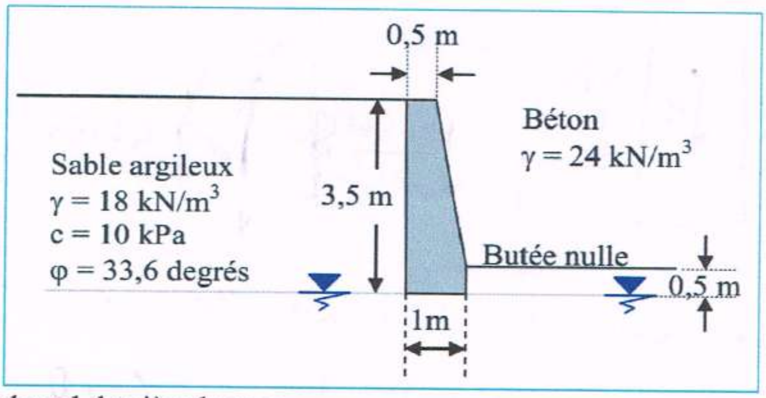
Exercice :

En négligeant la force de butée sur l'aval du mur représenté sur la figure, vérifier sa stabilité au renversement au glissement :



1. Calcul de la poussée du sol derrière le mur

$$\sigma'_a = K_a \cdot \sigma'_v - 2c'\sqrt{K_a}$$

- A $z=0$: $\sigma'_v = 0 \Rightarrow \sigma'_a = -2\times 10\cdot \tan\left(45-\frac{33.6}{2}\right) = -20\cdot \tan 28.2 = -10.72KPa$
- A $z=3.5$: $\sigma'_a = 3.5\times 18\cdot \tan^2(28.2) - 10.72 = 7.4KPa$

La poussée est nulle à la profondeur : $z = \frac{2c'\sqrt{K_a}}{K_a\cdot\gamma} = \frac{2c'}{\gamma\cdot\sqrt{K_a}} = \frac{2\times 10}{18\cdot\tan(28.2)} = 2.07m$

On néglige les forces négatives dans la partie supérieure du mur. Il reste une distribution de pression triangulaire variant de 0 kPa à 1,53m de hauteur au-dessus du bas du mur à 7,4 kPa en bas du mur. Cette distribution de pression est équivalente à une force horizontale appliquée à $\frac{1.53}{3} = 0.51m$ au-dessus du pied du mur et d'intensité :

$$P_a = \frac{1}{2}\times 1.53\times 7.4 = 5.661KN$$

2. **La vérification au renversement**

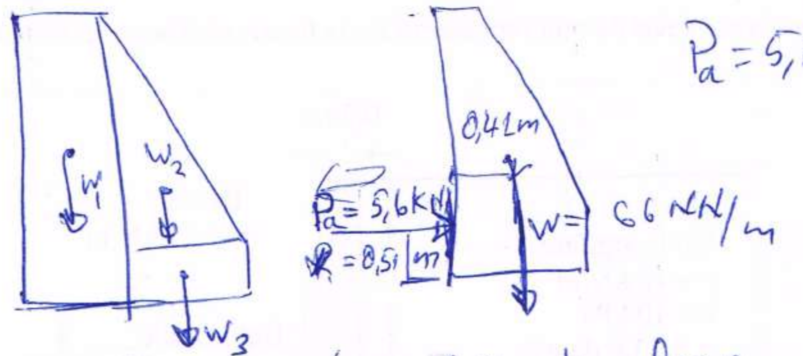
La vérification au renversement doit être analysée par rapport à un mécanisme derenversement où le mur pivote par rapport au point O de la figure.

Pour calculerle poids du mur, on décompose le mur en trois parties :

Partie	Poids	Bras de levier	Moments
1	$W_1 = 3.5\times 0.5\times 24 = 42KN/m$	0.25 m	10.5 KN.m/m
2	$W_1 = 3\times 0.5\times 0.5\times 24 = 18KN/m$	0.66 m	11.88 KN.m/m
3	$W_1 = 0.5\times 0.5\times 24 = 6KN/m$	0.75 m	4.5 KN.m/m
Totale	$W = 66KN/m$		26.8

Le poids du mur est donc une force d'intensité $W = 66KN/m$ appliquée à une distance : $d = \frac{26.8}{66} = 0.41m$ de l'angle arrière du mur

$P_a = 5,6 KN/m$



le coefficient de sécurité est alors

$$F_R = \frac{\text{moments stabilisants}}{\text{moments renversant}} = \frac{66 \times 0,41}{5,66 \times 0,51} = 9,37 > 1,5 \text{ -- ok}$$

3. La vérification au glissement

$$F_G = \frac{C \times B + F_{verticales} \cdot tg\,\delta}{F_{horizontales}} = \frac{10 \times 1 + 66\ tg\ 33,6}{5,66} = 9,51 > 1,5 \text{ -- ok}$$

Université de Batna
Faculté des sciences de l'ingénieur
Département d'Architecture/$3^{ème}$ Année

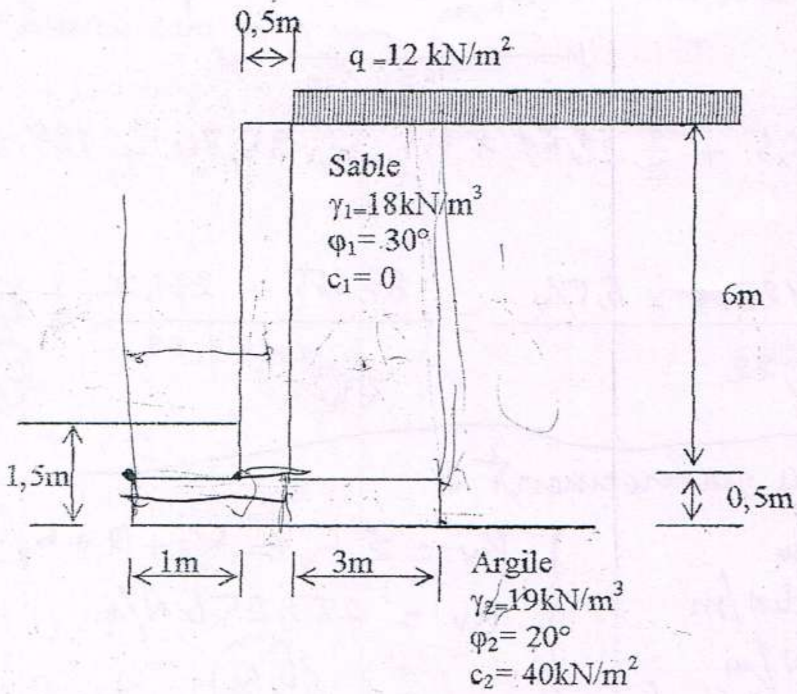
Le 19/6/2008

Synthèse de Construction II

Exercice 1 (10 points)

On se propose de construire un mur de soutènement en béton armé dont la surface subit une surcharge d'intensité $q = 12\ kN/m^2$. Le mur est fondé sur une couche d'argile.

