

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT G - C



PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

ETUDE ET CONCEPTION
D'UN HOTEL R + 5

Proposé par :

ENET

4 PLANCHES

Etudié par :

M. TAAZOUNT KHETTAB
S.A. DHAN

Dirigé par : M^{me}

PROMOTION : JUIN 86

- REMERCIMENTS -

On remercie vivement notre promotrice M^{me}
KHETTAB pour les conseils qu'elle a daigné nous
donner durant notre stage.

On remercie également M^r BELAZOUGUI ainsi
que M^r BLOUD pour l'aide si précieuse tant pratique
que théorique qu'ils nous ont fait part.

On remercie par la même occasion tous les professeurs
qui ont contribué à notre formation.

- DE DICACES -

Je dédie ce travail à :

- mes parents
- toute ma famille
- tous mes amis et mes camarades

DHAN SidAhmed

Je dedie ce travail à :

- mes parents
- toute ma famille
- tous mes amis et mes camarades

TAAZOUH Mustapha

- TABLE DES MATIERES -

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

- Présentation de l'ouvrage	1
- Caractéristiques mécaniques	3
- Prédimensionnement	5
- Déscente de charges	6
- Calcul de l'acrotère	8
- Calcul du plancher	10
- Calcul de l'escalier	16
- Étude au séisme	22
- Calcul des rigidités	27
- Sollicitations dans les portiques	31
- Calcul des déplacements	45
- Superposition des sollicitations	47
- Calcul des Longrines	61
- Ferrailage	63
- Calcul des Fondations	75

Nous nous apprêtons dans cet ouvrage à faire l'étude d'un bâtiment R+5 faisant partie d'un projet "Hotel" qui sera réalisé dans la région de Constantine, considérée comme une région de moyenne sismicité (Zone II).

Structure proposée par L'ENET :

La structure qui nous a été confiée pour l'étude est une conception qui sort de l'ordinaire, de plus cette structure ne peut être antisismique, en effet :

- * le contreventement est assuré par des voiles dans le sens transversal à partir du 1^{er} Niveau, et des portiques dans le sens longitudinal.

- * les voiles du sens transversal reposent sur des portiques.

On remarque ainsi qu'on a une grande différence de rigidité entre le sens transversal et le sens longitudinal.

dans le sens transversal la rigidité au RDC est négligeable par rapport à celle de l'étage courant. sans toutefois oublier que la plus grande force sismique sollicite le niveau le plus bas.

donc la conception proposée est à déconseiller dans des Régions sismiques.

Structure adoptée :

Pour ne pas modifier l'aspect architectural de l'Hotel on est contraint d'adopter une construction en portiques autostables.

de plus pour un R+5 un bâtiment en portique est plus économique qu'un bâtiment en voile.

Planchers : les planchers sont réalisés en corps creux avec une dalle de compression de 4 cm d'épaisseur.

Dimensions :

Sens Longitudinal : $L = 17,45 \text{ m}$

Sens Transversal : $l = 15,45 \text{ m}$

Hauteur totale : $H = 18,80 \text{ m}$

Maçonnerie :

Murs extérieurs à double cloison d'épaisseur 25 cm avec vide d'air de 5 cm

Murs intérieurs cloisons de séparation en brique creuse de 10 cm

Revêtement :

carrelage pour les salles

céramique pour les salles d'eau.

Contrainte du sol :

A une profondeur de 1,8 m, la contrainte admissible du sol est prise égale à $2,5 \text{ Kg/cm}^2$

Les escaliers :

Notre bâtiment comporte des escaliers intérieurs qui sont formés de 2 paillassees juxtaposées

Caractéristiques mécaniques

I Béton:

Le béton est dosé à 350 kg de CPA 325 avec contrôle atténué

- Résistance nominale à la compression à 28 jours $\bar{\sigma}'_{28} = 270 \text{ b}$

- Résistance nominale à la traction à 28 jours $\bar{\sigma}_{28} = 23,2 \text{ b}$

1 Contrainte de compression admissible:

$$\bar{\sigma}'_b = p'_b \bar{\sigma}'_{28} \quad \text{avec} \quad p'_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \epsilon$$

- Classe du ciment 325 $\rightarrow \alpha = 1$

- Contrôle atténué $\rightarrow \beta = 5/6$

- $\frac{e_{\min}}{4C_g} \gg 1$ $\rightarrow \gamma = 1$

* e_{\min} : épaisseur minimale de la pièce

* C_g : diamètre du plus gros granulat

- $\epsilon = 1$: \forall la forme de la section en compression simple ou section rectangulaire

- $\delta = 0,3$ en compression simple $\rightarrow \bar{\sigma}'_b = 68,5 \text{ kg/cm}^2$

- $\delta = 0,6$ en flexion simple ou composée avec N effort de traction $\rightarrow \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$

- $\delta = 0,3 \left(1 + \frac{e_0}{3e_1}\right)$ en flexion composée

* e_0 : excentricité de la force extérieure

* $e_1 = \frac{h_1}{\epsilon}$ pour une section rectangulaire

2 Contrainte admissible de traction:

$$\bar{\sigma}_b = p_b \bar{\sigma}_{28} \quad \text{avec} \quad p_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \theta \quad \text{et} \quad \theta = 0,018 + \frac{2,1}{\sqrt{\bar{\sigma}'_{28}}} = 0,0258$$

$$\bar{\sigma}_b = 1 \cdot \frac{5}{6} \cdot 1 \cdot 0,0258 \cdot 270 = 5,8 \text{ b} = 5,9 \text{ kg/cm}^2$$

II Aciers:

- Aciers doux (Adx) FeE 24 $\rightarrow \bar{\sigma}_a = 1600 \text{ kg/cm}^2$

- Aciers H.A FeE 40 $\rightarrow \bar{\sigma}_a = 2600 \text{ kg/cm}^2$ ($\phi \leq 20$)

- Treillis soudés $\phi \leq 6 \text{ mm}$ $\rightarrow \bar{\sigma}_a = 3533 \text{ kg/cm}^2$

- Contraintes de traction imposées par les conditions de fissuration du béton:

$$\bar{\sigma}_a = \min \begin{cases} 2/3 \sigma_{cn} \\ \max(\sigma_1, \sigma_2) \end{cases}$$

$$* \sigma_1 = K \frac{\eta}{\phi} \cdot \frac{\bar{w}_f}{1 + 10 \bar{w}_f}$$

$$* \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{2 \cdot K}{\phi} \cdot \bar{\sigma}_b}$$

avec

$K = 1,5 \cdot 10^6$ fissuration peu nuisible

$\eta = 1,6$ pour les aciers HA et 1 pour les aciers doux

$\bar{w}_f = \% \text{ de fissuration} = \frac{A}{B_f}$

A: section d'acier de traction

B_f : Section du béton susceptible d'être fissurée

ϕ : le plus grand diamètre des barres d'acier

N.B Pour les sollicitations du 2^{eme} genre, les contraintes admissibles seront obtenues en majorant celles du 1^{er} genre de 50%

-o- Prédimensionnement -o-

I Poutre transversale: (Principale)

$$\frac{l}{15} \leq h_c \leq \frac{l}{10} \rightarrow 33.4 \leq h_c \leq 50 \rightarrow \text{on prend } h_c = 50 \text{ cm}$$

$$0.3h_c \leq b \leq 0.7h_c \rightarrow 15 \leq b \leq 35 \rightarrow \text{on prend } b = 30 \text{ cm}$$

$$\text{R.P.A 81} \left\{ \begin{array}{ll} b \geq 20 \text{ cm} & \text{vérifiée} \\ h \geq 30 \text{ cm} & \text{---''---} \\ h/b \leq 3 & \text{---''---} \\ b_{\max} \leq 1.5h + b_1 & \text{---''---} \end{array} \right.$$

II Poutre longitudinale (Secondaires)

vue l'importance de l'effort sismique dans le sens transversal

$$\text{on adopte } h_c = 40 \text{ cm} ; b = 30 \text{ cm}$$

$$\text{R.P.A 81} \left\{ \begin{array}{ll} b \geq 20 \text{ cm} & \text{vérifiée} \\ h \geq 30 \text{ cm} & \text{---''---} \\ h/b \leq 3 & \text{---''---} \\ b_{\max} \leq 1.5h + b_1 & \text{---''---} \end{array} \right.$$

III Poteaux: forfaitairement $q = 1 \text{ t/m}^2$

$$S_c = 3.4 \times 4.5 = 15.3 \text{ m}^2 \quad (\text{surface du plancher revenant au poteau central})$$

$$\text{notre ouvrage comporte 6 niveaux} \quad A = b_1 h_1 \geq \frac{6 \cdot q \cdot S_c}{\sqrt{b_c}} = 1340 \text{ cm}^2$$

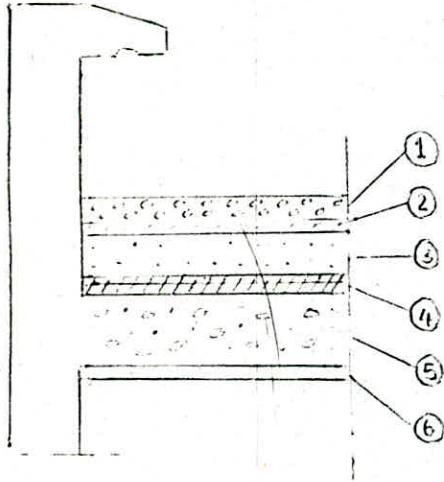
$$\text{on prend } h_1 = 45 \text{ cm} ; b_1 = 40 \text{ cm}$$

$$\text{R.P.A 81} \left\{ \begin{array}{ll} \text{Min}(b_1, h_1) \geq 25 \text{ cm} & \text{vérifiée} \\ \frac{1}{3} \leq b_1/h_1 \leq 3 & \text{---''---} \\ \text{Min}(b_1, h_1) \geq h/20 & \text{---''---} \end{array} \right.$$

-o- Déscente de charge -o-

I Plancher terrasse (non accessible)

* Charges permanentes:



①	Protection gravillons (7cm)	125 kg/m ²
②	Etanchéité multicouche	30 kg/m ²
③	forme de pente	200 kg/m ²
④	Liege + polyanne	10 kg/m ²
⑤	table de compression + hourdis	265 kg/m ²
⑥	Enduit plâtre (2cm)	28 kg/m ²

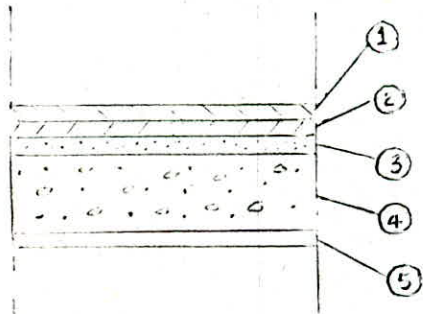
$G = 0,658 \text{ t/m}^2$

* Surcharges: $S = 100 \text{ kg/m}^2$

$$G + 1,2S = 0,658 + 1,2 \times 100 = 0,778 \text{ t/m}^2$$

II Plancher étage courant:

