NOTE DE CALCUL MUR EN AILE

A- DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Hauteur totale	$H = 4{,}60\ m$
Cohésion	$C = 0$
Coefficient de poussée de terre	$Ka = 0{,}333$
Angle de frottement interne	$\varphi = 30°$
Parement lisse	$\delta = 0$
Différence épaisseur du voile	$\lambda = 0$
Poids volumique des terres	$\gamma = 20\ KN/m^3$
Contrainte admissible du sol	$\sigma_s = 0{,}15\ MPa$

B- PREDIMENSIONNEMENT DES EPAISSEURS

$$a = \frac{D}{H} = 0\ car\ il\ y\ a\ absence\ de\ talus$$

$$e_0 = 0{,}30m\ (Epaisseur\ en\ tete\ du\ mur)$$

Sur l'abaque 5.2 correspondant à l'angle de frottement interne $\varphi = 30°$, nous lisons les épaisseurs e_1 du mur à la base et e_2 de la semelle. Ces épaisseurs sont prises égales.

Nous lisons les épaisseurs $e_1\ et\ e_2$ pour des hauteurs égales à 4m et 6m. Puis nous procédons par interpolation pour trouver celles correspondant à une hauteur de 4,60m.

$$Pour\ H = 4m\ \rightarrow\ e_1 = e_2 = 0{,}235m$$

$$Pour\ H = 6m\ \rightarrow\ e_1 = e_2 = 0{,}365m$$

D'où $pour\ H = 4{,}60m\ on\ a\ e_1 = e_2 = 0{,}274m$

C- PREDIMENSIONNEMENT DE LA SEMELLE

Sur l'abaque 5.4 correspondant à $a = \frac{D}{H} = 0$, nous lisons les dimensions $b_1\ et\ b$ de la semelle qui sont respectivement la largeur du patin et celle de toute la semelle en fonction de la valeur de notre contrainte du sol.

Nous procédons par interpolations des valeurs correspondant aux hauteurs 4m et 6m pour trouver celles correspondant à la hauteur 4,60m.

$Pour\ H = 4m \rightarrow b_1 = 0{,}857\ m$

$Pour\ H = 6m \rightarrow b_1 = 1{,}50\ m$

D'où $pour\ H = 4{,}60\ m\ on\ a\ b_1 = 1{,}05\ m$

$Pour\ H = 4m \rightarrow b = 2\ m$

$Pour\ H = 6m \rightarrow b = 3{,}40\ m$

D'où $pour\ H = 4{,}60\ m\ on\ a\ b = 2{,}42\ m$

Par prudence, le b trouvé est majoré de 15% afin de satisfaire les vérifications de la stabilité externe

$$b\ corrigé = 2{,}42 \times 1{,}15 = 2{,}78\ m \cong 2{,}80\ m$$

Nous convenons de prendre $b = 3{,}35\ m$ afin d'assurer une meilleure stabilité de notre mur.

D- DIMENSIONNEMENT DU MUR DE SOUTENEMENT

D.1- Détermination des poids

- Mur

$$P_1 = e_0 \times H_{voile} \times d_{béton} = 0{,}30 \times 4{,}30 \times 25 = 32{,}25\ KN/ml$$

- Semelle

$$P_2 = e_2 \times b \times d_{beton} = 0{,}30 \times 3{,}35 \times 25 = 25{,}125\ KN/ml$$

- Terres en amont (sur le talon)

$$P_3 = (b - b_1 - e_1) \times H_{voile} \times \gamma$$

$$= 2 \times 4{,}30 \times 20 = 172\ KN/ml$$

- Charge d'exploitation verticale

$P_4 = Q_v = 10\ KN/ml$

- Charge horizontale due à la charge verticale

$$P_5 = Q_v \times K_a \times H = 10 \times 0{,}333 \times 4{,}60 = 15{,}32\ KN/ml$$

- Poussée des terres horizontale

$$P_6 = K_a \times \gamma \times \frac{H^2}{2} = 0{,}333 \times 20 \times \frac{4{,}60^2}{2} = 70{,}46\ KN/ml$$

D.2- Calcul des bras de levier

$$L_1 = \frac{e_1}{2} + b_1 = \frac{0{,}30}{2} + 1{,}05 = 1{,}20\ m$$

$$L_2 = \frac{b}{2} = \frac{3{,}35}{2} = 1{,}675m$$

$$L_3 = b - \frac{(b - e_1 - b_1)}{2} = 3{,}35 - \frac{3{,}35 - 0{,}30 - 1{,}05}{2} = 2{,}35\ m$$

$$L_4 = -\frac{(b - e_1 - b_1)}{2} = 3{,}35 - \frac{3{,}35 - 0{,}30 - 1{,}05}{2} = 2{,}35\ m$$