1- Tracer le diagramme des poussées agissant derrière le mur par la méthode de Rankine et calculer la force de poussée et son point d'application.
2- Vérifier la stabilité du mur au renversement.
3- Vérifier la stabilité du mur au glissement sur la base.
4- Vérifier la stabilité du sol de fondation à la rupture par cisaillement.



N.B.

- On négligera la butée sur la face avant du mur.
- Dans le cas d'une charge inclinée, les facteurs d'inclinaison sont :

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha}{\varphi}\right)^2 \ ; \ i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha}{90°}\right)^2$$

- Pour $\varphi = 20°$, $N\gamma = 5{,}39$; $N_c = 14{,}83$; $N_q = 6{,}40$
- Le poids volumique du béton armé est pris égal à $25 kN/m^3$

Exercice 2 (5 points)

Une charge, provenant de la superstructure, de 520 kN/m est supportée par une semelle filante située à une profondeur de 1,5 m dans un dépôt d'argile.

Les propriétés de l'argile sont : $\gamma = 19\ kN/m^3$, $c = 40\ kN/m^2$ et $\varphi = 20°$.

1- Calculer la contrainte admissible du sol
2- Déterminer la largeur de la semelle.

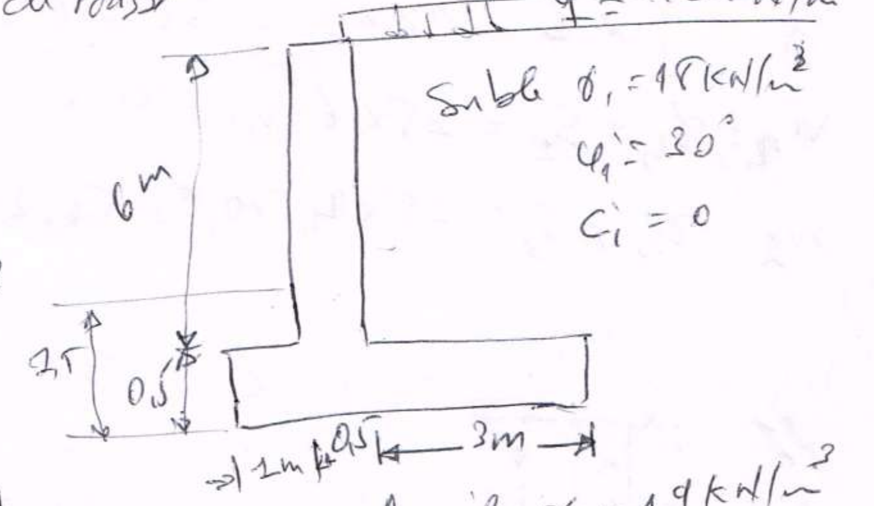
Questions de cours (5 points)

1) Démontrer dans le cas d'un talus fini pour une argile saturée en condition non drainée (c_u et $\varphi_u = 0$), l'expression du coefficient de sécurité.
2) Quelle est la valeur approximative du poids volumique des grains solides (γ_s) ?
Pourquoi γ_s *est égale à cette valeur ?*

Corrigé Mur de Soutènement.

Ex 1

1/ calcul de la contr. de Pousse



$\sigma'_{ha} = K_a \sigma'_v$

$K_a = tg^2(45° - \frac{\varphi'}{2})$

$K_a = tg^2(45 - \frac{30}{2}) = 0,33$

$\sigma'_v = \gamma_1 z + q$

$\sigma'_v = \sigma_v$ (sable sec)

$\sigma_{ha} = 0,33(\gamma_1 z + q)$

$z = 0 \Leftrightarrow \sigma^1_{ha} = 0,33 q = 3.96\ kN/m^2$

$z = 6,5 \Leftrightarrow \sigma^2_{ha} = 0,33(18 \times 6,5 + 12) = 42,57\ kN/m^2$

Calcul des forces

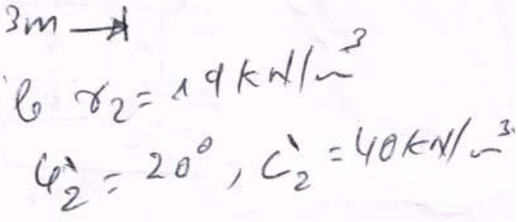


diagramme de σha

$F_a = F_1 + F_2$

$F_a = \left(\frac{3,96 + 42,57}{2}\right) \times 6,5 = 151,22$ kN/ml

$F_1 = \sigma'_{ha} \cdot S_1 = 3,96 \times 6,5 = 25,74$ kN

$F_2 = \frac{1}{2}(\sigma^2_{ha} - \sigma^1_{ha}) \cdot S_2 =$

$F_2 = \frac{1}{2} 38,61 \times 6,5 = 125,48$ kN

$F_a = 3,96 \times 6,5 + \frac{1}{2} 38,61 \times 6,5 = 25,74 + 125,48 = 151,22$ kN/m

la position de $F_a \Leftrightarrow F_a x = F_1 x_1 + F_2 x_2 \Leftrightarrow x = \frac{F_1 x_1 + F_2 x_2}{F_a}$

$x = \frac{25,74 \times 6,5/2 + 125,4 \times 6,5/3}{151,22} = 2,35\ m$

2/ Vérification de la stabilité au renversement.

$F_R = \frac{\sum M_S}{\sum M_M} \geq 1,5$

M_S = moments stabilisateurs.