* Charges permanentes:



①	Carrelage (2cm)	44 kg/m ²
②	Mortier (2cm)	40 kg/m ²
③	sable de pose (3cm)	51 kg/m ²
④	Table de compression	265 kg/m ²
⑤	Enduit (2cm)	28 kg/m ²
⑥	Cloisons	75 kg/m ²

$G = 0,503 \text{ t/m}^2$

* Surcharges: $S = 175 \text{ kg/m}^2$

$$G + 1,2S = 0,503 + 1,2 \cdot 0,175 = 0,713 \text{ t/m}^2$$

III Loggia:

* charges permanentes:

- dalle pleine en BA (12 cm) 300 kg/m²
- Revêtement (carrelage + mortier + sable) 135 kg/m²
- garde corps en maçonnerie 200 kg/m²

$$G = 635 \text{ kg/m}^2$$

* surcharges: $S = 350 \text{ kg/m}^2$

$$G + 1,2 S = 0,635 + 1,2 \cdot 0,35 = 1,055 \text{ t/m}^2$$

IV Les escaliers:

1 Palier:

* charges permanentes:

- dalle pleine en BA (12 cm) 300 kg/m²
- Revêtement (carrelage + mortier + sable) 135 kg/m²

$$G = 435 \text{ kg/m}^2$$

* surcharges: $S = 400 \text{ kg/m}^2$

$$G + 1,2 S = 0,435 + 1,2 \cdot 0,400 = 0,915 \text{ t/m}^2$$

2 Volée:

* charges permanentes:

- pailleuse (12 cm) $2500 \cdot 0,12 / \cos \alpha = 354,5 \text{ kg/m}^2$
- poids propre des marches $2200 \cdot 0,17 / 2 = 187 \text{ kg/m}^2$
- mortier (3 cm) 60 kg/m²
- revêtement (2 cm) 44 kg/m²

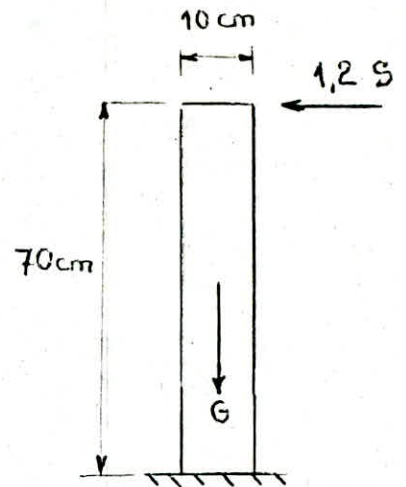
$$G = 645,5 \text{ kg/m}^2$$

* surcharges: $S = 400 \text{ kg/m}^2$

$$G + 1,2 S = 0,6455 + 1,2 \cdot 0,400 = 1,125 \text{ t/m}^2$$

Calcul de l'acrotère

On assimile l'acrotère à une console encastrée au niveau du plancher terrasse.



$$G = 0,1 \cdot 0,7 \cdot 2500 = 175 \text{ kg/ml}$$

$$1,2 S = 1,2 \cdot 100 = 120 \text{ kg/ml}$$

La section la plus sollicitée est celle de l'encastrement de moment: $M = 1,2 S \cdot h = 120 \times 0,7 = 84 \text{ kg.m/ml}$ et d'effort normale: $N = G = 175 \text{ kg/ml}$.

1 Ferrailage: $e_0 = \frac{M}{N} = \frac{84}{175} \cdot 10^2 = 48 \text{ cm} > \frac{h_r}{2} = 5 \text{ cm} \Rightarrow \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2$

$e_0 > \frac{h_r}{6} = 1,66 \text{ cm} \Rightarrow$ la section est partiellement comprimée

Moment résistant du béton $M_{rb} = \bar{k} b h^2$ avec $\bar{k} = 24,9$

$$M_{rb} = 24,9 \cdot 10^2 \cdot 8^2 = 159360 \text{ kg.cm} = 1593,6 \text{ kg.m}$$

Moment fictif M_{fa} / aux aciers tendus.

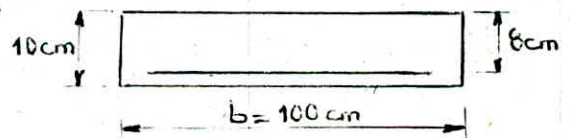
$$M_{fa} = N(e_0 + h_r/2 - d) \text{ avec } d = 2 \text{ cm}$$

$$M_{fa} = 175(48 + 5 - 2) = 8925 \text{ kg.cm}$$

$$M_{rb} > M_{fa} \Rightarrow A' = 0$$

$$A_{fic} = \frac{M_{fa}}{\sigma_a \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} = \frac{8925}{0,86 \cdot 8 \cdot 2800} = 0,46 \text{ cm}^2$$

$$A = A_{fic} - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = 0,46 - \frac{175}{2800} = \underline{0,40 \text{ cm}^2/\text{ml}}$$



Condition de non fragilité: $A_{min} = 0,69 \cdot b h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} = 1,16 \text{ cm}^2$

on disposera donc 4 T8/ml espacées de 25 cm.

Condition de non fissuration:

$$\bar{\sigma}_z = 2,4 \sqrt{\frac{k_{12} \bar{\sigma}_b}{\phi}} = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 1,6 \cdot 10^6}{8} \cdot 5,9} = 3193 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$$

Vérification aux cisaillement:

$$A \cdot \bar{\sigma}_a \stackrel{?}{>} T - M/2 \quad \text{avec } A = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$A \cdot \bar{\sigma}_a = 2,01 \cdot 2800 = 5628 \text{ kg}$$

$$T - M/2 = 120 - 8925/0,863 < 0$$

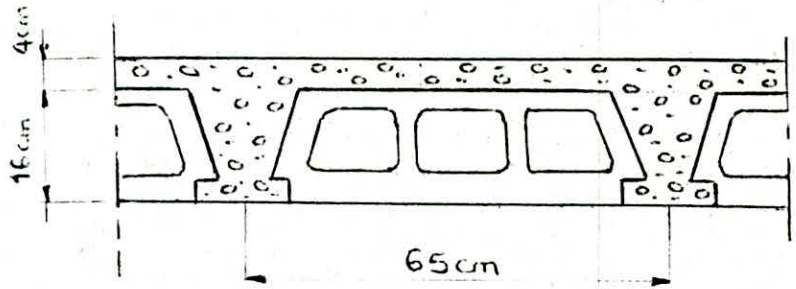
$$\Rightarrow A \cdot \bar{\sigma}_a > T - M/2$$

- o - Calcul des planchers - o -

1) Plancher d'étage:

A/Panneau de dalle:

l'épaisseur de la dalle de compression étant faible (4cm) nous amène



alors à utiliser des treillis soudés. ($\bar{\sigma}_a = 3533 \text{ kg/cm}^2$)

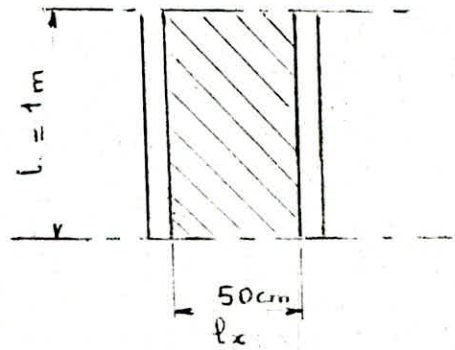
En considérant la continuité des panneaux de dalles:

- Moment en travée:

$$M_c = 0,8 M_0 = 0,8 q \frac{L^2}{8} ; \quad q = 0,658 \text{ t/m}^2$$

pour 1m $q = 0,658 \text{ t/ml}$

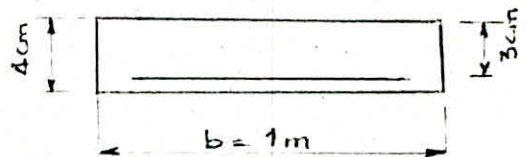
$$M_c = 0,8 \cdot 658 \cdot \frac{0,5^2}{8} = 16,45 \text{ kg.m/ml}$$



- Moment en appui:

$$M_a = 0,6 M_0 = 12,34 \text{ kg.m/ml}$$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 16,45 \cdot 10^2}{2800 \cdot 10^2 \cdot 3^2} = 0,0098$$



$$\begin{cases} \epsilon = 0,9556 \\ \kappa = 97,5 \end{cases}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa} = \frac{3533}{97,5} = 36,24 < \bar{\sigma}_b = 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{16,45 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9556 \cdot 3} = 0,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 0,69 b \cdot h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} = 0,69 \cdot 10^2 \cdot 3 \cdot \frac{9,9}{5300} = 0,23 \text{ cm}^2$$

donc on adopte un treillis soudé $\phi 5 (20 \times 20) = 1 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Vérifications:

1 Cisaillement: $T = q \frac{l_y}{2} = 658 \cdot \frac{3,4}{2} = 1118,6 \text{ kg/ml}$

$$h_y = h_x - \phi = 2,5 \text{ cm}$$

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{1118,5}{10 \cdot 7/8 \cdot 2,5} = 5,11 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \bar{\sigma}_b$$

ainsi les armatures transversales ne sont pas nécessaires.

2 Condition de non fissuration

$$\bar{\sigma}_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k \cdot \tau \cdot \bar{\sigma}_b}{\phi}} = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 1,6 \cdot 10^6 \cdot 5,9}{5}} = 4039 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 3533 \text{ kg/cm}^2$$

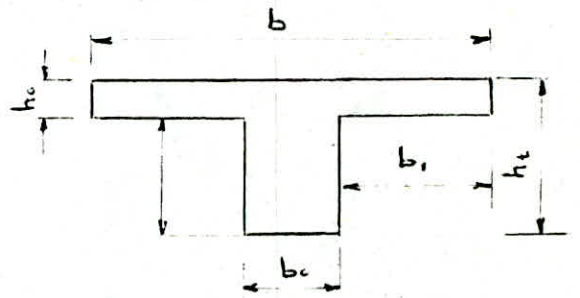
donc la non fissuration est vérifiée.

