



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la Base
Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Session 2009

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

Epreuve E4
ETUDE DES OUVRAGES

Unité U 41 :
MECANIQUE DES STRUCTURES

Proposition de barème détaillé
&
Proposition de correction

Session 2009

TVE4MDS-C

Proposition de barème détaillé

Barème des candidats

N° Etude	Intitulé	Barème
1	Etude plate forme de travail culée C ₂	15 pts
2	Etude du tablier	33 pts
3	Etude pile centrale + BA :	25 pts
4	Etude Géotechnique : poussée mur culée C ₂	7 pts

Total 80 points

Proposition barème détaillé

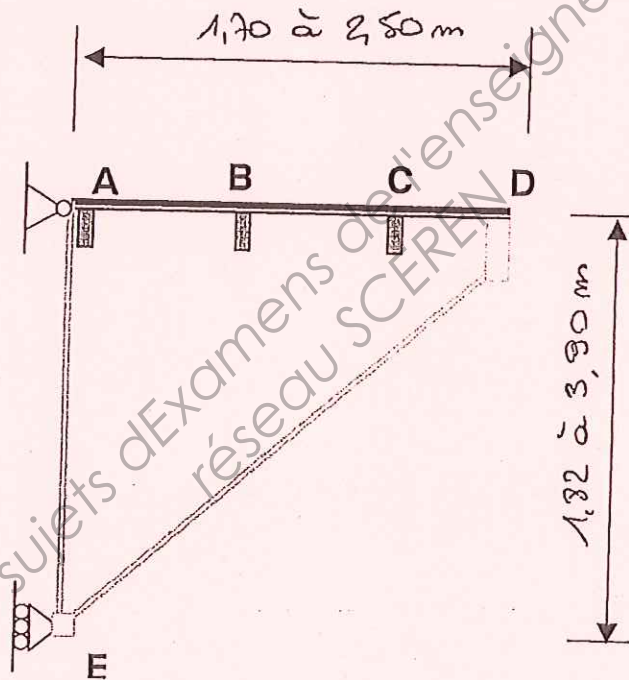
N° Etude	Intitulé	Questions	Barème
1	Etude plate forme de travail culée C ₂	1.1	4
		1.2	-
		1.3	6
		1.4	5
2	Etude du tablier	2.1	5
		2.2	3
		2.3	2
		2.4	7
		2.5	10
		2.6	3
		2.7	3
3	Etude pile centrale + BA :	3.1	5
		3.2	20
4	Etude Géotechnique : poussée mur culée C ₂	4.1	7

