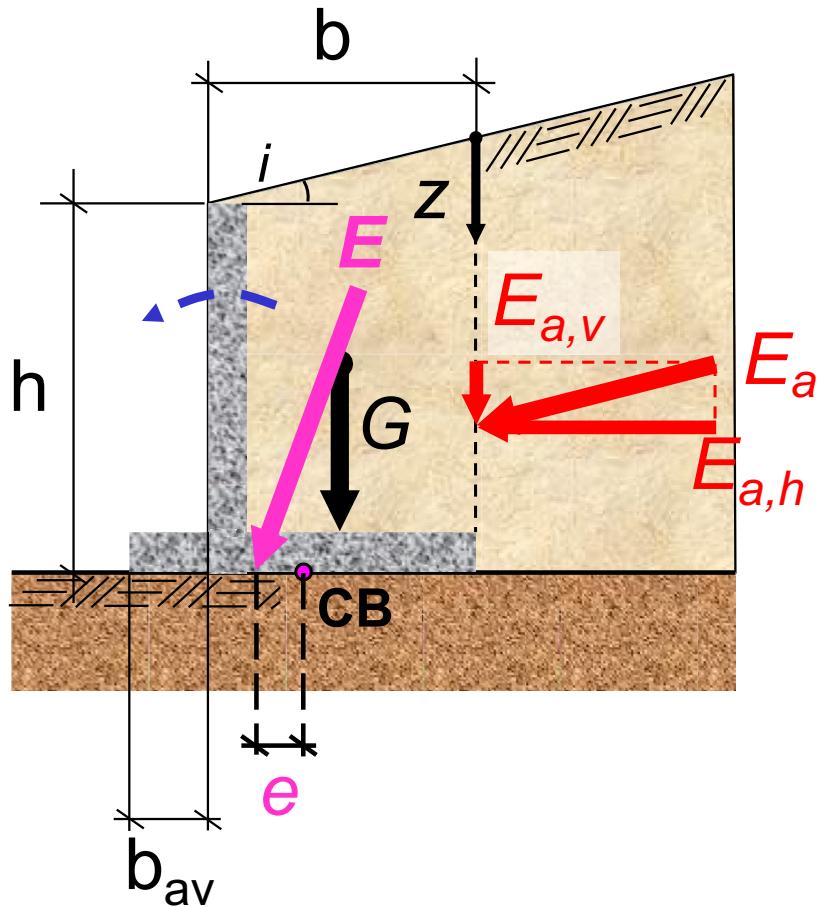
$$e_d \leq e_{gr} = (b + b_{av}) / 3$$

e : excentricité de la résultante des forces

e_{gr} : excentricité limite



Basculement ou renversement du mur



Mur sur un terrain meuble ELU type 1

Poids propre du mur et du remblai:

effet favorable

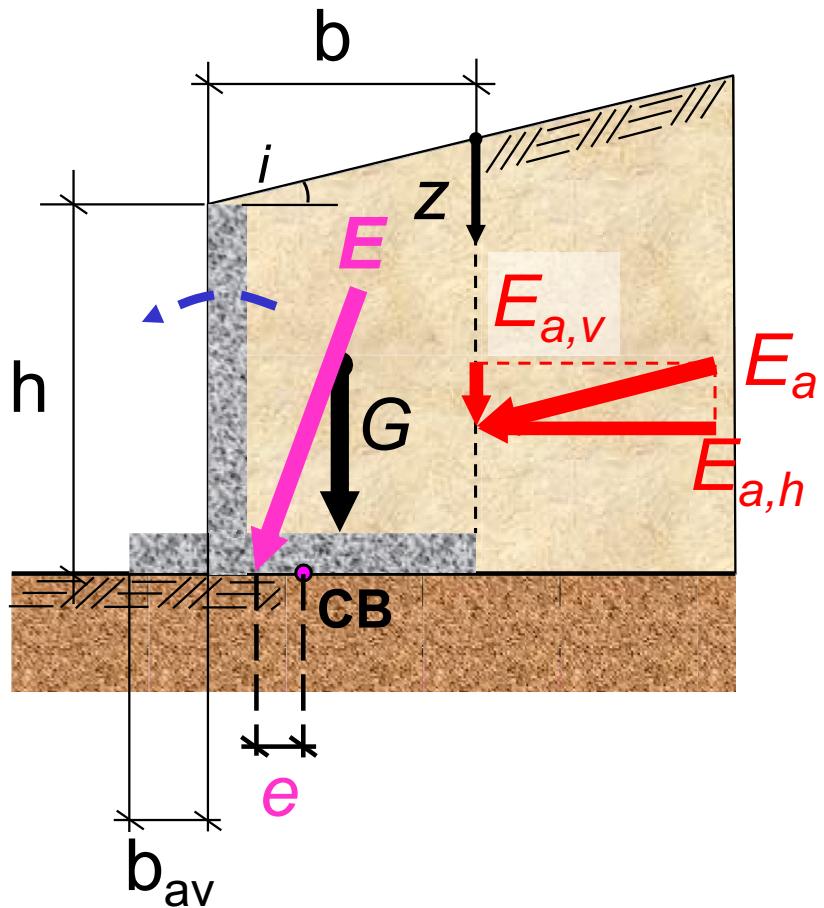
$$G_k = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{k4}$$

Poussée due au remblai :

effet défavorable



Basculement ou renversement du mur



Mur sur un terrain meuble ELU type 1

Composante normale de E :

$$E_{N,d} = G_d + E_{av,d}$$

Composante tangentielle de E :

$$E_{T,d} = E_{ah,d}$$

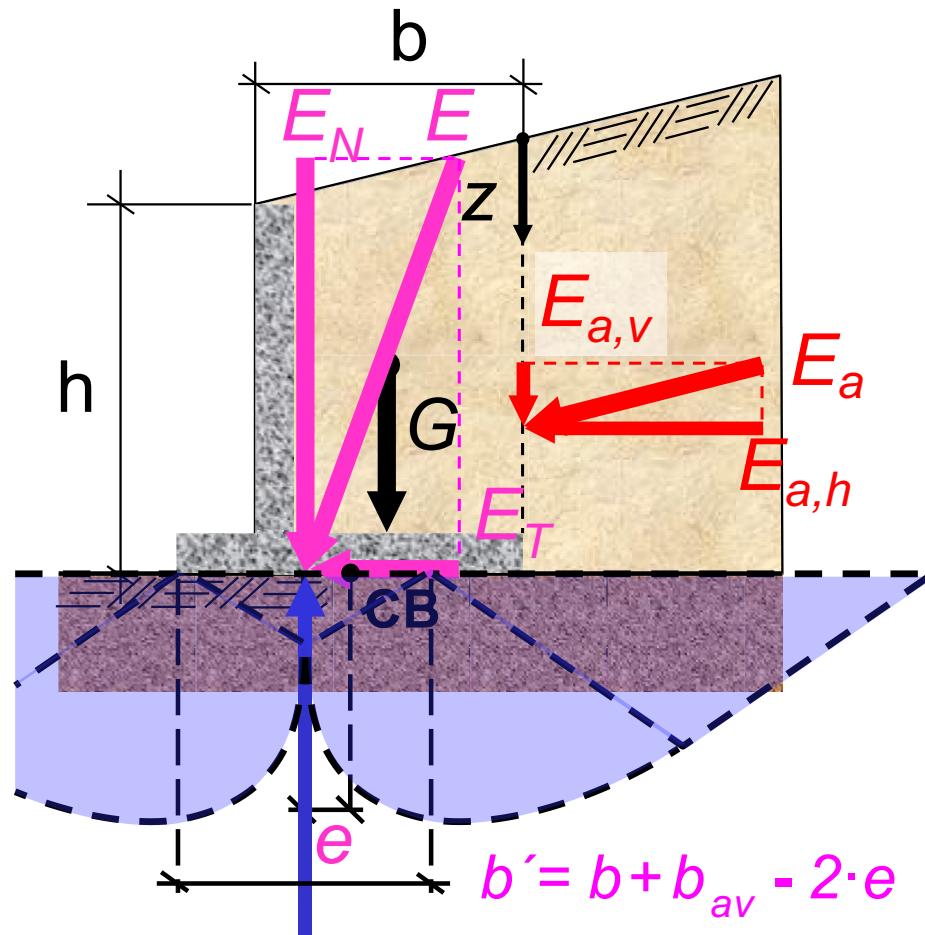
Moment de la résultante p/r CB :

