

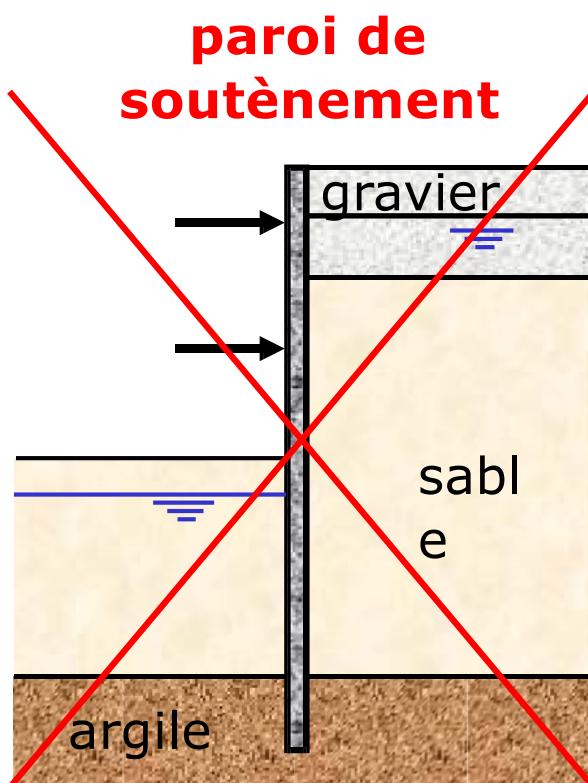


Murs de soutènement

Ouvrages géotechniques

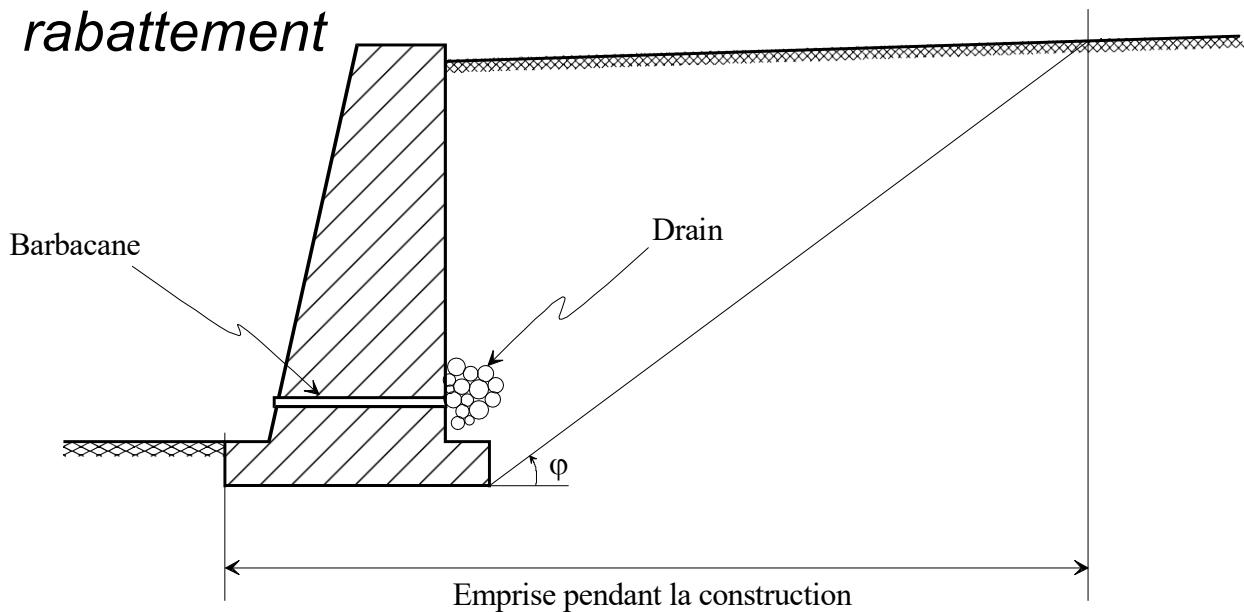
Murs de soutènement Vs Parois de soutènement

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

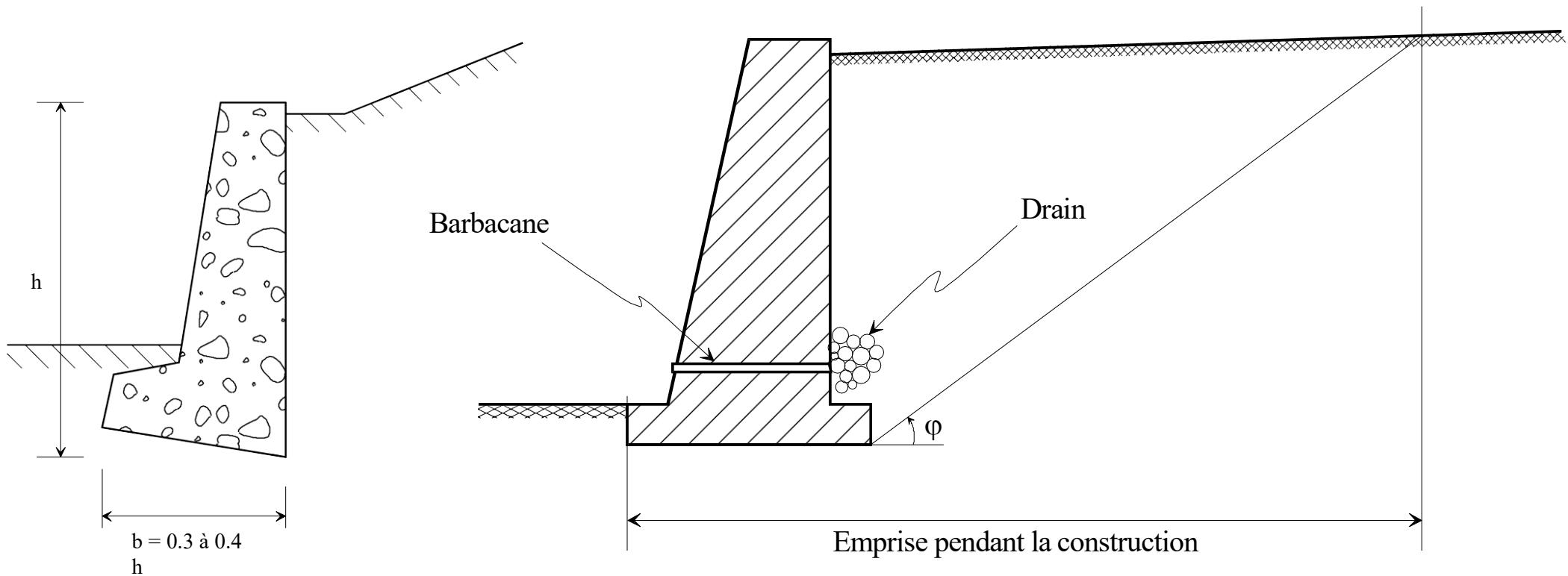


Types de murs de soutènement

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

Mur massif ou mur poids

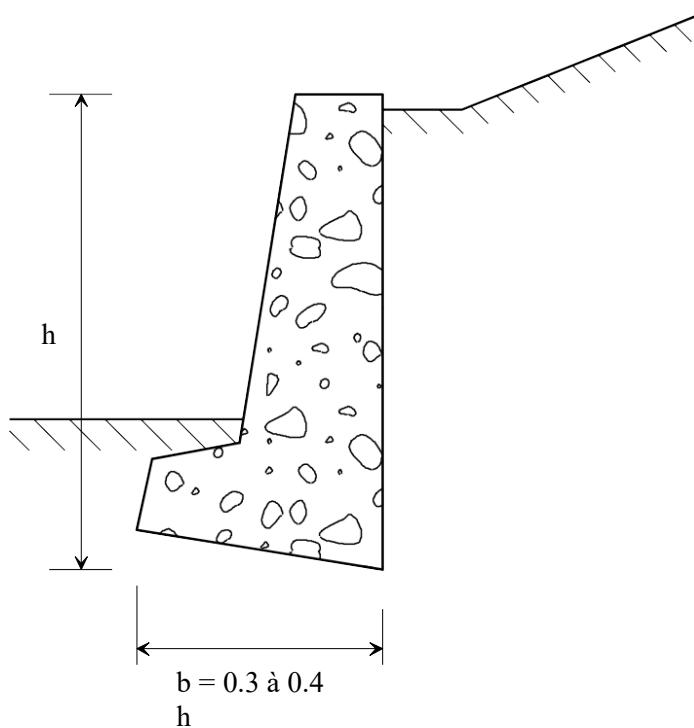
- *Stabilité assurée par son poids propre*
- *Non armé ou légèrement armé*
- → *Terrains de bonne qualité*



