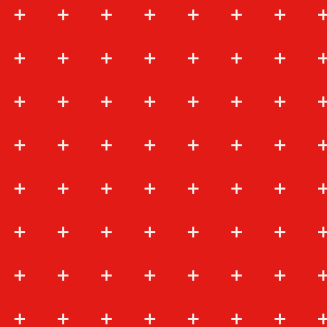




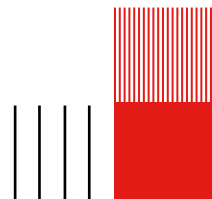
Interactions sol-structures

Justification des murs de soutènement



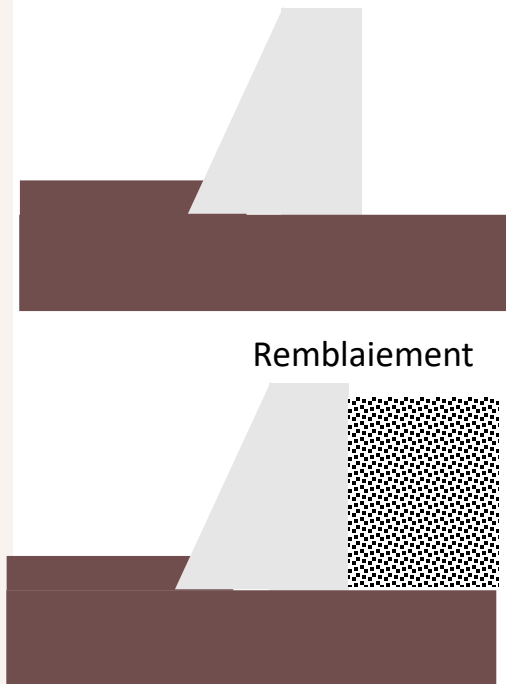
Sommaire

1. Introduction
2. Typologie
3. Actions et sollicitations
4. Capacité portante
5. Glissement
6. Tassement
- 7, Murs en remblai renforcé
8. Conclusion

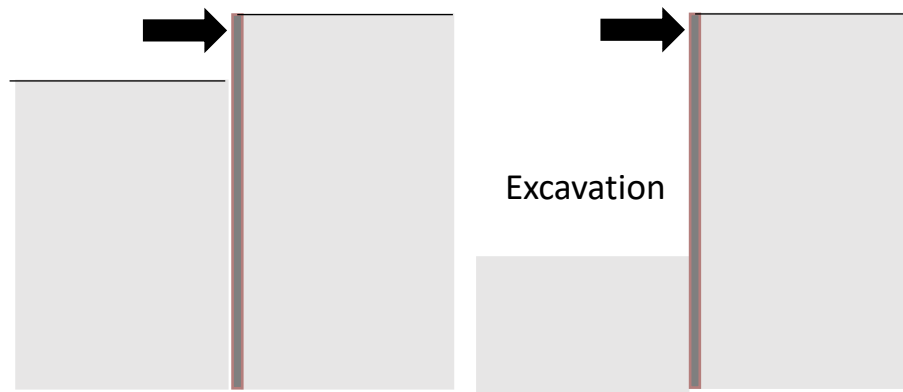


1. Introduction

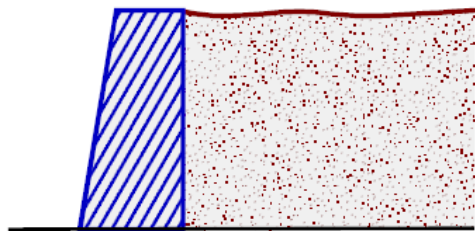
Mise en place d'un remblai compacté derrière un **mur**



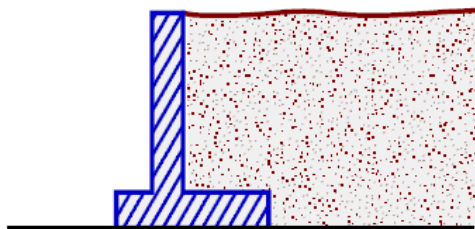
Excavation devant un **écran** rigide
butonné en tête



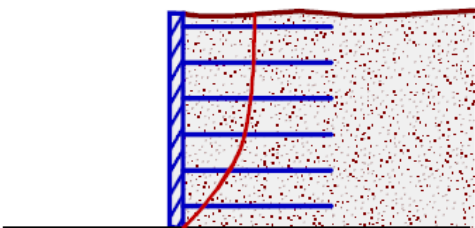
2. Typologie



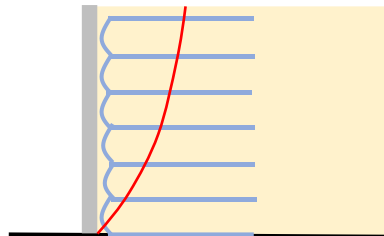
Mur poids



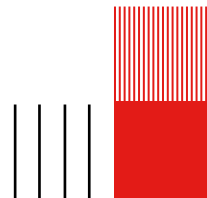
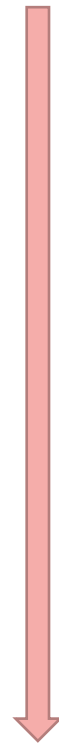
Mur cantilever



Murs cellulaires



Réduction du
volume de béton



Mur poids



Pierres sèches



Pierres sèches jointoyées



Maçonnerie jointoyée

Béton armé



Gabions



Mur cantilever

Coulé en place



Préfabriqué

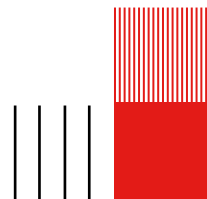


Mur cellulaire

Mur Peller



Mur Reboul

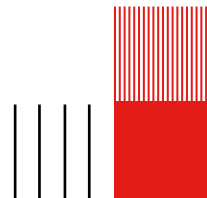


Mur en remblai renforcé

Terre armée



Géosynthétiques



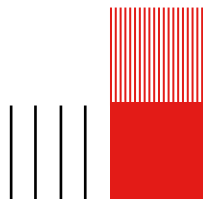
3. Actions et sollicitations

NF P 94-281 (avril 2014) : Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 - Ouvrages de soutènement – Murs

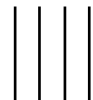
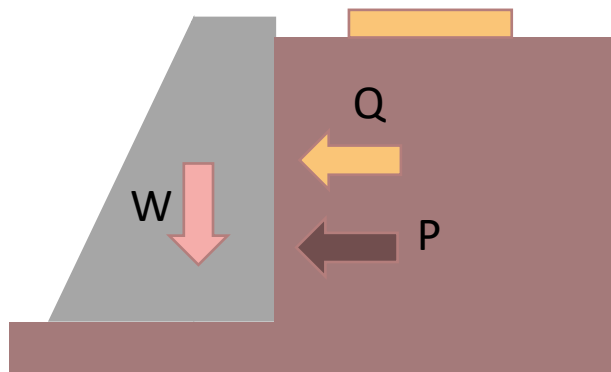
NF P 94-270 (2020) : Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement - Remblais renforcés et massifs en sol cloué

Actions et Réactions :

- Valeurs mesurées X
- Valeurs caractéristiques X_k
- Valeurs de calcul X_d

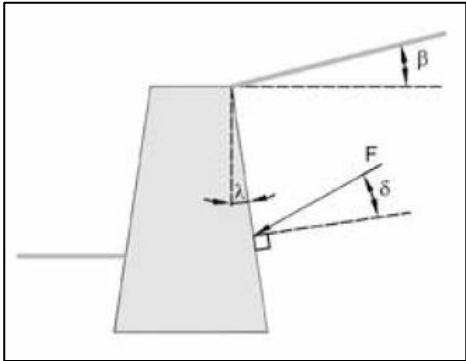


Permanent (G)	Variable (Q)	Accidentelles (A)
Pondérales (poids du mur)	Charges de trafic	Chocs
Poussée-butée du sol	Charges d'exploitation	Explosions
Pression de l'eau	Mouvements de fluide	Naturelles (eau, glissement de terrain)