$$M_{CB,d} = \dots$$

Excentricité de la résultante :

$$e_d = M_{CB,d} / E_{N,d} \leq e_{gr}$$

Poinçonnement du sol sous le mur

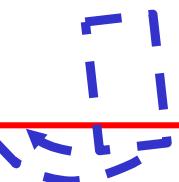


Poinçonnement du sol ELU type 2 externe

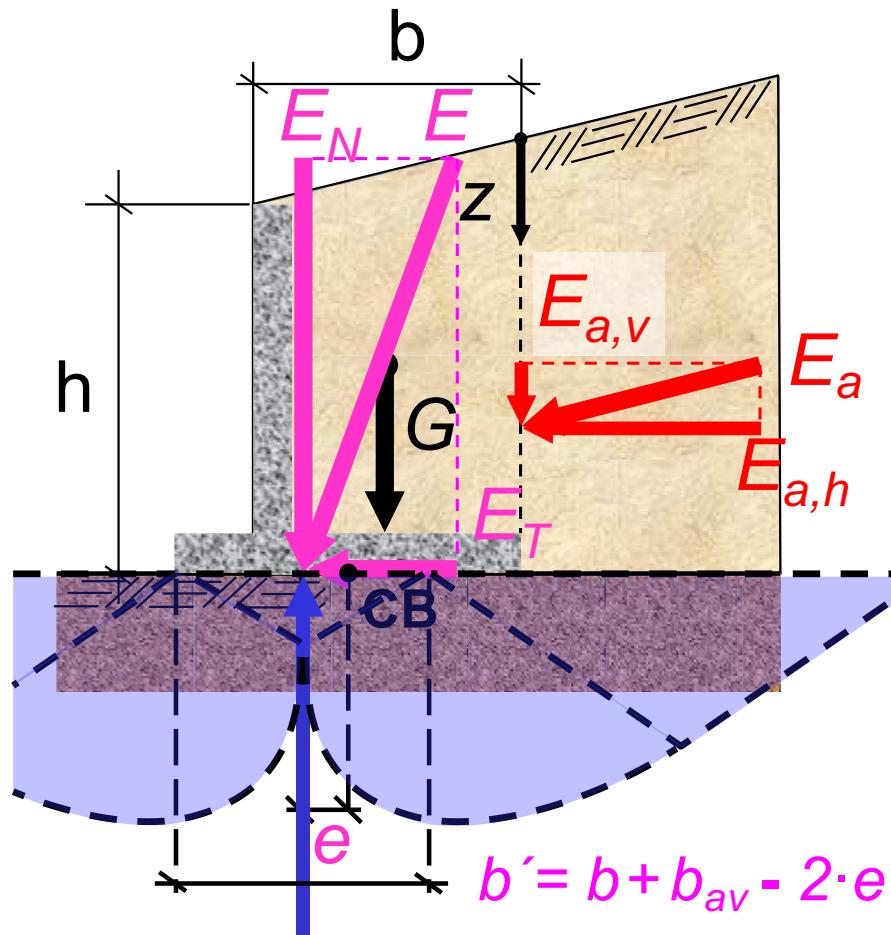
Vérification :

$$E_N \leq R_N$$

En tenant compte de l'excentricité et de l'inclinaison de la résultante des forces