$$L_5 = \frac{H}{2} = \frac{4{,}60}{2} = 2{,}30\ m$$

$$L_6 = \frac{H}{3} = \frac{4{,}60}{3} = 1{,}53\ m$$

D.3- Calcul des moments

$$M_1 = -(P_1 \times L_1) = -32{,}25 \times 1{,}20 = -38{,}70\ KN.m/ml$$

$$M_2 = -(P_2 \times L_2) = -25{,}125 \times 1{,}675 = -42{,}08\ KN.m/ml$$

$$M_3 = -(P_3 \times L_3) = -172 \times 2{,}35 = -404{,}2\ KN.m/ml$$

$$M_4 = -(P_4 \times L_4) = -10 \times 2{,}35 = -23{,}5\ KN.m/ml$$

$$M_5 = (P_5 \times L_3) = 15{,}32 \times 2{,}30 = 35{,}24\ KN.m/ml$$

$$M_6 = (P_6 \times L_6) = 70{,}46 \times 1{,}53 = 107{,}80\ KN.m/ml$$

$$M_{/0} = \sum_{i=1}^{6} M_i = -365{,}44\ KN.m/ml$$

$$R_v = \sum_{i=1}^{4} P_i = 239{,}375\ KN/ml$$

$$R_H = \sum_{i=5}^{6} P_i = 85{,}78\ KN/ml$$

$$M_{/G} = M_{/0} + R_v \times \frac{b}{2} = -365{,}44 + 239{,}375 \times 1{,}675$$

$$M_{/G} = 35{,}51\ KN.m/ml$$

D.3- Stabilité externe

- Glissement

Il faut vérifier que $R_H \leq \overline{R_H} = \frac{c \times b' + R_v \times tan\varphi}{\gamma_b}$

Avec $R_H =$ Compression horizontale des actions
$c = 0$ Cohésion du sol de fondation
$b' =$ Largeur du sol compressé sous la semelle
$\varphi =$ Angle de frottement interne du sol sous la semelle du mur
$R_v =$ Composante verticale des actions de calcul
$\gamma_b = 1{,}50$ Coefficient de sécurité vis-à-vis du glissement

$$\overline{R_H} = \frac{R_v \times tan\varphi}{\gamma_b} = \frac{239{,}375 \times tan\ 30°}{1{,}50} = 92{,}13\ KN/ml$$

On a $R_H < \overline{R_H}$ donc la stabilité au glissement est vérifiée

- Basculement

Il faut vérifier que $\frac{Moment\ de\ stabilité\ M_s}{Moment\ de\ renversement\ M_r} \geq 1{,}50$

$$M_s = 1{,}35 \times (|M_1| + |M_2| + |M_3| + 1{,}50 \times |M_4|$$

$$M_s = 1{,}35 \times (38{,}70 + 42{,}08 + 404{,}2) + 1{,}5 \times 23{,}5 = 689{,}97\ KN.m/ml$$

$$M_r = 1{,}35 \times |M_5| + 1{,}5 \times |M_6|$$

$$M_s = 1{,}35 \times 35{,}24 + 1{,}50 \times 107{,}8 = 209{,}27\ KN.m/ml$$

$$\frac{M_s}{M_r} = \frac{689{,}97}{209{,}27} = 3{,}30$$

On a $\frac{M_s}{M_r} > 1{,}5$ donc la stabilité au basculement est vérifiée

D.4- Stabilité interne

La stabilité interne prend en compte deux parties :