Types de murs de soutènement

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

Mur massif ou mur poids



Types de murs de soutènement



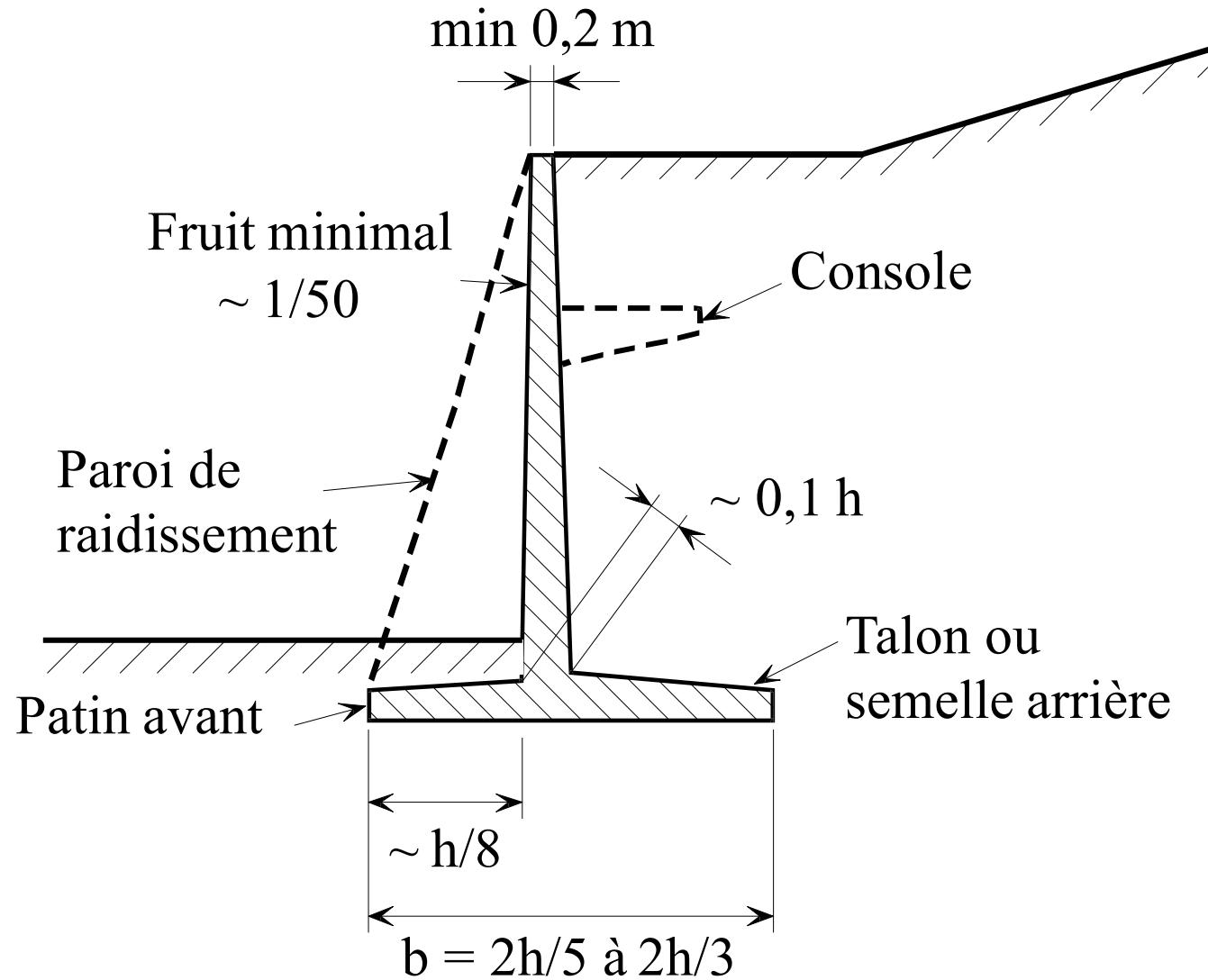
**Mur poids:
Gabion + roches**

Types de murs de soutènement

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

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*



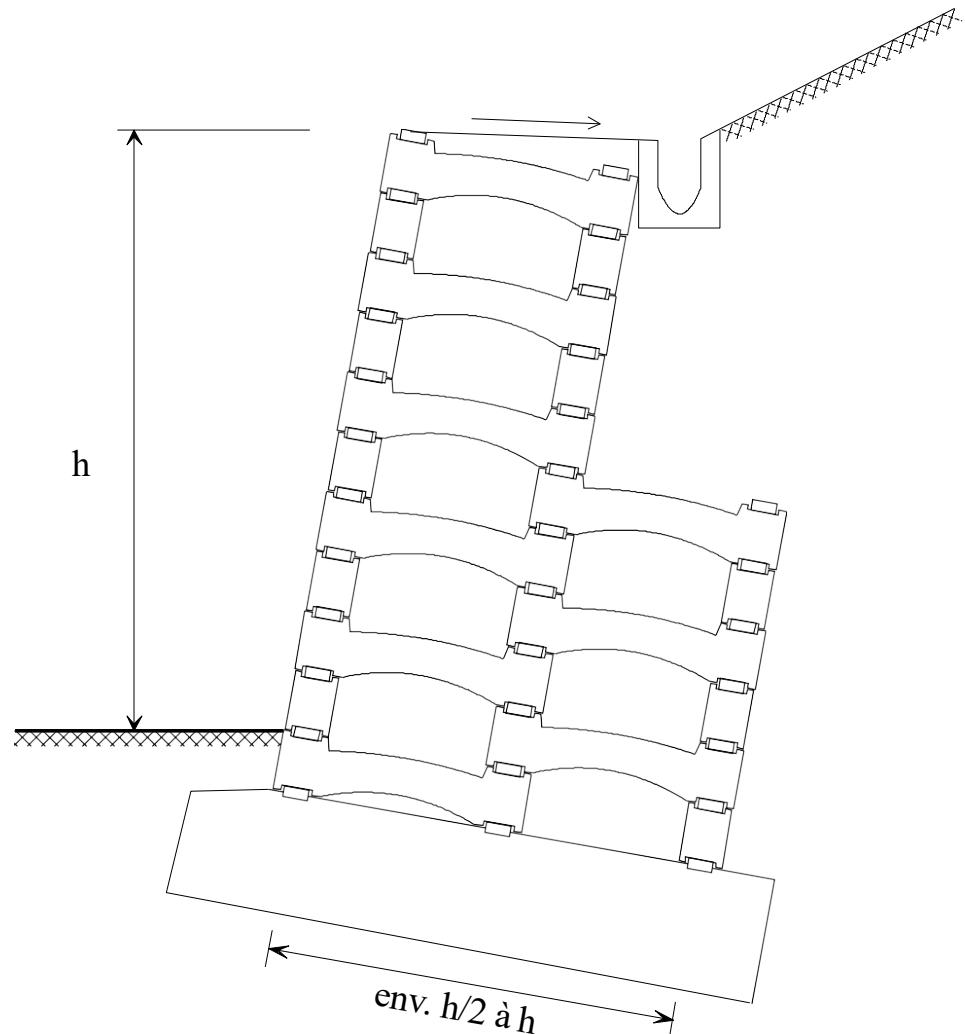


Types de murs de soutènement

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

Mur caisson ou mur cellulaire

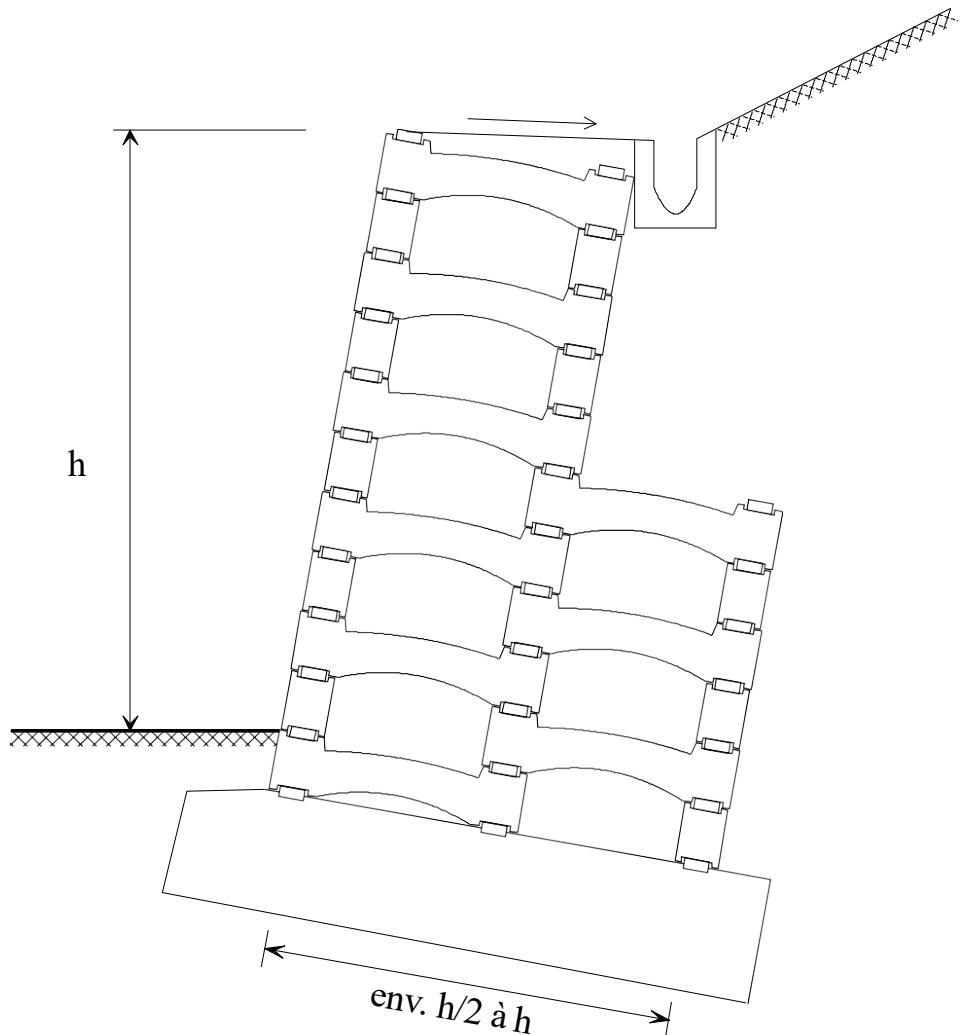
*le terrain contribue
à la stabilité avec
le poids propre
des cellules*



Types de murs de soutènement

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

Mur caisson ou mur cellulaire







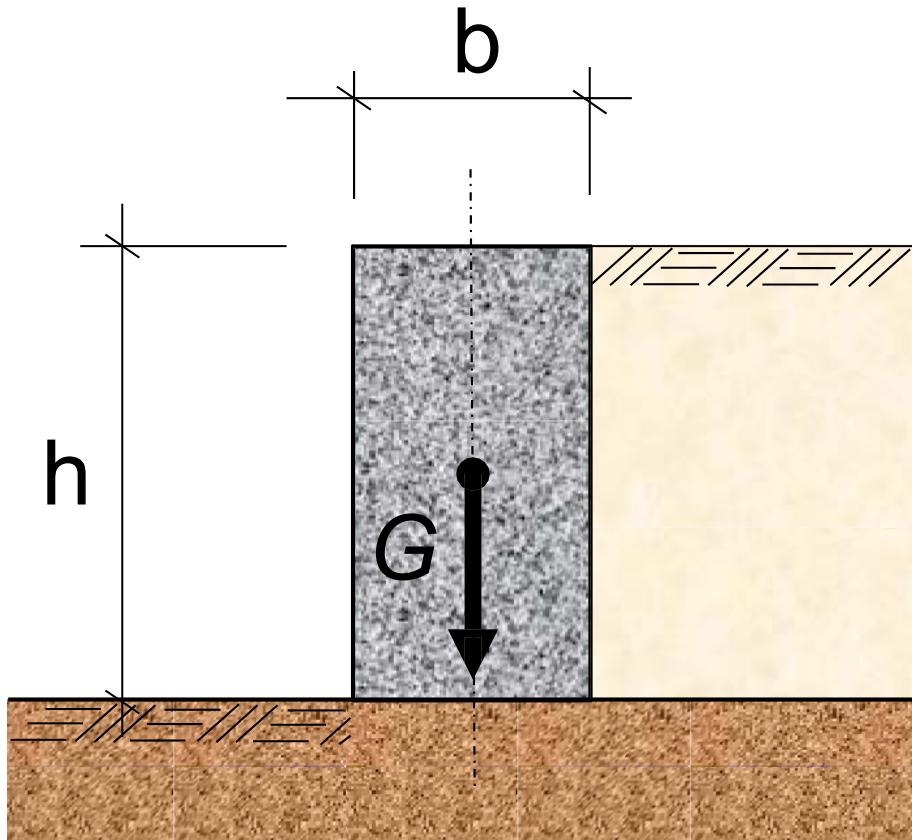
Mur massif de soutènement

Raisonnement sans facteur de sécurité

Ouvrages géotechniques

Poids propre du mur (valeur caractéristique)

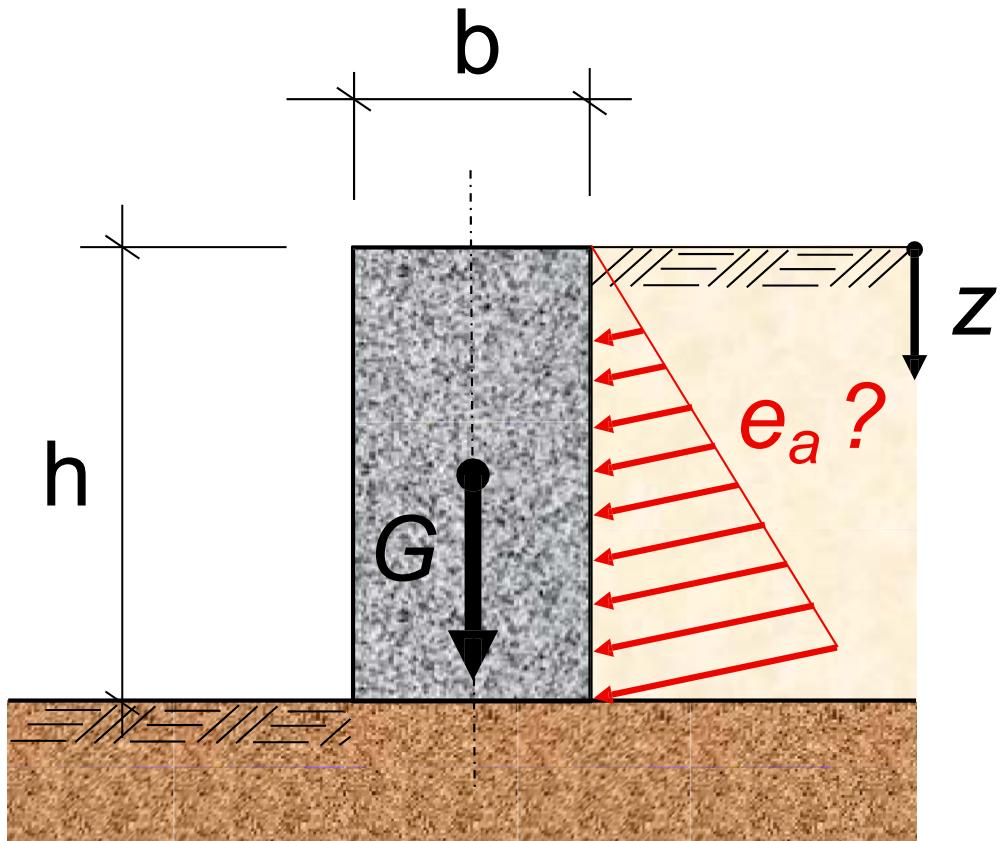
OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



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

Poussée du remblai (valeur caractéristique)

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Contraintes derrière le mur :

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

Poussée du remblai (valeur caractéristique)

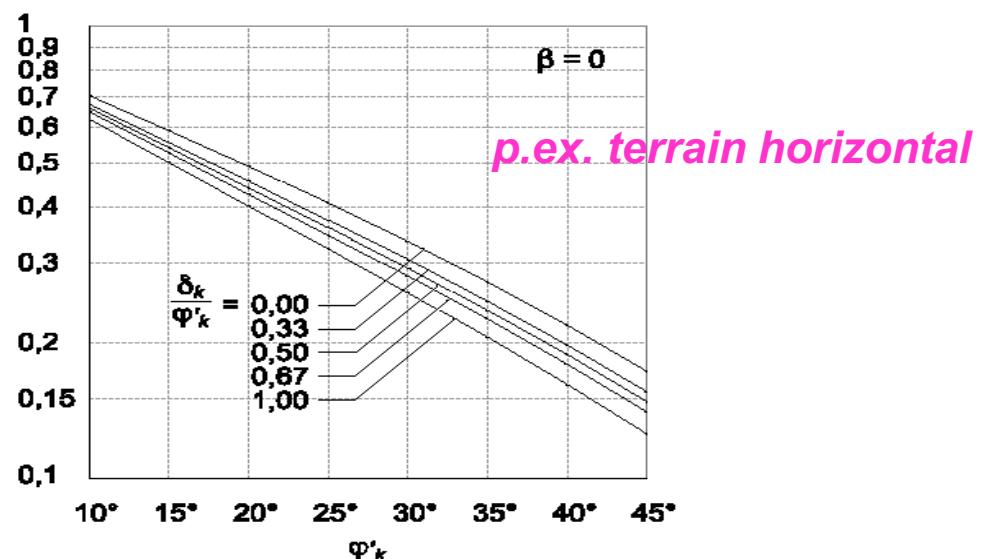
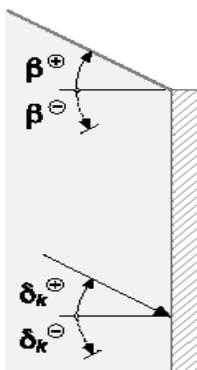
OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

Estimation selon des méthodes reconnues de la mécanique des sols

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

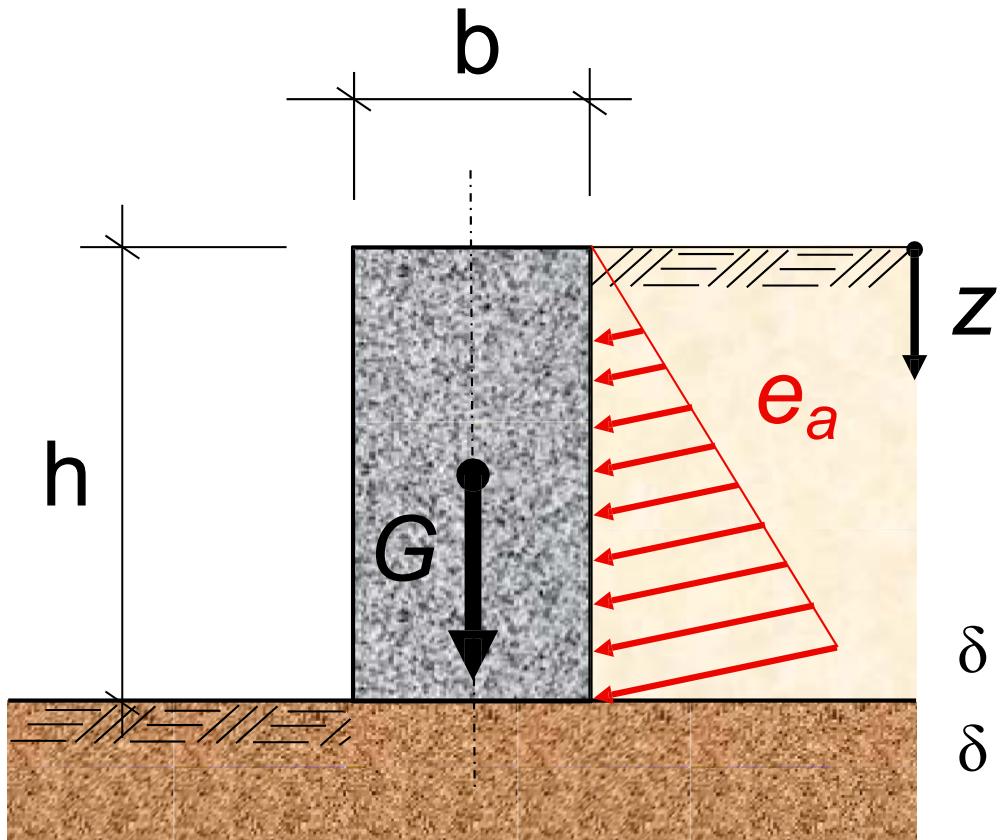
Coefficient de poussée active K_{ah} pour un parement vertical estimé par Coulomb

$\delta_k = \frac{2}{3} \varphi'_k$ 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)

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Contraintes derrière le mur :