Poinçonnement du sol sous le mur

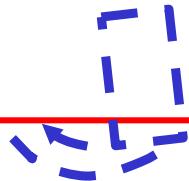


Poinçonnement du sol ELU type 2 externe

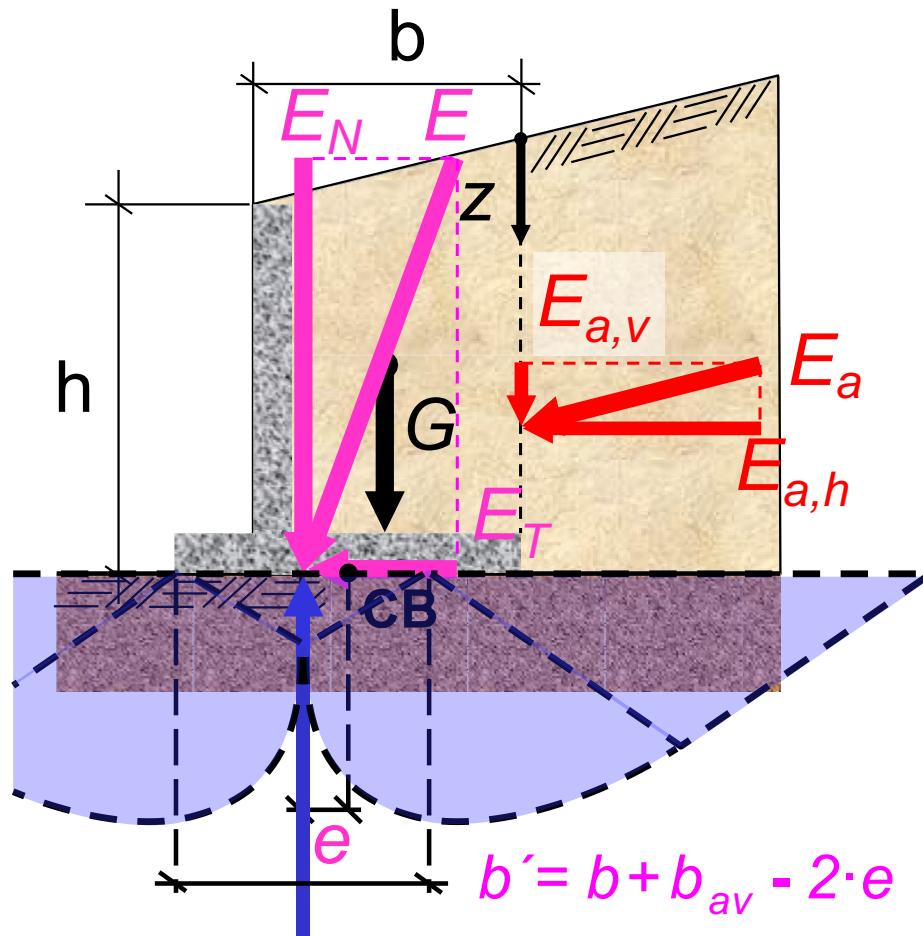
Poids propre du mur et du remblai: $G_k = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{k4}$
effet favorable