M_M = " de renversement

$W_s = 3 \times 6 \times 18 \,[\gamma_1 \times S_1] = 324 \text{ kN/m}$

$Q = 9 \times \cancel{4} = 12 \times 3 = 36 \text{ kN/m}$

$W_1 = \gamma_b \times S_2 = 25 \times 6 \times 0{,}5 = 75 \text{ kN/m}$

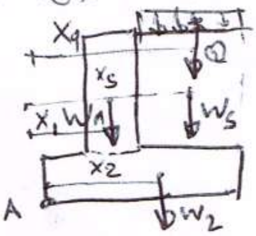
$W_2 = \gamma_b \times S_3 = 25 \times 4{,}5 \times 0{,}5 = 56{,}25 \text{ kN/m}$

$R_V = \Sigma F_S =$

$W_s + Q + W_1 + W_2$

$R_V = 491{,}21$

bras de levier / pt C



$X_s = 1{,}5 + 1{,}5 = 3 \text{ m}$

$X_q = 1{,}5 + 1{,}5 = 3 \text{ m}$

$X_1 = 0{,}25 + 1 = 1{,}2 \text{ m}$

$X_2 = 4{,}5/2 = 2{,}25 \text{ m}$

$$F_R = \frac{W_s \cdot X_s + Q \times X_q + W_1 x_1 + W_2 x_2}{F_a \times \cancel{z}} = \frac{324 \times 3 + 36 \times 3 + 75 \times 1{,}2 + 56}{151{,}22 \times 2{,}35}$$

$F_R = 3{,}66 > 1{,}5$ la stabilité est assurée.

3/ Verification au glissement.

$$F_G = \frac{\Sigma F_R}{\Sigma F_M} = \frac{R_V \operatorname{tg}\delta + C_a \cdot B}{F_a} > 1$$

$\delta = \frac{2}{3}\varphi_2$ et $C_a = (0{,}5 \div 0{,}75) C_2 = (0{,}5 \div 0{,}75) 40$

$\delta = 13{,}3^\circ$ et $C_a = 25 \text{ kN/m}^2$

$$F_G = \frac{491{,}25 \operatorname{tg} 13{,}3^\circ + 25 \times 4{,}5}{151{,}22} = 1{,}5$$

la stabilité est vérifiée.

On peut prendre $C_a = C$

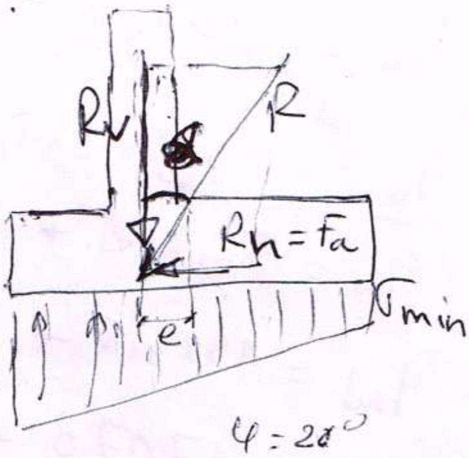
4/ Verification de la stabilité du sol de fondation.

$$e = \frac{B}{2} - x \quad \text{avec } x = \frac{\sum M_R - \sum M_M}{R_V} = \frac{M_{net}}{R_V}$$

$$x = \frac{1300{,}31 - 355{,}37}{487{,}25} = 1{,}94 m$$

$$e = \frac{4{,}5}{2} - 1{,}94 = 0{,}31 m < \frac{B}{6} = \frac{4{,}5}{6} = 0{,}75 m$$

la section est entierement comprimée (pas de traction)



$$\sigma_{max} = \frac{R_V}{B}\left(1 + \frac{6e}{B}\right) = \frac{487}{4{,}5}\left(1 + \frac{6 \times 0{,}31}{4{,}5}\right)$$

$$\sigma_{max} = 155{,}03 \ kN/m^2 \leq q_{ad}$$

$$\sigma_{min} = \frac{R_V}{B}\left(1 - \frac{6e}{B}\right) = \frac{487}{4{,}5}\left(1 - \frac{6 \times 0{,}31}{4{,}5}\right)$$

$\varphi = 20°$
$c = 40 \ kPa$
$\gamma = 19 \ kN/m^3$

$$\sigma_{min} = 63{,}5 \ kPa$$

Calcul de la capacité portante

$$q_u = \frac{1}{2}\gamma_2 B' N_\gamma \cdot i_\gamma + c_2 N_c i_c + \gamma_2 D N_q i_q$$

$$B' = B - 2e = 4{,}5 - 2 \times 0{,}31 = 3{,}88 m$$

$$\varphi_2' = 20° \Leftrightarrow N_\gamma = 3{,}50 \ ; \ N_c = 14{,}83 \ ; \ N_q = 6{,}4$$

$$tg\alpha = \frac{R_H}{R_V} = \frac{151{,}22}{487{,}25} = 0{,}31 \Leftrightarrow \alpha = artg\, 0{,}31 = 17{,}24°$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\alpha}{\varphi_2}\right)^2 = \left(1 - \frac{17{,}24}{20}\right)^2 = 0{,}019$$

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\alpha}{90}\right) = 1 - \frac{17{,}24}{90} = 0{,}81$$

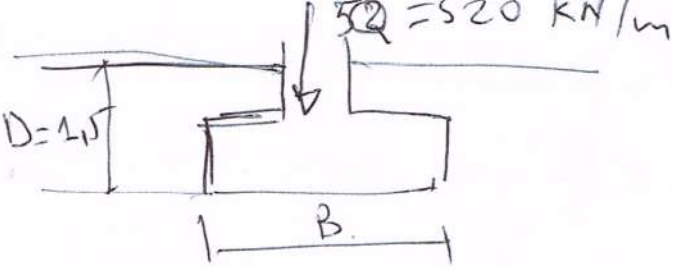
$$q_u = 0{,}5 \times 19 \times 3{,}88 \times 3{,}5 \times 0{,}099 + 40 \times 14{,}83 \times 0{,}81 + 19 \times 1{,}5 \times 6{,}4 \times 0{,}81 =$$

$$q_u = 660{,}12 \ kPa$$

$$q_{ad} = \gamma D + \frac{q_d - \gamma D}{3} = 19 \times 1{,}5 + \frac{660{,}1 - 19 \times 1{,}5}{3} = 239{,}12 \ kN/m^2$$

$\sigma_{max} = 155{,}03 kPa < q_{ad} = 239{,}12 kPa$. la stabilite est assurée.