- Le voile
- La semelle $\begin{cases} Patin \\ Talon \end{cases}$

✓ Hypothèse de calcul

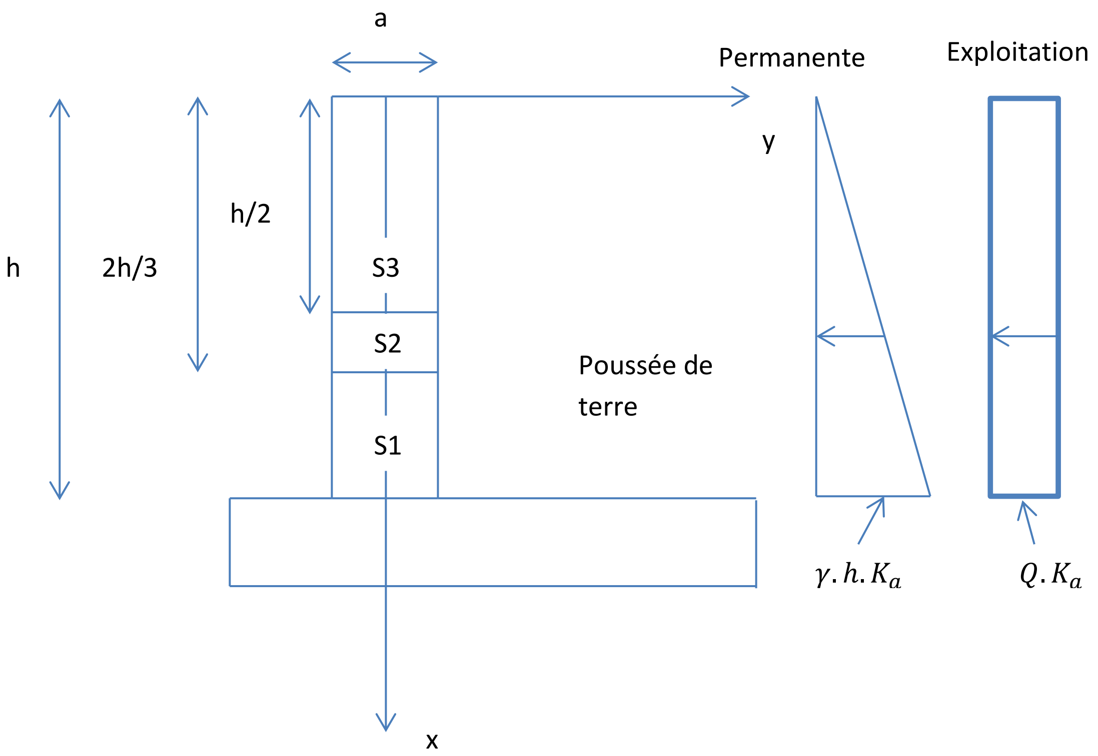
Le calcul se fera à l'ELS car nous sommes en Fissuration Préjudiciable

✓ Caractéristique des matériaux

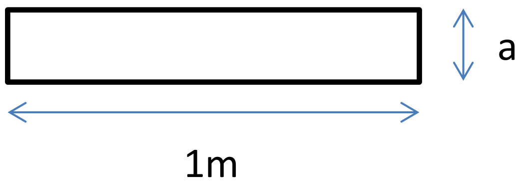
<u>ELS</u> : Béton $\overline{\sigma_{bc}} = 0{,}6 \times f_{c28} = 0{,}6 \times 30 = 18\ MPa$

Acier $\overline{\sigma_s} = 215{,}55\ MPa$

- Voile
  - Action sur le voile



- Section voile



- Sollicitations

$$\left.\begin{array}{c} M(x) = -\gamma.K_a.\dfrac{x^3}{6} - Q.K_a.\dfrac{x^2}{2} \\ V(x) = \gamma.K_a.\dfrac{x^2}{2} + Q.K_a.x \\ N(x) = 25.a.x \end{array}\right\} ELS$$

Sections	S1	S2	S3
x(m)	h = 4,30	2h/3 = 2,87	h/2 = 2,15
V(x) (KN)	75,89	36,98	22,55
M(x) (KN.m)	-119,04	-39,95	-18,73
N(x) (KN)	32,25	21,52	17,90
e = M/N	3,69	1,85	1,05

- Calcul des armatures

Vérification de nécessité d'armatures transversales

Si $\frac{V_u}{b \times d} \leq 0{,}07 \times \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$ $\rightarrow$ pas besoin d'armatures transversales

Pour $z = \frac{2h}{3} = 2{,}87\ m \quad b = 1\ m \quad d = 0{,}9 \times 0{,}30 = 0{,}27\ m$

$$V_u = 36{,}98\ KN$$

$\frac{36{,}98.10^{-3}}{1 \times 0{,}27} = 0{,}137\ MN \leq 0{,}07 \times \frac{30}{1{,}5} = 1{,}4\ MN \rightarrow$ Pas besoin d'armatures transversales.

$$Y_{RB} = \frac{d \times \overline{\sigma_{bc}}}{\overline{\sigma_{bc}} + \dfrac{\overline{\sigma_s}}{15}} = \frac{0{,}27 \times 18}{18 + \dfrac{215{,}55}{15}} = 0{,}15\ m$$

$$M_{RB} = N_{BC} \times \left(d - \frac{Y_{RB}}{3}\right) = \frac{Y_{RB} \times \overline{\sigma_{bc}} \times b_0}{2} \times \left(d - \frac{Y_{RB}}{3}\right)$$

$$M_{RB} = \frac{0,15 \times 18 \times 1}{2} \times \left(0,27 - \frac{0,15}{3}\right) = 300\ KN.m$$

$M_{RB} > M_2$ → Pas besoin d'acier comprimé → $A' = 0$

$$A_{s2} = \frac{M_2}{(d - \frac{Y_{RB}}{3}) \times \overline{\sigma_s}} = \frac{39,95.10^{-3}}{(0,27 - \frac{0,15}{3}) \times 215,55} = 8,42.10^{-4} m^2$$

$$A_{s2} = 8,42\ cm^2 \ \rightarrow 6HA14/ml$$

Armatures de répartition (idem pour toutes les sections)

$$A_{r2} = 0,08 \times e_{voile} = 0,08 \times 30\ cm = 2,4\ cm^2/ml \ \rightarrow\ 4HA10/ml$$

Pour $z = h = 4,30\ m$

Vérification de nécessité d'armatures transversales

Si $\frac{V_u}{b \times d} \leq 0,07 \times \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$ → pas besoin d'armatures transversales

$$V_u = 75,89\ KN$$

$\frac{75,89.10^{-3}}{1 \times 0,27} = 0,28\ MN \leq 0,07 \times \frac{30}{1,5} = 1,4\ MN \rightarrow$ Pas besoin d'armatures transversales.