Poussée due au remblai :
effet défavorable

$$b' = b + b_{av} - 2 \cdot e$$



Poinçonnement du sol sous le mur



Sollicitation

$$E_N = G_d + E_{av}$$

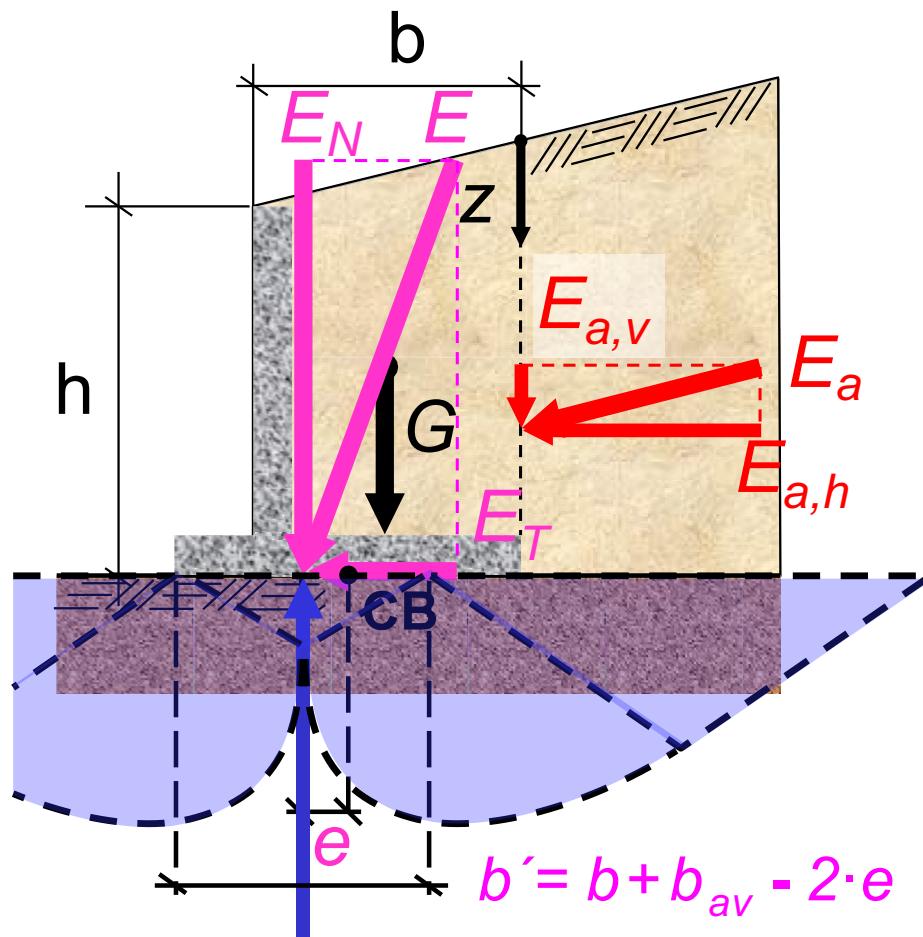
$$E_T = E_{ah}$$

$$M_{CB,d} = \dots$$

$$e = M_{CB} / E_N$$

$$\varepsilon = \text{arc tan} (E_T / E_N)$$

Poinçonnement du sol sous le mur



Résistance

$$q_p = c' N_c i_c + q N_q i_q + \frac{1}{2} b' \gamma N_\gamma i_\gamma$$

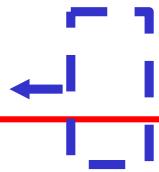
avec

N_c, N_a, N_γ fonction de φ'

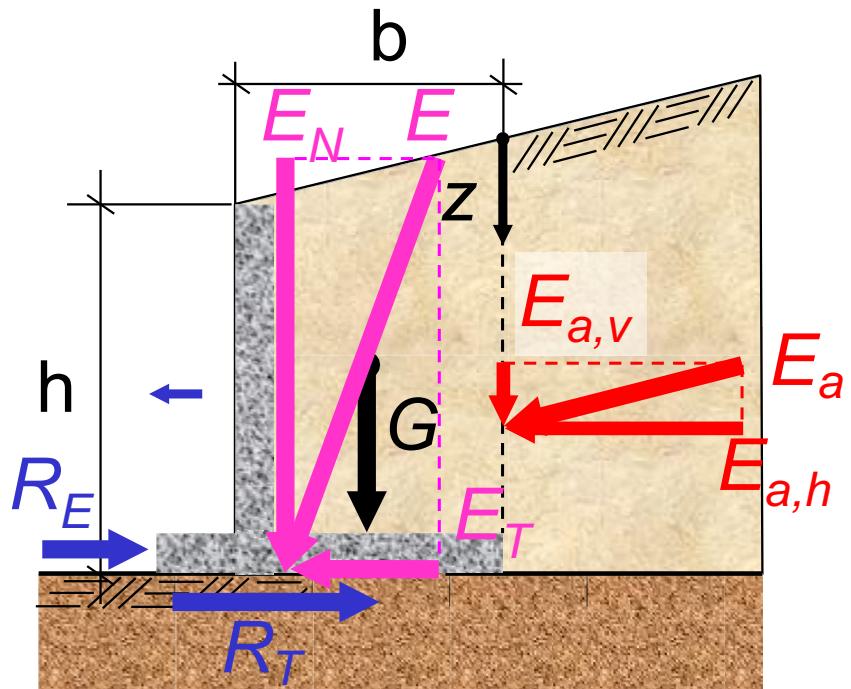
i_c, i_q, i_γ fonction de $E_{a,v}/E_{ah}$