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

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

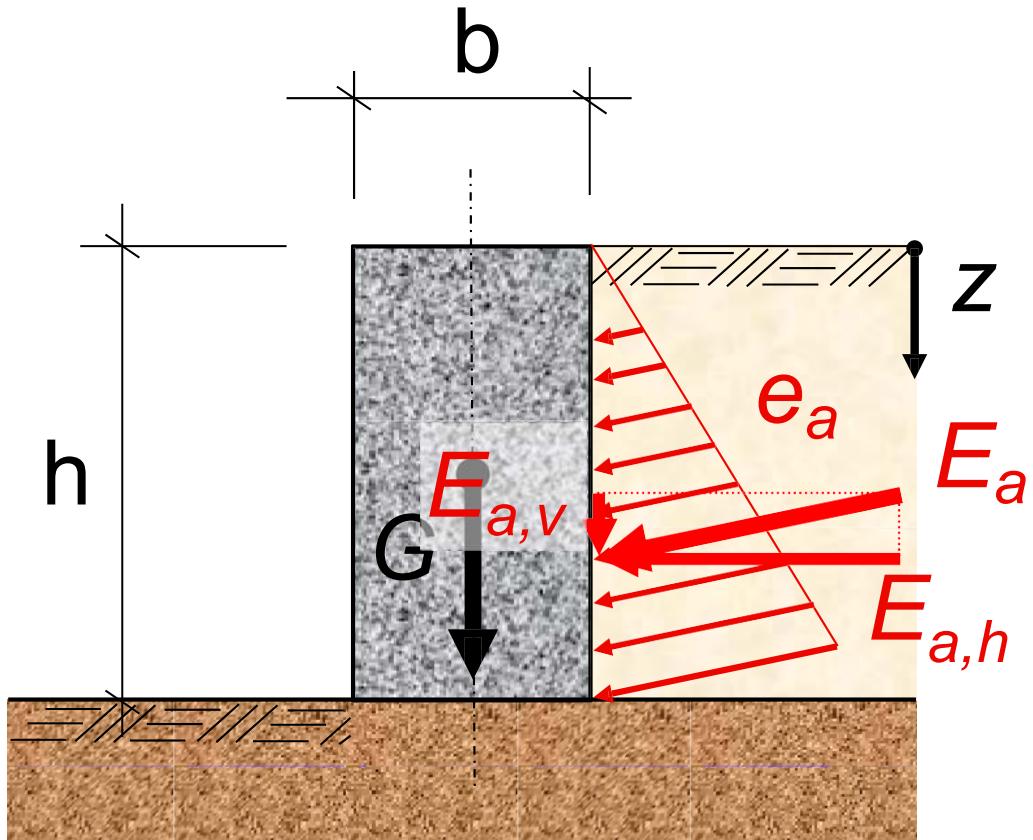
$$e_{a,v} = e_{a,h} \cdot \tan \delta$$

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

$\delta = 0$ sinon

Poussée du remblai (valeur caractéristique)

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Contraintes derrière le mur :

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

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

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

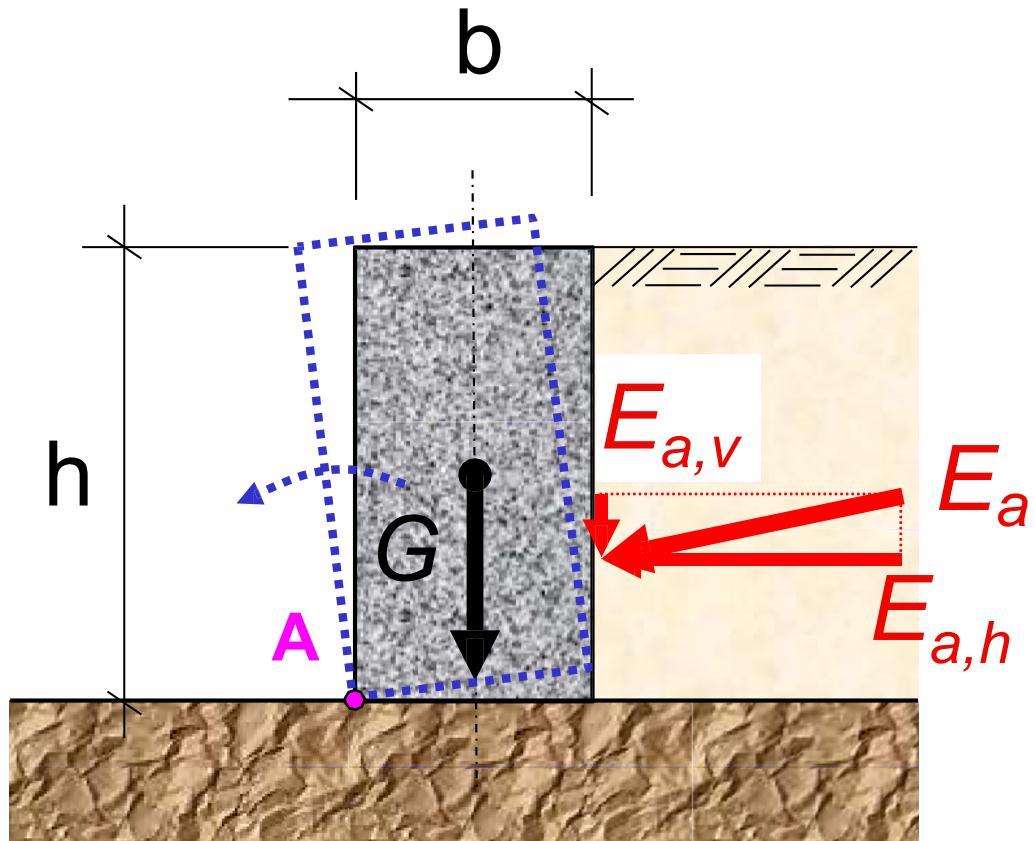
$$E_{a,h} = \frac{1}{2} \cdot K_{ah} \cdot \gamma \cdot h^2$$

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



Basculement ou renversement du mur

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



ELU type 1
Mécanisme:
Rotation autour du point A

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

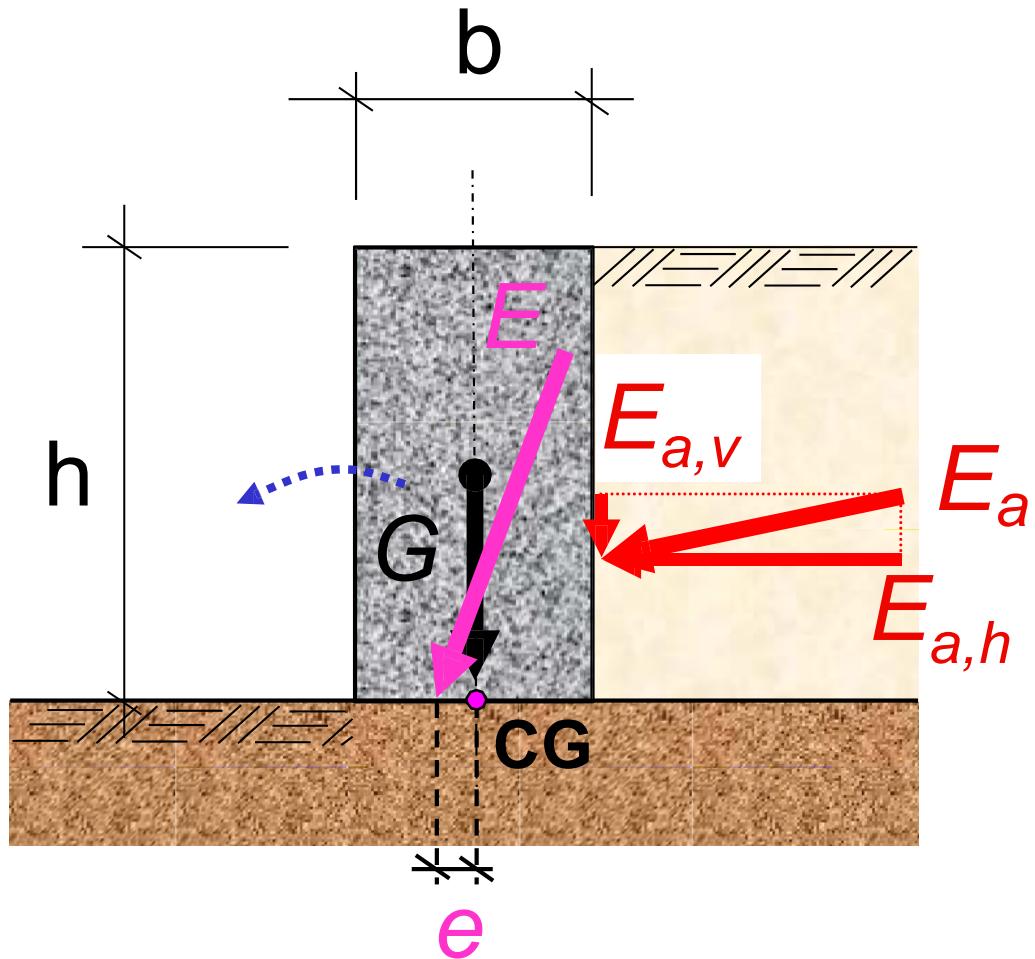
$$E_{a,h} \cdot \frac{h}{3} \leq G \cdot \frac{b}{2} + E_{a,v} \cdot b$$

Mur sur un fond rocheux



Basculement ou renversement du mur

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Mur sur un terrain meuble
ELU type 1
Mécanisme moins net

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

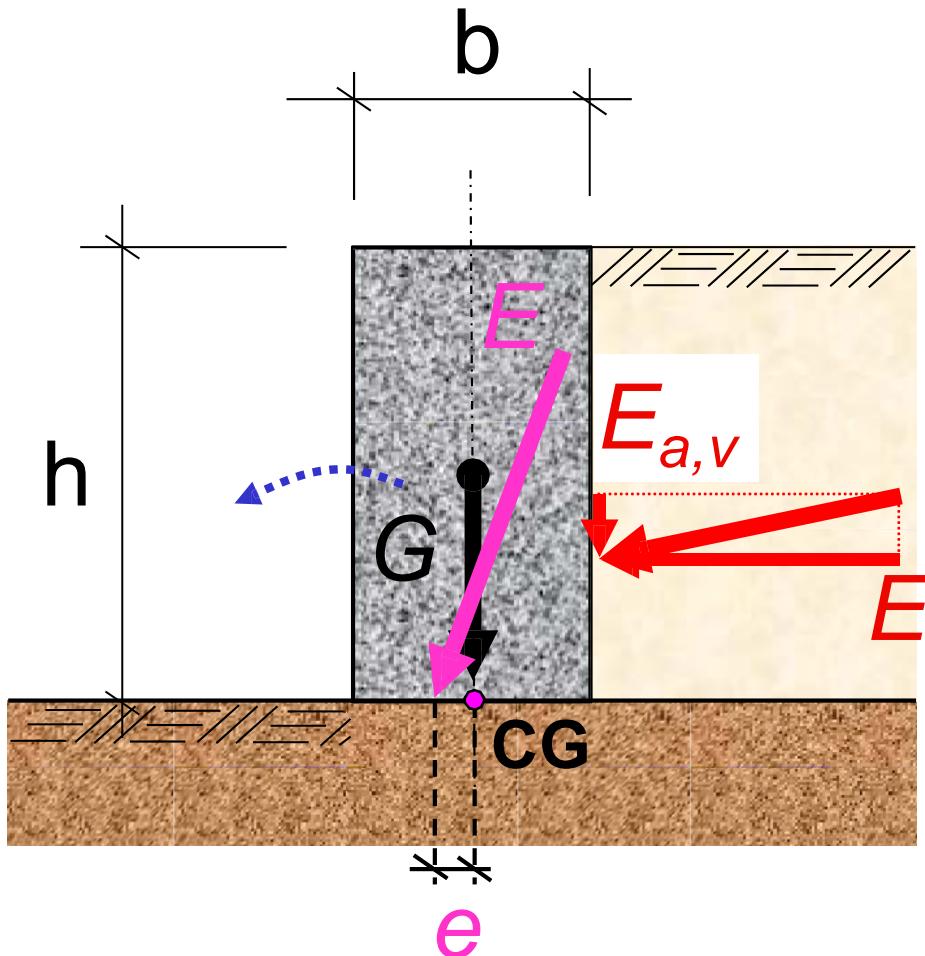
e : excentricité de la résultante des forces

e_{gr} : excentricité limite double de la limite du noyau central



Basculement ou renversement du mur

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Mur sur un terrain meuble ELU type 1

Composante normale de E :

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

E_a *Composante tangentielle de E :*

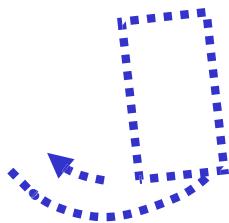
$$E_T = E_{a,h}$$

Moment de la résultante p/r CG :

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

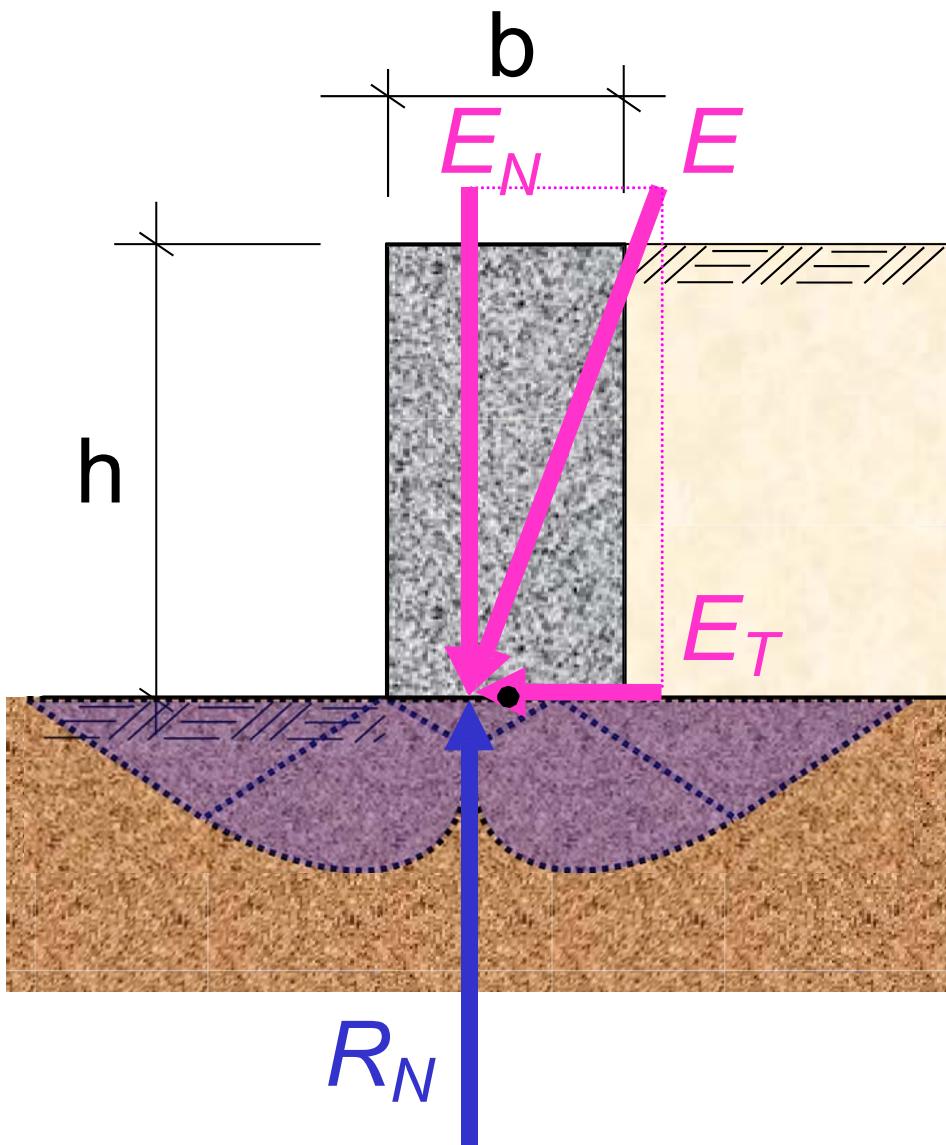
Excentricité de la résultante :