Total 80 points

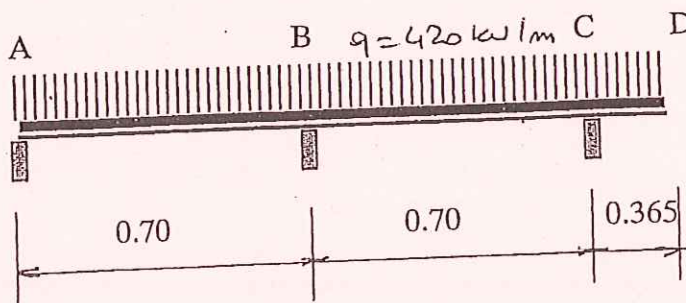
Proposition de correction

Etude 1 = Equilibre de la plate forme de travail etée 1

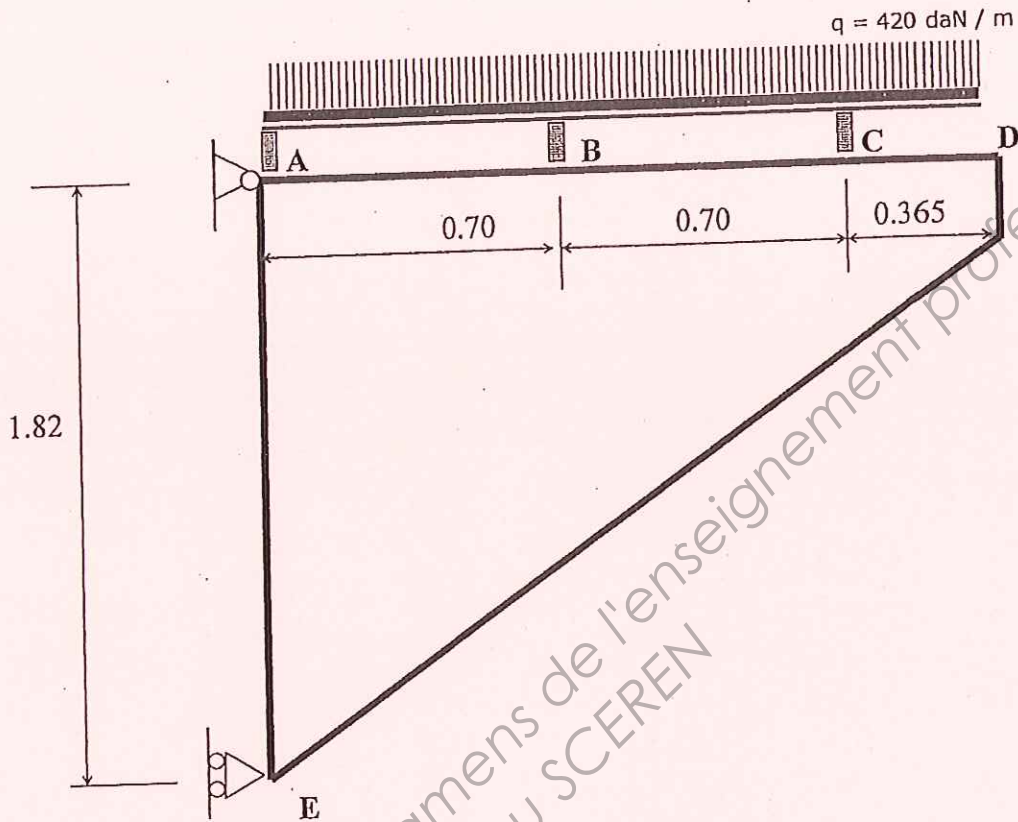
1.1) Justification des dimensions



1.2) Calcul des charges admissibles sur la plate forme de travail



1.3) Calcul des Actions de liaisons



* nature des liaisons

- en A → articulation

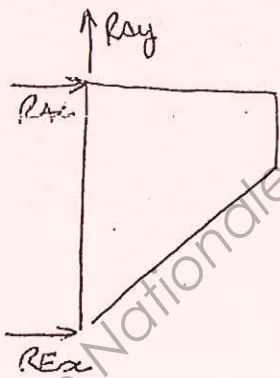
↳ 2 inconnues $\begin{cases} R_{Ax} \\ R_{Ay} \end{cases}$