$$b' = b + b_{av} - 2 \cdot e$$

$$R_N = \mathbf{q}_n \cdot \mathbf{b}'$$



Glissement du mur à l'interface



Glissement du mur ELU type 2 externe

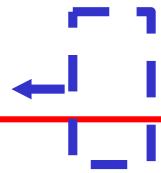
Vérification :

$$E_T \leq R_T + R_E$$

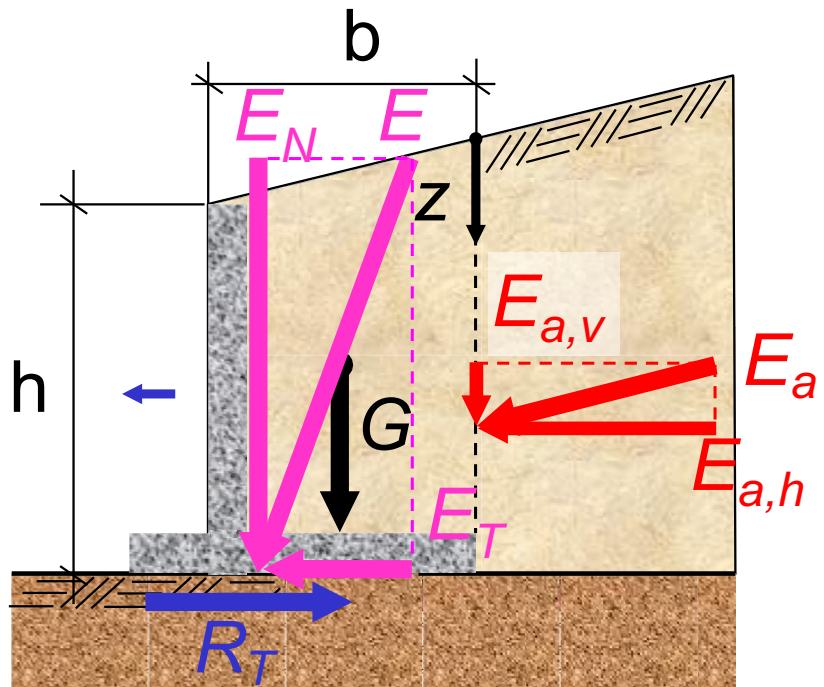
Attention

si prise en compte de la réaction du remblai aval R_E

S'assurer de la pérennité de ce remblai et considérer la réaction comme une action favorable