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



Poinçonnement du sol sous le mur

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



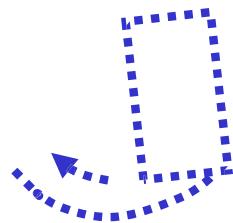
Poinçonnement du sol ELU type 2 externe

Vérification :

$$E_N \leq R_N$$

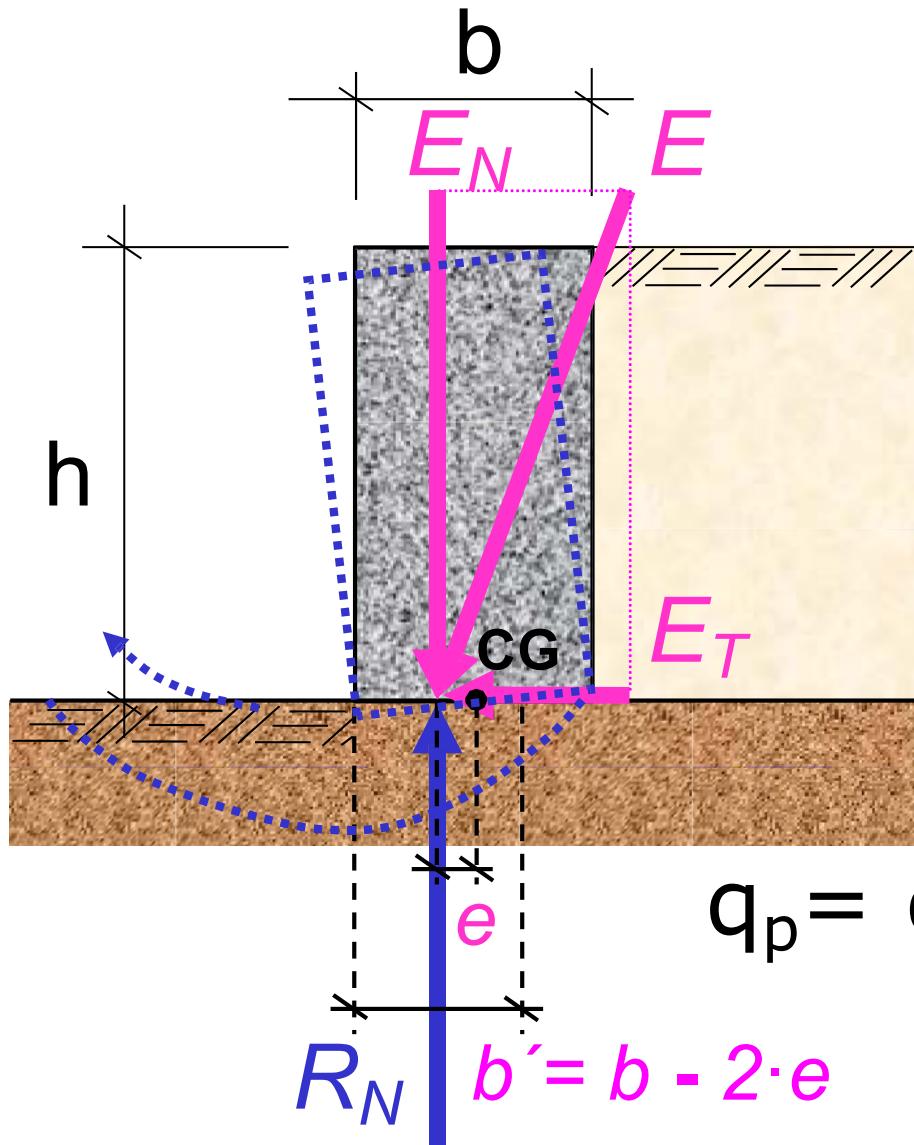
*En tenant compte de
l'excentricité
et de
l'inclinaison*

de la résultante des forces



Poinçonnement du sol sous le mur

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



$$E_N = G +$$

$$E_{a,v} \quad E_T = E_{a,h}$$

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

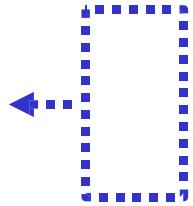
$$e = M_{CG} / E_N$$

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

Charge de poinçonnement:

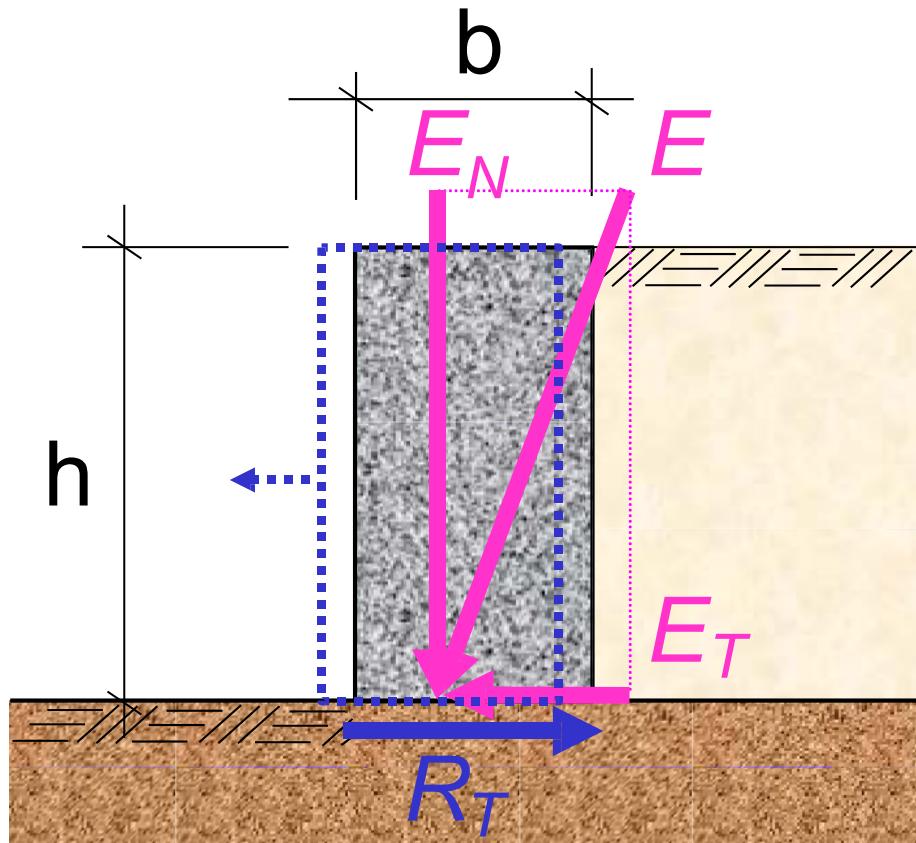
$$q_p = c' N_c i_c + q N_q i_q + \frac{1}{2} b' \gamma N_\gamma i_\gamma$$

$$R_N = q_p b'$$



Glissement du mur à l'interface

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Glissement du mur ELU type 2 externe

Vérification :

$$E_T \leq R_T$$

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

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

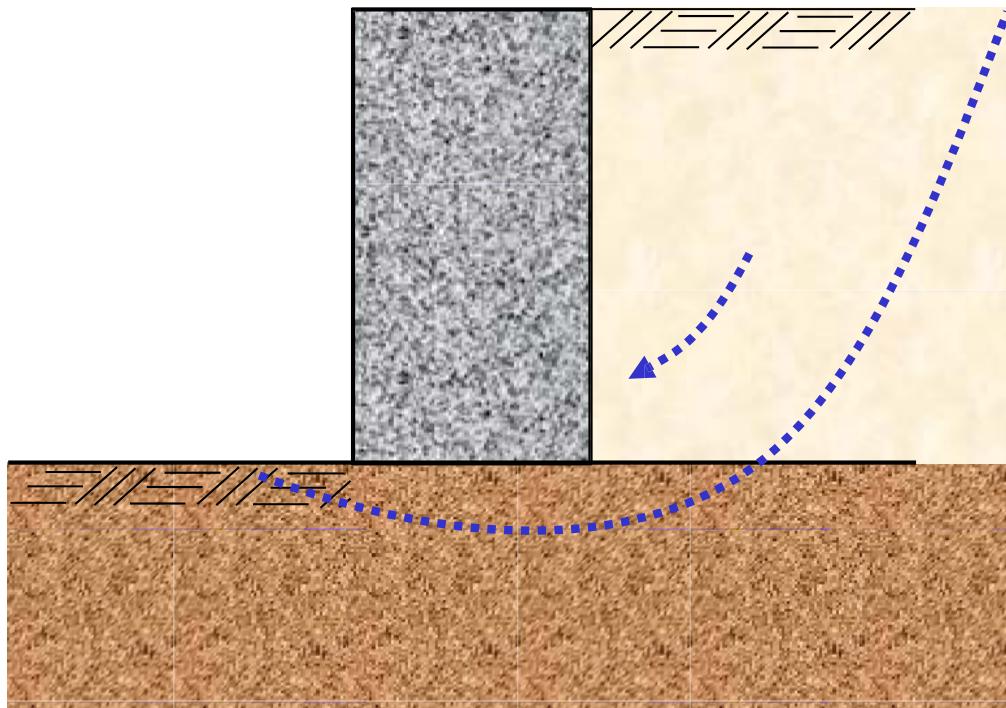
$$A' = b' \cdot 1 \text{ surface effective}$$