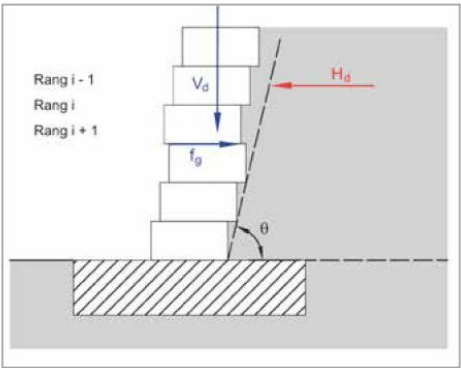


Combinaisons d'actions

GEO



STR



Situations de projet	Etats limites	Types d'Etat limite
Situations durables - phase d'exploitation définitive (l'ouvrage est construit et supporte les charges d'exploitation définitives) - phase d'exploitation provisoire (l'ouvrage est construit, mais il supporte des charges d'exploitation provisoires, ex charges de chantier de l'itinéraire)	ELS Caractéristiques	Excentrement du chargement (géotechnique)
		Limitation de la charge transmise au terrain (géotechnique)
		Type structurel
	ELS Quasi-permanents	Excentrement du chargement (géotechnique)
		Limitation de la charge transmise au terrain (géotechnique)
		Tassements ^(a) et déplacements ^(a) (géotechnique)
	ELS Fréquents ^(a)	Type structurel
		Type structurel
	ELU Fondamentaux	GEO excentrement du chargement
		GEO capacité portante
		GEO glissement
		GEO stabilité générale
		STR
Situations transitoires - phase de construction	ELS Caractéristiques	Excentrement du chargement (géotechnique)
		Limitation de la charge transmise au terrain (géotechnique)
		Type structurel
	ELU Fondamentaux	GEO excentrement du chargement
		GEO capacité portante
		GEO glissement
		GEO stabilité générale
		STR
	ELU Accidentels	GEO excentrement du chargement
		GEO capacité portante
		GEO glissement
		STR
		STR
Situations sismiques	ELU Sismiques	GEO capacité portante
		GEO glissement
		GEO stabilité générale
		STR
		STR

^(a) Tassements absolus et différentiels.
^(a) Déplacements et rotations.
^(a) Utilisée pour les justifications de type structurel (vérification de la fissuration du béton armé pour les ouvrages d'art).

Facteurs partiels – Approche calcul 2 : A1 + M1 + R2

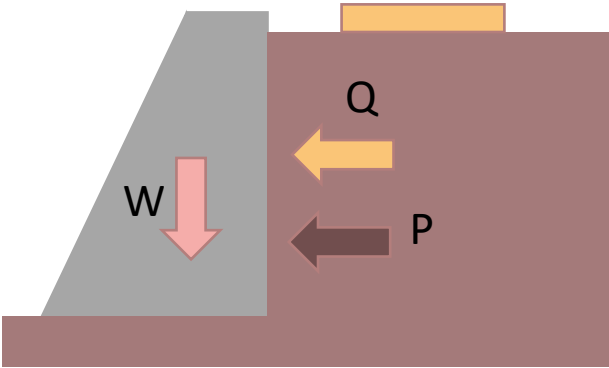
A1			
Actions permanentes (G)	Défavorable	$\gamma_{G,dst}$	1,35
	Favorable	$\gamma_{G,stb}$	1,00
Actions variables (Q)	Défavorable	$\gamma_{Q,dst}$	1,50
	Favorable	$\gamma_{Q,stb}$	0,00

M1		
Coefficient de frottement effectif ϕ'	$\gamma_{\phi'}$	1,00
Cohésion effective c'	$\gamma_{c'}$	1,00
Cohésion non drainée C_u	γ_{C_u}	1,00
Poids volumique γ	γ_{γ}	1,00

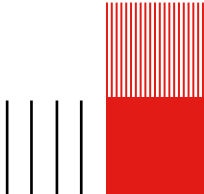
R2, $\gamma > 1$ mais variables selon combinaison considérée

Facteurs partiels

A1			
Actions permanentes (G)	Défavorable	$\gamma_{G,dst}$	1,35
	Favorable	$\gamma_{G,stb}$	1,00
Actions variables (Q)	Défavorable	$\gamma_{Q,dst}$	1,50
	Favorable	$\gamma_{Q,stb}$	0,00

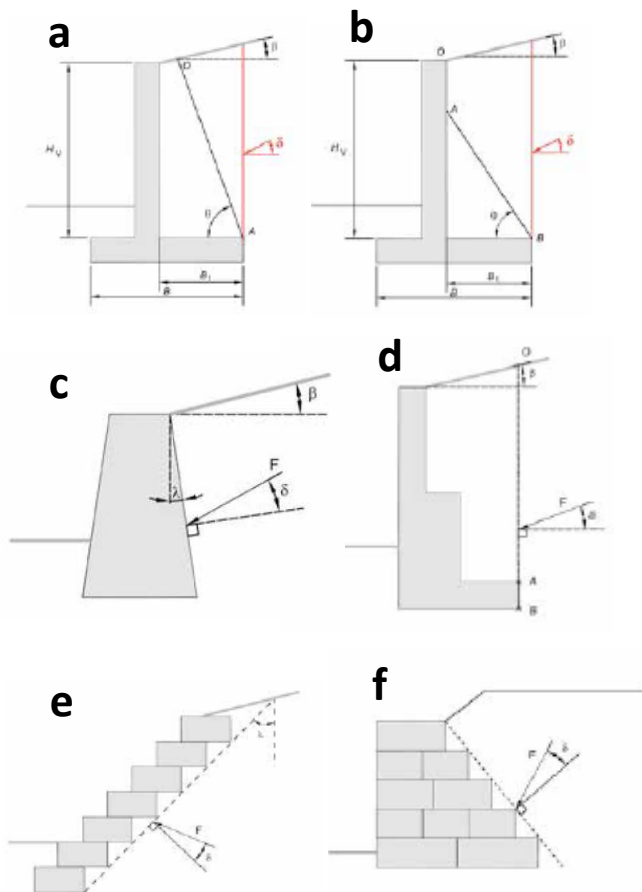


	W	Q	P
Portance	1,35	1,5	1,35
Glissement	1,00	1,5	1,35



Plan d'application des actions

$$\text{avec } \theta = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} + \frac{\omega - \beta}{2} \text{ et } \sin \omega = \frac{\sin \beta}{\sin \varphi}$$



Type de mur et d'écran fictif		Commentaires	δ	
			δ_p (poids)	δ_q (surcharge)
Mur en L ou en T renversé à écran fictif vertical (en rouge) (Figure 3 a et b)	$H_v \leq B_f \cdot \tan \theta$ (Figure 3 a)	Dans ce cas, il est nécessaire de calculer θ pour déterminer δ	β	$\sup\left(\beta; \frac{1}{3} \varphi'\right)$
	$H_v > B_f \cdot \tan \theta$ (Figure 3 b)		$\beta + (\delta_0 - \beta) \left(1 - \frac{B_f \cdot \tan \theta}{H_v}\right)^2$ Avec $\delta_0 = \sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$	$\beta + (\delta_0 - \beta) \left(1 - \frac{B_f \cdot \tan \theta}{H_v}\right)^2$ Avec $\delta_0 = \sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$
Mur en L ou en T renversé à écran fictif incliné	$H_v \leq B_f \cdot \tan \theta$ (Figure 3 a)	Dans ce cas, θ est la valeur de l'inclinaison de l'écran fictif	φ'	φ'
	$H_v > B_f \cdot \tan \theta$ (Figure 3 b)		$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$ sur la portion ^(a) OA φ' sur la portion AB	$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$ sur la portion ^(a) OA φ' sur la portion AB
Mur poids (Figure 3 c)			$\sup\left(\delta'; \frac{2}{3} \varphi'\right)$	$\sup\left(\delta'; \frac{2}{3} \varphi'\right)$
Mur à redans et écran fictif vertical (Figure 3 d)	Portion OA		$\sup\left(\beta; \frac{1}{3} \varphi'\right)$	$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$
	Portion AB		$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$	$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$
Mur cellulaire et écran fictif incliné (Figure 3 e)			$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$	$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$
Mur en gabions et écran fictif incliné (Figure 3 f)			$(1 - G)\varphi'$	$(1 - G)\varphi'$

^(a) Cette valeur est modifiée par rapport à celle du tableau de la norme NF P94-281 afin de tenir compte de l'inclinaison du talus comme pour les autres cas.