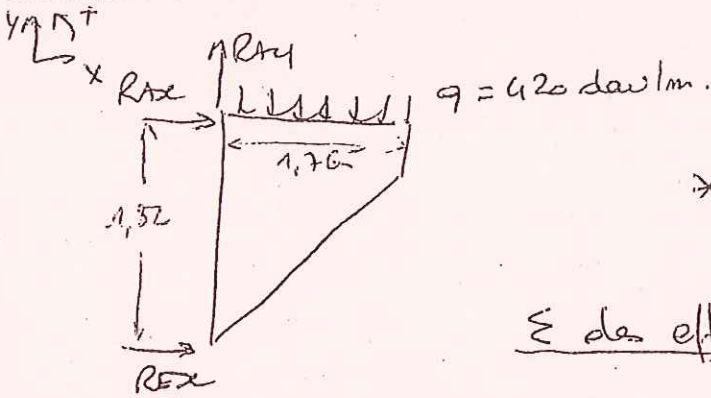
- en E → appui simple

↳ 1 inconnue R_{Ex}

* nature charge

- charge répartie $q = 420 \text{ daN/m}$





* calcul des Actifs de liaison

Σ des efforts $\parallel x = 0$

$R_{Ax} + R_{Ex} = 0$

Σ des efforts $\parallel y = 0$

$R_{Ay} - ql = 0$

$R_{Ay} = ql = 420 \times 1,76$

$R_{Ay} = 741,3 \text{ daN}$

Σ Moments / A = 0

$M_A R_{Ax} + M_A R_{Ay} + M_A q + M_A R_{Ex} = 0$

$0 + 0 - (ql \times \frac{l}{2}) + (R_{Ex} \times R_{Ay}) = 0$

$R_{Ex} = \frac{ql^2}{2R_{Ay}} = \frac{420 \times \frac{1,76^2}{2}}{741,3}$

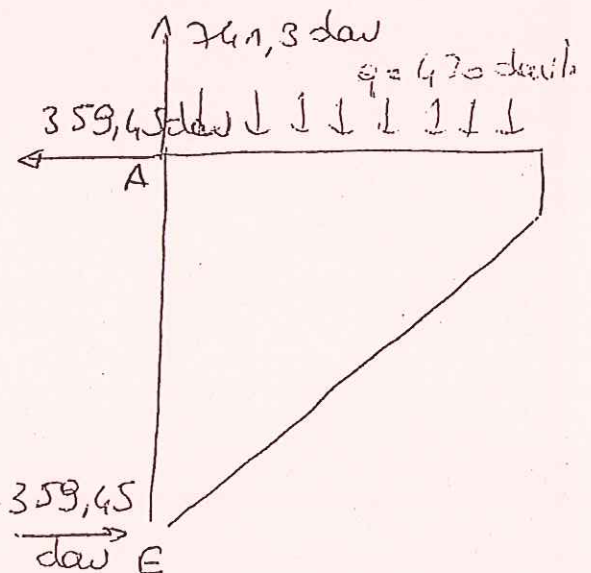
$R_{Ex} = 359,45 \text{ daN}$

Σ efforts $\parallel x = 0$

$R_{Ax} + R_{Ex} = 0$

$R_{Ax} = -R_{Ex}$

$R_{Ax} = -359,45 \text{ daN}$



1.4) Détermination des tiges d'ancrages

La tige d'ancrage de la liaison en A est tendue

$$\sigma = \frac{N}{S}$$

* détermination de la tige d'ancrage

- effort extrême sur la tige = 30 kN
- effort avec coef de sécurité = $30 \times 5 = 150$ kN

R_e = contrainte limite de la barre = 910 N/mm²

Section mini de la tige

$$S = \frac{N}{R_e} = \frac{150\,000 \text{ N}}{910 \text{ N/mm}^2} = 164,83 \text{ mm}^2$$

on trouve dans le tableau

$$\begin{array}{l} \text{Section tige "mammut 15/17"} = 177 \text{ mm}^2 \\ \text{Section tige mammut 20/23} = 314 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\boxed{164,83 < 177 \text{ mm}^2}$$

↳ la tige mammut 15/17 convient

Etude 2 Etude du Tablier

2.1) Calcul charges permanentes

- béton armé	= $25 \times 6,732$	= $168,3 \text{ kN/m}$
- étanchéité	= $23 \times 0,01 \times 3,00$	= $2,07 \text{ kN/m}$
- revêtement routier	= $22 \times 0,06 \times 3,00$	= $11,88 \text{ kN/m}$
- garde corps	= 1×2	= 2 kN/m
		<u>$184,25 \text{ kN/m}$</u>

2.2) calcul des charges d'exploitation

- charges accotement = 10 kN/m^2
- charges chaussée = $14,8 \text{ kN/m}^2$

* valeur charge d'accotement

$$10 \times 1,00 \times 2 = \underline{20 \text{ kN/m}}$$

* valeur charge chaussée

$$14,8 \times 3,50 \times 2 = \underline{103,6 \text{ kN/m}}$$

* valeur totale

$$20 + 103,6 = \underline{123,6 \text{ kN/m}}$$

2.3 Combinaison d'actions à l'état

* charges travée G₀P₁

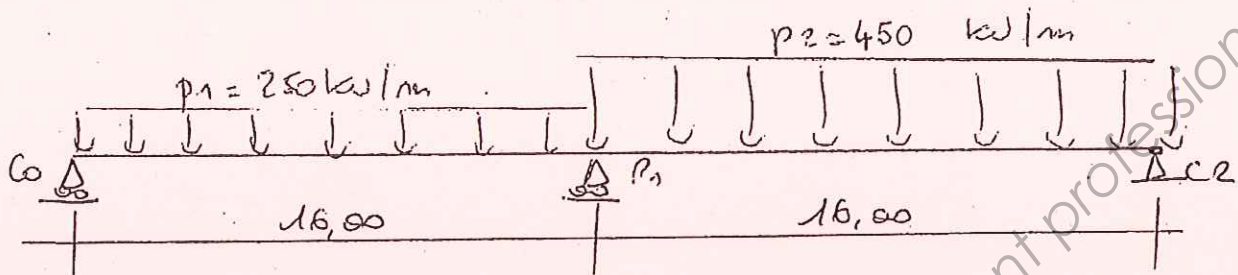
$$P_1 = 1,35 G = 1,35 \times 184,25 = \underline{248,74 \text{ kN/m}}$$