Le calcul de $Y_{RB}\ et\ de\ M_{RB}$ est idem que précédemment.

$M_{RB} > M_1$ → Pas besoin d'acier comprimé → $A' = 0$

$$A_{s1} = \frac{M_1}{(d - \frac{Y_{RB}}{3}) \times \overline{\sigma_s}} = \frac{119{,}04.10^{-3}}{(0{,}27 - \frac{0{,}15}{3}) \times 215{,}55} = 2{,}51.10^{-3} m^2$$

$$A_{s1} = 25{,}10\ cm^2 \quad \rightarrow 2 \times 7HA16/ml$$

Pour $z = h = 2{,}15\ m$

Vérification de nécessité d'armatures transversales

Si $\frac{V_u}{b \times d} \leq 0{,}07 \times \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$ $\rightarrow$ pas besoin d'armatures transversales

$$V_u = 22{,}55\ KN$$

$\frac{22{,}55.10^{-3}}{1 \times 0{,}27} = 0{,}083\ MN \leq 0{,}07 \times \frac{30}{1{,}5} = 1{,}4\ MN \rightarrow$ Pas besoin d'armatures transversales.

Le calcul de $Y_{RB}\ et\ de\ M_{RB}$ est idem que précédemment.

$M_{RB} > M_3$ $\rightarrow$ Pas besoin d'acier comprimé $\rightarrow$ $A' = 0$

On a $e = \frac{M}{N} = 1{,}05 < 4 \times a = 1{,}20$ $\rightarrow$ cette section est dimensionnée en flexion composée.

On a $N > 0$ et le centre de pression est hors du noyau central donc la section est partiellement comprimée.

Vu que la section est sollicitée en flexion composée avec compression, elle doit être vérifiée vis-à-vis de l'ELU.

$$\left.\begin{array}{c} M(x) = -1{,}35 \times (\gamma . K_a . \frac{x^3}{6}) - 1{,}5 \times (Q . K_a . \frac{x^2}{2}) \\ V(x) = 1{,}35 \times (\gamma . K_a . \frac{x^2}{2}) + 1{,}5 \times (Q . K_a . x) \\ N(x) = 1{,}35 \times (25 . a . x) \end{array}\right\} ELU$$

$$M(x) = -26{,}44\ KN.m/ml$$

$$N(x) = 21{,}77\ KN/ml$$

$$e_a = Max \begin{Bmatrix} 2\ cm \\ H/250 \end{Bmatrix} \rightarrow e_a = 2\ cm$$

$$e_1 = \frac{M_{jGo}}{N_i} + e_a = \frac{26{,}44}{21{,}77} + 0{,}02 = 1{,}23\ m$$

- Sollicitations ultimes corrigées pour flambement

  Elancement géométrique :

$$l_f = 0{,}7 \times l_0 = 0{,}7 \times 4{,}30\ m = 3{,}01\ m$$

  Type de calcul :

$Pièce\ chargée\ de\ façon\ excentrée$

$$\rightarrow \frac{l_f}{h} >< Max \begin{Bmatrix} 15 \\ 20 \times \frac{e_1}{h} \end{Bmatrix} \rightarrow \frac{3{,}01}{0{,}30} = 10{,}03 < 15 \leq Max \begin{Bmatrix} 15 \\ 20 \times \frac{e_1}{h} \end{Bmatrix}$$

$\rightarrow Calcul\ en\ flexion\ composée\ en\ tenant\ compte, de\ façon\ forfaitaire, de\ l'excentricité\ du\ 2nd\ or$

Excentricité du 2nd ordre :

$$\alpha = \frac{M_1^L}{M_1} = \frac{11{,}03}{11{,}03 + 7{,}70} = 0{,}60$$

$$e_2 = \frac{3 \times l_f^2}{10^4 \times h}(2 + \alpha \times \varphi) = \frac{3 \times 3{,}01^2}{10^4 \times 0{,}30}(2 + 0{,}60 \times 2) = 0{,}029\ m = 2{,}9\ cm$$

Avec $\varphi = 2\ cas\ courant$

Sollicitations corrigées pour le calcul en flexion composée :

$$\begin{Bmatrix} N_u = N_i \\ M_{uG0} = N_u(e_1 + e_2) \\ e_0 = e_1 + e_2 \end{Bmatrix} \rightarrow \begin{Bmatrix} N_u = 21{,}77\ KN \\ M_{uG0} = 21{,}77 \times (1{,}23 + 0{,}029) = 27{,}41\ KN.m \\ e_0 = 1{,}23 + 0{,}029 = 1{,}26\ m \end{Bmatrix}$$