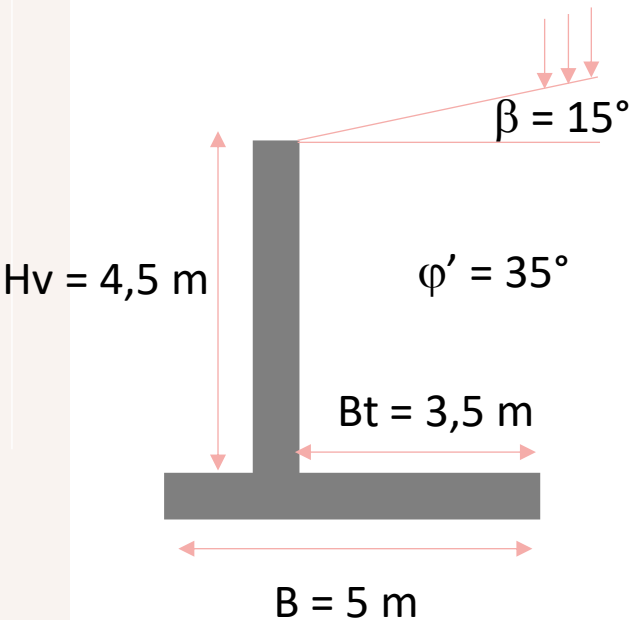
Plan d'application des actions

Type de mur et d'écran fictif		Commentaires	δ	
			δ_p (poids)	δ_q (surcharge)
Mur en L ou en T ^e renversé à écran fictif vertical (en rouge) (Figure 3 a et b)	$H_v \leq B_t \cdot \tan \theta$ (Figure 3 a)	Dans ce cas, il est nécessaire de calculer θ pour déterminer δ	β	$\sup\left(\beta; \frac{1}{3} \varphi'\right)$
	$H_v > B_t \cdot \tan \theta$ (Figure 3 b)		$\beta + (\delta_0 - \beta) \left(1 - \frac{B_t \cdot \tan \theta}{H_v}\right)^2$ Avec $\delta_0 = \sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$	$\beta + (\delta_0 - \beta) \left(1 - \frac{B_t \cdot \tan \theta}{H_v}\right)^2$ Avec $\delta_0 = \sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$
Mur en L ou en T ^e renversé à écran fictif incliné	$H_v \leq B_t \cdot \tan \theta$ (Figure 3 a)	Dans ce cas, θ est la valeur de l'inclinaison de l'écran fictif	φ'	φ'
	$H_v > B_t \cdot \tan \theta$ (Figure 3 b)		$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$ sur la portion ^(a) OA φ' sur la portion AB	$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$ sur la portion ^(a) OA φ' sur la portion AB
Mur poids (Figure 3 c)			$\sup\left(\delta'; \frac{2}{3} \varphi'\right)$	$\sup\left(\delta'; \frac{2}{3} \varphi'\right)$
Mur à redans et écran fictif vertical (Figure 3 d)	Portion OA		$\sup\left(\beta; \frac{1}{3} \varphi'\right)$	$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$
	Portion AB		$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$	$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$
Mur cellulaire et écran fictif incliné (Figure 3 e)			$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$	$\sup\left(\beta; \frac{2}{3} \varphi'\right)$
Mur en gabions et écran fictif incliné (Figure 3 f)			$(1-G)\varphi'$	$(1-G)\varphi'$

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{\sin \beta}{\sin \varphi'}\right) \quad \theta = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2} + \frac{\gamma - \beta}{2}$$

^(a) Cette valeur est modifiée par rapport à celle du tableau de la norme NF P94-281 afin de tenir compte de l'inclinaison du talus comme pour les autres cas.

Plan d'application des actions : exemple



Type de mur et d'écran fictif		Commentaires	δ	
			δ_p (poids)	δ_q (surcharge)
Mur en L ou en T renversé à écran fictif vertical (en rouge) (Figure 3 a et b)	$H_v \leq B_t \cdot \tan \theta$ (Figure 3 a)	Dans ce cas, il est nécessaire de calculer θ pour déterminer δ	β	$\sup\left(\beta; \frac{1}{3}\varphi'\right)$
	$H_v > B_t \cdot \tan \theta$ (Figure 3 b)		$\beta + (\delta_0 - \beta) \left(1 - \frac{B_t \cdot \tan \theta}{H_v}\right)^2$ Avec $\delta_0 = \sup\left(\beta; \frac{2}{3}\varphi'\right)$	$\beta + (\delta_0 - \beta) \left(1 - \frac{B_t \cdot \tan \theta}{H_v}\right)^2$ Avec $\delta_0 = \sup\left(\beta; \frac{2}{3}\varphi'\right)$

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{\sin \beta}{\sin \varphi'}\right) \quad \theta = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2} + \frac{\gamma - \beta}{2}$$

$\gamma = 26,8^\circ$

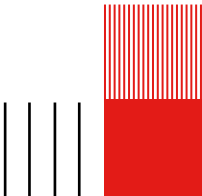
$\theta = 45 + 17,5 + (26,8 - 15) / 2 = 68,1^\circ$

$H_v < B_t \cdot \tan \theta$

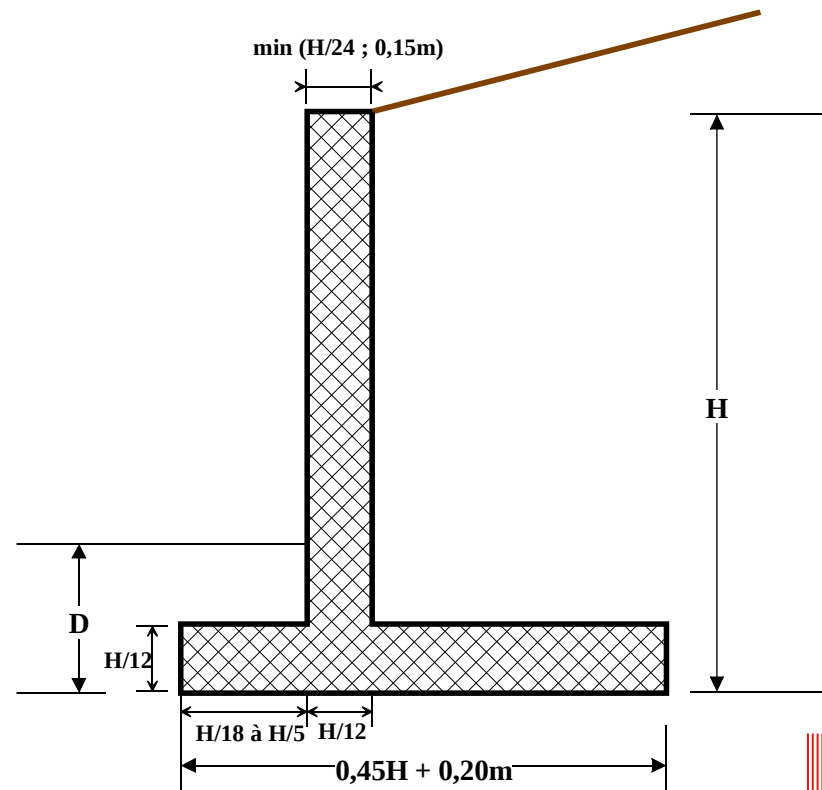
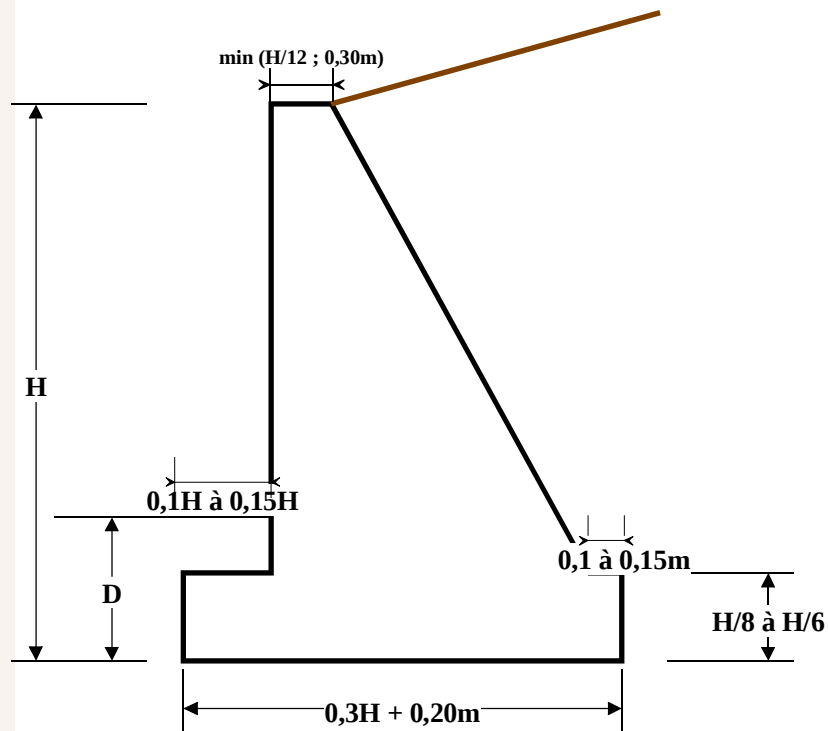