Ex2



$\gamma = 19\ kN/m^3$
$c = 40\ kN/m^2$
$\varphi = 20°$

$\varphi = 20° \Leftrightarrow N_\gamma = 5,39$;
$N_q = 6,4$; $N'_c = 14,83$

Calcul de la contrainte admissible

$$q_{ad} = \gamma D + \frac{q_u - \gamma D}{3}$$

$$q_u = \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma + \gamma D N_q + c N_c$$

$$q_u = 0,5 \times 19 \times B \times 5,39 + 19 \times 1,5 \times 6,4 + 40 \times 14,83 =$$

$$q_u = 51,2\ B + 775,6$$

$$q_{ad} = 19 \times 1,5 + \frac{51,2\,B + 775,6 - 19 \times 1,5}{3}$$

$$q_{ad} = 17,07\,B + 277,53$$

2) la largeur de la semelle (B)

$$\frac{N}{B} + \gamma D \leq q_{ad} \Leftrightarrow B \geq \frac{N}{q_{ad} - \gamma D} = \frac{520}{17,07B + 277,53 - 28,5}$$

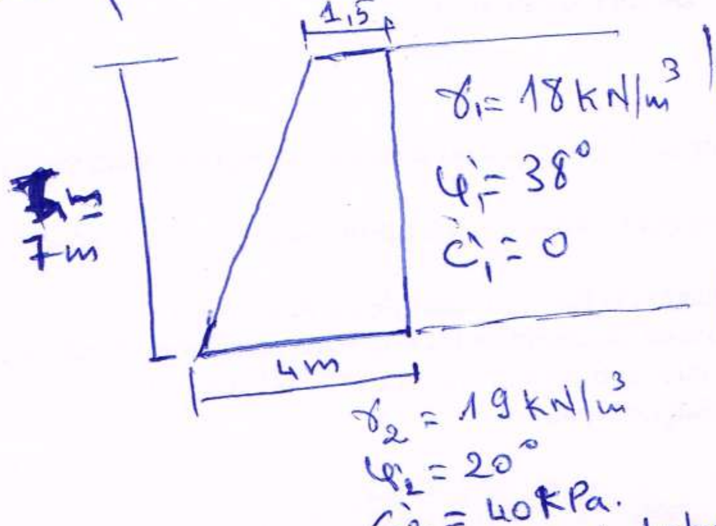
$$17,07\,B^2 + 249,03\,B - 520 \geq 0 \Leftrightarrow \text{soit } B \geq 1,87\ m$$

On prend $B = 2m$.

TD 2. Mur de soutenement

ex 1

On considere un mur poids dont les caracteristiques sont presentées sur la figures ci-dessous :



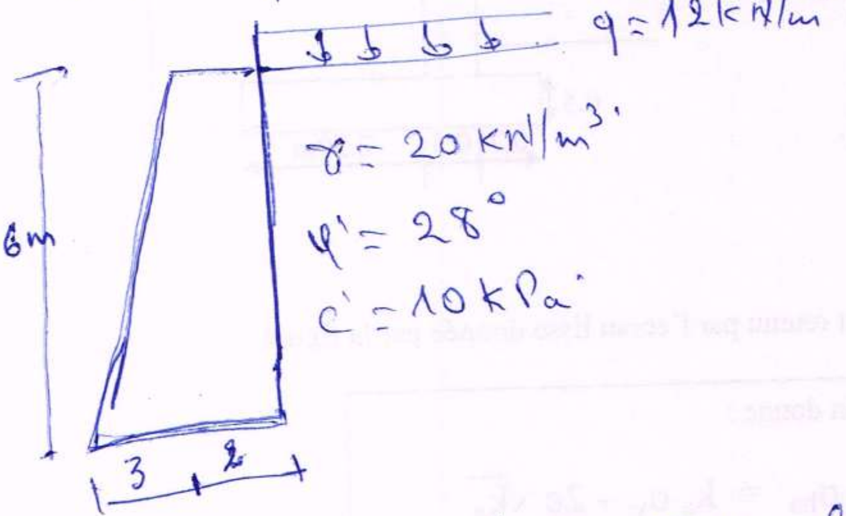
1) Calculer la contrainte de poussée derriere le mur et la force de poussée et son point d'application par la methode de Rankin.

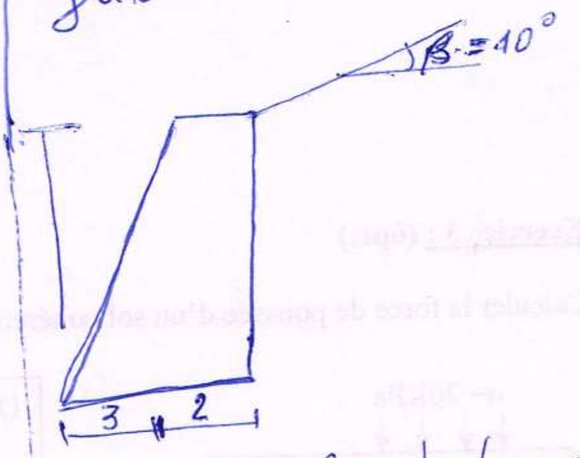
2) Verifier la stabilité du mur au renversement, glissement et poinçonnement

On prend le poids volumique du beton $\gamma_B = 24\ kN/m^3$

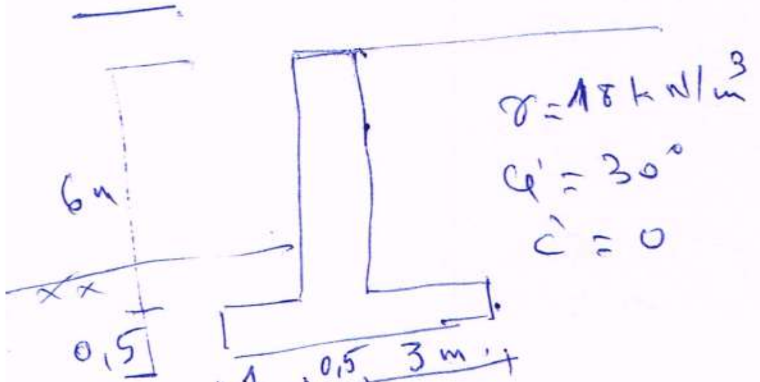
ex 2

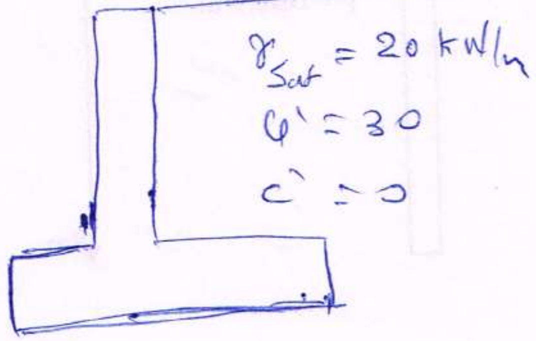
On refait les meme questions





ex 3 On prend un mur cantilevre (en beton armé)