* charges travée P₁L₂

$$P_2 = 1,35 G + 1,5 Q = 248,74 + (1,5 \times 123,6) = \underline{434,14 \text{ kN/m}}$$

2.4 Détermination moment sur appui pile centrale

- charges permanentes sur la totalité
- charges d'exploitation entre P_1 et C_2



* degré hyperstatique du système

3 appuis \rightarrow 3 actions verticales
 1 action horizontale
 —
 4 inconnues.

3 équations possibles -

$4 - 3 = 1$ inconnue restante

\hookrightarrow hyperstatique de degré 1

* application théorème 3 moments à l'appui P_1

$$M_0 l_1 + 2 M_1 (l_1 + l_2) + M_2 l_2 = 6EI (w_d - w_g)$$

$$\left. \begin{array}{l} M_0 = 0 \\ M_2 = 0 \end{array} \right\}$$

$$\text{et } l_1 = l_2 = 16,00$$

$$w_d = - \frac{P_2 l_2^3}{24EI} = - \frac{450 \cdot 10^3 \cdot 16^3}{24EI} = - \frac{76,8}{EI}$$

$$w_g = \frac{P_1 l_1^3}{24EI} = \frac{250 \cdot 10^3 \cdot 16^3}{24EI} = \frac{42,66}{EI}$$

* calcul M_A

$$M_0 l_1 + 2 M_1 (l_1 + l_2) + M_2 l_2 = 6EI (\omega_d - \omega_g)$$

$$0 + 2 M_1 (16 + 16) + 0 = 6EI \left(-\frac{7,6,8}{EI} - \frac{42,66}{EI} \right)$$

$$64 M_1 = 6 (-76,8 - 42,66)$$

$$M_A = - \frac{6 (-76,8 - 42,66)}{64}$$

$$M_A = -11,20 \text{ MNm.}$$

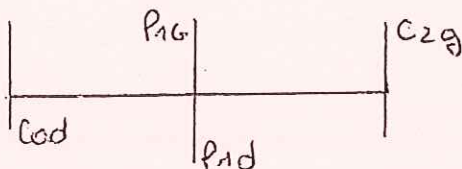
* Calcul Effort tranchant

$$Q_{0d} = V_{1d0} + \frac{M_0 - M_1}{l_1} = -\frac{Pl}{2} + \frac{0 + 11,2}{16} = -\frac{0,250 \times 16}{2} + \frac{11,2}{16} = -1,30 \text{ MN}$$