$\delta_p = 15^\circ$

$\delta_q = 15^\circ$

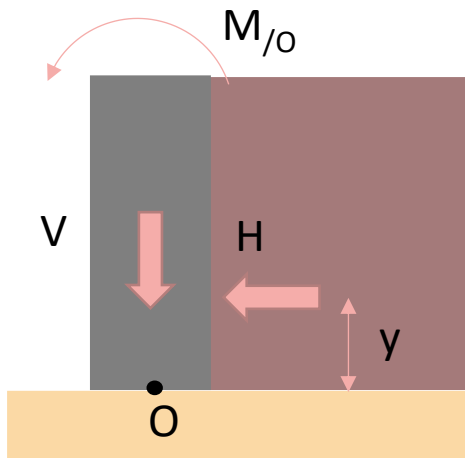


Pré dimensionnement



4. Capacité portante

1. Vérification de l'excentrement



$$e = M_{/O} / V$$

$$M_{/O} = H \cdot y$$

Il faut vérifier aux ELU :

$$1 - \frac{2e}{B} \geq \frac{1}{15}$$

Il faut vérifier aux ELS :

$$1 - \frac{2e}{B} \geq \frac{1}{2}$$

On pondère par 1,35 (1,5) les actions défavorables permanentes (variables) aux ELU

On pondère par 1 (0) les actions favorables permanentes (variables) aux ELU

Pas de pondération aux ELS

2. Calcul de la résistance du sol q_{net}

Méthode **pressiométrique** ou pénétrométrique

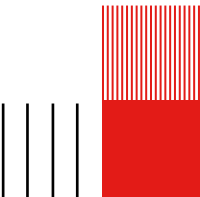
$$q_{\text{net}} = k_p p_{\text{le}}^* i_{\delta} i_{\beta}$$

k_p : facteur de portance pressiométrique

p_{le}^* : pression limite nette équivalente

i_{δ} : coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement

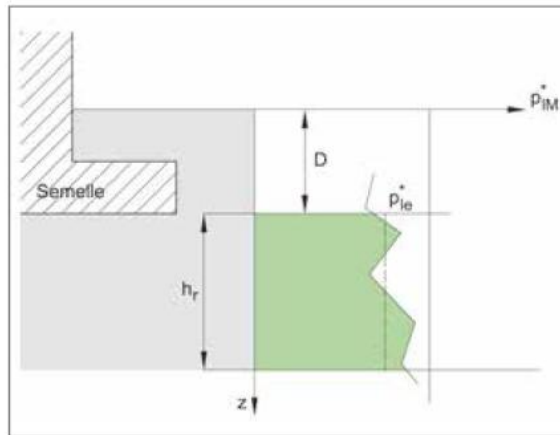
i_{β} : coefficient de réduction de portance lié à la présence d'un talus



2. Calcul de la résistance du sol q_{net} Méthode **pressiométrique** ou pénétrométrique

$$q_{\text{net}} = k_p \mathbf{p_{le}^*} i_\delta i_\beta$$

$$p_{le}^* = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n p_{l;k;i}^*}$$

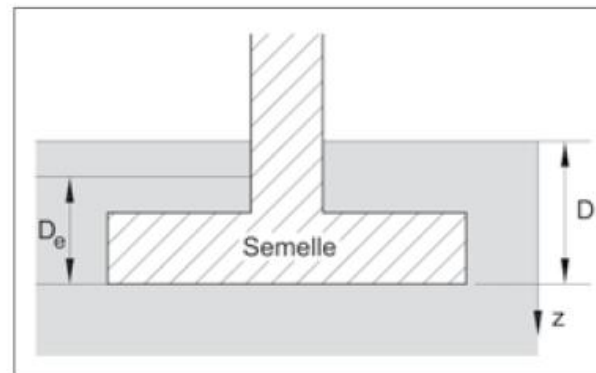


	ELU	ELS Quasi-permanent ELS caractéristique
$\text{Si } \left(1 - \frac{2e}{B}\right) > \frac{1}{2}$	$h_r = 1,5B$	$h_r = 1,5B$
$\text{Si } \left(1 - \frac{2e}{B}\right) < \frac{1}{2}$	$h_r = 3B - 6e$	

2. Calcul de la résistance du sol q_{net} Méthode **pressiométrique** ou pénétrométrique

$$q_{\text{net}} = k_p p_{le}^* i_\delta i_\beta$$

$$D_e = \frac{1}{p_{le}^*} \int_0^D p_l^*(z) dz$$



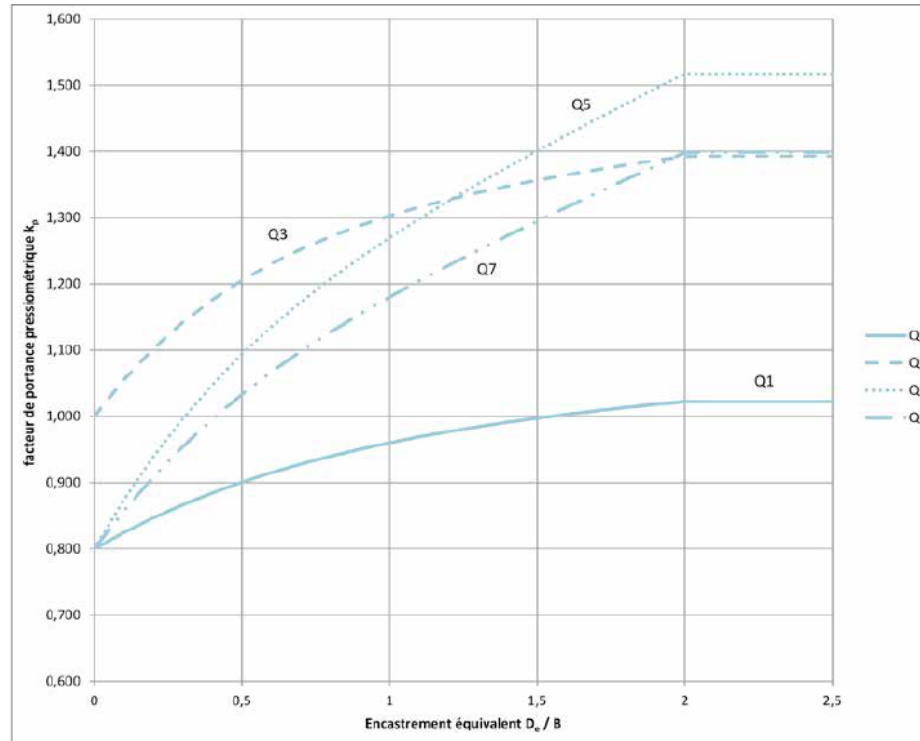
$$\text{Si } D_e/B < 2 \quad k_p = k_{p0} + \left(a + b \frac{D_e}{B} \right) \left(1 - e^{-c \frac{D_e}{B}} \right) \quad \text{Sinon } k_p = k_{p\text{max}}$$