Sollicitations ramenées au centre de gravité des aciers tendus :

$$\begin{Bmatrix} e_A = e_0 + \left(d - \frac{h}{2}\right) \\ M_{uA} = N_u \times e_A \end{Bmatrix} \rightarrow \begin{Bmatrix} e_A = 1{,}26 + 0{,}27 - \frac{0{,}30}{2} = 1{,}38\ m \\ M_{uA} = 21{,}77 \times 1{,}38 = 30{,}04\ KN.m \end{Bmatrix}$$

Moment réduit de référence à l'ELU

$$\mu_{BC} = 0{,}8 \times \frac{h}{d} \times \left(1 - 0{,}4 \times \frac{h}{d}\right) = 0{,}8 \times \frac{0{,}30}{0{,}27} \times \left(1 - 0{,}4 \times \frac{0{,}30}{0{,}27}\right) = 0{,}494$$

Moment réduit agissant

$$\mu_{uA} = \frac{M_{uA}}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{30{,}04 \times 10^{-3}}{0{,}30 \times 0{,}27^2 \times 17} = 0{,}08$$

- Calcul à l'ELS

$$\begin{Bmatrix} N_{ser} = N_g + N_q \\ M_{serG0} = M_g + M_q \\ e_{ser0} = \frac{M_{serGo}}{N_{ser}} \end{Bmatrix} \rightarrow \begin{Bmatrix} N_{ser} = 17{,}90\ KN \\ M_{serG0} = 18{,}73\ KN.m \\ e_{ser0} = 1{,}05\ m \end{Bmatrix}$$

Sollicitations ramenées au centre de gravité des aciers tendus

$$\begin{Bmatrix} e_A = e_{0ser} + \left(d - \frac{h}{2}\right) \\ M_{serA} = N_{ser} \times e_A \end{Bmatrix} \rightarrow \begin{Bmatrix} e_A = 1{,}05 + 0{,}27 - \frac{0{,}30}{2} = 1{,}17\ m \\ M_{serA} = 17{,}90 \times 1{,}17 = 20{,}94\ KN.m \end{Bmatrix}$$

Moment réduit limite

$$\gamma_M = \frac{M_{uA}}{M_{serA}} = \frac{30{,}04}{20{,}94} = 1{,}43$$

$$10^4 \mu_{lu} = 3440 \times \theta \times \gamma_M + 49 \times \frac{f_{c28}}{\theta} - 3100$$

$$10^4\mu_{lu} = 3440 \times 1 \times 1{,}43 + 49 \times \frac{30}{1} - 3100 = 3289{,}2$$

$$\mu_{lu} = 0{,}33$$

On a $\mu_{uA} < \mu_{BC} \rightarrow section\ partiellement\ comprimée$

Et $\mu_{uA} < \mu_{lu} \rightarrow Pas\ besoin\ d'aciers\ comprimés$

Paramètres de déformation

$$\alpha_{uA} = 1{,}25 \times \left(1 - \sqrt{(1 - 2 \times \mu_{uA})}\right) = 1{,}25 \times \left(1 - \sqrt{(1 - 2 \times 0{,}08)}\right) = 0{,}10$$

Bras de levier

$$z_{uA} = d \times (1 - 0{,}4 \times \alpha_{uA}) = 0{,}27 \times (1 - 0{,}4 \times 0{,}10) = 0{,}26\ m$$

$$\mathcal{A} = \frac{M_{uA}}{z_{uA} \times \sigma_s} = \frac{30{,}04 \times 10^{-3}}{0{,}26 \times 347{,}83} = 3{,}32 \times 10^{-4}\ m^2 = 3{,}32\ cm^2$$

Section théorique d'acier

$$A_u = \mathcal{A} - \frac{N_u}{\sigma_s} = 3{,}32 \times 10^{-4} - \frac{21{,}77 \times 10^{-3}}{347{,}83} = 2{,}69 \times 10^{-4}\ m^2 = 2{,}69\ cm^2$$

- Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = \frac{0{,}23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = \frac{0{,}23 \times 1 \times 0{,}27 \times 2{,}4}{400} = 3{,}73.10^{-4}\ m^2 = 3{,}73\ cm^2$$