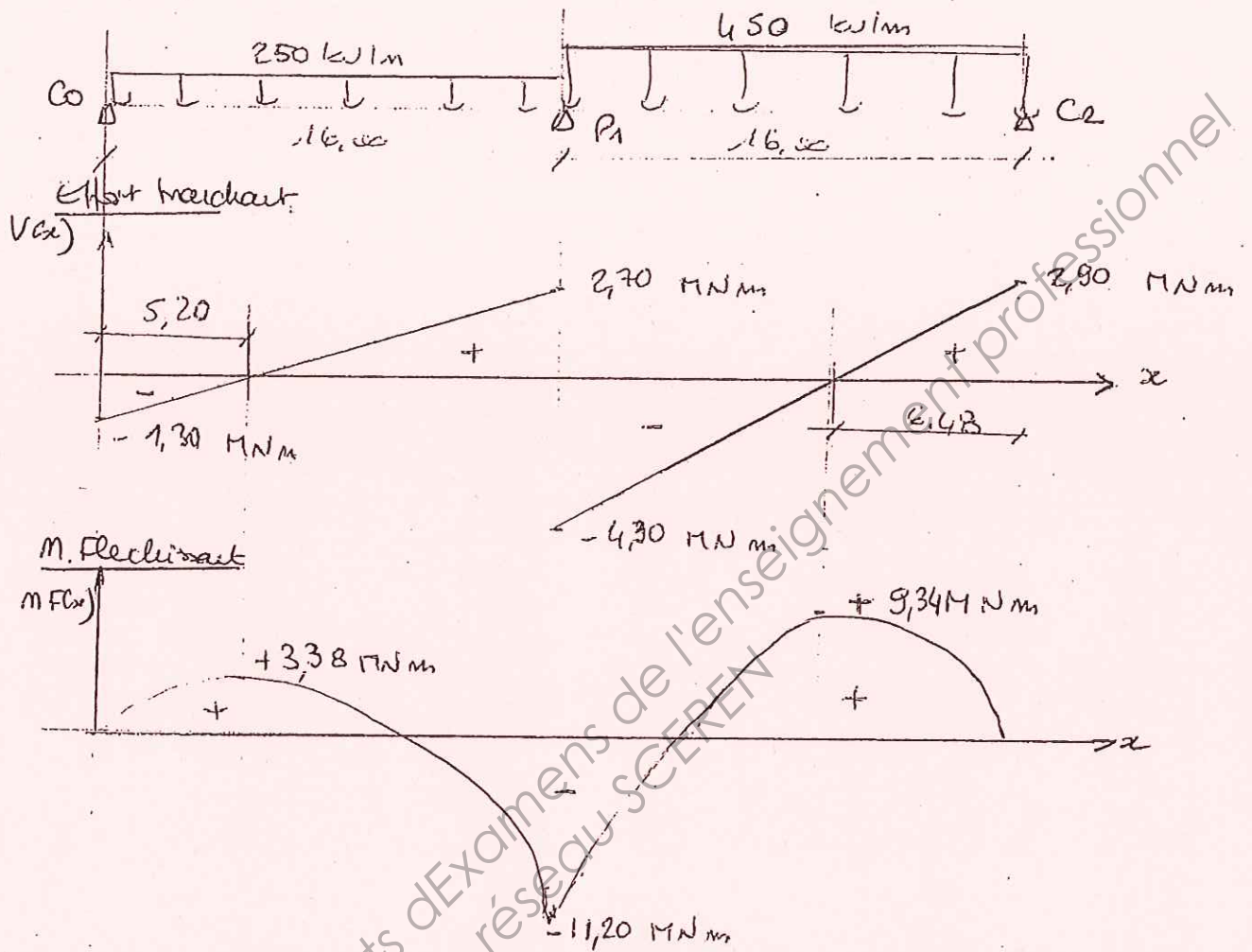
$$Q_{1g} = V_{1d0} + \frac{M_0 - M_1}{l_1} = -\frac{Pl}{2} + \frac{0 + 11,2}{16} = -\frac{0,250 \times 16}{2} + \frac{11,2}{16} = 2,70 \text{ MN}$$

$$Q_{1d} = V_{1d0} + \frac{M_1 - M_2}{l_2} = -\frac{Pl}{2} + \frac{-11,2 - 0}{16} = -\frac{0,450 \times 16}{2} - \frac{11,2}{16} = -4,30 \text{ MN}$$

$$Q_{2g} = V_{1d0} + \frac{M_1 - M_2}{l_2} = -\frac{Pl}{2} + \frac{-11,2 - 0}{16} = -\frac{0,450 \times 16}{2} - \frac{11,2}{16} = 2,90 \text{ MN}$$