Catégorie de sol ^(a)	Courbe de variation du facteur de portance	Expression de k_p				
		a	b	c	k_{p0} ($D_e/B = 0$)	$k_{p\text{max}}$
Argiles et limons	Q1	0,2	0,02	1,3	0,8	1,022
Sables et graves	Q3	0,3	0,05	2	1	1,393
Craies	Q5	0,28	0,22	2,8	0,8	1,517
Marnes et marno-calcaires Roches altérées	Q7	0,2	0,2	3	0,8	1,399

2. Calcul de la résistance du sol q_{net}

Méthode **pressiométrique** ou pénétrométrique

$$q_{\text{net}} = k_p p_{\text{le}} * i_{\delta} i_{\beta}$$



2. Calcul de la résistance du sol q_{net} Méthode **pressiométrique** ou pénétrométrique

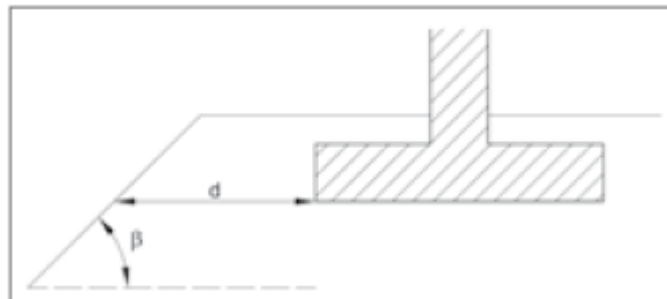
$$q_{\text{net}} = k_p p_{\text{le}} * i_{\delta} i_{\beta}$$

$$\delta_d = \arctan\left(\frac{H_d}{V_d}\right)$$

Sol cohérent ^(a) ($\varphi' = 0$ et $c > 0$)		$i_{\delta,c} = \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2$ [Formule D.2.4.1 NF P94-261]
Sol frottant ($\varphi' > 0$ et $c' = 0$)	pour $\delta_d < \frac{\pi}{4}$	$i_{\delta,f} = \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 - \frac{2\delta_d}{\pi} \left(2 - 3\frac{2\delta_d}{\pi}\right) e^{\frac{-D_e}{B}}$ [Formule D.2.4.2 NF P94-261]
	pour $\delta_d \geq \frac{\pi}{4}$	$i_{\delta,f} = \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 - \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right) e^{\frac{-D_e}{B}}$ [Formule D.2.4.3 NF P94-261]
Sol frottant et cohérent ($\varphi' > 0$ et $c' > 0$)		$i_{\delta,cf} = i_{\delta,f} * \left(i_{\delta,c} - i_{\delta,f}\right) \left(1 - e^{\frac{-\alpha c'}{\gamma' B \tan(\varphi')}}\right)$ avec $\alpha = 0,6$ [Formule D.2.4.4 NF P94-261]
Soit après développement	pour $\delta_d < \frac{\pi}{4}$	$i_{\delta,cf} = \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 - \frac{2\delta_d}{\pi} \left(2 - 3\frac{2\delta_d}{\pi}\right) e^{\left(\frac{D_e}{B} + \frac{\alpha c'}{\gamma' B \tan(\varphi')}\right)}$
	pour $\delta_d \geq \frac{\pi}{4}$	$i_{\delta,cf} = \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 - \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right) e^{\left(\frac{D_e}{B} + \frac{\alpha c'}{\gamma' B \tan(\varphi')}\right)}$

2. Calcul de la résistance du sol q_{net} Méthode **pressiométrique** ou pénétrométrique

$$q_{\text{net}} = k_p p_{le} * i_{\delta} i_{\beta}$$



Sol cohérent^(a) ($\varphi' = 0$ et $c_u > 0$)	pour $d < 8B$ et $\beta < \frac{\pi}{4}$	$i_{\beta,c} = 1 - \frac{\beta}{\pi} \left(1 - \frac{d}{8B}\right)^2$ [Formule D.2.5.1 NF P94-261]
Sol frottant ($\varphi' > 0$ et $c' = 0$)	Pour ^(b) $d + \frac{D_e}{\tan \beta} < 8B$ et $\beta < \frac{\pi}{4}$	$i_{\beta,f} = 1 - 0,9(\tan \beta)(2 - \tan \beta) \left(1 - \frac{d + \frac{D_e}{\tan \beta}}{8B}\right)^2$ [Formule D.2.5.2 NF P94-261]
Sol frottant et cohérent ($\varphi' > 0$ et $c' > 0$)		$i_{\beta,cf} = i_{\beta,f} + (i_{\beta,c} - i_{\beta,f}) \left(1 - e^{\frac{-\alpha c'}{\gamma B \tan(\varphi')}}\right)$ avec $\alpha = 0,6$ [Formule D.2.5.3 NF P94-261]

3. Vérification de la capacité portante

Il faut vérifier pour chaque combinaison que $V_d - R_0 \leq R_{v;d}$

V_d : valeur de calcul de l'effort vertical transmise au terrain par le mur;

R_0 : poids des terres initial à la base de la fondation (après travaux) ;

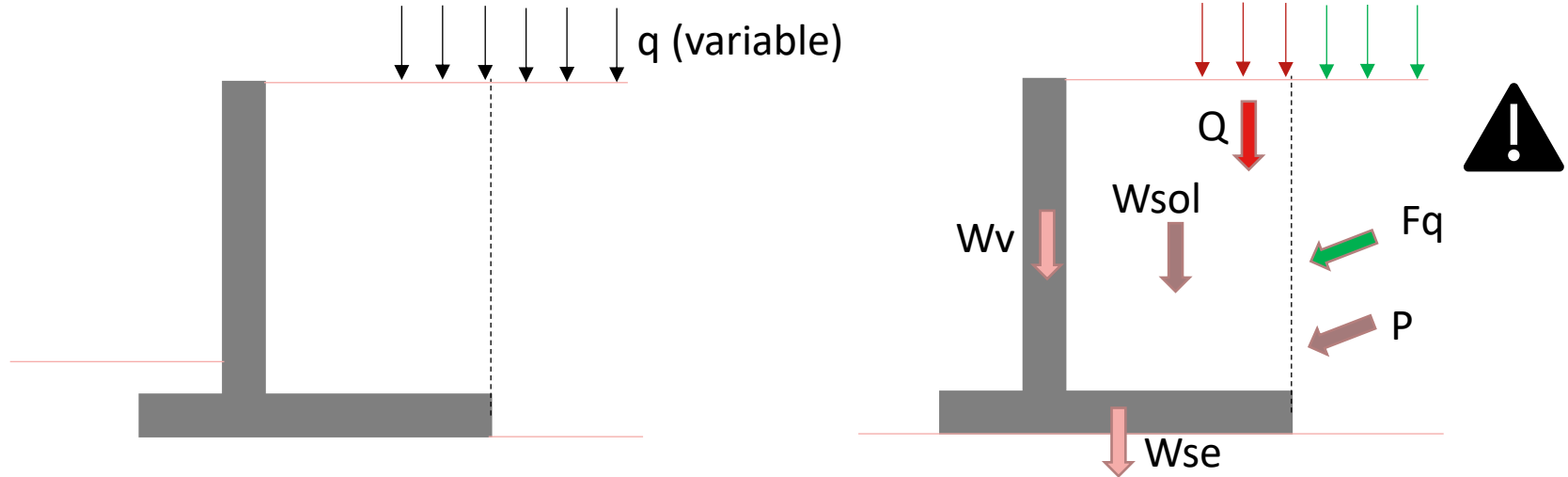
$R_{v;d}$: valeur de calcul de la résistance ultime du terrain.

$$R_0 = A \cdot q_0 \quad R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R,v}} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R,v} \gamma_{R;d,v}} = \frac{A i_e q_{net}}{\gamma_{R,v} \gamma_{R;d,v}}$$

$$i_e = 1 - \frac{2e}{B} \quad q_{net} = k_p p_{le}^* i_\delta i_\beta \quad \gamma_{R,d,v} = 1$$

	ELS quasi-permanents [12.2 (1)]	ELS caractéristiques [12.2 (1)]	ELU durables et transitoires [9.2.1 (4)]	ELU accidentels [9.2.3 (2)]
$\gamma_{R,v}$	2,3	2,3	1,4	1,2