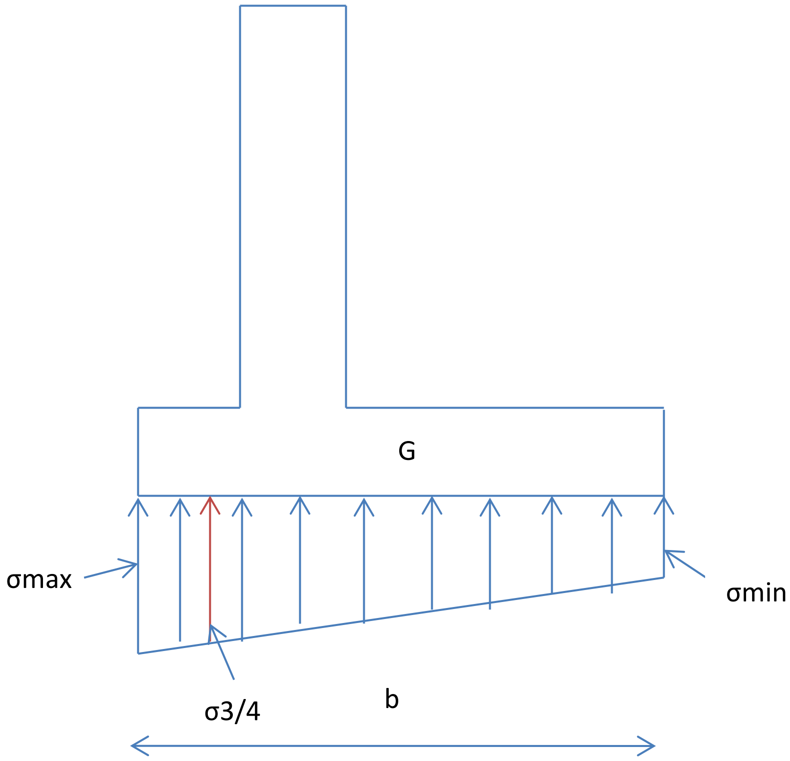
$$A_u < A_{min} \rightarrow\ A_{s3} = 3{,}73 cm^2$$

$$A_{s3} = 3{,}73\ cm^2 \rightarrow 6HA14/ml$$

➢ Semelle

On a $e_{/G} = \frac{M_{/G}}{R_v} = \frac{35,51}{239,375} = 0,15\ m \rightarrow e_{/G}$ se situe dans le 1/3 central donc la semelle est totalement comprimée

- Diagramme des contraintes



$$\sigma_{max} = \frac{N}{S} \times (1 + \frac{6 \times |e_{/G}|}{b}) = \frac{239,375}{3,35 \times 1}(1 + \frac{6 \times 0,15}{3,35}) = 90,65\ KN/m^2$$

Avec N = R_v et S = b x 1 m

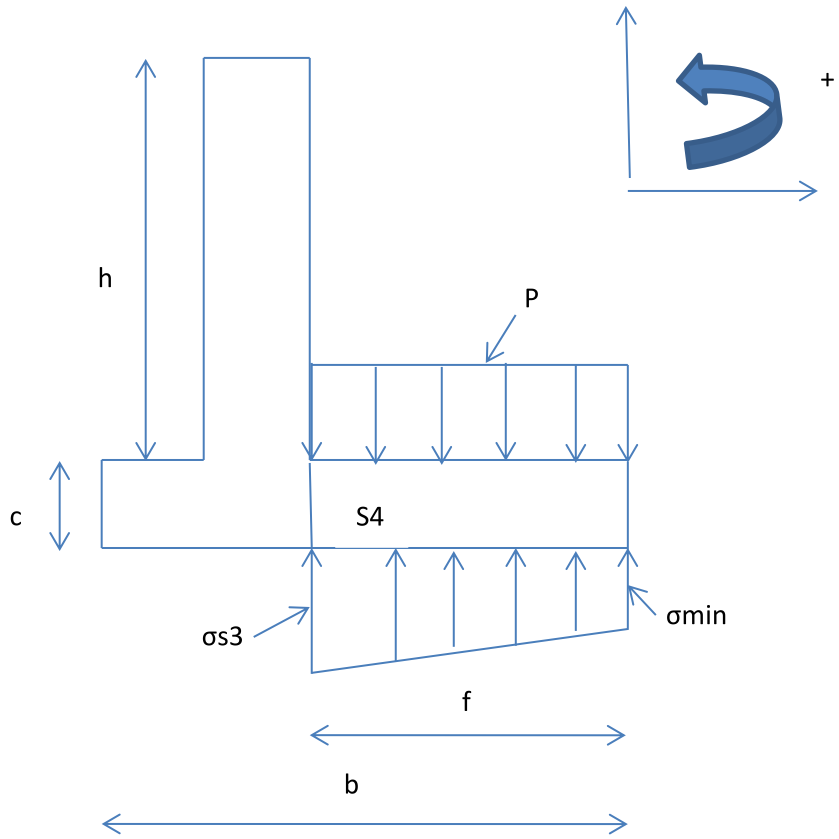
$$\sigma_{min} = \frac{N}{S} \times (1 - \frac{6 \times |e_{/G}|}{b}) = \frac{239,375}{3,35 \times 1}(1 - \frac{6 \times 0,15}{3,35}) = 52,26\ KN/m^2$$

$$\sigma_{3/4} = \frac{3 \times \sigma_{max} + \sigma_{min}}{4} = \frac{3 \times 90,65 + 52,26}{4} = 81,05\ KN/ml$$