2.5) Tracé des Diagrammes



$$x_1 = \frac{1,30}{0,250} = 5,20 \text{ m}$$

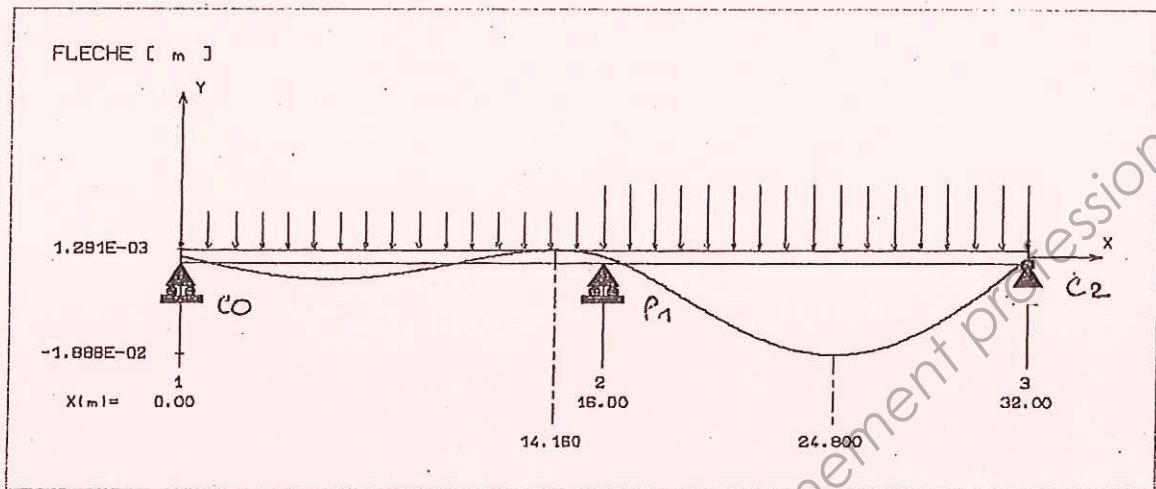
$$x_2 = \frac{2,9}{0,450} = 6,48 \text{ m}$$

* Actions de liaisons.

$$C_0 = \underline{1,30 \text{ kN}}$$

$$P_1 = 2,70 + 4,30 = \underline{7 \text{ kN}}$$

$$C_2 = \underline{2,90 \text{ kN}}$$

2.6) Etude des déformations

la fleche maxi est situee à 24,80 m.

dans la 2^e travée, elle est égale à 1,88 cm.

* verification de la fleche

$$f_{\text{admissible}} = \frac{L}{300} = \frac{16,00}{300} = 0,053 \text{ m} \text{ soit } \underline{5,3 \text{ cm}}$$

$f_{\text{reelle}} < f_{\text{admissible}}$

$$1,88 \text{ cm} < 5,3 \text{ cm}$$

↳ de vérifié

Etude 3: Etude pile centrale

3.1) Contraintes Semelle / sol

* calcul de $q'u$

pile P1 \rightarrow SP63

$$p_{le} = 1,20 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} q'u &= q'o + k_p p_{le} \\ &= 25,5 \text{ } 10^3 + 1,04 \times 1,20 \end{aligned}$$

$$\underline{q'u = 1,27 \text{ MPa}}$$

* calcul de la contrainte réelle de l'ouvrage sur le sol au niveau de la pile P1

$$q = \frac{10,5}{(11,50 \times 2,50)} = \frac{10,5}{28,75} = \underline{0,365 \text{ MPa}}$$

* vérification contrainte sol.

$$q'u > q$$

$$\boxed{1,27 \text{ MPa} > 0,365 \text{ MPa}}$$

\rightarrow vérifie la portance du sol est supérieure à la charge de l'ouvrage -

3.2) Armatures de la semelle.

Béton = C30/37 classe d'exposition XF1

Acier = S500 classe B

classe structurale de l'enrobage SB.

3.2.1 Calculs Préliminaires.

* Calcul des différentes contraintes.

$$- f_{ck} = \underline{30 \text{ MPa}}$$

$$- f_{yk} = \underline{500 \text{ MPa}}$$

contrainte de calcul du béton

$$- f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \times \frac{30}{1,5} = \underline{20 \text{ MPa}}$$

contrainte de calcul de l'acier

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = \underline{434,78 \text{ MPa}} \approx 435 \text{ MPa}$$

* Détermination de l'enrobage.

$$c_{nom} = c_{min} + d_{cler}$$

ici ECR donne directement des valeurs pour les préfabriqués c_{nom} .