$\delta = \varphi'$ 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

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



**Glissement
généralisé
englobant le mur**

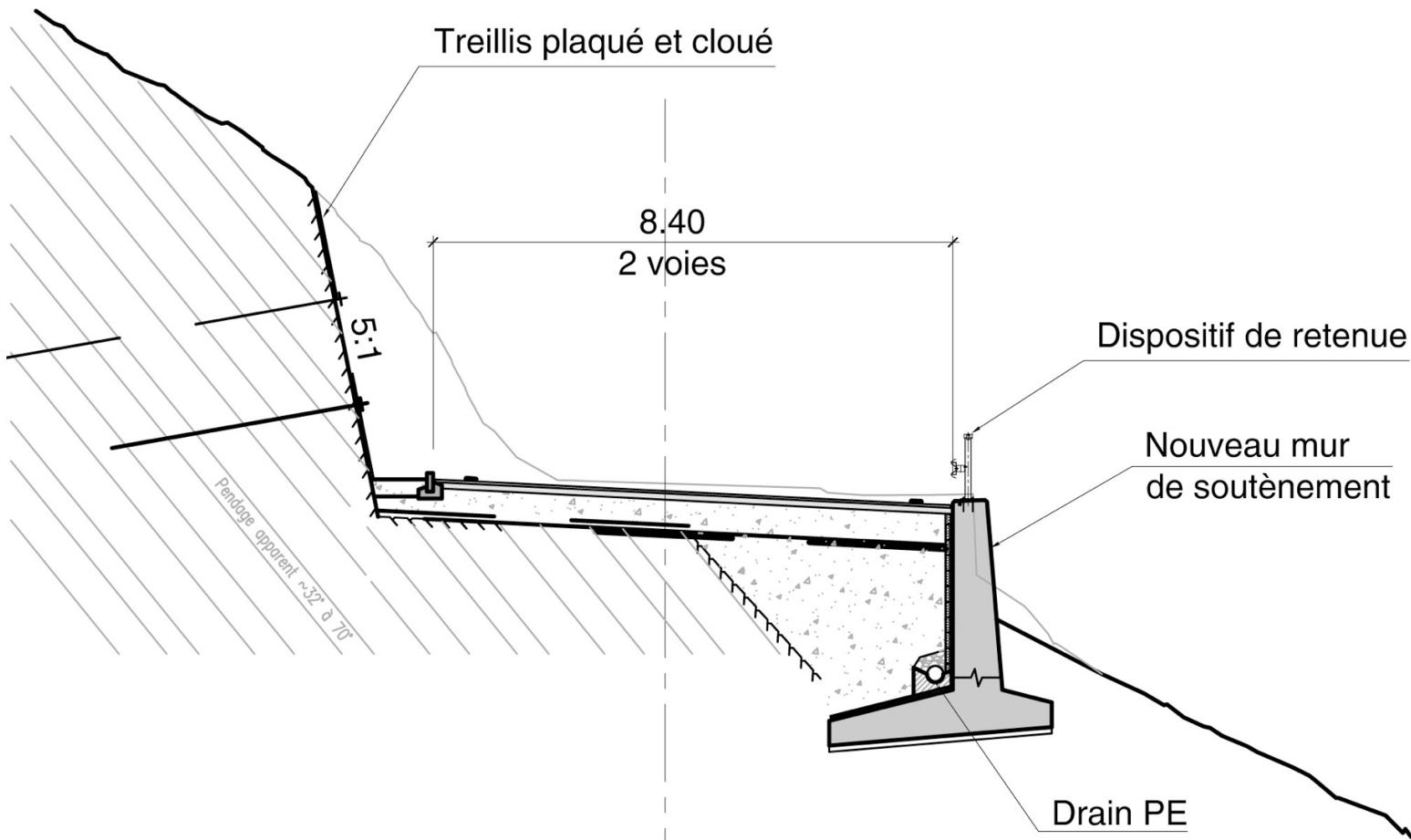
ELU type 3



Stabilité des murs en équerre

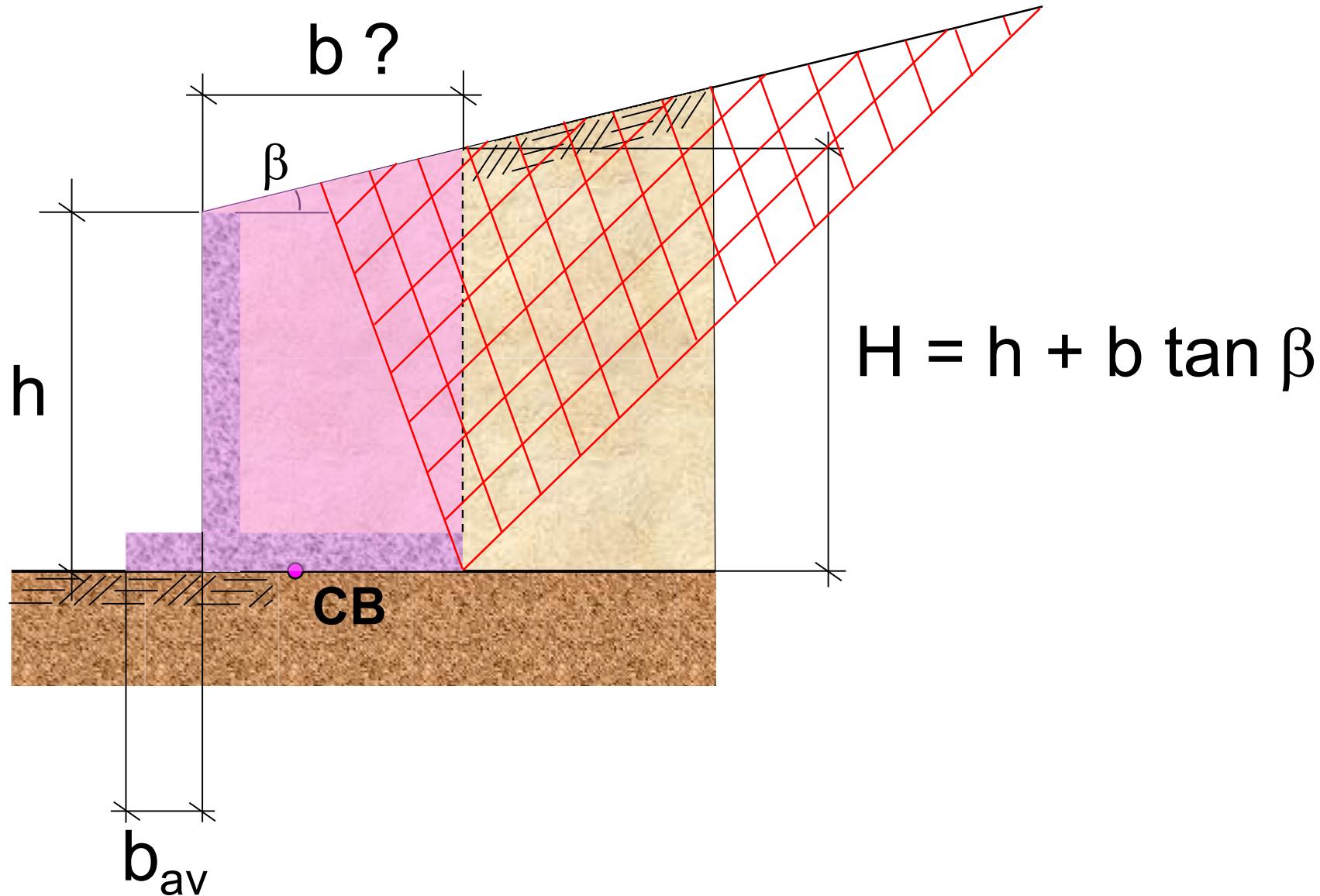
Ouvrages
géotechniques





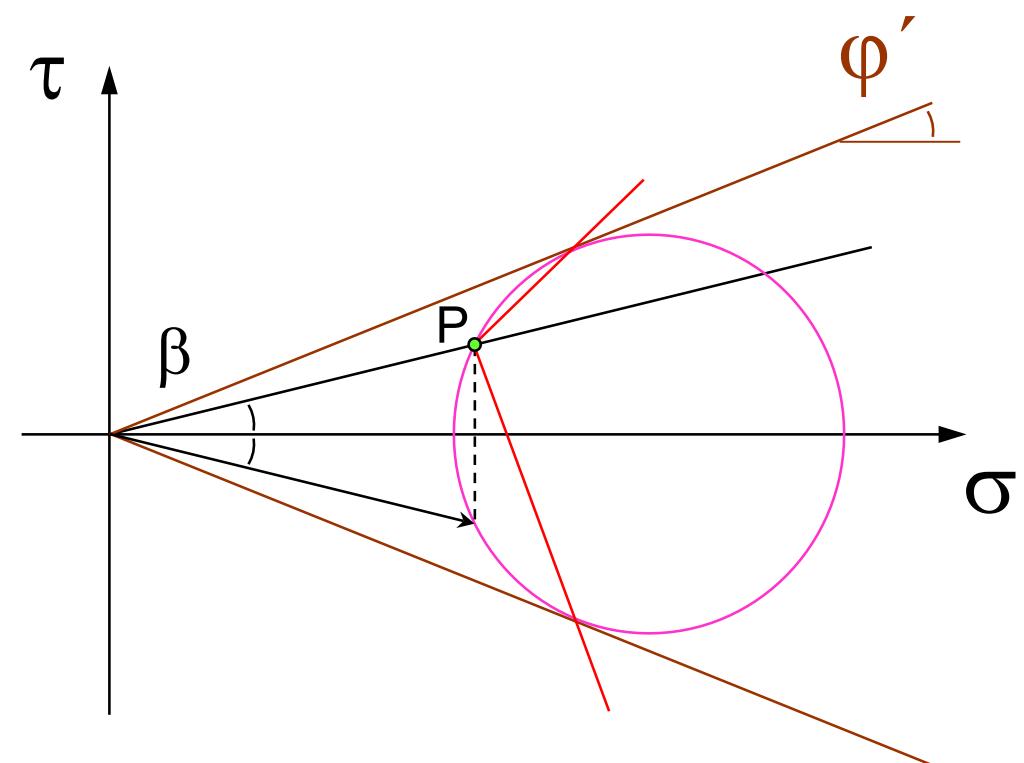
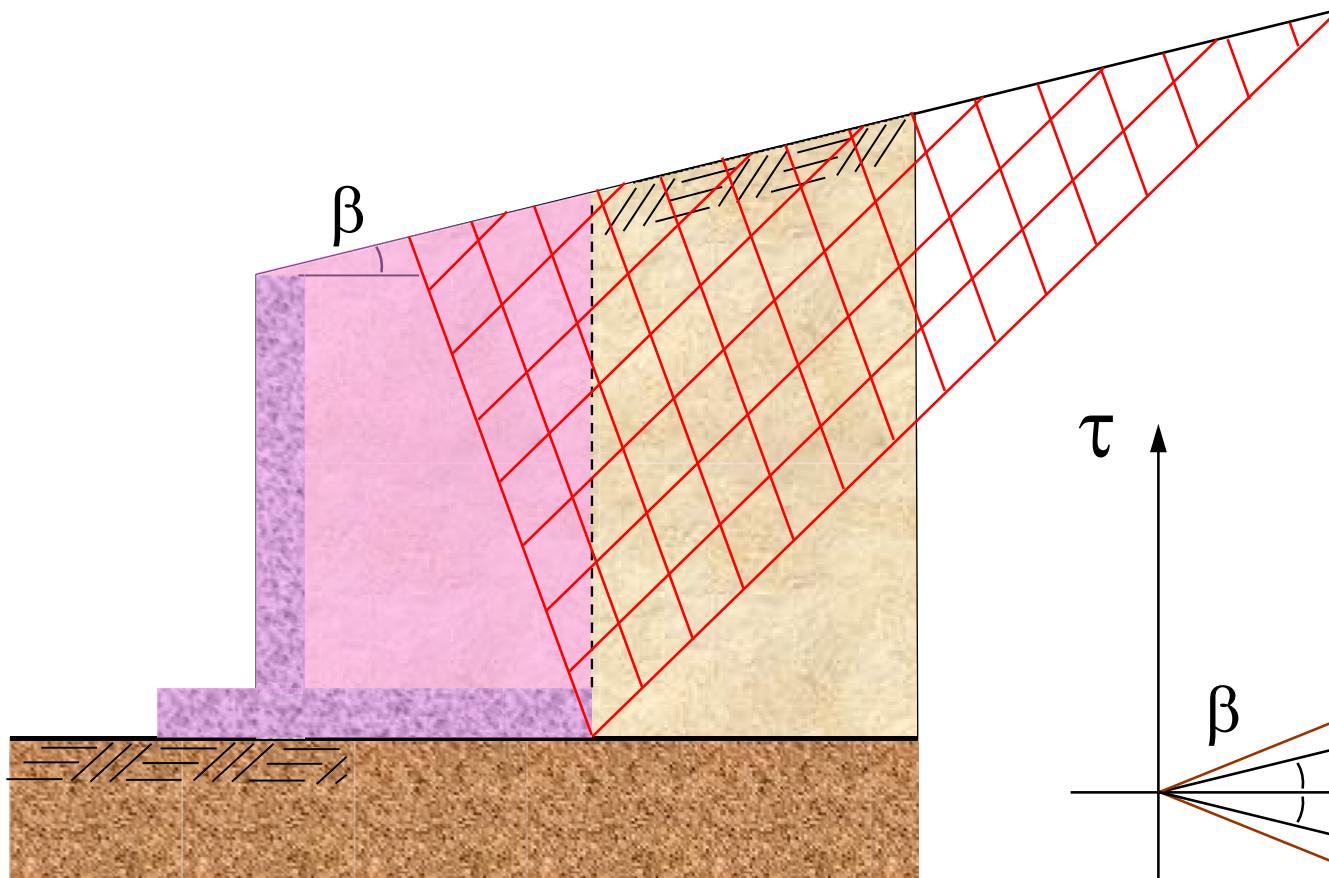
Modélisation du mur en équerre

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

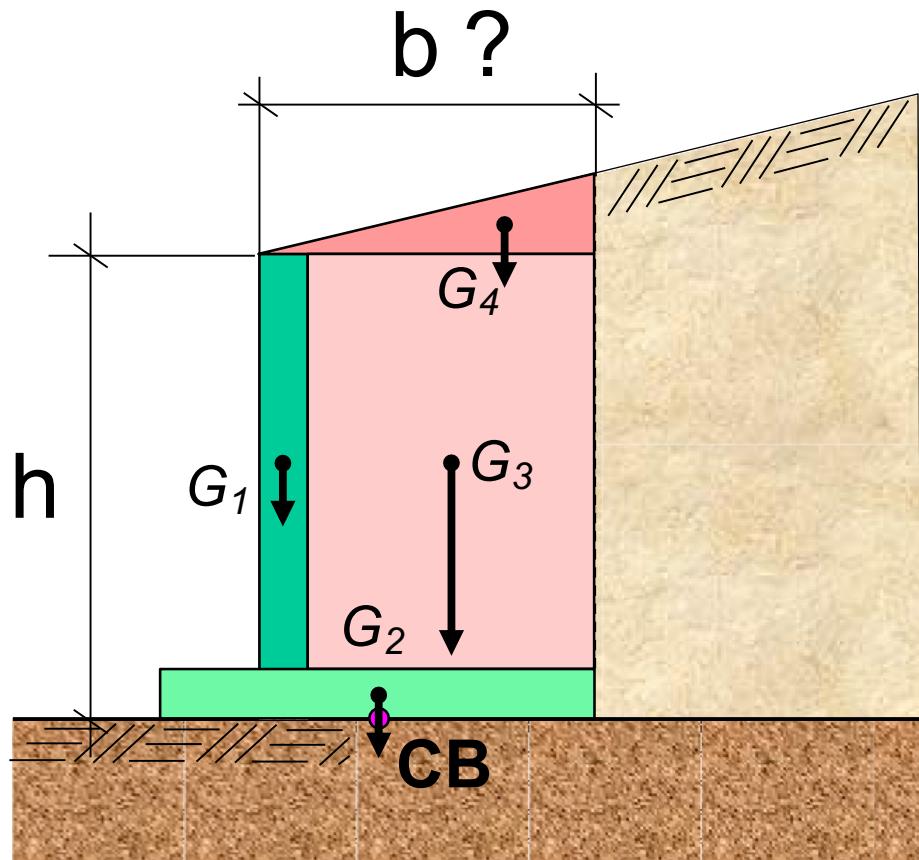


Mécanisme de rupture

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



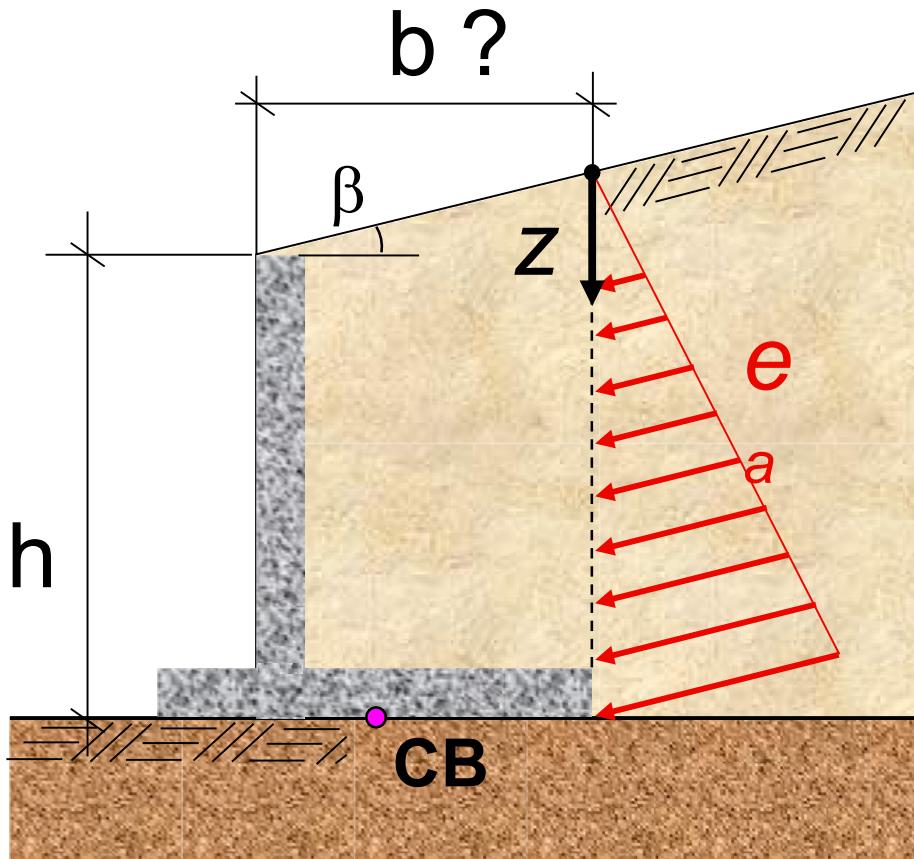
Actions sur le mur (valeurs caractéristiques)



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)