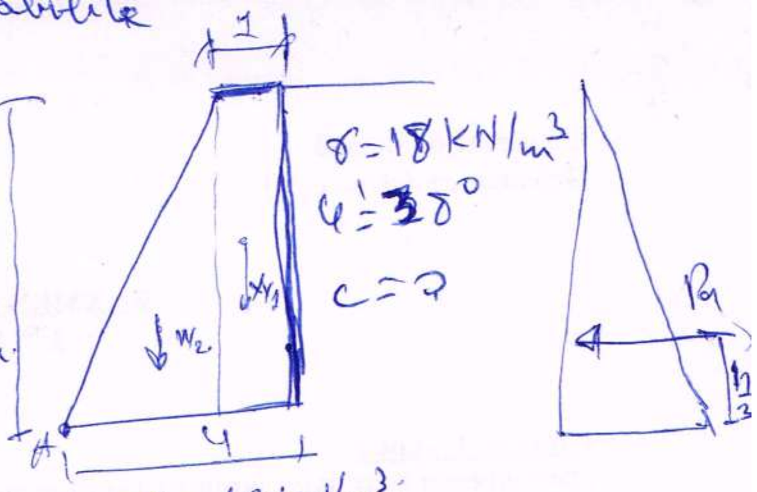




ex1) Mur Poids ~~à~~ Vérifier ~~la~~ stabilité

$K_a = tg^2(45 - \frac{38}{2}) = 0,24$

$\sigma_h = K_a \sigma_v = K \gamma . z$



$z = 0 \Leftrightarrow \sigma_h = 0$

$z = 7m \Leftrightarrow \sigma_h = 0,24 \times 18 \times 7 = 30,24$ kPa

$\gamma_2 = 19$ kN/m³

$\varphi_2 = 20°$, $c'_2 = 40$ kPa

$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma h^2 = 0,5 \times 30,24 \times 7 =$

$P_a = 105,84$ kN/ml.

son point d'application $x = \frac{1}{3} h = \frac{7}{3} = 2,33m$

Stabilité du mur au glissement, renversement et poinçonnement

bras de levier

2) Poids du mur.

$W_1 = \gamma_B . S_1 = 22 \times 1 \times 7 = 154$ kN/ml $\rightarrow x_1 = 3 + 0,5 = 3,5$ m $F_V = W_1 + W_2$

$W_2 = \gamma_B . S = 22 \times \frac{1}{2} \times 3 \times 7 = 231$ kN/ml $\rightarrow x_2 = \frac{2}{3} \times 3 = 2$ m. $F_V =$

a) le glissement sous la base. $F_G = \frac{\sum F_{stab}}{\sum F_{mot}} \geq 1,5$

$F_G = \frac{c_a . B + F_v \, tg\, \delta}{F_{horizontale}}$; $c_a = 0,7 . c = 0,6 \times 40 = 28$ kPa

$\delta = \frac{2}{3} \varphi = \frac{2 \times 28}{3} = 18,66$

$F_G = \frac{28 \times 4 + (154 + 231) tg 18,66}{105,84} = \frac{112 + 130,02}{105,84} = 2,28 > 1,5$ OK.

b) le renversement. $F_R = \frac{\sum M_{stab}}{\sum M_{mot}} \geq 1,5$ $\frac{1001}{246,61} = \frac{M_S}{M_R}$

$\frac{W_1 x_1 + W_2 x_2}{P_a \, x} = \frac{154 \times 3,5 + 231 \times 2}{105,84 \times 2,33} = 4,06 > 1,5$ OK

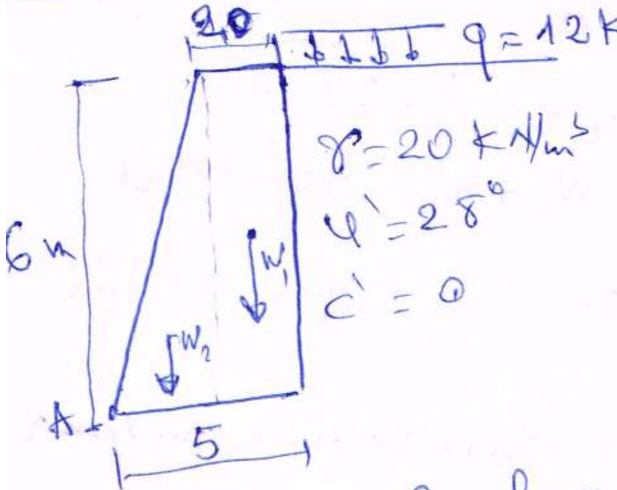
c) Poinçonnement.

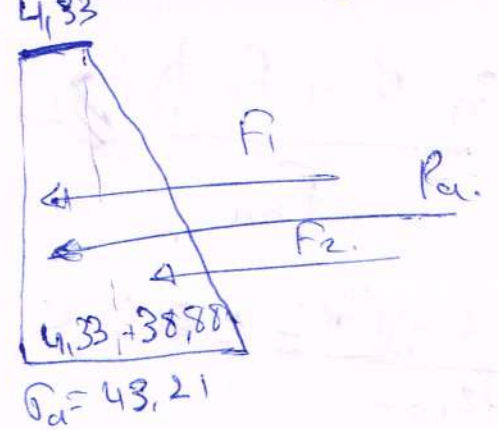
$e = \frac{B}{2} - \left(\frac{M_S - M_R}{F_V}\right) = \frac{4}{2} - \left(\frac{1001 - 246,61}{385}\right) = 0,04 m < 0,6 = \frac{B}{6}$ la fondation est entièrement comprimée.

$\sigma_{max} = \frac{F_V}{B}\left(1 + \frac{6e}{B}\right) = \frac{385}{4}\left(1 + \frac{6 \times 0,04}{4}\right) = 96,83$ kPa

$\sigma_{min} = \frac{F_V}{B}\left(1 - \frac{6e}{B}\right) = \frac{385}{4}\left(1 - \frac{6 \times 0,04}{4}\right) = 95,67$ kPa.

ex 2 Le sol derrière le mur est surchargé





1/ Calcul de la force de Poussée.