B/ Poutrelles:

$$h_c = 4 \text{ cm}; \quad b_c = 12 \text{ cm}$$

$$b_c \leq \begin{cases} \frac{l_2}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm} \\ \frac{l}{10} = \frac{340}{10} = 34 \text{ cm} \\ 6h_c \div 8h_c = 24 \div 32 \text{ cm} \end{cases}$$

on adopte $\underline{b = 60 \text{ cm}}$



- Moment en travée: $q = 0,65 \cdot 658 = 427,7 \text{ kg/ml}$

$$M_c = 0,65 q \frac{l_y^2}{8} = 0,65 \cdot 427,7 \cdot \frac{3,4^2}{8} = 525,3 \text{ kg.m}$$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 52530}{2800 \cdot 60 \cdot 17^2} = 0,0162 \rightarrow \begin{cases} \alpha = 0,1690 \\ \epsilon = 0,9436 \\ k = 73,7 \end{cases}$$

$$y = \alpha h = 0,1690 \cdot 17 = 2,87 \text{ cm} < h_c = 4 \text{ cm} \Rightarrow \text{l'axe neutre tombe dans la table.}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{73,7} < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{52530}{2800 \cdot 0,9436 \cdot 17} = 1,17 \text{ cm}^2 \text{ soit } 1 \text{ T } 10 + 2 \text{ T } 12 = 3,04 \text{ cm}^2$$

- Moment aux appui:

$$M_a = 0,6 M_c = 0,6 q \frac{l_y^2}{8} = 0,6 \cdot 525,3 \frac{3,4^2}{8} = 455,4 \text{ Kg.m}$$

$$\rho = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 45540}{2800 \cdot 12 \cdot 17^2} = 0,0704 \rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,8913 \\ k = 31 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{31} < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} = \frac{45540}{2800 \cdot 0,8913 \cdot 17} = 1,07 \text{ cm}^2 \text{ soit } 1 \text{ T } 12 = 1,13 \text{ cm}^2$$

Vérfications:

1 Contraintes:

* en travée : $w = \frac{100 A}{b \cdot h} = \frac{304}{60 \cdot 17} = 0,298 \rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9141 \\ k = 43,2 \end{cases}$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A \cdot \varepsilon \cdot h} = \frac{52530}{3,04 \cdot 0,914 \cdot 17} = 1111,9 \text{ Kg/ml}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{1111,9}{43,2} < \bar{\sigma}'_b$$

* en appui : $w = \frac{100 A}{b \cdot h} = \frac{113}{12 \cdot 17} = 0,554 \rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,8890 \\ k = 30 \end{cases}$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A \cdot \varepsilon \cdot h} = \frac{45540}{1,13 \cdot 0,8890 \cdot 17} = 2667 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

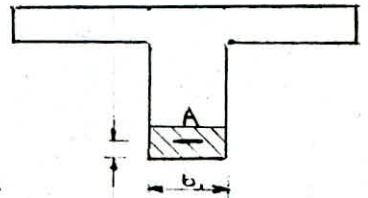
$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2667}{30} < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

2 Condition de non fissuration en travée

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{2 \cdot b \cdot d} = \frac{304}{2 \cdot 12 \cdot 3} = 0,042$$

$$\bar{\sigma}_t = \frac{k \eta}{\phi} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f} = 5915,5 \text{ kg/cm}^2 > \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{en}$$

donc la fissuration ne se produit pas.



3 Condition de non fragilité: $A_{min} = 0,69 b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}}$

$$A_{min} = 0,69 \cdot 60 \cdot 17 \cdot \frac{5,9}{4200} = 0,99 \text{ cm}^2 < A \quad \text{c'est vérifié}$$

4 Flèche: $\ast \frac{h_c}{l} \geq \frac{1}{15} \cdot \frac{M_c}{M_e} \rightarrow \frac{20}{340} > \frac{1}{15} \cdot 0,85 \rightarrow 0,059 > 0,057$

$$\ast \frac{h_c}{l} \geq \frac{1}{22,5} \rightarrow \frac{20}{340} > \frac{1}{22,5} \rightarrow 0,059 > 0,044$$

$$\ast \frac{A}{b \cdot h} < \frac{36}{\bar{\sigma}_{en}} \rightarrow$$

5 Cisaillement: $T = q \frac{l_y}{2} = 427,7 \cdot \frac{3,4}{2} = 727,1 \text{ kg}$

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{727,1}{12 \cdot 7/8 \cdot 17} = 2,39 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 2,5 \bar{\sigma}_b$$

* Armatures transversales: $A_t = 0,56 \text{ cm}^2$; $\bar{\sigma}_{at} = 1600 \text{ kg/cm}^2$

$$t \leq \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = \frac{0,56 \cdot 7/8 \cdot 17 \cdot 1600}{727,1} = 18,33 \text{ cm}$$

$$t \leq \max \left\{ \begin{array}{l} \left(1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b}\right) h = \left(1 - 0,3 \frac{2,39}{5,9}\right) 17 = 14,93 \text{ cm} \\ 0,2 h = 0,2 \cdot 17 = 3,4 \text{ cm} \end{array} \right.$$

On prendra finalement un espacement $t = 14 \text{ cm}$

6 Vérification des appuis:

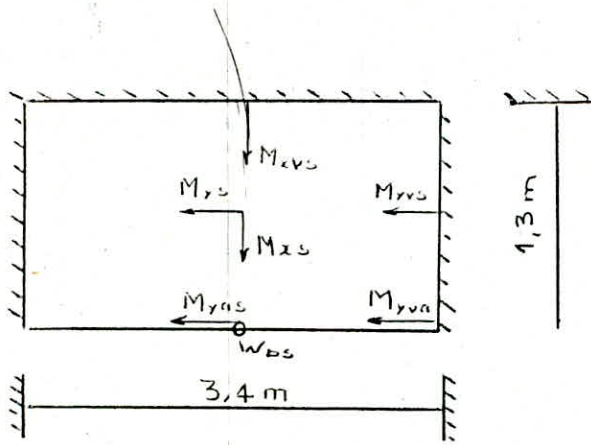
* Appui intermédiaire:

$$T - \frac{M}{z} = 727,1 - \frac{45540}{7/8 \cdot 17} < 0 \Rightarrow \text{Vérification inutile}$$

* Appui de rive:

$$T = 727,1 \leq A \cdot \bar{\sigma}_a = 1,13 \cdot 2800 = 3164 \text{ kg} \quad \text{c'est vérifié}$$

Balcon :



$$\left. \begin{array}{l} a = 1,3 \text{ m} \\ b = 3,4 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow \delta = \frac{a}{b} = 0,4$$

$$a^2 \cdot q = 1,3^2 \cdot 1,055 = 1,78$$

$$b^2 \cdot q = 3,4^2 \cdot 1,055 = 12,2$$

$$\frac{a^4 q}{Eh^3} = \frac{1,3^4 \cdot 1,055}{3,78 \cdot 12^3} = 4,6 \cdot 10^{-4}$$

	W_{bvs}	M_{xzs}	M_{xvs}	M_{ys}	M_{yvs}	M_{yvs}	M_{yva}
	0,5909	-0,0025	-0,2783	0,0068	0,0173	-0,0242	-0,0545
Facteur de Multiplication	qa^4/Eh^3	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
Moment	$2,7 \cdot 10^{-4}$	-0,004	-0,496	0,083	0,211	-0,295	-0,665

* Moment M_{\max} en travée : $M_{yvs} = 0,211 \text{ t.m}$

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 0,211 \cdot 10^5}{2800 \cdot 10^4 \cdot 10^2} = 0,0113 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9524 \\ K = 90 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{90} < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{0,211 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9524 \cdot 10} = 0,80 \text{ cm}^2$$

* Moment max en appui : $M_{yva} = -0,665 \text{ t.m}$

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 0,665 \cdot 10^5}{2800 \cdot 10^4 \cdot 10^2} = 0,0356 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9192 \\ K = 46,9 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{46,9} < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{0,665 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9192 \cdot 10} = 2,58 \text{ cm}^2 \rightarrow 4 \text{ T } 10 = 3,14 \text{ cm}^2$$

On adoptera 4 T 10 dans les 2 sens .

Vérifications :

1. Condition de non fragilité : $A_{min} = 0,69 b h \frac{\sigma_b}{\sigma_{en}} \cdot \frac{2-\sigma}{2}$

$$A_{min} = 0,69 \cdot 10^2 \cdot 10 \cdot \frac{5,9}{2800} \cdot \frac{2-0,4}{2} = 1,16 \text{ m}^2 < 3,14 \text{ cm}^2 \quad \text{--- Vérifiée ---}$$

2. Cisaillement : $T = q \frac{l}{2} = 1,055 \cdot \frac{3,4}{2} = 1,8 \text{ t}$

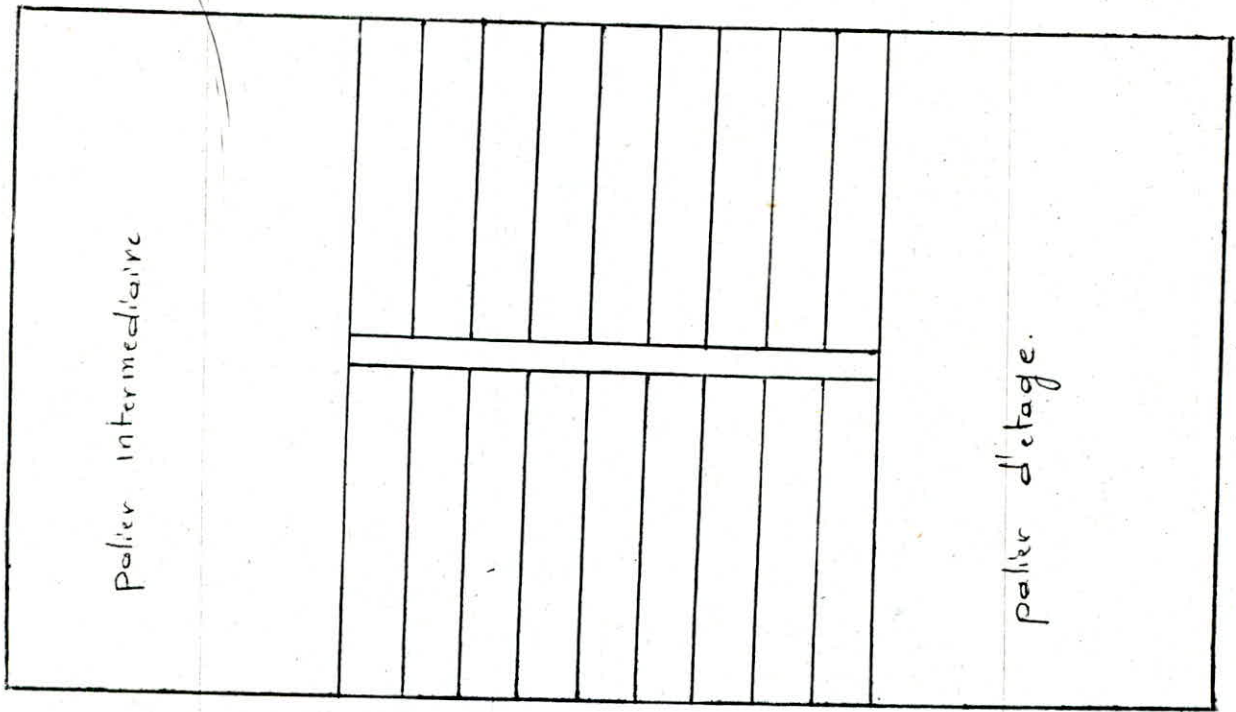
$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{1,8 \cdot 10^3}{10^2 \cdot 778 \cdot 10} = 2,42 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \bar{\sigma}_b$$

donc les armatures transversales ne sont pas nécessaires

3. Flèche : $f = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ cm} < \bar{F} = \frac{l}{500} = \frac{340}{500} = 0,68 \text{ cm}$