$$\underline{c_{nom} = 30 \text{ mm}}$$

3.2.2 vérification des dimensions de la semelle

$$d > \frac{B-b}{4}$$

Dimensions Semelle

$$B = 2,50 \text{ m}$$

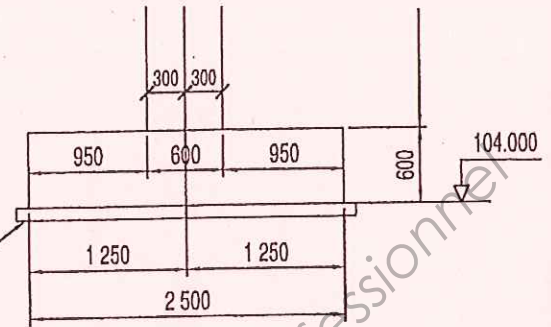
$$b = 0,60 \text{ m}$$

$$h = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{Soit } d = 0,9h$$

$$d = 0,84 \text{ m.}$$

Béton de propreté
épais. = 100 mm.



* vérification dimensions

$$d > \frac{B-b}{4}$$

$$d > \frac{2,50 - 0,60}{4}$$

$$d > 0,475$$

$$0,84 > 0,475 \rightarrow \text{ok vérifié}$$

* vérification enrobage

$$\text{enrobage} = 30 \text{ mm.}$$

$$d < H - e$$

$$d < 0,6 - 0,03$$

$$d < 0,57$$

$$0,84 < 0,57 \rightarrow \text{ok vérifié}$$

3.2.3 Armatures inférieures de la semelle

* calcul de la charge appliquée par ml (Ned)

$$\text{Charge/ml} = \frac{\text{charge totale}}{\text{longueur semelle}} = \frac{10,5 \text{ MN}}{11,50 \text{ m}} = 0,913 \text{ MN/ml}$$

* calcul des moments agissant sur la semelle (Med)

$$M_{ed} = \frac{N_{ed} (B - 0,7b)^2}{8B}$$

$$M_{ed} = \frac{0,913 (2,50 - 0,7 \times 0,60)^2}{8 \times 2,50} = \frac{3,95}{20} = 0,197 \text{ MNm}$$

* calcul du moment réduit (μ)

$$\mu = \frac{M_{ed}}{\sigma_d^2 f_{cd}} = \frac{0,197}{1,00 \times 0,84^2 \times 20} = \underline{0,0338 \text{ MNm}}$$

* calcul du bras de levier (λ)

$$\lambda = 0,5 d (1 + \sqrt{1 - 2\mu})$$

$$\lambda = 0,5 \times 0,84 (1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,0338})$$

$$\lambda = \underline{0,48 \text{ m}}$$

* calcul des aciers inférieurs de la semelle (A_s)

$$A_s = \frac{M_{ed}}{2 f_{yd}} = \frac{0,197}{0,48 \times 435} = \underline{9,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

soit 9,43 cm²/ml

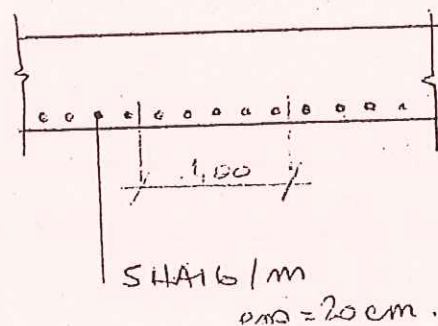
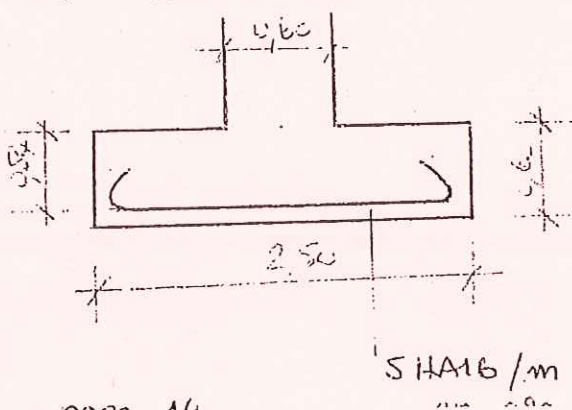
* calcul du nombre d'aciers et espacement

$$S_{HA16} = 10,053 \text{ cm}^2$$

Soit 5 barres par ml.

$$\text{espacement} = \frac{1}{5} = \underline{0,20 \text{ m}}$$

3.2.4 schémas d'armature



Étude 4 = Étude de la culée C2

4.1) Contraintes Horizontales

* Calcul coef de poussée (k_a)

$$k_a = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$k_a = \tan^2 \left(\frac{180}{4} - \frac{32}{2} \right) = \underline{0,307}$$