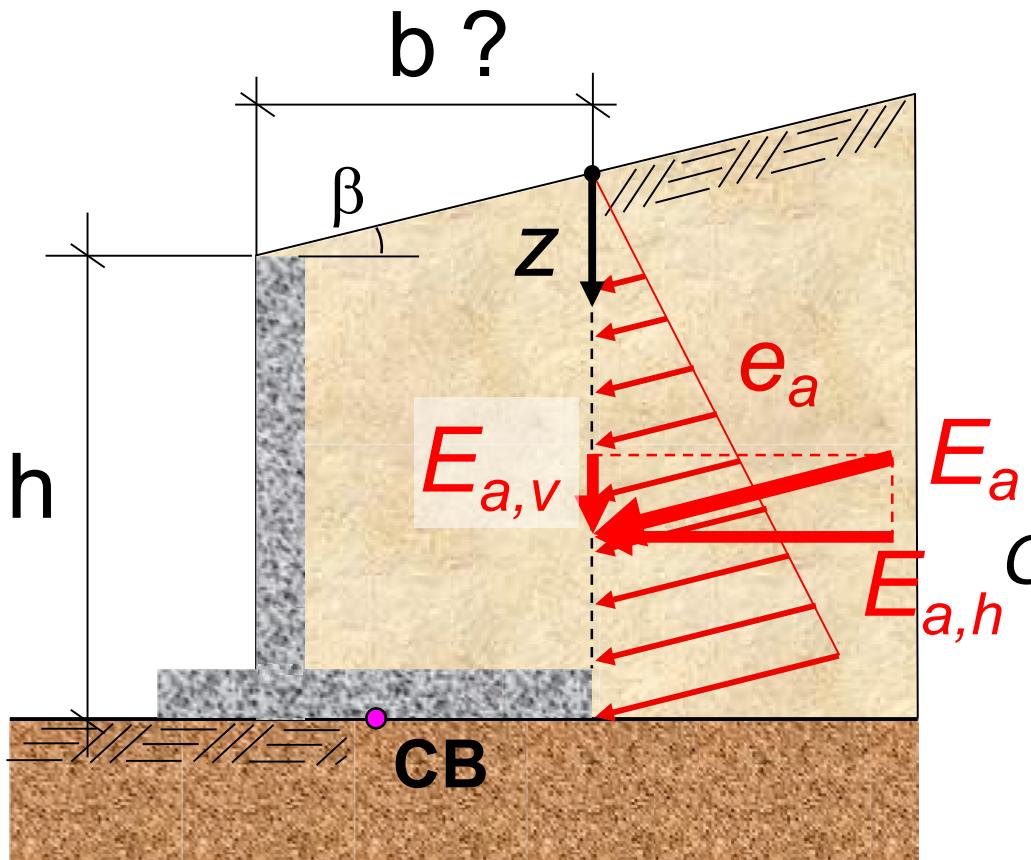


Contraintes derrière le mur :

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

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

Actions sur le mur (valeurs caractéristiques)



Contraintes derrière le mur :

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

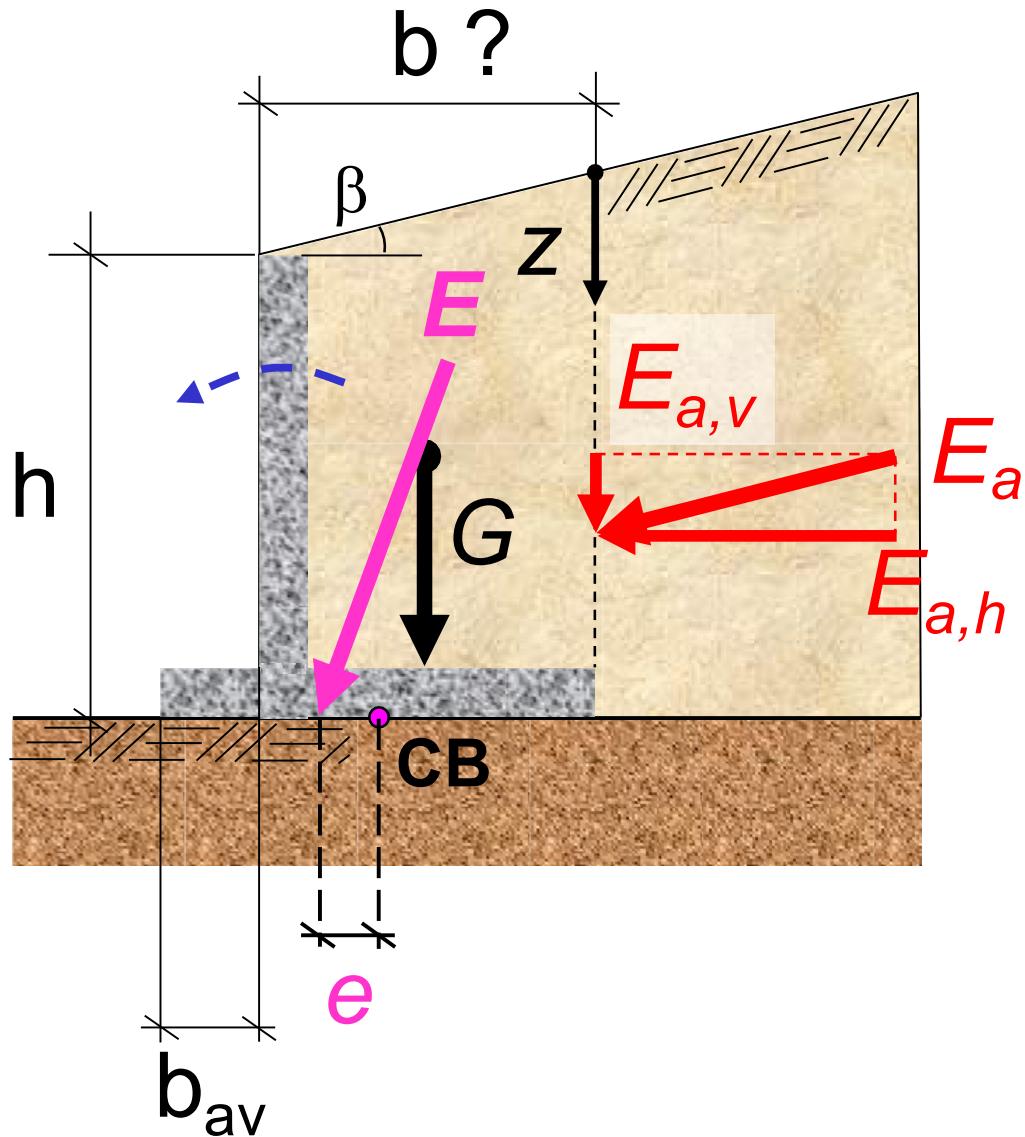
$$e_{av,k} = e_{ah,k} \cdot \tan \beta$$

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

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

Basculement ou renversement du mur

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



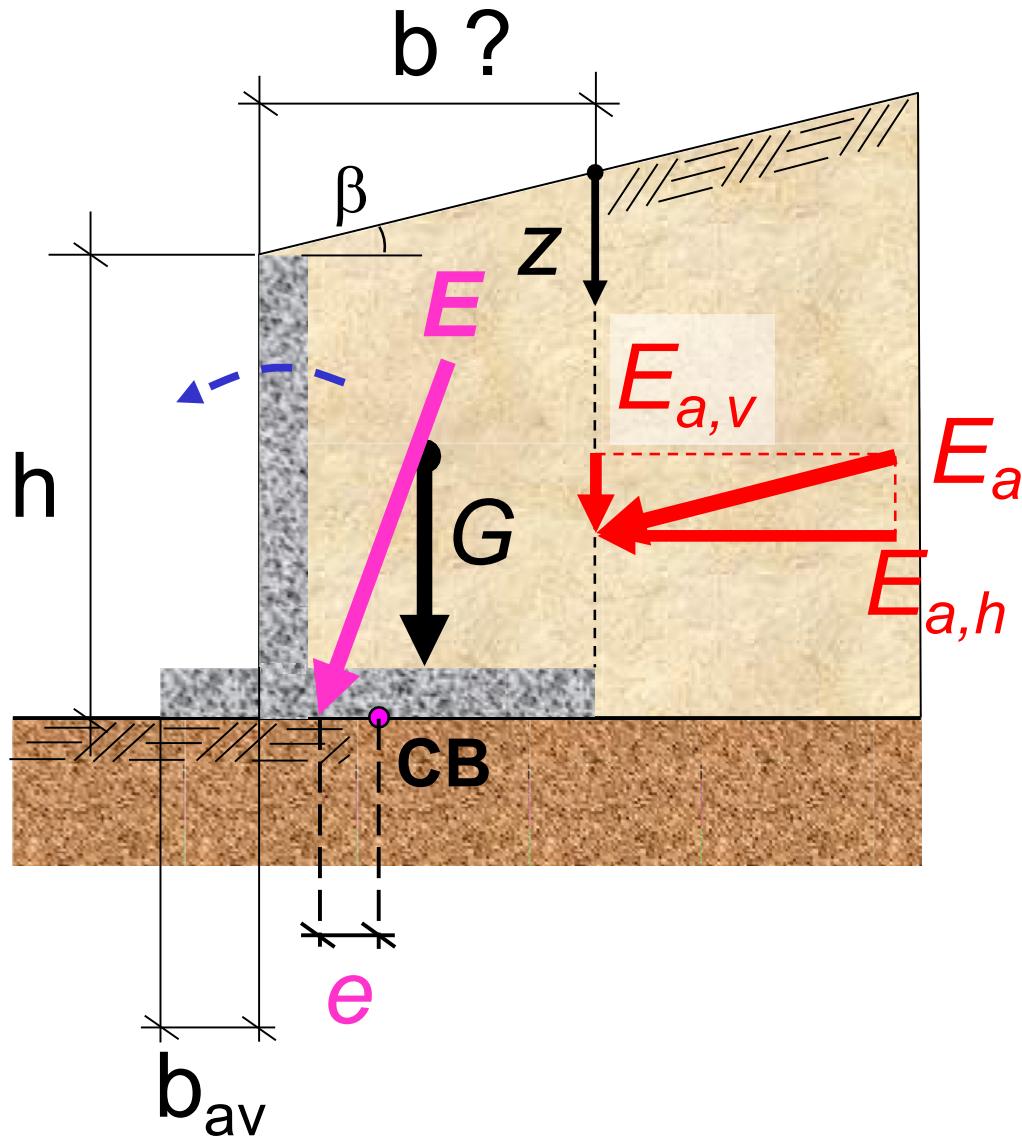
Mur sur un terrain meuble ELU type 1 Mécanisme pas net

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

e : excentricité de la résultante des forces
 e_{gr} : excentricité limite double de la limite du noyau central

Basculement ou renversement du mur

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Mur sur un terrain meuble ELU type 1

Poids propre du mur et du remblai:
effet favorable

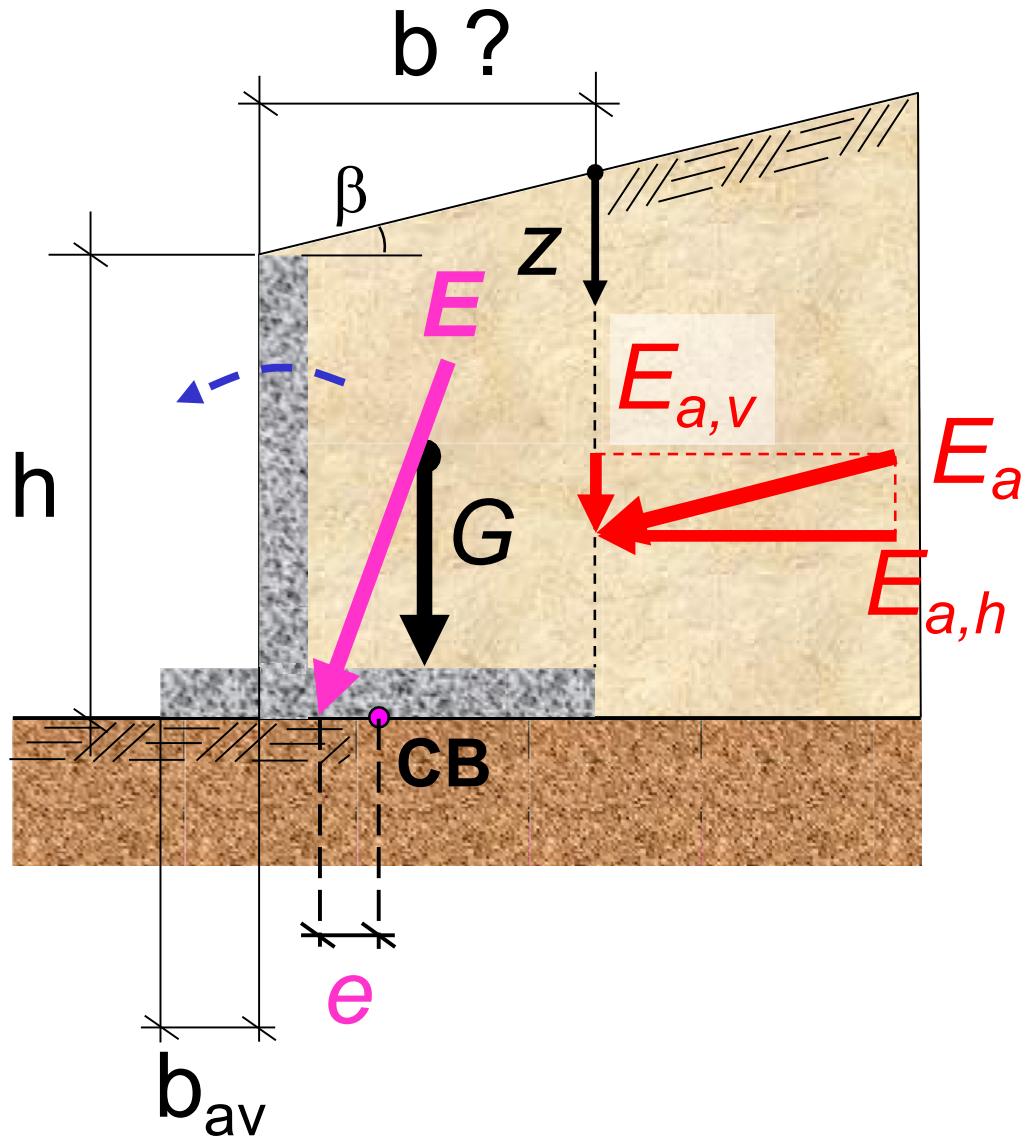
$$G_k = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{k4}$$

Poussée due au remblai :

effet défavorable

Basculement ou renversement du mur

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Mur sur un terrain meuble ELU type 1

Composante normale de E :

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

Composante tangentielle de E :

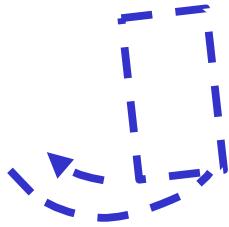
$$E_{T,d} = E_{ah,d}$$

Moment de la résultante p/r CG :