--- Vérifiée ---

-- Calcul des escaliers --



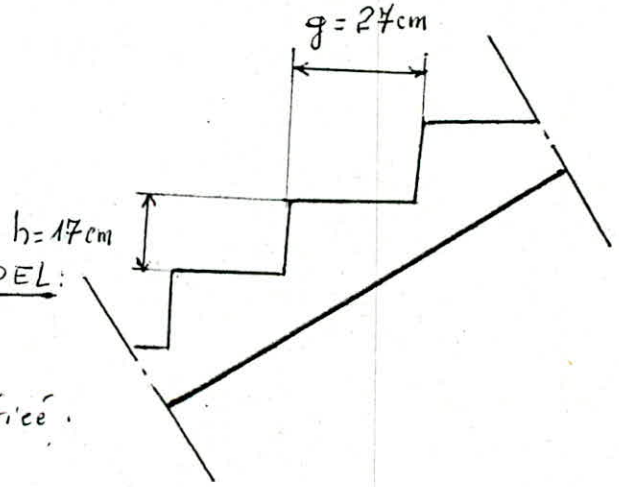
giron $g = 27 \text{ cm}$

Contre-marche $h = 17 \text{ cm}$

Verification de la formule de BLONDEL:

$$0,59 \leq g + 2h \leq 0,66$$

$$0,59 \leq 0,61 \leq 0,66 \quad \text{Vérifié.}$$



Epaisseur de la dalle:

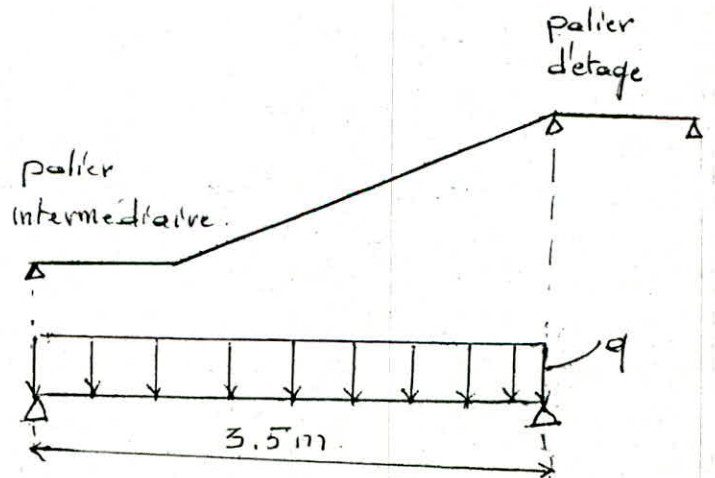
$$\frac{l}{30} \leq e_v \leq \frac{l}{20}$$

$$9,57 \leq e_v \leq 14,35 \rightarrow e_v = 12 \text{ cm}$$

Notre escalier sera étudié
comme l'indique la figure
ci-contre.

En travée $M_t = 0,85 \frac{q l^2}{8}$

A l'appui $M_a = -0,3 \frac{q l^2}{8}$



$G+1,2S = 1,125 \text{ t/m}^2 \Rightarrow$ pour une bande de 1 m de largeur $q = 1,125 \text{ t/ml}$

- Moment en travée: $M_t = 0,85 \cdot 1,125 \cdot \frac{3,5^2}{8} = 1,46 \text{ t.m}$

$\mu = \frac{15 M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,078 \rightarrow \epsilon = 0,8862 ; k = 29$

$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{29} < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$

$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{1,46 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8862 \cdot 10} = 5,88 \text{ cm}^2$ soit 6 T 12 / ml = $6,78 \text{ cm}^2/\text{ml}$

- Moment aux appuis: $M_a = 0,3 \cdot 1,125 \cdot \frac{3,5^2}{8} = 0,52 \text{ t.m}$

$\mu = \frac{15 M_a}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,028 \rightarrow \epsilon = 0,9278 ; k = 54,2$

$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{54,2} < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$

$A = \frac{M_a}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = 2 \text{ cm}^2$ soit 4 T 10 / ml = $3,14 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Vérifications

1/ Cisaillement: $T_{\max} = q \frac{l}{2} = 1,125 \cdot \frac{3,5}{2} = 1,97 \text{ t}$

$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot z} = \frac{1970}{100,7/8 \cdot 10} = 2,25 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \bar{\sigma}_b$

donc les armatures transversales ne sont pas nécessaires.

2/ Flèche: $E = 378 \cdot 10^7 \text{ kg/m}^2 ; I = \frac{bh_c^3}{12} = 1,44 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$

$f = \frac{ql^4}{384 \cdot E \cdot I} = 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ m} < \bar{f} = \frac{l}{500} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

3/ Condition de non fragilité:

$A_a = 3,14 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} = 0,969 \text{ cm}^2$

4/ Condition de non fissuration:

$\bar{\sigma}_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k \tau \cdot \bar{\sigma}_b}{\phi}} = 2607 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{\omega}_f = \frac{A}{2bd} = 0,017 \rightarrow \bar{\sigma}_1 = \frac{k \tau \cdot \omega_f}{\phi \cdot (1 + 10 \omega_f)} = 2897 \text{ kg/cm}^2$

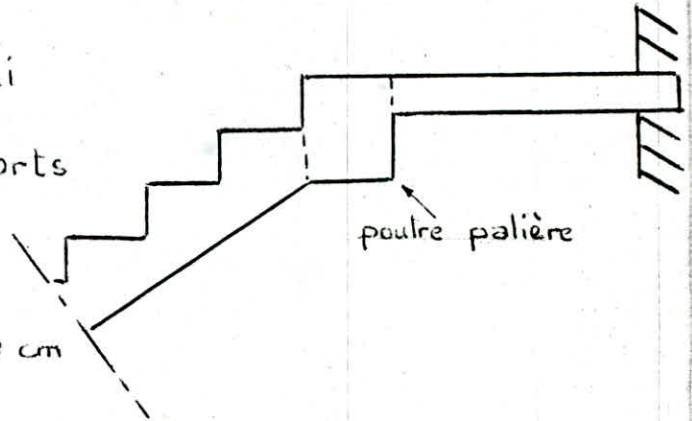
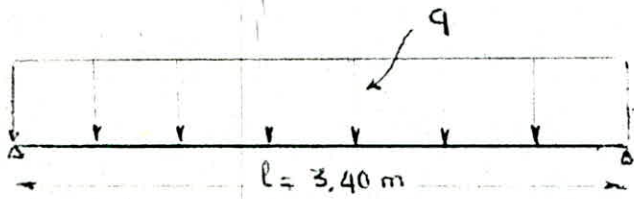
$$\frac{2}{3} \bar{\sigma}_{en} < \max(\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2)$$

-o- vérifiée -o-

Poutre palière:

C'est une poutre servant d'appui au palier et encaissant les efforts tranchant dus à la volée.

Ses dimensions sont $b \times h = 25 \times 30 \text{ cm}$



q : poids propre de la poutre + effort tranchant de la pailleasse + poids de la surface du palier revenant à la poutre.

$$q = 2,58 \text{ t/ml}$$

Moment en travée: $M_t = 0,85 \frac{q l^2}{8} = 3,16 \text{ t.m}$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h} = 0,09 \rightarrow \epsilon = 0,8792, \quad K = 26,4$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 106,6 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{M}{\epsilon \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} = 4,75 \text{ cm}^2 \text{ soit } 3 \text{ T } 16 \rightarrow A = 6,03 \text{ cm}^2$$

Moment en Appui: $M_a = 0,3 \frac{q l^2}{8} = 1,12 \text{ t.m}$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,0353 \rightarrow \epsilon = 0,9196; \quad K = 47,2$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{47,2} < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\epsilon \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} = 1,61 \text{ cm}^2 \text{ soit } 3 \text{ T } 12 = 3,39 \text{ cm}^2$$

Vérifications:

1/ Flèche: $f = \frac{q l^4}{384 \cdot E \cdot I} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m} < \bar{f} = \frac{l}{500} = 68 \cdot 10^{-4}$

2/ Condition de non fragilité: $A_a = 4,62 > A_{min} = 0,69 bh \frac{\sqrt{f_b}}{\sqrt{f_{en}}} = 0,65 \text{ cm}^2$

3/ Cisaillement: $T_{max} = q \frac{l}{2} = 4,38 \text{ t}$

$\tau_b = \frac{T_{max}}{b \cdot z} = 7,4 \text{ kg/cm}^2 < 2,5 \bar{\sigma}_b = 14,75 \text{ kg/cm}^2$

- o - vérifiée - o -

Les armatures transversales sont en $\phi 8$ (1 cadre + 1 étrier)

$A_t = 2,01 \text{ cm}^2$ $\bar{\sigma}_{at} = 1600 \text{ kg/cm}^2$

$t \leq \frac{A_t \cdot z \cdot \sqrt{f_{at}}}{T_{max}} = 17,3 \text{ cm}$; $t \leq \max \left\{ \begin{array}{l} \left(1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b}\right) h = 16,84 \text{ cm} \\ 0,2h = 5,4 \text{ cm} \end{array} \right.$

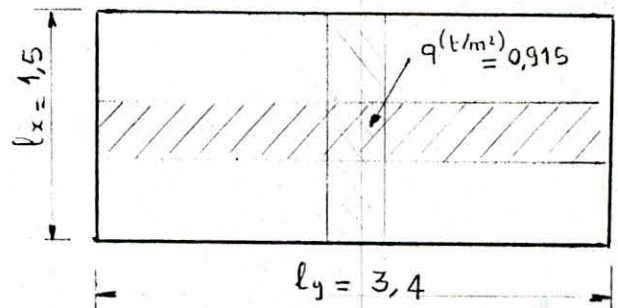
On adopte $t = 16 \text{ cm}$

Palier d'étage:

$\rho = \frac{l_x}{l_y} = 0,45 \rightarrow \begin{cases} \mu_x = 0,1110 \\ \mu_y = 0,282 \end{cases}$

$M_{ox} = \mu_x q l_x^2 = 0,23 \text{ t.m}$

$M_{oy} = \mu_y M_x = 0,066 \text{ t.m}$



Moment en travée:

$M_{xt} = M_{ox} = 0,23 \text{ t.m} \rightarrow \mu = \frac{15 M_{xt}}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,0123 \rightarrow E = 0,9505 ; K = 86$

$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{86} < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$

$A_x = \frac{M_{xt}}{\bar{\sigma}_a \cdot h \cdot \epsilon} = 0,86 \text{ cm}^2/\text{ml}$ espacement $t \leq 3h$ et 33 cm

Sens l_x : on adopte 4 T 10/ml espacées de 20 cm : $A = 3,14 \text{ cm}^2/\text{ml}$

$M_{yt} = M_{oy} = 0,066 \text{ t.m} \rightarrow \mu = \frac{15 M_{yt}}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,0035 \rightarrow E = 0,9730 ; K = 170$

$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{170} < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$

$A_y = \frac{M_{yt}}{\bar{\sigma}_a \cdot h \cdot \epsilon} = 0,24 \text{ cm}^2/\text{ml}$ espacement $t \leq 4h$ et 45 cm