* Calcul des contraintes horizontales (σ_H)

$$\sigma_H = k_a \sigma_v \quad \text{avec} \quad \sigma_v = (\sigma_h + q)$$

$$\sigma_H = k_a (\sigma_h + q)$$

au pt A : $\sigma_{HA} = k_a (\sigma_h + q)$

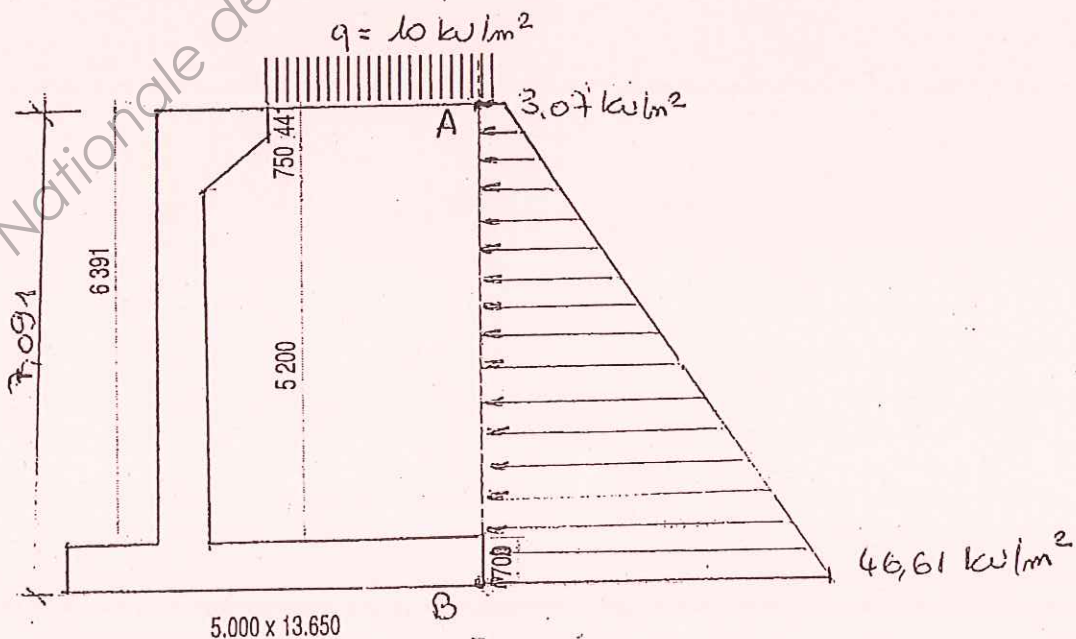
$$\sigma_{HA} = 0,307 (0 + 10) = \underline{3,07 \text{ kN/m}^2}$$

au pt B : $\sigma_{HB} = k_a (\sigma_h + q)$

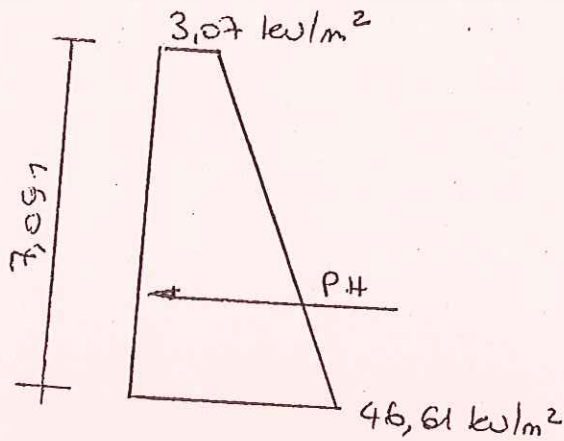
$$= 0,307 [(20 \times (6,391 + 0,70)) + 10]$$

$$\sigma_{HB} = 0,307 \times 151,82 = \underline{46,61 \text{ kN/m}^2}$$

* diagramme poussée



* Calcul résultante poussée horizontale



$$P_H = \frac{3,07 + 46,61}{2} \times 7,091 \times 1 \text{ m}$$

$$P_H = \underline{\underline{176,139 \text{ kw}}}$$