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

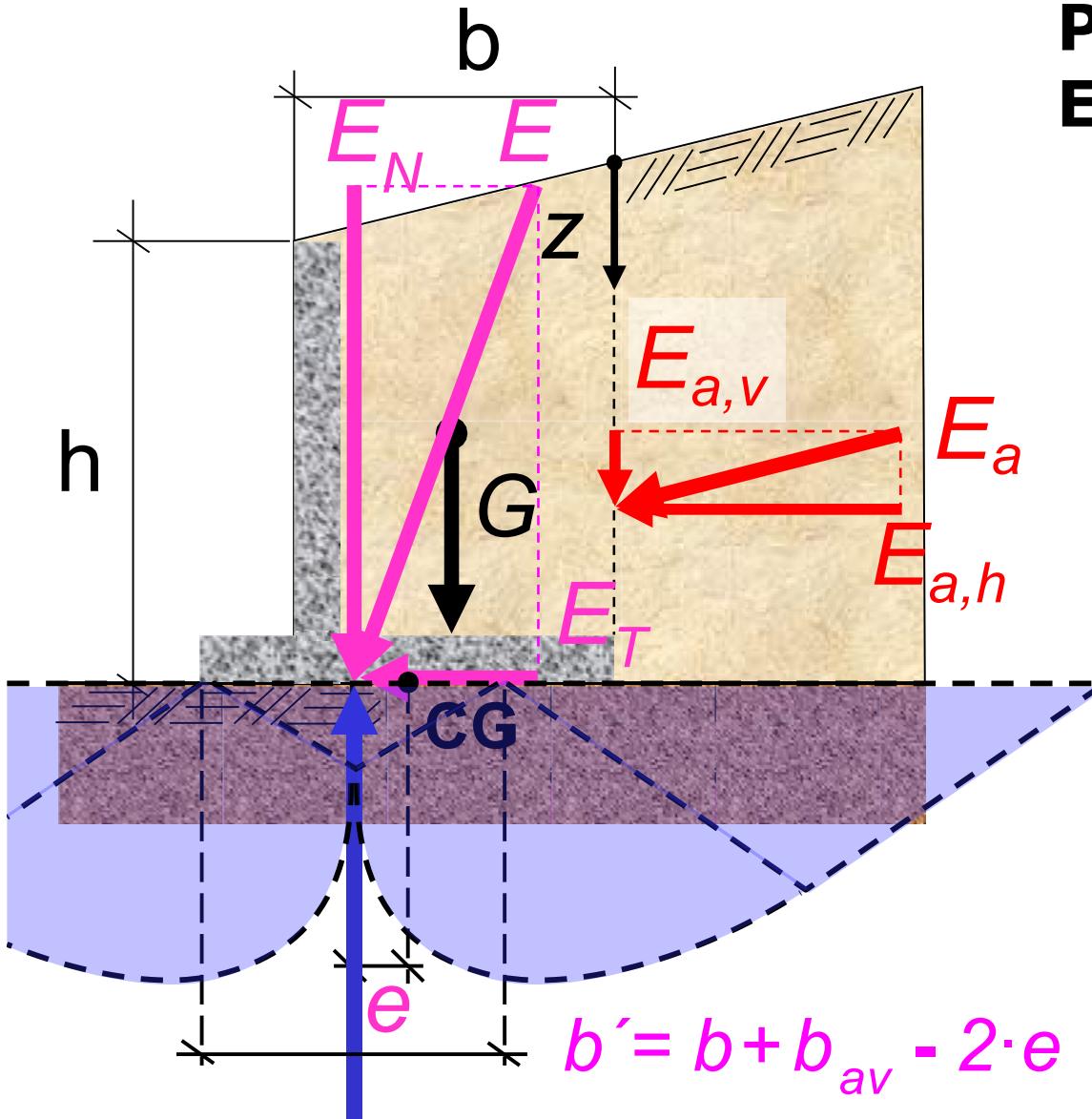
Excentricité de la résultante :

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



Poinçonnage du sol sous le mur

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

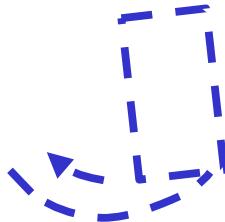


Poinçonnage du sol ELU type 2 externe

Vérification :

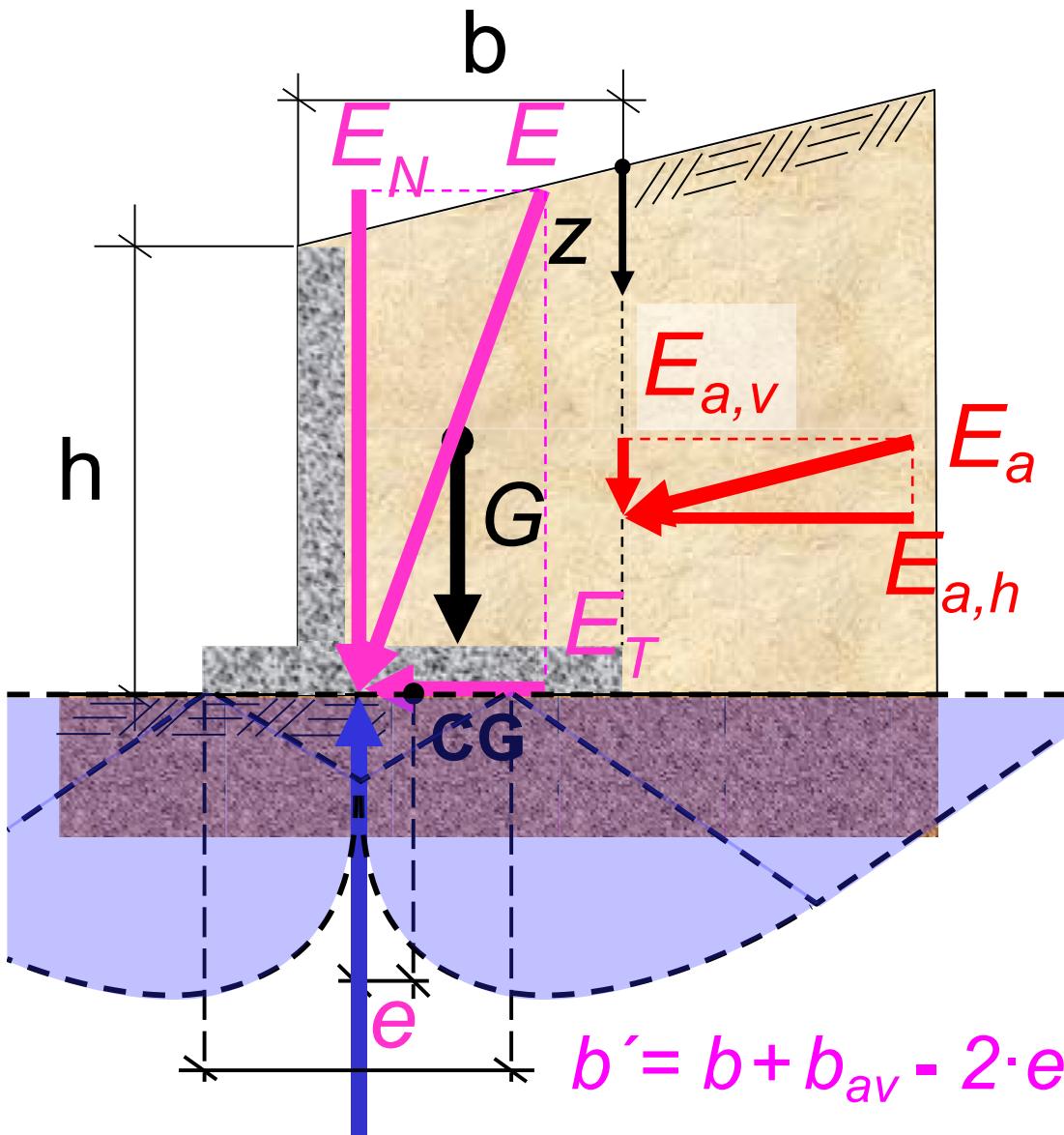
$$E_N \leq R_N$$

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



Poinçonnement du sol sous le mur

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Poinçonnement du sol ELU type 2 externe

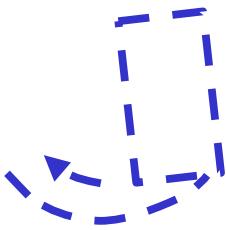
Poids propre du mur et du remblai:

effet favorable

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

Poussée due au remblai :

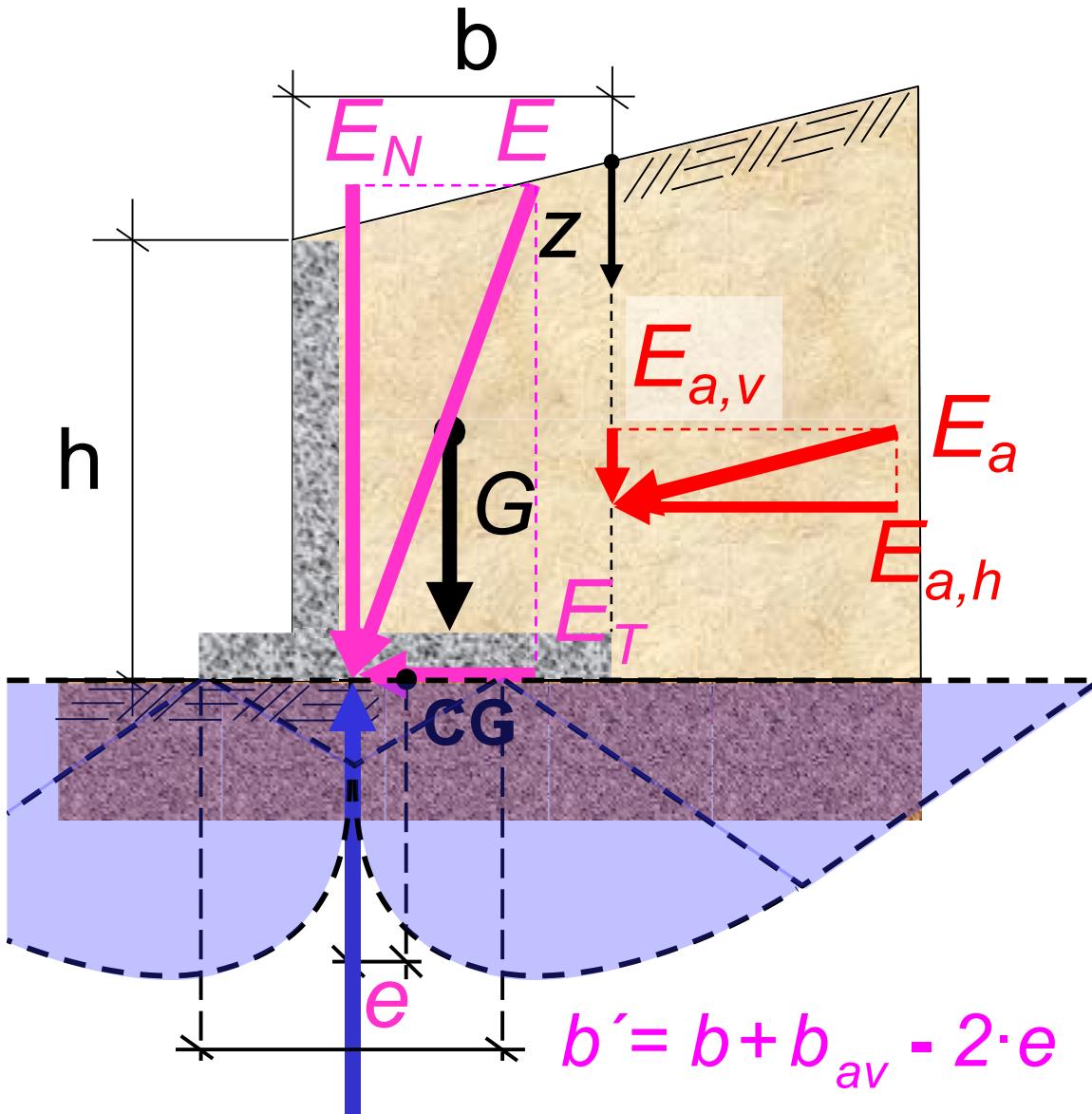
effet défavorable



Poinçonnement du sol sous le mur

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

Sollicitation



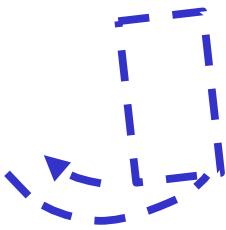
$$E_N = G_d + E_{av}$$

$$E_T = E_{ah}$$

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

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

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



Poinçonnement du sol sous le mur

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

Résistance

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

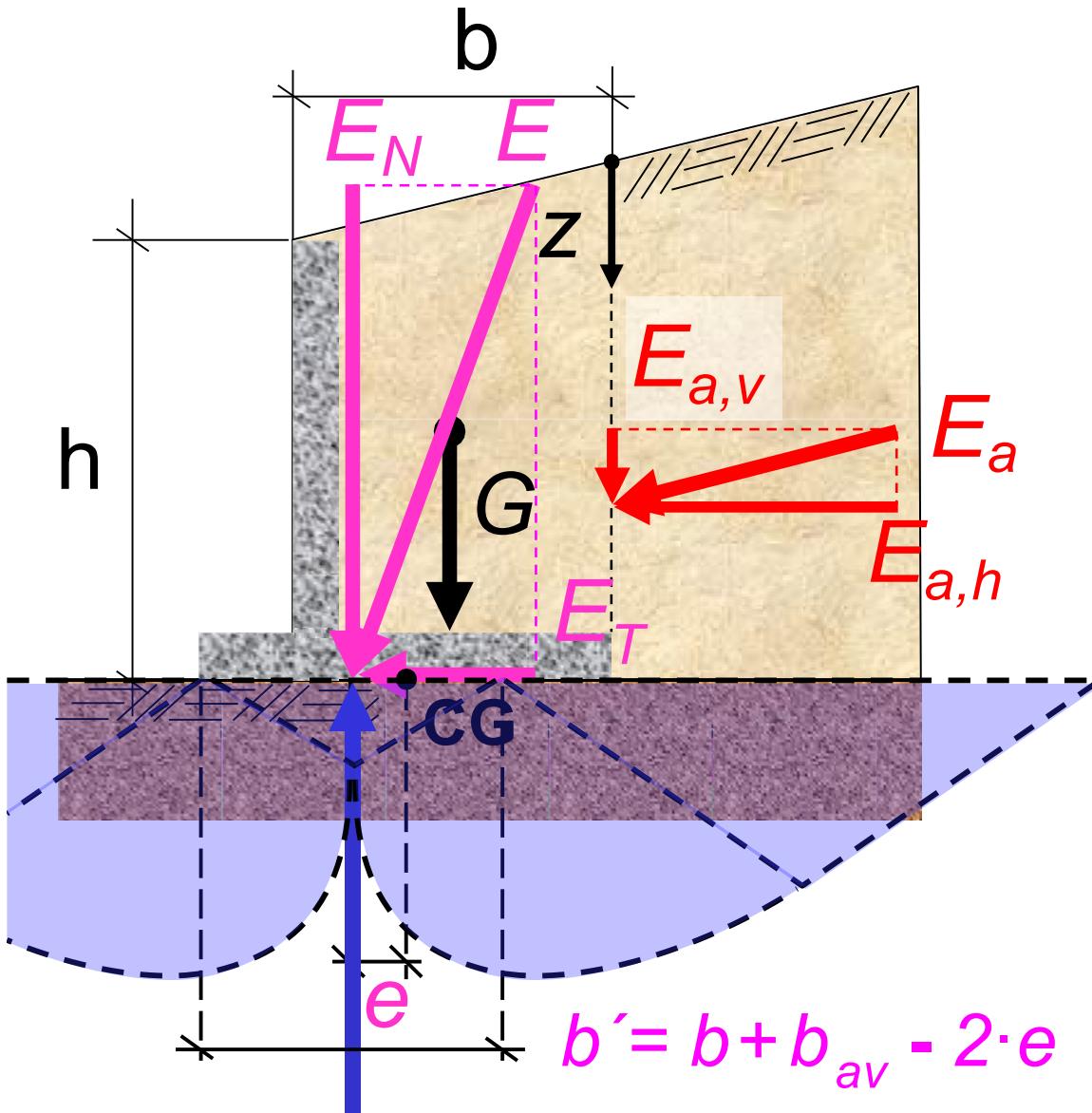
avec

N_c, N_q, N_γ fonction de ϕ'