4. Actions à considérer avec leur pondération



Toutes les actions sont défavorables pour la capacité portante :

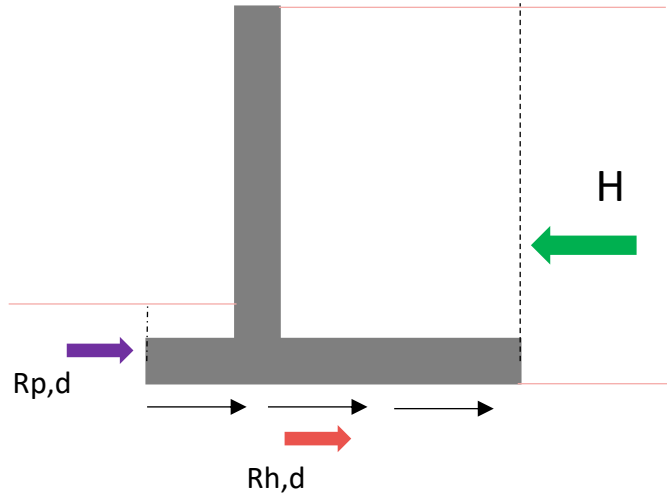
- x 1,35 pour W_v , W_{se} , W_{sol} et P aux ELU
- x 1,5 pour Q et F_q aux ELU
- Pas de pondération aux ELS

1. Vérification de l'excentrement (avec les mêmes pondérations)
2. Calcul de la résistance du sol q_{net} (avec composante verticale sur paroi fictive)
3. Vérification de la capacité portante

5. Glissement

A considérer uniquement aux ELU

$$H_d \leq R_{h,d} + R_{p,d}$$



$R_{p,d}$ est favorable et peut disparaître, on ne la considère pas pour cette justification

$R_{h,d}$ doit être considérée à court terme et long terme

Court terme

$$R_{hd} = \min \left(\frac{1}{\gamma_{R;h} \cdot \gamma_{R;d;h}} (A' \cdot c_{u;k}), 0,4 \cdot V_d \right)$$

Long terme

$$R_{h;d} = \frac{V_d \cdot \tan \delta_{a;k}}{\gamma_{R;h} \cdot \gamma_{R;d;h}}$$

2 combinaisons à évaluer

$$H_d = 1,35 P_h$$

$$V_d = W_v + W_{se} + W_{sol} + 1,35 P_v$$

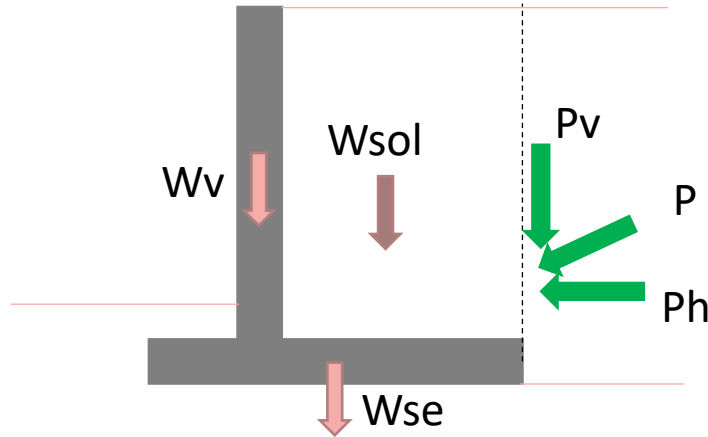
$$A' = i_e \cdot A$$

$$i_e = 1 - \frac{2e}{B}$$

$$H_d = P_h$$

$$V_d = W_v + W_{se} + W_{sol} + P_v$$

$$A' = i_e \cdot A$$



Court terme

$$R_{hd} = \min \left(\frac{1}{\gamma_{R,h} \cdot \gamma_{R,d,h}} (A' \cdot c_{u,k}), 0,4 \cdot V_d \right)$$

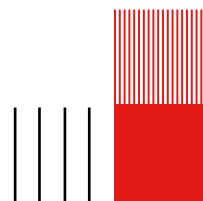
Long terme

$$R_{h,d} = \frac{V_d \cdot \tan \delta_{a,k}}{\gamma_{R,h} \cdot \gamma_{R,d,h}}$$

$$\gamma_{R,d,h} = 0,9$$

$\delta_{a,k} = \phi'_{crit}$ pour les fondations coulées en place
 $\delta_{a,k} = 2/3 \phi'_{crit}$ pour les fondations préfabriquées

	$\gamma_{R,h}$
ELU Fondamentaux (situations durables et transitoires)	1,1
ELU Accidentels	1,0



6. Tassement

Méthode **pressiométrique** ou pénétrométrique

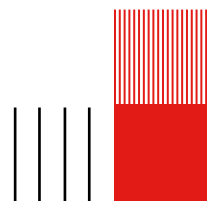
$$S_f = S_c + S_d$$

Cas d'un sol homogène

$$s_c = \frac{\alpha}{9E_M} (q' - \sigma'_{v0}) \lambda_c B \quad \text{et} \quad s_d = \frac{2}{9E_M} (q' - \sigma'_{v0}) B_0 \left(\lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$

Cas d'un sol hétérogène

$$s_c = \frac{\alpha}{9E_c} (q' - \sigma'_{v0}) \lambda_c B \quad \text{et} \quad s_d = \frac{2}{9E_d} (q' - \sigma'_{v0}) B_0 \left(\lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$



Cas d'un sol homogène

$$s_c = \frac{\alpha}{9E_M} (q' - \sigma'_{v0}) \lambda_c B$$

$$s_d = \frac{2}{9E_M} (q' - \sigma'_{v0}) B_0 \left(\lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$

E_M : module pressiométrique

B_0 : largeur de référence = 0,6 m

q' : contrainte moyenne effective appliquée au sol par le mur

σ'_{v0} : contrainte effective à la base du mur avant travaux

α : coefficient rhéologique

λ_c, λ_d : coefficients de forme

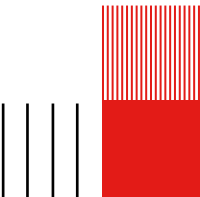
Cas d'un sol hétérogène

$$s_c = \frac{\alpha}{9E_c} (q' - \sigma'_{v0}) \lambda_c B$$

$$s_d = \frac{2}{9E_d} (q' - \sigma'_{v0}) B_0 \left(\lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$

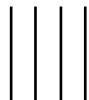
E_c : module pressiométrique équivalent dans les zones où la déformation volumétrique est prépondérante (de 0 à B/2)

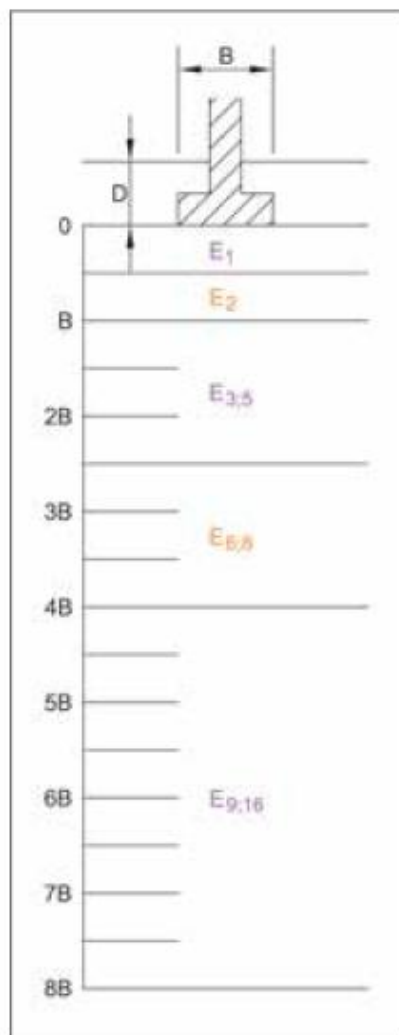
E_d : module pressiométrique équivalent dans les zones où la déformation de cisaillement est prépondérante (de 0 à 8B)