Glissement du mur à l'interface

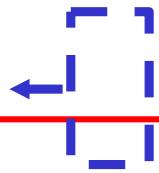


Glissement du mur ELU type 2 externe

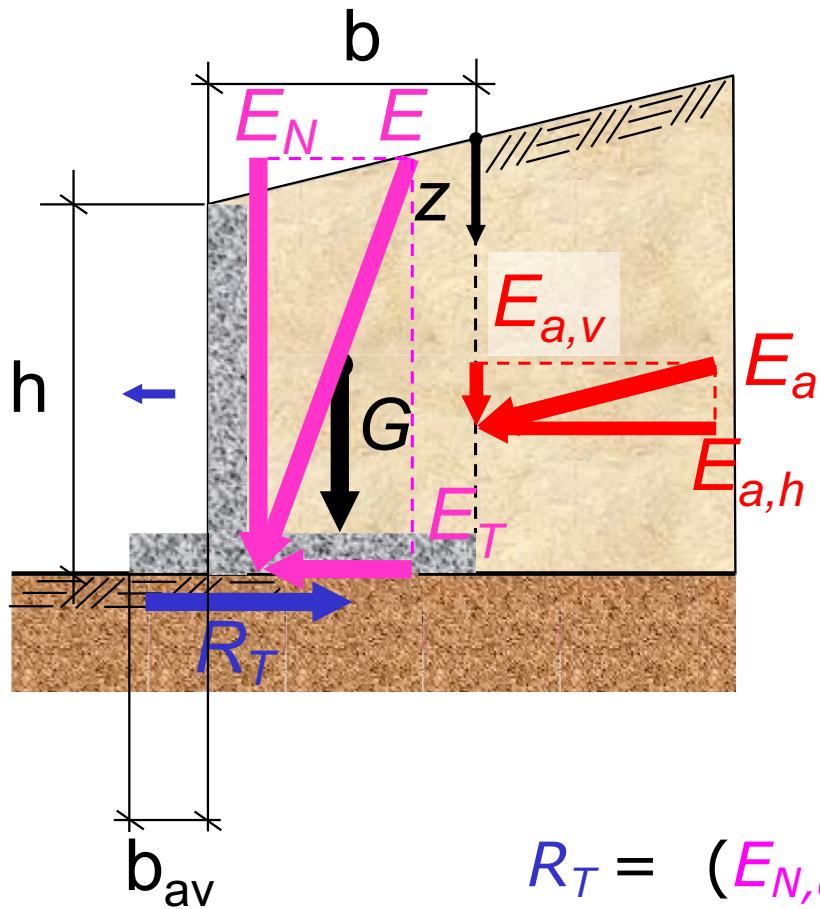
Poids propre du mur et du remblai :
effet favorable

$$G_k = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{k4}$$

Poussée due au remblai :
effet défavorable



Glissement du mur à l'interface



Sollicitation

$$E_T = E_{ah}$$

Résistance

avec

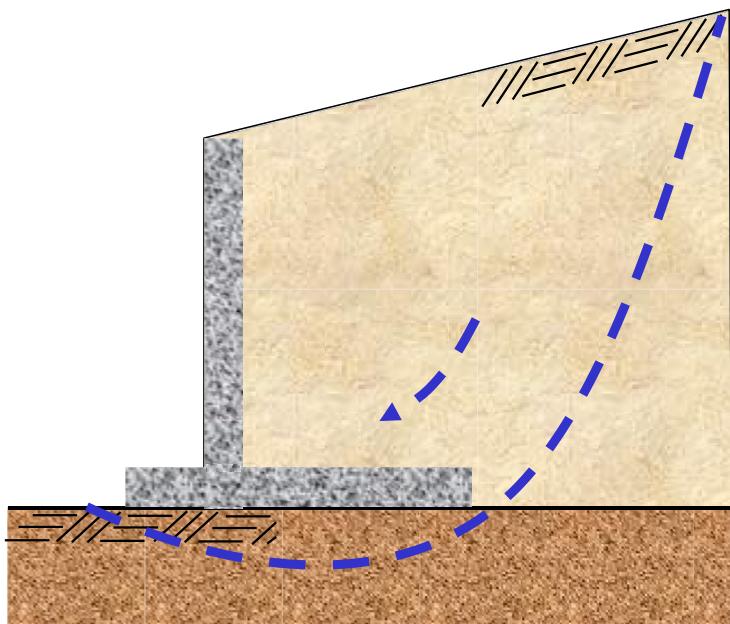
$$\delta = \varphi' \text{ (rugueuse)} \\ \frac{1}{2} \text{ à } \frac{2}{3} \varphi' \text{ (lisse)}$$

$$A'_d = b' \cdot 1 \text{ surface effective}$$

$$b' = b + b_{av} - 2 \cdot e$$

$$R_T = (E_{N,d} \cdot \tan \delta + A'_d c'_d)$$

Glissement généralisé



**Glissement
généralisé
englobant le mur**

ELU type 3