Sens l_y : on adopte 3 T 10/ml espacées de 33 cm : $A = 2,35 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Moment aux appuis:

$$\left. \begin{array}{l} M_{ax} = 0,15 M_{ox} \\ M_{ay} = 0,15 M_{oy} \end{array} \right\} \text{ce qui correspond à placer 3 chapeaux T6} \\ \text{par mètre de largeur de dalle. } A = 0,28 \text{ cm}^2$$

$$\text{Les chapeaux on pour longueur le max de } \left\{ \begin{array}{l} l_d = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\bar{\sigma}_s}{\sigma_{td}} = 25,3 \text{ cm} \\ l_x/5 = 30 \text{ cm} \end{array} \right. = 30 \text{ cm}$$

Vérification:

1/ Condition de non fragilité:

$$A_{min} = 0,69 b h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} \cdot \frac{2-8}{2} = 0,76 \text{ cm}^2 < 2,35 \text{ cm}^2 \quad \text{--o-- vérifié --o--}$$

2/ Condition de non fissuration:

$$\phi = 10 \longrightarrow \sigma_z = 2,4 \sqrt{\frac{k \eta \cdot \bar{\sigma}_b}{\phi}} = 2856 \text{ kg/cm}^2 > \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{en} \\ \text{--o-- vérifiée --o--}$$

3/ Cisaillement:

$$T_{max} = T_x = \frac{q l_x}{2} \frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4} = 0,66 \text{ t/ml}$$

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot 2} = 0,75 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \bar{\sigma}_b$$

donc les armatures transversales ne sont pas nécessaires.

o Étude au séisme o

I Calcul des masses sismiques:

* surface des niveaux: $S = 16,7 \times 17,45 = 291,4 \text{ m}^2$

1 Niveau Terrasse:

* charges permanentes:

- plancher: $0,658 \times 291,4 = 191,67 \text{ t}$

- acrotère: $= 10,32 \text{ t}$

- poutres long: $4 \times 17,45 \times 0,3 \times 0,35 \times 2,5 = 8,32 \text{ t}$

- poutres trans: $6 \times 16,7 \times 0,45 \times 0,3 \times 2,5 = 33,82 \text{ t}$

- 1/2 poteaux: $1/2 \cdot 24 \cdot 0,4 \cdot 0,45 \cdot 2,5 \cdot 2,56 = 10,37 \text{ t}$

$$G = 264,5 \text{ t}$$

* surcharges: $S = 0,1 \cdot 291,4 = 29,14 \text{ t}$

$$W_{\text{ter}} = G + \frac{S}{5} = 270,3 \text{ t}$$

2 Niveaux 4-3-2-1:

* charges permanentes:

- plancher: $0,503 \times 291,45 = 146,61 \text{ t}$

- poutres long: $= 18,32 \text{ t}$

- poutres trans: $= 33,82 \text{ t}$

- poteaux: $= 21,14 \text{ t}$

- mur ext: $2,56 \times 16,7 \times 0,3 + 2 \times 17,45 \times 2,66 \times 0,3 = 40,67 \text{ t}$

$$G = 260,56 \text{ t}$$

* surcharges: $S = 0,175 \times 291,4 = 60 \text{ t}$

$$W_{\text{int}} = G + \frac{S}{5} = 272,56 \text{ t}$$

3 Niveau R.D.C :

* charges permanentes:

- plancher	146,61 t
- poutres long	18,32 t
- poutres trans	33,82 t
- mur ext	40,67 t
- poteaux : $24(0,4 \cdot 0,45 \cdot 2,5) \frac{2,56 + 3,60}{2}$	= 22,52 t

$$G = 262 \text{ t}$$

* surcharges: $S = 60 \text{ t}$

$$W_{RDC} = G + \frac{S}{5} = 274 \text{ t}$$

4 Poids Totale:

$$W_T = W_{\text{ur}} + 4W_{\text{int}} + W_{RDC} + W_{\frac{1}{2}\text{poteaux}}$$
$$= 270,3 + 4 \times 272,56 + 274 + 12,15 = 1647 \text{ t}$$

II Calcul des forces sismiques:

Toutes les conditions requises par le R.P.A 81 pour l'application de la méthode statique étant satisfaites

Un système de forces statiques fictives dont les effets sont considérés équivalents aux effets de l'action sismique sollicite l'ouvrage

La force horizontale totale est donnée par :

$$V = A \cdot B \cdot Q \cdot D \cdot W$$

1 A: coefficient d'accélération des zones:

dépend du groupe d'usage de la structure et de la zone sismique

$$\left. \begin{array}{l} \text{zone II} \\ \text{groupe d'usage II} \end{array} \right\} \Rightarrow A = 0,15$$

2. B: facteur de comportement de la structure:

dépend du Type de la structure et de la nature des contreventements.

portique auto-stable en BA $\longrightarrow B = 1/4$

3. Q: facteur de qualité:

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^6 P_q \quad (\text{voir RPA 81})$$

q : critère

P_q : pénalité

q	1	2	3	4	5	6
P_q	0	0	0,1	0,1	0	0

$$Q = 1,2$$

4. D: facteur d'amplification dynamique moyen:

dépend du type du sol et de la période T du bâtiment

* Période empirique T_e :

a/ sens longitudinale: $\longrightarrow T_e = 0,09 \frac{H}{\sqrt{L}} = 0,09 \frac{18,8}{\sqrt{17,45}} = 0,405 \text{ s}$

b/ sens transversale: $\longrightarrow T_e = 0,09 \frac{H}{\sqrt{L}} = 0,09 \frac{18,8}{\sqrt{16,7}} = 0,41 \text{ s}$

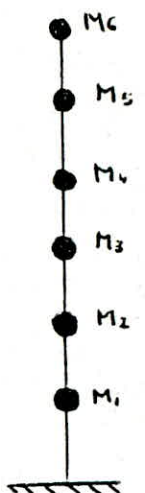
sol meuble ; $T_e = 0,405 \text{ s}$; $T_e = 0,41 \text{ s}$ $\longrightarrow D = 2,00$

* Période du mode Fondamentale:

On applique une méthode simplifiée dont les conditions

d'utilisation sont vérifiées et sont les suivantes:

- * bâtiments contreventés par portiques
- * les portiques sont réguliers
- * pas de torsion



On remarque que les masses et les rigidités relatives de niveau sont légèrement différentes :

$$M = \frac{\sum^n M_i}{n} = 272,2 \text{ t}$$

$$R = \frac{\sum^n R_i}{n} = \begin{cases} R_T = 658,38 \text{ t/cm} & \text{sens transversal} \\ R_L = 450 \text{ t/cm} & \text{sens longitudinal} \end{cases}$$

Calcul du coefficient de dérive $\bar{\delta}$:

$$\text{sens transversal : } \bar{\delta}_T = \frac{M}{R_T} = 0,41$$

$$\text{sens longitudinal : } \bar{\delta}_L = \frac{M}{R_L} = 0,60$$

Calcul des trois premières périodes des trois premiers modes :

$$T_i = \varphi_i \sqrt{\bar{\delta}} \quad i = 1, 2 \text{ et } 3$$

les coefficients φ_i sont donnés par un tableau, leur valeurs dépendent du nombre de niveau "N"

	Modes	φ_i	$\bar{\delta}_L$	$\bar{\delta}_T$	$T_L (s)$	$T_T (s)$
	1 ^{er} Mode	0,83	0,6	0,41	0,5	0,34
	2 ^{eme} Mode	0,282	0,6	0,41	0,17	0,12
	3 ^{eme} Mode	0,175	0,6	0,41	0,11	0,07

On constate que les périodes du 1^{er} mode sont proches des périodes calculées par la méthode statique.

III Distribution des forces latérales: (Art 333 R.P.A 81)

$$F_k = \frac{(V - F_t) W_k h_k}{\sum W_i h_i}$$

F_k : l'effort horizontal au niveau k

W_k : poids propre du niveau k

h_k : hauteur à partir de la base au niveau k

F_t : force concentrée au sommet de la structure

comme $t < 0,7 s \Rightarrow F_t = 0$

Niveau	W_i (t)	h_i (m)	$W_i h_i$ (t.m)	$F_k = V \cdot \frac{W_k h_k}{\sum W_i h_i}$ (t)	F_k cumulée (t)
Terrasse	270,3	18,8	5081,64	40,40	40,40
4	272,56	15,74	4290,09	34,95	75,35
3	272,56	12,68	3456,06	28,15	103,5
2	272,56	9,62	2622,03	21,36	124,86
1	272,56	6,56	1787,99	14,57	139,43
R.D.C	274	3,5	959	7,82	147,25

$$\sum W_i h_i = 18196,81$$

IV Calcul des rigidités: (méthode de Muto)

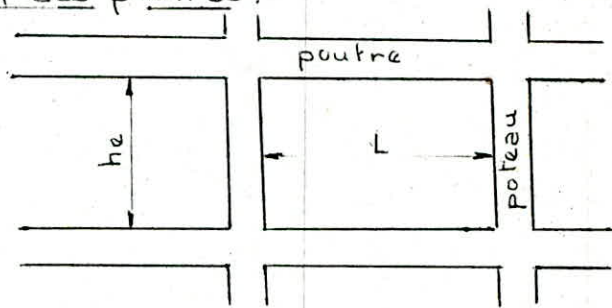
La méthode de Muto proposée dans la réglementation parasismique japonaise se prête bien pour le type de contreventement portiques (poutres poteaux); elle est basée sur la rigidité relative de niveau d'un portique dont Muto suggère comme valeur la rigidité avec poteaux parfaitement encastrés multipliée par un coefficient "a" correcteur tenant compte de la flexibilité des poutres arrivant aux nœuds.