	Tourbe	Argile		Limon		Sable		Grave	
Type	α	E_M / p_I	α	E_M / p_I	α	E_M / p_I	α	E_M / p_I	α
Surconsolidé ou très serré	-	> 16	1	> 14	2/3	> 12	1/2	> 10	1/3
Normalement consolidé ou normalement serré	1	9 - 16	2/3	8 - 14	1/2	7 - 12	1/3	6 - 10	1/4
Sous-consolidé, altéré et remanié ou lâche	-	7 - 9	1/2	5 - 8	1/2	5 - 7	1/3	-	-

L / B	Cercle	Carré	2	3	5	≥ 20
λ_c	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
λ_d	1	1,12	1,53	1,78	2,14	2,65





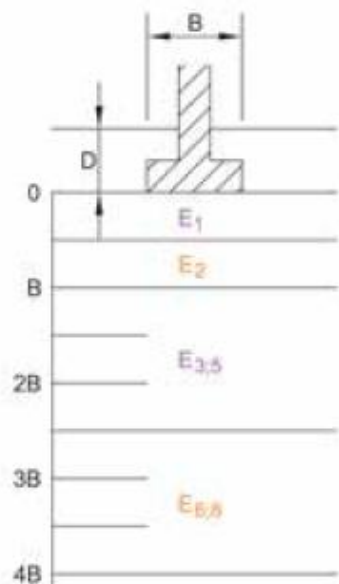
$$E_c = E_1$$

$$\frac{1}{E_d} = \frac{0,25}{E_1} + \frac{0,3}{E_2} + \frac{0,25}{E_{3,5}} + \frac{0,1}{E_{6,8}} + \frac{0,1}{E_{9,16}}$$

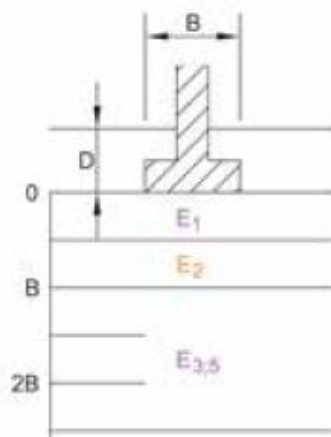
$$\text{avec } \frac{3}{E_{3,5}} = \frac{1}{E_3} + \frac{1}{E_4} + \frac{1}{E_5}$$

$$\frac{3}{E_{6,8}} = \frac{1}{E_6} + \frac{1}{E_7} + \frac{1}{E_8}$$

$$\frac{8}{E_{9,16}} = \frac{1}{E_9} + \frac{1}{E_{10}} + \dots + \frac{1}{E_{16}}$$

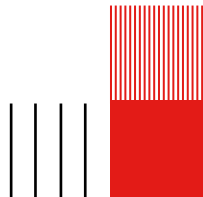
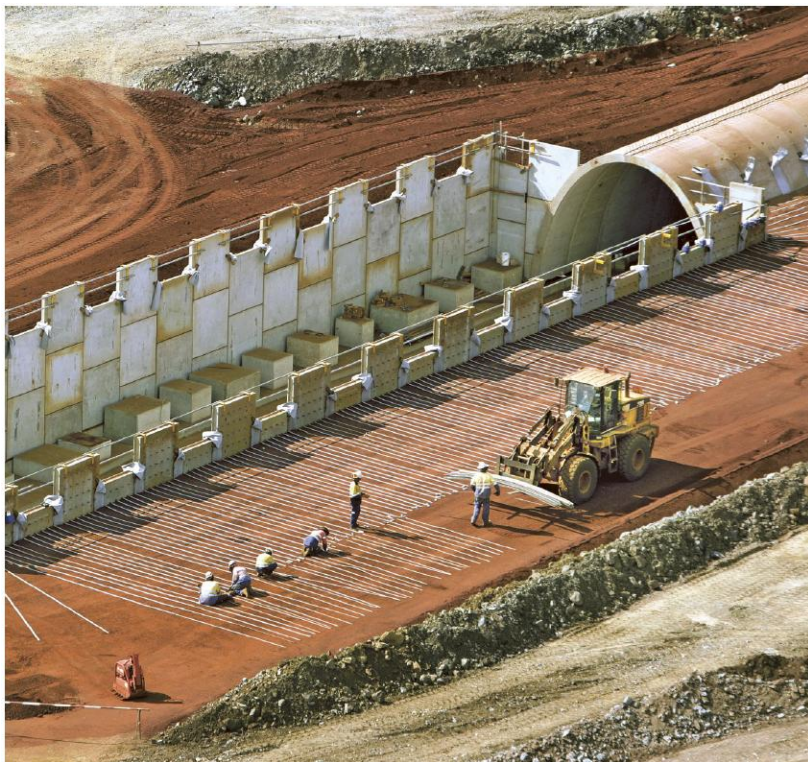


$$\frac{1}{E_d} = \frac{0,25}{E_1} + \frac{0,3}{E_2} + \frac{0,25}{E_{3,5}} + \frac{0,2}{E_{6,8}}$$



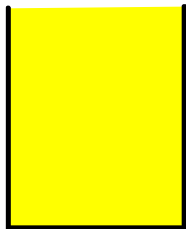
$$\frac{1}{E_d} = \frac{0,25}{E_1} + \frac{0,3}{E_2} + \frac{0,45}{E_{3,5}}$$

7. Murs en remblai renforcé

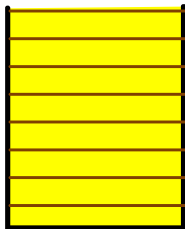


7. Murs en remblai renforcé

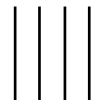
Principe



Sable naturel



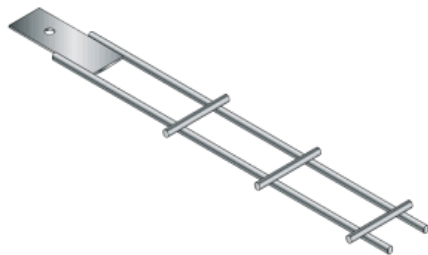
Sable renforcé



7. Murs en remblai renforcé

Armatures

Bande de treillis soudé



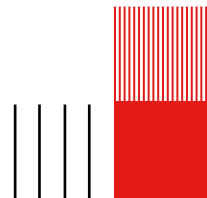
Bande métallique



Bandes de polyester enduit



Haute adhérence



7. Murs en remblai renforcé

Parement



Precast concrete panels for extended durability



Cruciform shape panel: TerraClass®



Rectangular shape panel: TerraPlus®



Square shape panel: TerraSquare®



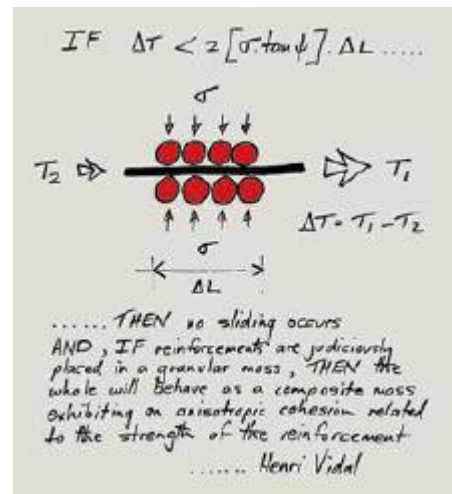
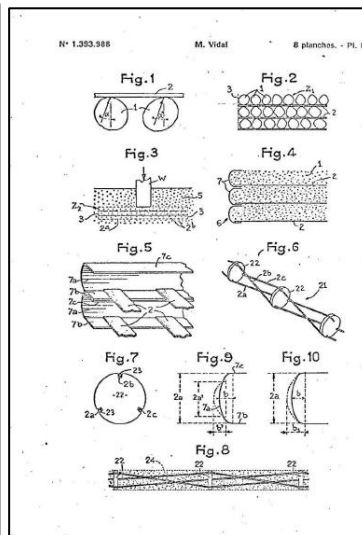
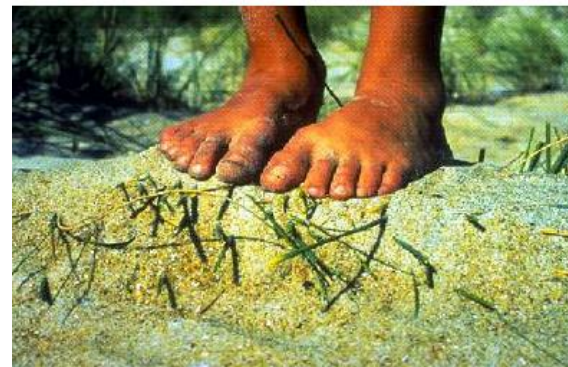
Tee shape panel: TerraTee®