✓ Talon

Nous sommes en présence d'un talon complètement comprimé

- Actions sur le talon



$$P = g + q\} \, ELS$$

$$g = \gamma \times h \times 1m + 25 \times c \times 1m = 20 \times 4{,}30 \times 1 + 25 \times 0{,}30 \times 1 = 93{,}5 \, KN/ml$$

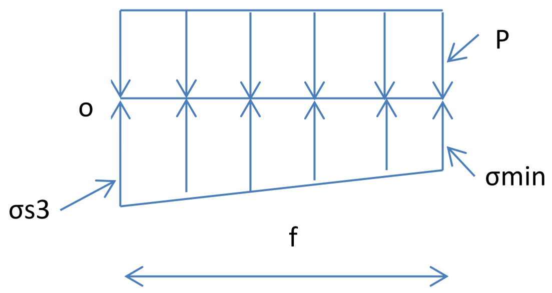
$$q = Q = 10 \, KN/ml$$

$$P = 93{,}5 + 10 = 103{,}5 \, KN/ml$$

- Calcul de σ_{s3}

$$\sigma_{s4} = \frac{\sigma_{max} \times f + \sigma_{min} \times (b - f)}{b} = \frac{90{,}65 \times 2 + 52{,}26 \times 1{,}35}{3{,}35} = 75{,}18\ KN/ml$$

- Modélisation



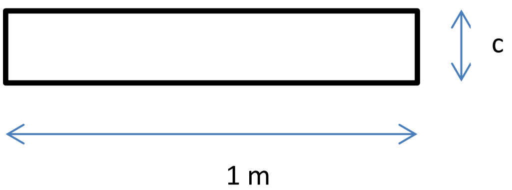
- Calcul de sollicitation

$$M_{/o} = -P \times \frac{f^2}{2} + \sigma_{min} \times \frac{f^2}{2} + (\sigma_{s4} - \sigma_{min}) \times \frac{f^2}{2}$$

$$M_{/o} = -103{,}5 \times \frac{2^2}{2} + 52{,}26 \times \frac{2^2}{2} + (75{,}18 - 52{,}26) \times \frac{2^2}{2} = -56{,}64\ KN.m/ml$$

- Calcul de section d'armature

La section d'acier dans le talon est déterminée en le considérant comme une poutre



$$A_u = \frac{M_u}{\sigma_s \times z}$$

$$z = d \times (1 - 0,4 \times \alpha)$$

$$\alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{(1 - 2 \times \mu_u}))$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}}$$

Avec $d = 0,9 \times c = 0,9 \times 0,30 = 0,27\ m\ et\ f_{bu} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = \frac{0,85 \times 30}{1 \times 1,5} = 17\ MPa$

$$\mu_u = \frac{56,64 \times 10^{-3}}{1 \times 0,27^2 \times 17} = 0,046$$

$$\mu_u < \mu_{lu} = 0,186 \rightarrow Pivot\ A$$

$$\alpha = 1,25 \times \left(1 - \sqrt{(1 - 2 \times \mu_u)}\right) = 1,25 \times \left(1 - \sqrt{(1 - 2 \times 0,046)}\right) = 0,059$$

$$z = d \times (1 - 0,4 \times \alpha) = 0,27 \times (1 - 0,4 \times 0,059) = 0,26\ m$$

$$A_u = \frac{56,64 \times 10^{-3}}{0,26 \times 347,83} = 6,26 \times 10^{-4} m^2 = 6,29\ cm^2$$

- Condition de non fragilité de la section

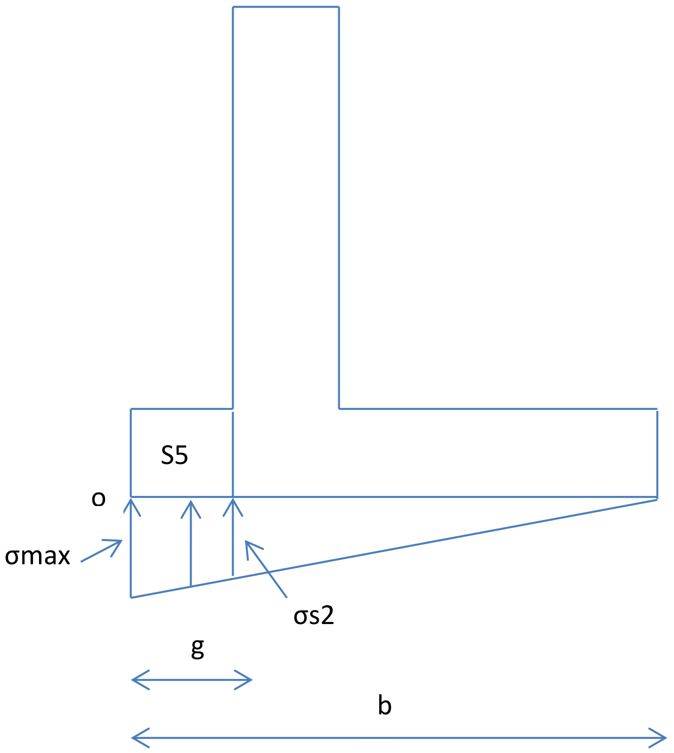
$$A_{min} = \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = \frac{0,23 \times 1 \times 0,27 \times 2,4}{400} = 3,73.10^{-4}\ m^2 = 3,73\ cm^2$$