Exposé de la méthode de Muto:

1 Calcul des raideurs des poteaux et des poutres:

$$K_{\text{poteau}} = \frac{I}{h_e}$$

$$K_{\text{poutre}} = \frac{I}{L}$$



2 Calcul du coefficient correcteur "a":

	Etage courant		Premier niveau	
\bar{K}	$\frac{k_1 + k_2 + k_3 + k_4}{2K_P}$	$\frac{k_1 + k_2}{2K_P}$	$\frac{k_1 + k_2}{K_P}$	$\frac{k_1}{K_P}$
a	$a = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$a = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$

3 Calcul des rigidités des poteaux r:

$$r = a \frac{12 EI}{h_e^3}$$

4 Calcul des rigidités des portiques Rj:

$$R_j = \sum a_i \frac{12 EI_i}{h_j^3} = \sum r_i$$

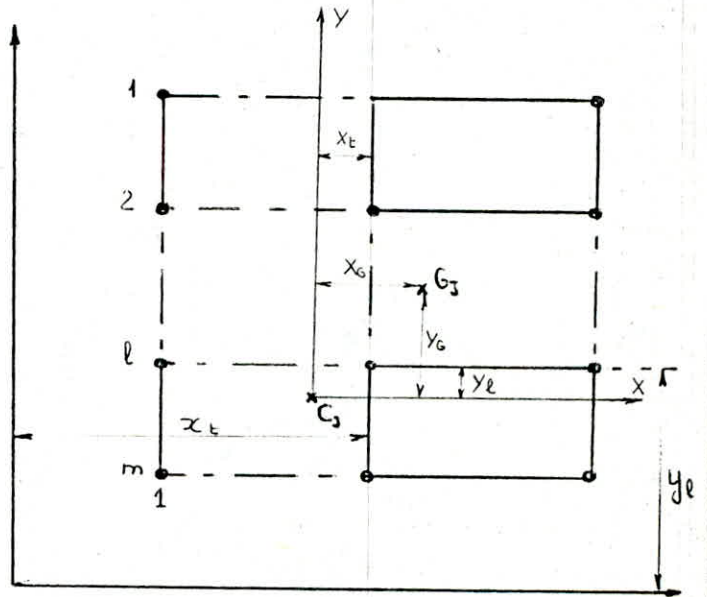
	Sens Longitudinal				Sens Transversal			
	R. D. C		Etage courant		R. D. C		Etage courant	
	poteaux de rive	poteaux intermédiaires	poteaux de rive	poteaux intermédiaires	poteaux de rive	poteaux intermédiaires	poteaux de rive	poteaux intermédiaires
\bar{K}	0,69	1,38	0,59	1,18	0,87	1,55	0,74	1,32
a	0,44	0,56	0,23	0,37	0,48	0,58	0,27	0,40
r (t/m)	1608	2046	1330	2140	2449	2960	2217	3285
R (Portiques)	11400 t/m		11220 t/m		10818 t/m		11004 t/m	
R_e (étage)	45600 t/m		44880 t/m		64908 t/m		66024 t/m	

5 Détermination du centre de Torsion :

$$x_c = \frac{\sum_{t=1}^{t=k} R_{Jt} x_t}{\sum_{t=1}^{t=k} R_{Jt}}$$

$$y_c = \frac{\sum_{l=1}^{l=m} R_{Jl} y_l}{\sum_{l=1}^{l=m} R_{Jl}}$$

dans notre cas le centre de Torsion coïncide avec le centre de masse.



On supposera qu'à chaque niveau et dans chaque direction la résultante des forces horizontales a une excentricité par rapport au centre de torsion égale à 5% de la plus grande dimension du bâtiment à ce niveau.

pour notre bâtiment à chaque niveau l'excentricité est de :

$$e = 0,05 \cdot L = 0,05 \cdot 17,45 = 0,87 \text{ m}$$

6 Détermination de la rigidité à la torsion à l'étage J :

$$R_{J0} = \sum_{t=1}^k R_{Jt} x_t^2 + \sum_{l=1}^m R_{Jl} y_l^2$$

	Sens transversal		Sens longitudinal	
	Poteau de rive	poteau intermediaire	poteau de rive	poteau intermediaire
R.D.C	6,32 t	8,05 t	5,6 t	7,03 t
Niveau 1	5,96 t	7,58 t	5,3 t	6,64 t
Niveau 2	5,33 t	6,79 t	4,77 t	5,96 t
Niveau 3	4,42 t	5,63 t	3,9 t	4,9 t
Niveau 4	3,22 t	4,10 t	2,87 t	3,59 t
Terrasse	1,72 t	2,20 t	1,54 t	1,9 t

Sollicitations dans les portiques

I Forces horizontales:

Le calcul des efforts sous les forces horizontales sera fait avec la méthode de Bowman

1 Exposé de la méthode de Bowman:

Cette méthode permet d'obtenir des résultats voisins de ceux obtenus en utilisant les méthodes exactes.

* L'effort tranchant total, à chacun des niveaux sera répartie entre les poteaux de la manière suivante:

* poteaux intermédiaires:
$$F_i = \frac{F \cdot I_i}{0,8I_1 + I_2 + \dots + I_{n-1} + 0,8I_n}$$

* poteaux de rive:
$$F_1 = \frac{F \cdot 0,8I_1}{0,8I_1 + I_2 + \dots + I_{n-1} + 0,8I_n}$$

* Les points d'inflexion des poteaux de hauteur h , se situent:

- au dernier niveau, à $0,65h$ de la partie supérieure du poteau
- à l'avant dernier niveau, à $0,60h$ // // // // //
- au niveau immédiatement au-dessous, à $0,55h$ // // // //
- à tout les autres niveaux, à $0,5h$ // // // //
- au premier niveaux, à $0,60h$ à partir de la base du poteau

* Partage des moments:

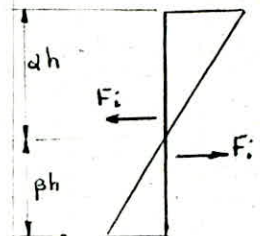
- dans les poteaux:

moment en tête des poteaux $M = F_i \cdot \alpha h$

moment à la base des poteaux $M = F_i \cdot \beta h$

α et β étant les coefficients de Bowman définis

précédemment et liés entre eux par $\alpha + \beta = 1$



- dans les poutres:

Pour un nœud intermédiaire :

$$M_g = -(M_s + M_i) \frac{K_g}{K_g + K_d}$$

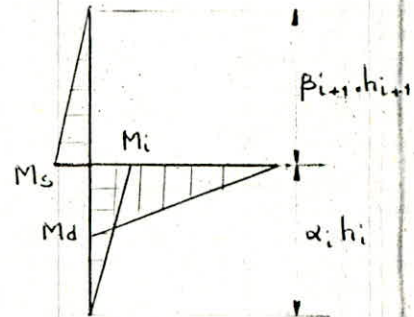
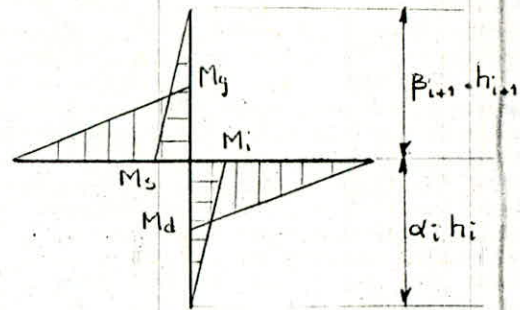
$$M_d = +(M_s + M_i) \frac{K_d}{K_g + K_d}$$

pour un nœud de rive :

$$M_g = +(M_s + M_i)$$

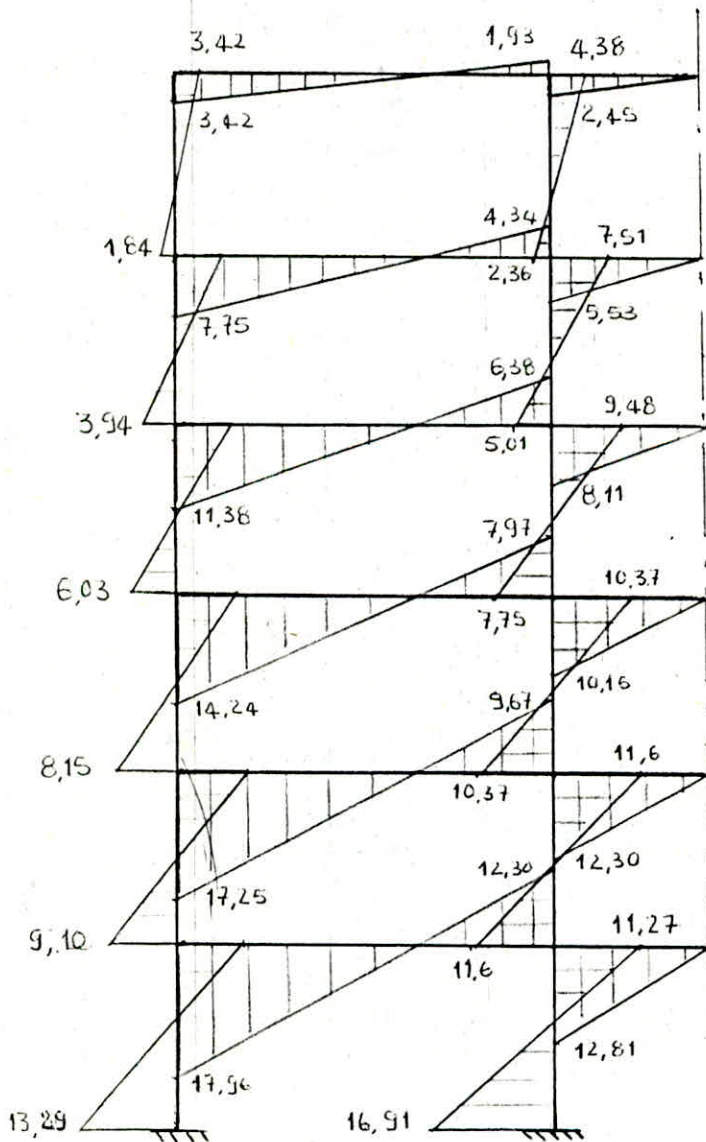
ou

$$M_d = +(M_s + M_i)$$



2 Diagrammes des moments dus aux forces sismiques :

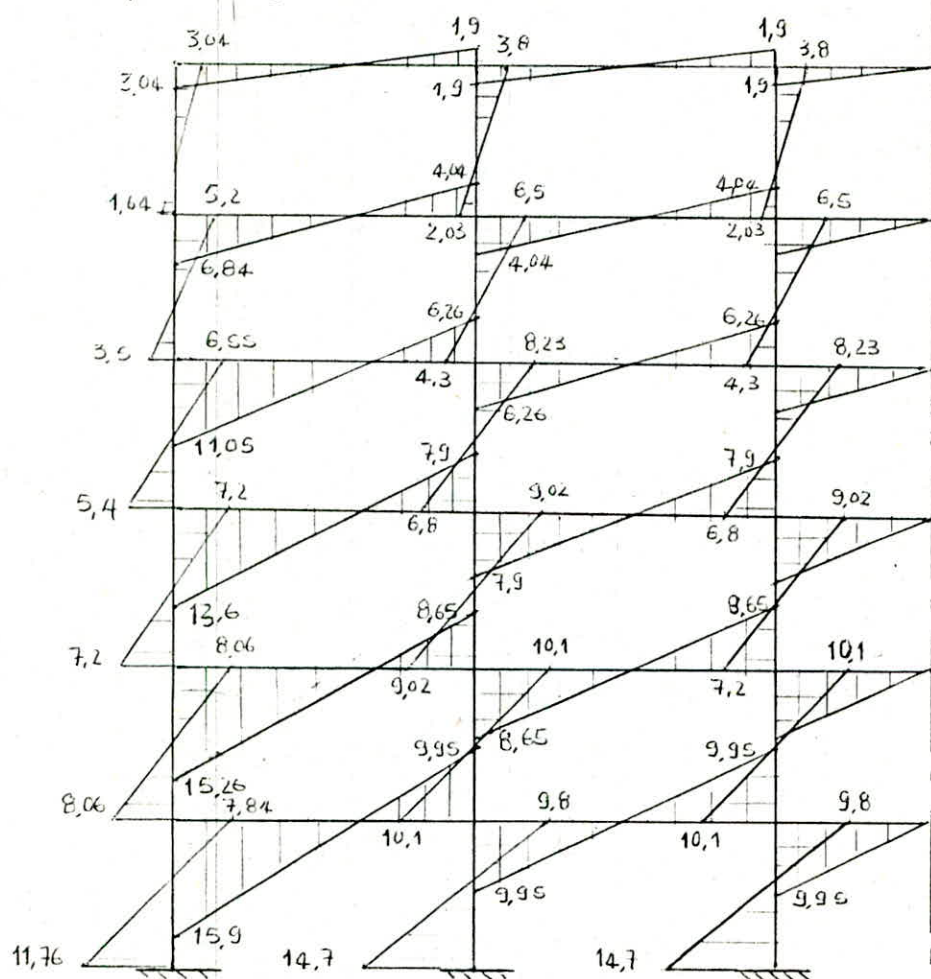
a/ Portique de rive transversale :



N.B : * les valeurs qui figurent dans le diagramme ci-contre sont en t.m.