Rectangular shape panel: TerraSet®

7. Murs en remblai renforcé

Henri Vidal (1963)

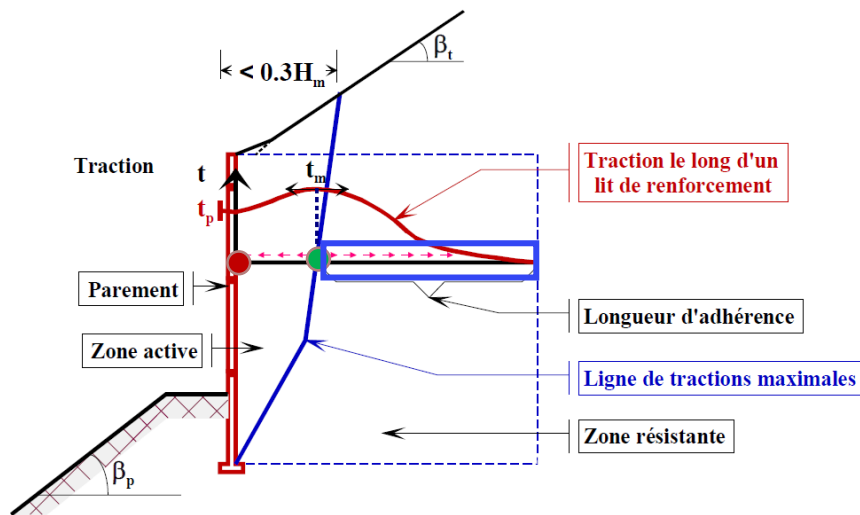


La Terre Armée

NF P 14-270 (2020)

7. Murs en remblai renforcé

Mécanismes

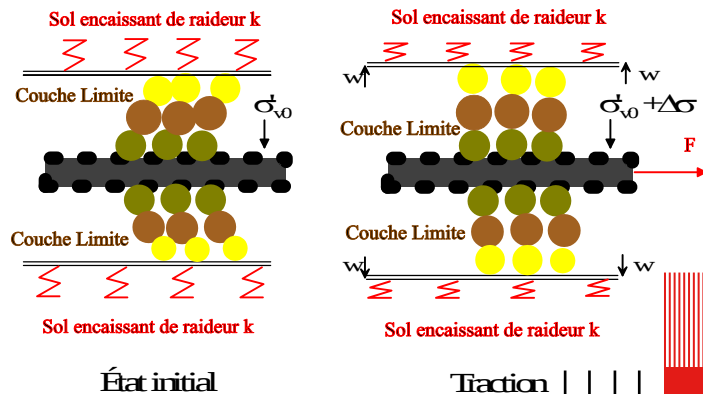


Vérifier la résistance de l'armature

Vérifier la résistance de l'ancrage

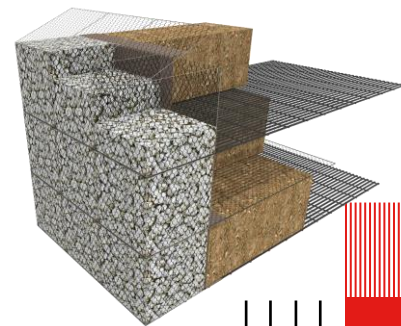
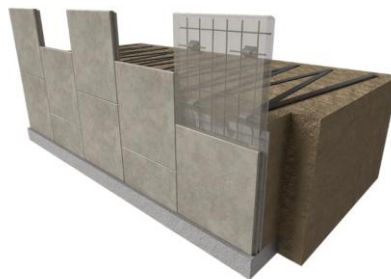
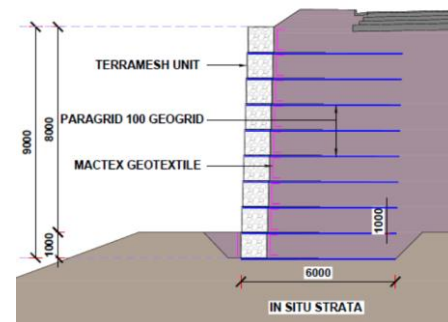
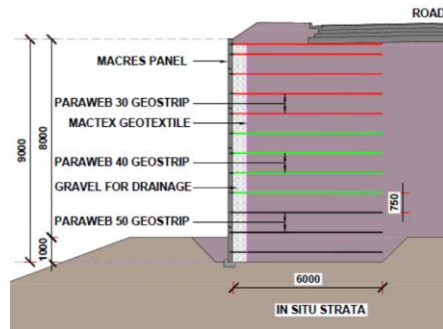
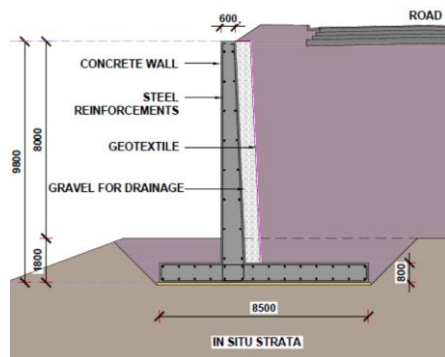
Vérifier que la longueur d'ancrage équilibre les efforts de traction

Dilatance partiellement empêchée dans la Terre armée



7. Murs en remblai renforcé

Bilan environnemental



7. Murs en remblai renforcé

Bilan environnemental



**Epuisement ressource
(ADP-M ou ADP-F)**



**Potentiel de réchauffement
global (GWP)**



**Potentiel de déplétion
ozonique (ODP)**



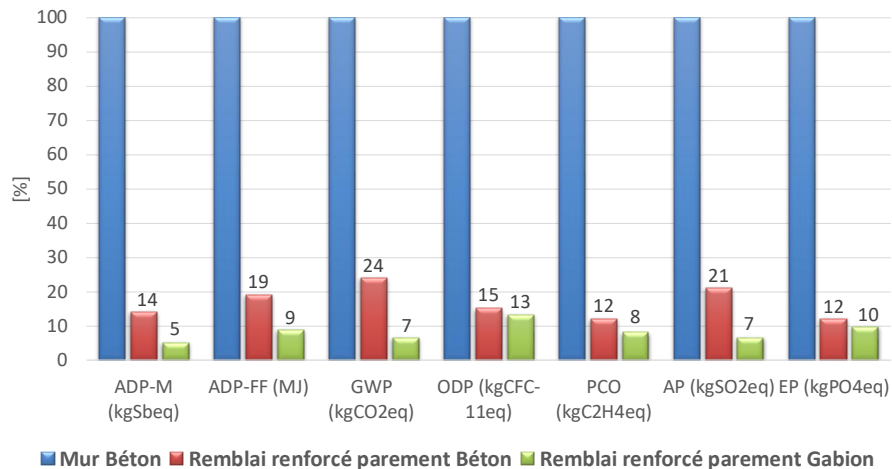
**Oxydation Photochimique
(PCO)**



**Potentiel d'acidification
(AP)**



**Potentiel d'eutrophisation
(EP)**



Forte réduction de l'impact environnemental

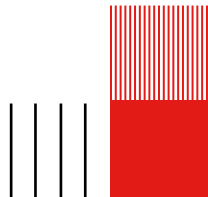
8. Conclusion

Bilan des efforts en jeu

Pour chaque justification, détermination des actions favorables et défavorables

Pondération pour chaque combinaison

Justification



GEOMUR

Sols

Ajouter Supprimer

Caractéristiques géotechniques

Associer à des segments

Tout associer au sol 0

☐ Calculer la butée avec le sol 1

Sol sélectionné : 4

Cliquez sur l'un des sols ci-dessous pour sélectionner un autre sol.

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	0 : mur

Fermer