$\sigma_{ha} = k_a \sigma_y = k_a (q + \gamma . z)$

$k_a = tg^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) = tg^2\left(45 - \frac{28}{2}\right) = 0,36.$

$z = 0 \Leftrightarrow \sigma_a = k_a . q = 0,36 \times 12 = 4,33\ kPa.$

$z = 6m \Leftrightarrow \sigma_a = k_a (q + \gamma . h) = 4,33 + \underbrace{0,36 \times 18 \times 6}_{38,88} = 43,21$

$P_a = F_1 + F_2 = \left(\frac{4,33 + 43,21}{2}\right) 6 = 142,62\ kN/ml.$

$F_1 = 4,33 \times 6 = 25,98\ kN/ml$
$F_2 = \frac{1}{2} \times 38,88 \times 6 = 116,64\ kN/ml$ } $P_a = 142,62\ kN/ml.$ $x_1 = \frac{1}{2} h = 3\ m$; $x_2 = \frac{1}{3} h = 2\ m.$

le point d'application de $P_a \Leftrightarrow X = \frac{x_1 F_1 + x_2 F_2}{F_a} = 2,18\ m.$

2/ Stabilité du mur au renversement.

$F_R = \frac{\sum M_{sta}}{\sum M_M} \geq 1,5$

les forces stabilisatrices

$W_1 = S_1 \times \gamma_b = 2 \times 6 \times 22 = 264\ kN/ml \longrightarrow x_1 = \frac{2}{2} + 3 = 4\ m.$

$W_2 = S_2 \times \gamma_b = \frac{1}{2} 3 \times 6 \times 22 = 198\ kN/ml. \rightarrow x_2 = \frac{2}{3} \times 3 = 2\ m.$

$F_V = 462\ kN/m$

$F_R = \frac{W_1 x_1 + W_2 x_2}{P_a X} = \frac{264 \times 4 + 198 \times 2}{142,62 \times 2,18} = 4,67 > 1,5$

c'est vérifié.

3/ Stabilité du mur au renversement.

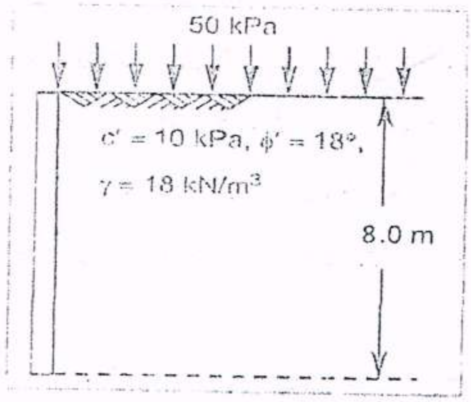
$$F_G = \frac{C_a . B + F_V \, tg\, \delta}{F_{ha}} \geq 1,5 \quad \begin{cases} c = 0 \\ \delta = \frac{2}{3} \varphi = \frac{2}{3} \times 28 = 18,67^\circ \\ F_V = W_1 + W_2 = 462 \text{ kN/ml} \end{cases}$$

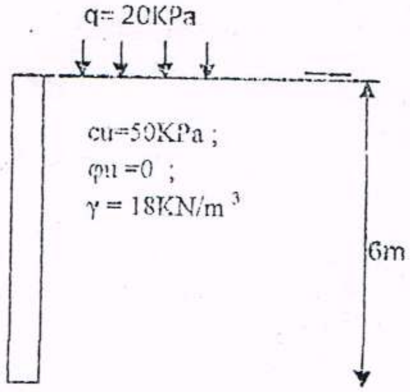
$$F_G = \frac{462 \, tg\, 18,67}{142,62} = 1,09 < 1,5$$ ce n'est pas vérifié

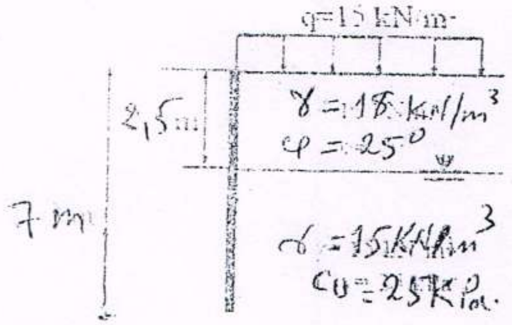
il faut changer les dimension du mur

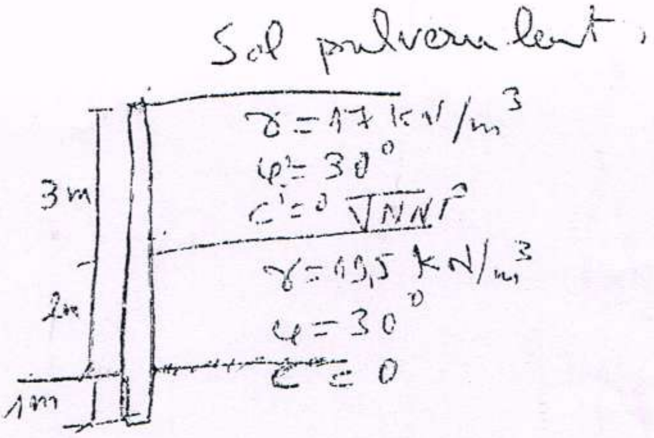
Problème 3

Calculer la force de poussée d'un sol cohérent retenu par l'écran lisse donnée par les figures :









Problème 4

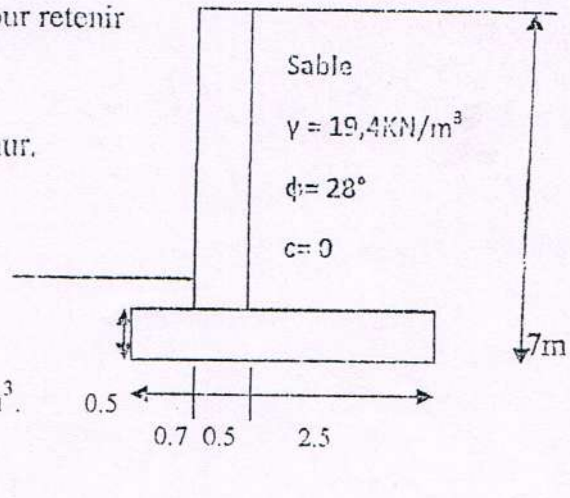
On veut construire un mur de soutènement en béton armé pour retenir un remblai comme l'indique la figure.

Tracer le digramme de la contrainte de poussée derrière le mur.

Calculer la force de poussée et son point d'application.

Vérifier la stabilité du mur ~~au renversement~~.