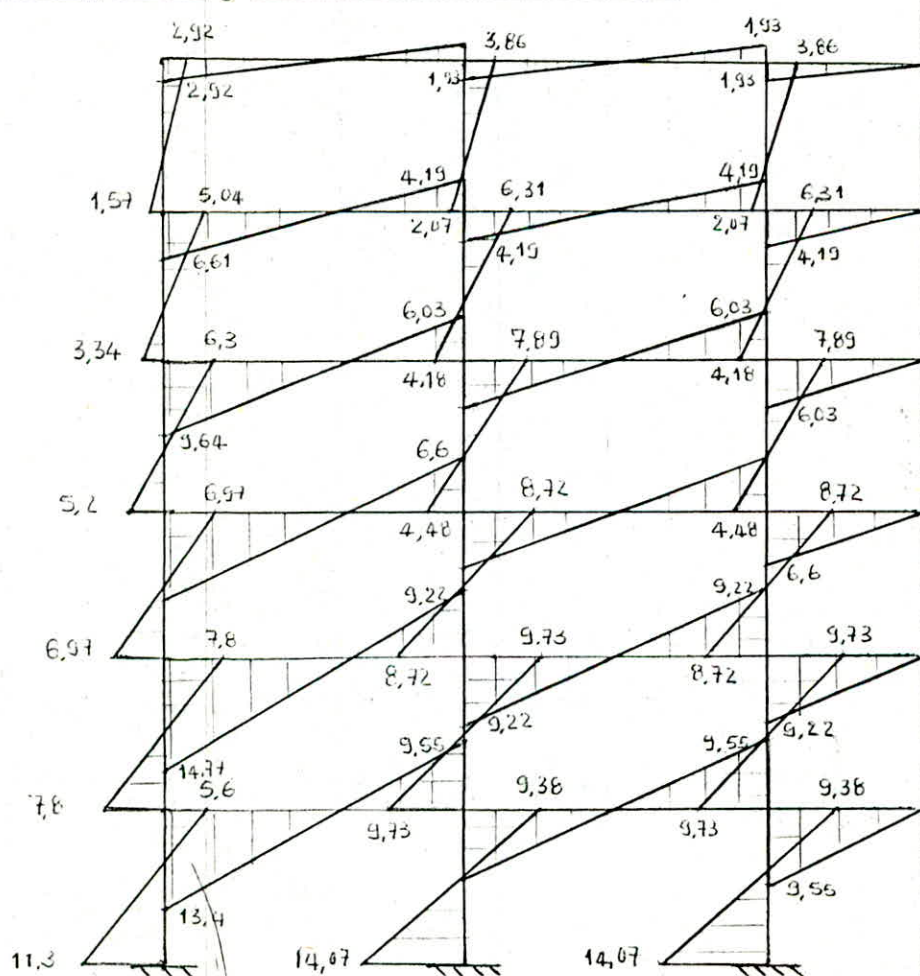
* la distance entre les portiques transversaux n'est pas importante (3,4m), de ce fait, les moments du portique de rive sont très proches de ceux du portique intermédiaire voisin, ainsi on prendra les mêmes valeurs pour le portique intermédiaire.

b/ Portique longitudinal de rive :



N.B : Les valeurs qui figurent dans les diagrammes ci contre sont en t.m

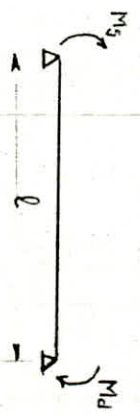
c/ Portique longitudinal intermediaire :



Niveaux	Sens Transversal										Sens longitudinal									
	Travées	ℓ (m)	file de rive				file intermédiaire				Travées	ℓ (m)	file de rive				file intermédiaire			
			Mg t.m	Md t.m	Me t.m	T t	Mg t.m	Md t.m	Me t.m	T t			Mg t.m	Md t.m	Me t.m	T t	Mg t.m	Md t.m	Me t.m	T t
Terrasse	1 - 2	5	3,42	-1,93	0,75	-1,07	3,42	-1,93	0,75	-1,07	1 - 2	3m	3,04	-1,9	0,57	-1,45	2,92	-1,92	0,49	-1,42
	2 - 3	4	2,45	-2,45	0	-1,23	2,45	-2,45	0	-1,23	2 - 3	3	1,9	-1,9	0	-1,12	1,93	-1,93	0	-1,13
	3 - 4	3	1,9	-1,9	0	-1,12	1,93	-1,93	0	-1,13	3 - 4	3	1,9	-1,9	0	-1,12	1,93	-1,93	0	-1,13
4 ^{ème} Niveau	1 - 2	5	7,75	-4,34	1,71	-2,42	7,75	-4,34	1,71	-2,42	1 - 2	3	6,84	-4,04	1,4	-3,2	6,61	-4,19	1,21	-3,17
	2 - 3	4	5,63	-5,63	0	-2,82	5,63	-5,63	0	-2,82	2 - 3	3	4,04	-4,04	0	-2,38	4,19	-4,19	0	-2,46
	3 - 4	3	4,04	-4,04	0	-2,38	4,19	-4,19	0	-2,46	3 - 4	3	4,04	-4,04	0	-2,38	4,19	-4,19	0	-2,46
3 ^{ème} Niveau	1 - 2	5	11,38	-6,38	2,5	-3,55	11,38	-6,38	2,5	-3,55	1 - 2	3	11,05	-6,26	2,39	-5,1	9,64	-6,03	3,61	-4,6
	2 - 3	4	8,11	-8,11	0	-4,06	8,11	-8,11	0	-4,06	2 - 3	3	6,26	-6,26	0	-3,68	6,03	-6,03	0	-3,54
	3 - 4	3	6,26	-6,26	0	-3,68	6,03	-6,03	0	-3,54	3 - 4	3	6,26	-6,26	0	-3,68	6,03	-6,03	0	-3,54
2 ^{ème} Niveau	1 - 2	5	14,24	-7,97	3,14	-4,44	14,24	-7,97	3,14	-4,44	1 - 2	3	13,6	-7,9	2,85	-6,32	12,17	-6,6	2,78	-5,52
	2 - 3	4	10,15	-10,15	0	-5,08	10,15	-10,15	0	-5,08	2 - 3	3	7,9	-7,9	0	-4,12	6,6	-6,6	0	-3,88
	3 - 4	3	7,9	-7,9	0	-4,12	6,6	-6,6	0	-3,88	3 - 4	3	7,9	-7,9	0	-4,12	6,6	-6,6	0	-3,88
1 ^{er} Niveau	1 - 2	5	17,25	-9,67	3,79	-5,38	17,25	-9,67	3,79	-5,38	1 - 2	3	15,26	-8,65	3,31	-7,03	14,77	-9,22	2,77	-7,05
	2 - 3	4	12,30	-12,3	0	-6,15	12,30	-12,3	0	-6,15	2 - 3	3	8,65	-8,65	0	-5,1	9,22	-9,22	0	-5,4
	3 - 4	3	8,65	-8,65	0	-5,1	9,22	-9,22	0	-5,4	3 - 4	3	8,65	-8,65	0	-5,1	9,22	-9,22	0	-5,4
R.D.C	1 - 2	5	17,96	-10,06	3,95	-5,60	17,96	-10,06	3,95	-5,6	1 - 2	3	15,9	-9,95	5,95	-7,6	13,4	-9,55	1,28	-6,75
	2 - 3	4	12,81	-12,81	0	-6,41	12,81	-12,81	0	-6,41	2 - 3	3	9,95	-9,95	0	-5,85	9,55	-9,55	0	-5,6
	3 - 4	3	9,95	-9,95	0	-5,85	9,55	-9,55	0	-5,6	3 - 4	3	9,95	-9,95	0	-5,85	9,55	-9,55	0	-5,6

$$M_1 = \frac{M_g + M_d}{2}$$

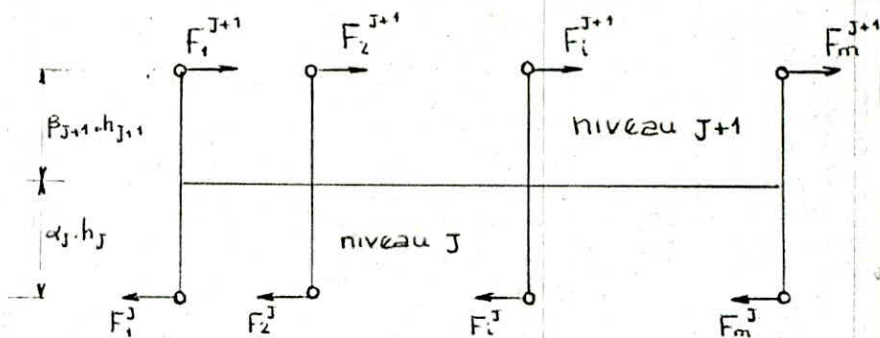
$$T = \frac{M_d - M_g}{l}$$



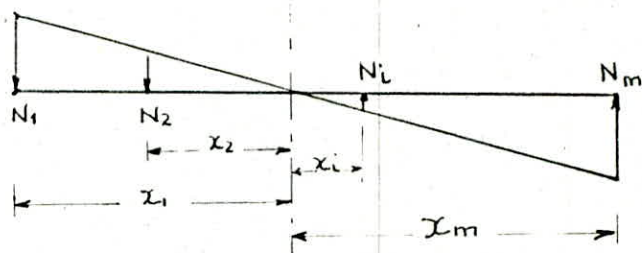
3 Effort tranchant et moment en travée dus aux forces sismiques E:

4 Effort normal dans les poteaux dus aux forces sismiques \vec{E}

$$\sum M / o = 0 \Rightarrow$$



$$\sum_{i=1}^m F_i^J \cdot \alpha_J \cdot h_J + \sum_{i=1}^m F_i^{J+1} \cdot \beta_{J+1} \cdot h_{J+1} = \sum_{i=1}^m N_i \cdot x_i$$