La section d'acier retenue est donc $A_s = 6,29\ cm^2$

Soit $A_s = 6,29\ cm^2 \rightarrow 6HA12$

✓ Patin

- Action sur le patin



$$P = g + q = 0$$

- Calcul de σ_{s5}

$$\sigma_{s5} = \frac{\sigma_{max}}{b} \times (b - g) = \frac{90{,}65}{3{,}35} \times (3{,}35 - 1{,}05) = 62{,}24\ KN.m/ml$$

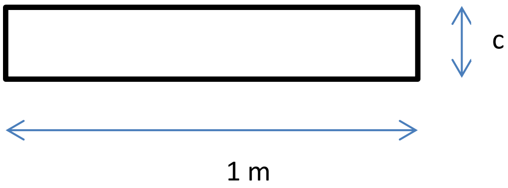
- Calcul de sollicitation

$$M_{/o} = -P \times \frac{g^2}{2} + \sigma_{s5} \times \frac{g^2}{2} + (\sigma_{max} - \sigma_{s5}) \times \frac{g^2}{2}$$

$$M_{/o} = -0 \times \frac{1{,}05^2}{2} + 62{,}24 \times \frac{1{,}05^2}{2} + (90{,}65 - 62{,}24) \times \frac{1{,}05^2}{2} = 49{,}97\ KN.m/ml$$

- Calcul de section d'armature

La section d'acier dans le patin est déterminée en le considérant comme une poutre



$$A_u = \frac{M_u}{\sigma_s \times z}$$

$$z = d \times (1 - 0{,}4 \times \alpha)$$

$$\alpha = 1{,}25 \times (1 - \sqrt{(1 - 2 \times \mu_u}))$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}}$$

Avec $d = 0{,}9 \times c = 0{,}9 \times 0{,}30 = 0{,}27\ m\ et\ f_{bu} = \frac{0{,}85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = \frac{0{,}85 \times 30}{1 \times 1{,}5} = 17\ MPa$

$$\mu_u = \frac{49{,}97 \times 10^{-3}}{1 \times 0{,}27^2 \times 17} = 0{,}040$$

$$\mu_u < \mu_{lu} = 0{,}186 \rightarrow Pivot\ A$$

$$\alpha = 1{,}25 \times \left(1 - \sqrt{(1 - 2 \times \mu_u)}\right) = 1{,}25 \times \left(1 - \sqrt{(1 - 2 \times 0{,}04)}\right) = 0{,}051$$

$$z = d \times (1 - 0{,}4 \times \alpha) = 0{,}27 \times (1 - 0{,}4 \times 0{,}051) = 0{,}26\ m$$

$$A_u = \frac{49{,}97 \times 10^{-3}}{0{,}26 \times 347{,}83} = 5{,}52 \times 10^{-4} m^2 = 5{,}52\ cm^2$$

- Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = \frac{0{,}23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = \frac{0{,}23 \times 1 \times 0{,}27 \times 2{,}4}{400} = 3{,}73.10^{-4}\ m^2 = 3{,}73\ cm^2$$

La section d'acier retenue est donc $A_s = 5{,}52\ cm^2$

Soit $A_s = 5{,}52\ cm^2 \rightarrow 6HA12$

D.5- Récapitulatif des sollicitations

Sections	S1	S2	S3	S4	S5
x(m)	h = 4,30	2h/3 = 2,87	h/2 = 2,15	f = 2	g = 1,05
V(x) (KN)	75,89	36,98	22,55	-	-
M(x) (KN.m)	-119,04	-39,95	-18,73	-56,64	49,97
N(x) (KN)	32,25	21,52	17,90	239,375	239,375
e = M/N	3,69	1,85	1,05	-	-

D.6- Récapitulatif des sections d'acier

Parties d'ouvrage	Surfaces élémentaires	Sections d'acier (cm²)	
		Théorique	Choix
Voile	S1	25,10	2 x 7HA16
	S2	8,42	6HA14
	S3	3,73	6HA14
Semelle	Talon S4	6,29	6HA12
	Patin S5	5,52	6HA12