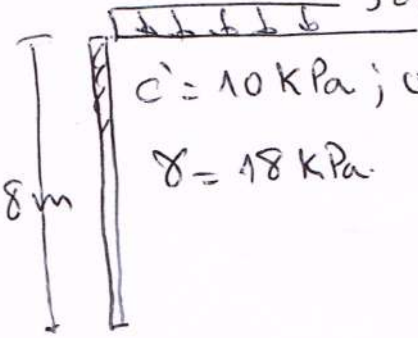
On prend le poids volumique du béton armé égale à $25KN/m^3$.



Corrigé TD 1 calcul aux états limite

Poussée et Butée.

Problème 3.



$c' = 10\ kPa$; $\varphi' = 18°$

$\gamma = 18\ kPa$

calcul de la force de Poussée

$$\sigma_{h_a} = K_a \sigma_v - 2C\sqrt{K_a}$$

$$K_a = tg^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2}\right) = tg^2\left(45 - \frac{18}{2}\right) = 0{,}53$$

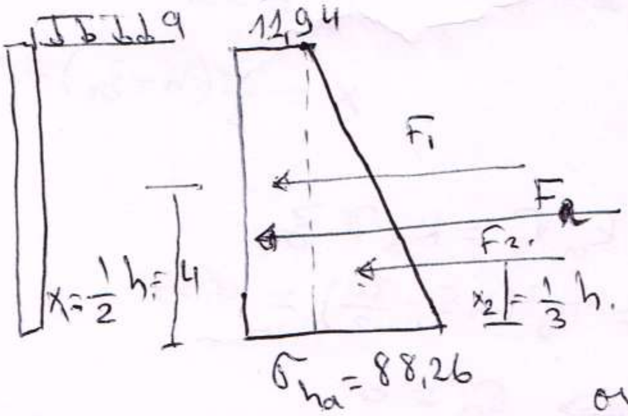
$$\sigma_v = q + \gamma . z$$

$$\Leftrightarrow \sigma_{h_a} = K_a(q + \gamma z) - 2C\sqrt{K_a}$$

$$z = 0 \Leftrightarrow \sigma_{h_a} = 0{,}53 \times 50 - 2\times 10\sqrt{0{,}53} = 11{,}94\ kPa$$

$$z = 8m \Leftrightarrow \sigma_{h_a} = 0{,}53(50 + 18\times 8) - 2\times 10\sqrt{53} = 88{,}26\ kPa.$$

le diagramme des la contrainte horizontale de Poussée (σ_{ha})



la force de Poussée Fa

$$F_a = \int_0^h \sigma_{ha} . dz.$$

$$F_a = K_a q h + \frac{1}{2} K \gamma h^2 - 2C\sqrt{K_a}$$

ou. $F_a = 0{,}53 \times 50 \times 8 + 0{,}5 \times 0{,}5 \times 18 \times 8^2 - 2 \times 10 \times 0{,}53$

$F_a = 400{,}8\ kN/ml.$

$$\left.\begin{array}{l} F_1 = 11{,}94 \times 8 = 95{,}52\ kN/ml. \\ F_2 = \frac{1}{2} \times 8 \times (88{,}26 - 11{,}94) = 305{,}28\ kN/ml \end{array}\right\} F_a = F_1 + F_2 = 400{,}8\ kN/ml$$

le point d'application de Fa $\Leftrightarrow X = \dfrac{x_1 F_1 + x_2 F_2}{F_a} =$

$$X = \frac{\frac{1}{2}\times 95{,}52 \times 8 + \frac{1}{3} \times 305{,}28 \times 8}{400{,}8} = 2{,}98 \simeq 3m.$$

2) Calcul à court terme (c_u ; φ_u)

$q = 20\,kPa$

$c_u = 50\,kPa$

$\varphi_u = 0$

$\gamma = 18\,kN/m^3$

$$\sigma_{h_a} = K_a\,\sigma_v - 2c_u\sqrt{K_a}$$

$$\varphi_u = 0 \Leftrightarrow K_a = 1$$

$$\Leftrightarrow \sigma_{ha} = \sigma_v - 2c_u$$

$$\sigma_v = q + \gamma z \Leftrightarrow \sigma_{ha} = q + \gamma \cdot z - 2c_u$$

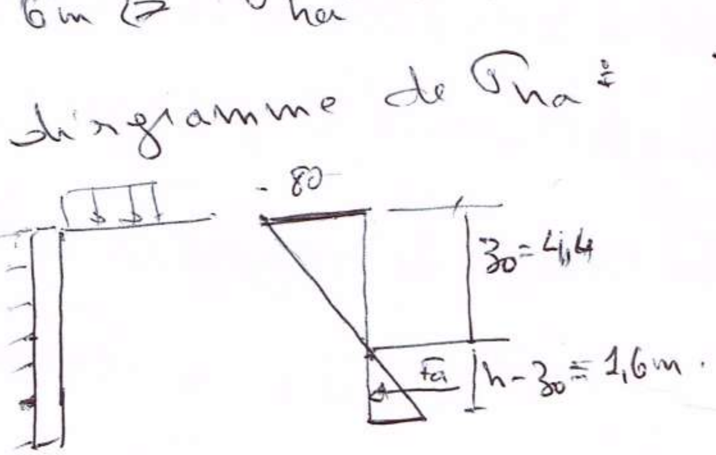
$$z = 0 \Leftrightarrow \sigma_{ha} = q - 2c_u = 20 - 2\times 50 = -80\,kPa.$$

$$z = 6m \Leftrightarrow \sigma_{ha} = 20 + 18\times 6 - 100 = 28\,kPa.$$

le diagramme de σ_{ha} :

la position de l'axe neutre.

$$\sigma_{ha} = 0 \Leftrightarrow z_0 = \frac{2c_u - q}{\gamma} = \frac{80}{18} = 4{,}4\,m$$