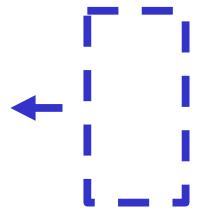
i_c, i_q, i_γ fonction de $E_{a,v} / E_{ah}$

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

$$R_N = q_p \cdot b'$$

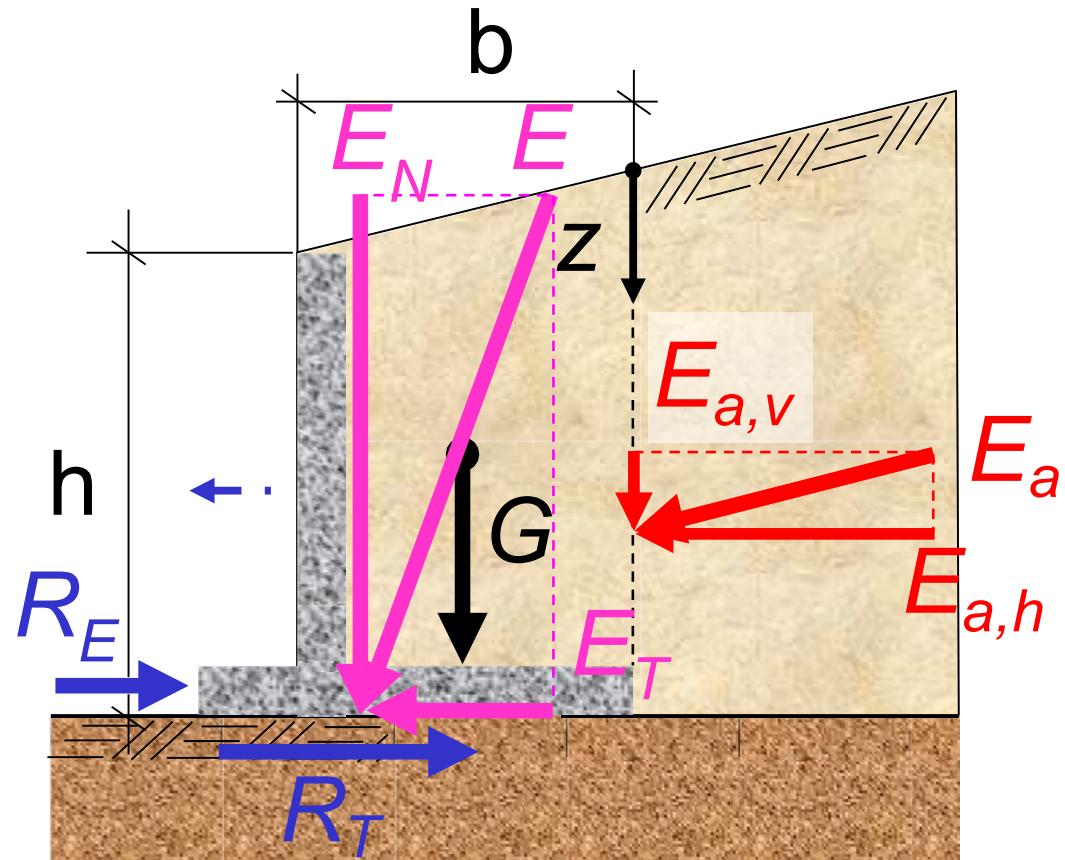


$$b' = b + b_{av} - 2 \cdot e$$



Glissement du mur à l'interface

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Glissement du mur ELU type 2 externe

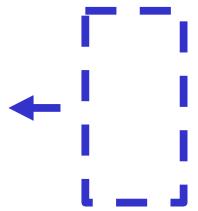
Vérification :

$$E_T \leq R_T + R_E$$

Attention

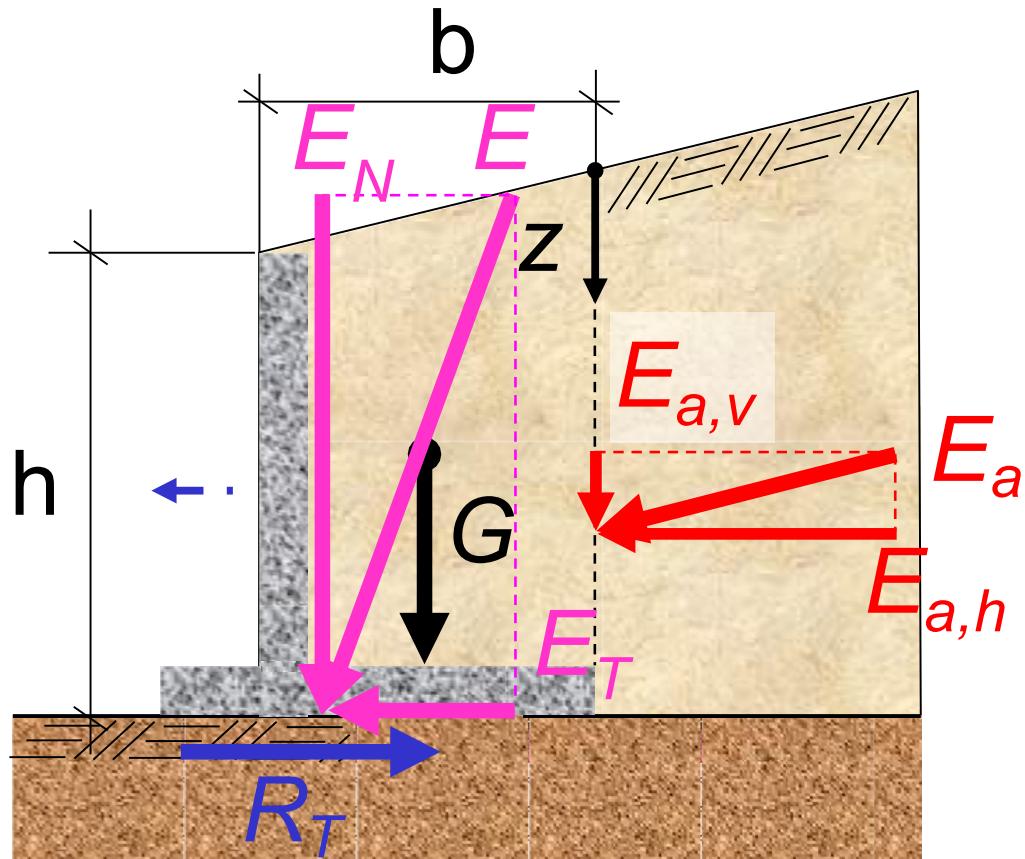
si prise en compte de la réaction du remblai aval R_E

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



Glissement du mur à l'interface

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES

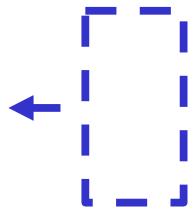


Glissement du mur ELU type 2 externe

Poids propre du mur et du remblai :
effet favorable

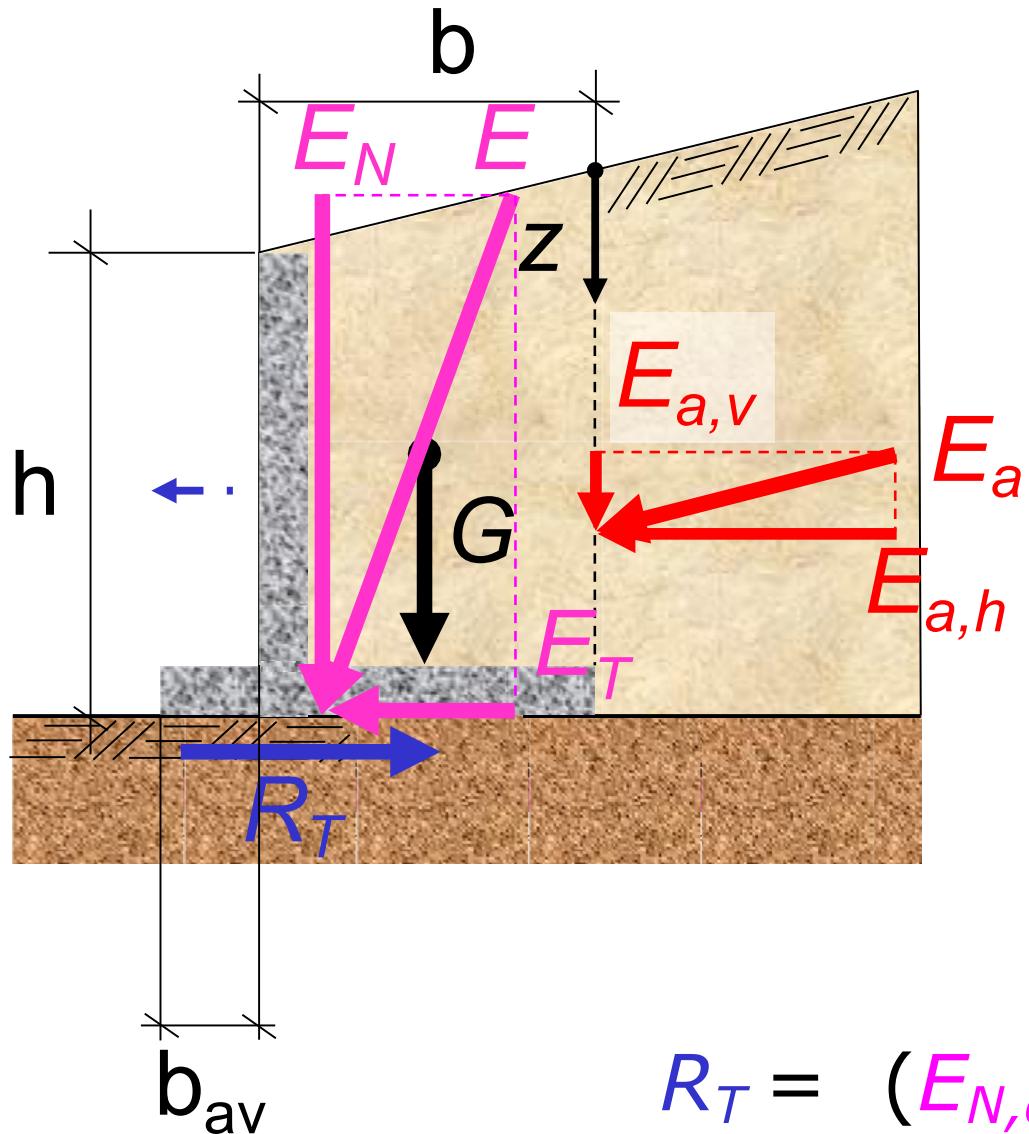
$$G_k = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{k4}$$

Poussée due au remblai :
effet défavorable



Glissement du mur à l'interface

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



Sollicitation

$$E_T = E_{ah}$$

Résistance

avec

$$\delta = \varphi' \text{ (rugueuse)}$$

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

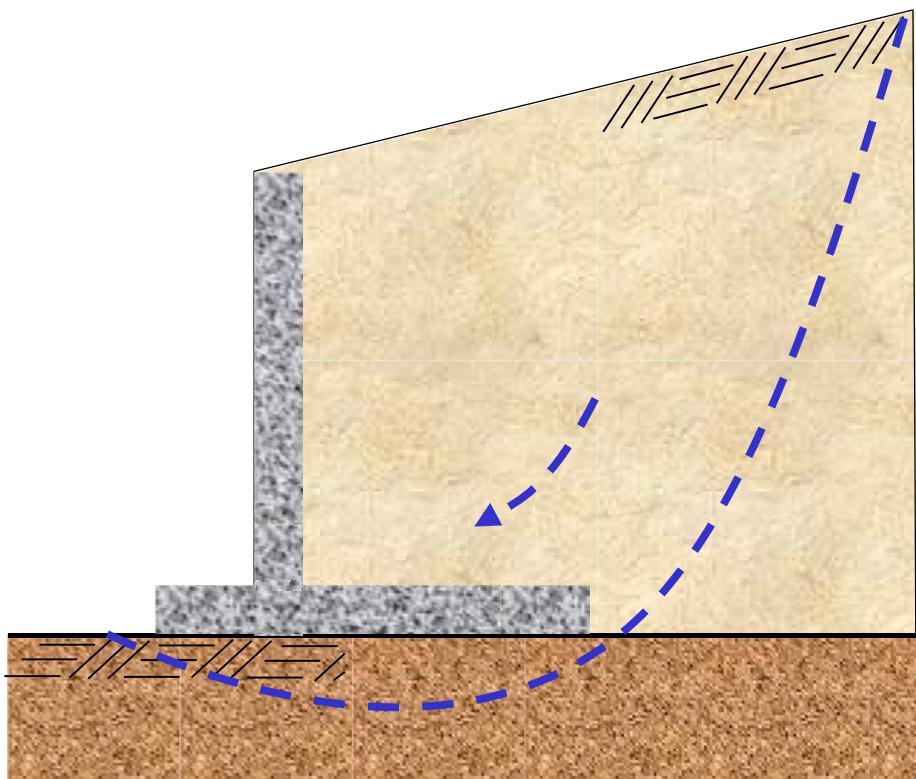
$$A'_d = b' \cdot 1 \text{ surface effective}$$

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

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

Glissement généralisé

OUVRAGES GÉOTECHNIQUES



**Glissement
généralisé
englobant le mur**

ELU type 3