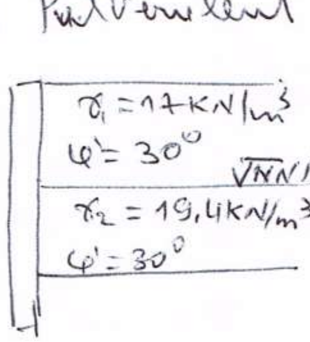


$$F_a = \frac{1}{2}(h - z_0)^2\,\sigma_{ha} = \frac{1}{2}(1{,}6)^2 \cdot 28 =$$

$$F_a = 35{,}84\,kN/ml.$$

$$x = \frac{1}{3}(h - z_0) = 0{,}53\,m$$

Sol Pulvérulent



$$\sigma_a = K_a\,\sigma_v = K_a\,\gamma \cdot z.$$

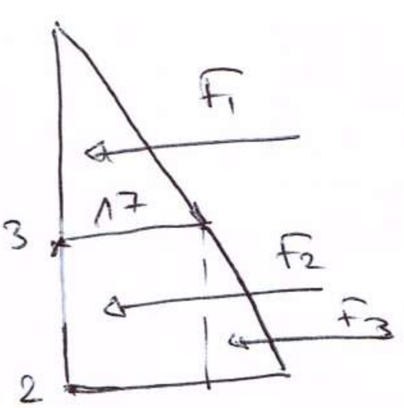
$$K_a = tg^2\left(45 - \frac{30}{2}\right) = 0{,}33.$$

$$z = 0 \Leftrightarrow \sigma_a = 0$$

$$z = 3m \Leftrightarrow \sigma_a = 0{,}33\times 17\times 3 = 17\,kPa.$$

$z = 3m$ le niveau de la nappe avec un même angle de frottement K_a ~~[illegible]~~

$z = 3\,m$ ne change pas.



$$z = 7m \Leftrightarrow \sigma_a = 17 + (19{,}5 - 10)\times 0{,}33\times 2 = 23{,}27\,kPa$$

$$F_a = F_1 + F_2 + F_3 = \frac{1}{2}17\times 3 + (23{,}27 - 17)\times\frac{2}{2} +$$

$$\frac{1}{2}7\times 2 =$$

Mur de Soutenement (Problème 4)

1) Mur cantilevre en Beton armé

a) diagramme de la Contrainte de Poussée

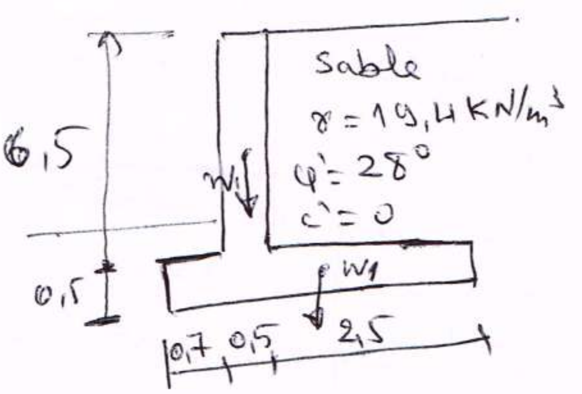
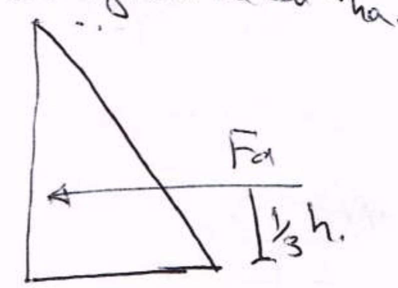


diagramme de σ_{ha}.



$\sigma_{ha} = 48,88$

$\sigma_{ha} = k_a \sigma_v$

$\sigma_v = \gamma . z$

$k_a = tg^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2}\right) = tg^2\left(45 - \frac{28}{2}\right) = 0,36.$

$z = 0 \Leftrightarrow \sigma_{ha} = 0$

$z = 7m \Leftrightarrow \sigma_{ha} = 0,36 \times 19,4 \times 7 = 48,88\ kPa.$

Calcul de la force de Poussée. $F_a = \int_0^h \sigma_a\, dz = \frac{1}{2}\gamma h^2 = \frac{1}{2}$

$F_a = \frac{1}{2}\gamma h^2 = \frac{1}{2}\sigma_a . h = 0,5 \times 48,88 \times 7 = 171,11\ kN/ml$

son point d'application $\Leftrightarrow x = \frac{1}{3} h = \frac{7}{3} = 2,33\ m$.

Verification de la stabilité du mur.

1) Stabilité au renversement.

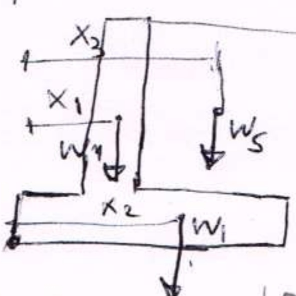
$$F_R = \frac{\sum M_{Stabi/A}}{\sum M_{Mot/A}} \geq 1,5$$

M_{Sta} = moment stabilisate

M_{Mot} = moment moteurs.

les forces motrices (destabilisatrices) c'est la forces de Poussée

les forces stabilisatrices sont le poids propre du mur et le poids du sol sur la semelle du mur.



le poids du mur :

$W_1 : S_1 \times \gamma_b = 0,5 \times 6,5 \times 25$

$W_1 = 81,25\ KN/ml.$ $\begin{cases} x_1 = \frac{0,5}{2} + 0,7 \\ x_1 = 0,95\,m \end{cases}$

$W_2 = S_2 \cdot \gamma_b = 0,5(0,7+0,5+2,5) \times 25 = 46,25$ kN/ml $\Leftrightarrow x_2 = \frac{3,7}{2} = 1,85$ m

$W_3 = S_3 \times \gamma_s = 2,5 \times 6,5 \times 19,4 = 315,25$ kN/ml $\Leftrightarrow x_3 = \frac{2,5}{2} + (0,5+0,7) = 2,4$

On resume les resultats dans un tableau.

section	section m²	Poids kN/ml	bras de levier x (m)	M_s (kN.m)	
1	$0,5 \times 6,5$	81,25	$\frac{0,5}{2}+0,7=0,95$	$81,25 \times 0,95 =$	77,2
2	$0,5 \times 3,7$	46,25	$\frac{3,7}{2}=1,85$	$46,25 \times 1,85 =$	85,56
3	$2,5 \times 1$	315,25	$\frac{2,15}{2}+1,2=2,45$	$315,25 \times 2,45 =$	772,36
	$R_V = W_1+W_2+W_3 =$		442,75	$\Sigma M_s =$	935,12

$$F_R = \frac{\Sigma M_s}{\Sigma M_M} = \frac{935,12}{171,11 \times 2,33} = 2,34 > 1,5$$ c'est ok. Verifié.

Verification au glissement.

$F_G = \frac{\Sigma F_{St}}{\Sigma F_M} \geq 1,5$; ΣF_{St} = Forces stabilisatrices

$$F_G = \frac{R_V \, tg\,\delta + c_a B + F_p}{F_a} = \frac{442,75 \, tg\left(\frac{2}{3} \times 28\right)}{171,11} = 0,87 < 1,5$$

Ce n'est pas verifier. il faut changer les dimensions du mur.