		Sens Transversal				Sens longitudinal			
		poteau de rive		poteau intermediaire		poteau de rive		poteau intermediaire	
	Niveau	N_t	N_{cum_t}	N_t	N_{cum_t}	N_t	N_{cum_t}	N_t	N_{cum_t}
File de rive	a	1,03	1,03	0,29	0,29	0,89	0,89	0,53	0,53
	b	2,33	3,36	0,67	0,96	2,02	2,91	1,2	1,73
	c	3,42	6,78	0,97	1,93	2,9	5,81	1,8	3,53
	d	4,28	11,06	1,22	3,15	3,7	9,51	2,23	5,76
	e	5,19	16,25	1,48	4,63	4,5	18,01	2,7	8,46
	f	5,39	21,64	1,54	6,17	4,68	22,69	2,8	11,26
File intermediaire	a	1,03	1,03	0,29	0,29	0,88	0,88	0,5	0,5
	b	2,33	3,36	0,67	0,96	2	2,88	1,1	1,6
	c	3,42	6,78	0,97	1,93	2,7	5,58	1,4	3
	d	4,28	11,06	1,22	3,15	3,5	9,08	2,2	5,2
	e	5,19	16,25	1,48	4,63	4,2	13,28	2,3	7,5
	f	5,39	21,64	1,54	6,17	4,57	17,85	2,4	9,9

II Charges verticales:

Le calcul des portiques sous les charges verticales sera fait par la méthode de CAQUOT exposée à l'annexe A du CC.BA 68

1 Exposé de la méthode de CAQUOT:

a/ Calcul des hauteurs fictives:

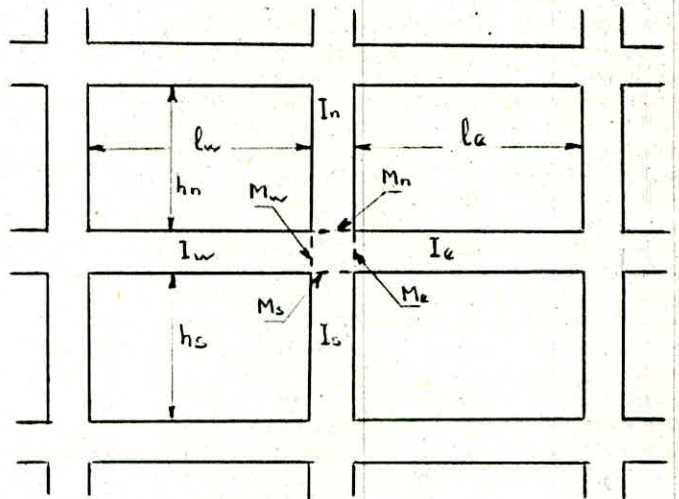
$$h'_n = \begin{cases} 0,9h_n & \text{si le nœud considéré appartient} \\ & \text{à l'avant dernier plancher} \\ 0,8h_n & \text{pour les autres niveaux.} \end{cases}$$

$$h'_s = 0,8h_s$$

Travées intermédiaires:

$$l'_w = 0,8l_w$$

$$l'_e = 0,8l_e$$



Travées de rives: (nœud voisin d'un nœud de rive)

$$l'_{traverse} = X l_{traverse} \begin{cases} X = 0,8 & \text{si } K_s + k_n > 1,5 K_{traverse} \\ X = \frac{K_s + k_n}{7,5 K_{traverse}} \end{cases}$$

b/ Calcul des moments fictifs:

$$M'_w = \frac{q_w l_w'^2}{8,5}$$

$$M'_e = \frac{q_e l_e'^2}{8,5}$$

q: charge uniformément répartie

c/ Calcul des raideurs:

$$k_w = \frac{I_w}{l_w'} ; \quad k_e = \frac{I_e}{l_e'} ; \quad k_s = \frac{I_s}{h_s'} ; \quad k_n = \frac{I_n}{h_n'}$$

$$D = k_w + k_e + k_s + k_n$$

d/ les moments dans les sections dangereuses (rus des appuis) sont en valeur absolue:

$$M_w = M'_e \cdot \frac{k_w}{D} + M'_w \left(1 - \frac{k_w}{D}\right)$$

$$M_s = \frac{k_s}{D} (M'_e - M'_w)$$

$$M_e = M'_e \left(1 - \frac{k_e}{D}\right) + M'_w \frac{k_e}{D}$$

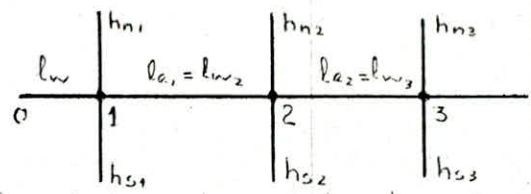
$$M_n = \frac{k_n}{D} (M'_e - M'_w)$$

Travée de rive avec console:

* Nœud de rive (nœud 1):

Le nœud de rive est étudié en faisant $k_w = 0$ dans les formules précédentes

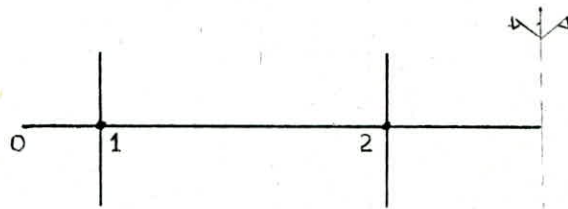
en y substituant M_{w1} à M'_w , M_{w1} désignant la valeur absolue du moment isostatique de la console au nu de l'appui 1.



* Nœud voisin du nœud de rive (nœud 2)

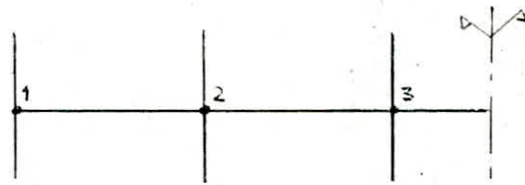
$$M'_{w2} = \frac{q_w l_w'^2}{8,5} - \frac{1}{2,125} \frac{k_{e1}}{D_1} M_{w1}$$

* Caractéristiques géométriques du portique transversal:



Niveaux	Nœuds ↓	m				m				10 ⁻⁴ m ⁴				10 ⁻⁴ m ³				
		l _w	l _e	h _n	h _s	l' _w	l' _e	h' _n	h' _s	I _w	I _e	I _n	I _s	K _w	K _e	K _n	K _s	D
Terrasse	1	1,30	4,55	2,56	2,56	1,30	3,64	2,05	2,05	31,25	31,25	30,375	30,375	0	8,58	11,86	11,86	20,44
	2	4,55	3,55	2,56	2,56	3,64	2,84	2,05	2,05	31,25	31,25	30,375	30,375	8,58	11	11,86	11,86	31,44
Niveau 4	1	1,30	4,55	2,56	2,56	1,30	3,64	2,30	2,05	31,25	31,25	30,375	30,375	0	8,58	10,54	11,86	30,98
	2	4,55	3,55	2,56	2,56	3,64	2,84	2,30	2,05	31,25	31,25	30,375	30,375	8,58	11	10,54	11,86	41,98
Niveaux 1-2-3	1	1,30	4,55	2,56	2,56	1,30	3,64	2,05	2,05	31,25	31,25	30,375	30,375	0	8,58	11,86	11,86	32,3
	2	4,55	3,55	2,56	2,56	3,64	2,84	2,05	2,05	31,25	31,25	30,375	30,375	8,58	11	11,86	11,86	43,3
R. D. C	1	1,30	4,55	2,56	3,00	1,30	3,64	2,05	2,4	31,25	31,25	30,375	30,375	0	8,58	11,86	12,65	33,03
	2	4,55	3,55	2,56	3,00	3,64	2,84	2,05	2,4	31,25	31,25	30,375	30,375	8,58	11	11,86	12,65	44,03

* Caractéristiques géométriques du portique longitudinal :



Niveaux	Unires	m				m				$10^{-4} m^4$				$10^{-4} m^3$				
	Nœuds	l_w	l_e	h_n	h_s	l_w'	l_e'	h_n'	h_s'	I_w	I_e	I_n	I_s	K_w	K_e	K_n	K_s	D
Terrasse	1	/	3,0	/	2,66	/	2,4	/	2,13	/	16	/	24	/	6,67	/	11,27	17,94
	2	3,0	3,0	/	2,66	2,4	2,4	/	2,13	16	16	/	24	6,67	6,67	/	11,27	24,61
	3	3,0	3,0	/	2,66	2,4	2,4	/	2,13	16	16	/	24	6,67	6,67	/	11,27	24,61
4 ^{eme} Niveau	1	/	3,0	2,66	2,66	/	2,4	2,4	2,13	/	16	24	24	/	6,67	10	11,27	29,94
	2	3,0	3,0	2,66	2,66	2,4	2,4	2,4	2,13	16	16	24	24	6,67	6,67	10	11,27	34,61
	3	3,0	3,0	2,66	2,66	2,4	2,4	2,4	2,13	16	16	24	24	6,67	6,67	10	11,27	34,61
1, 2 et 3 ^{eme} Niveau	1	/	3,0	2,66	2,66	/	2,4	2,13	2,13	/	16	24	24	/	6,67	11,27	11,27	29,21
	2	3,0	3,0	2,66	2,66	2,4	2,4	2,13	2,13	16	16	24	24	6,67	6,67	11,27	11,27	35,88
	3	3,0	3,0	2,66	2,66	2,4	2,4	2,13	2,13	16	16	24	24	6,67	6,67	11,27	11,27	35,88
R. D. C	1	/	3,0	2,66	3,1	/	2,4	2,13	2,5	/	16	24	24	/	6,67	11,27	9,6	27,54
	2	3,0	3,0	2,66	3,1	2,4	2,4	2,13	2,5	16	16	24	24	6,67	6,67	11,27	9,6	34,21
	3	3,0	3,0	2,66	3,1	2,4	2,4	2,13	2,5	16	16	24	24	6,67	6,67	11,27	9,6	34,21

Moments aux appuis des portiques longitudinaux:

Niveaux	Noeuds	Portique de rive												Portique intermediaire											
		Sous charge permanente -G-						Sous surcharge -S-						Sous charge permanente -G-						Sous surcharge -S-					
		Q_w t/m	Q_e t/m	M_w t.m	M_e t.m	M_s t.m	M_n t.m	Q_w t/m	Q_e t/m	M_w t.m	M_e t.m	M_s t.m	M_n t.m	Q_w t/m	Q_e t/m	M_w t.m	M_e t.m	M_s t.m	M_n t.m	Q_w t/m	Q_e t/m	M_w t.m	M_e t.m	M_s t.m	M_n t.m
Terrasse	1	/	1,2	/	0,38	0,38	/	0,15	/	0,046	0,046	/	/	0,73	/	0,23	0,23	/	/	0,10	/	0,03	0,03	/	/
	2	1,2	1,2	0,87	0,87	0	/	0,15	0,15	0,108	0,108	0	/	0,73	0,73	0,53	0,53	0	/	0,10	0,10	0,07	0,07	0	/
	3	1,2	1,2	0,87	0,87	0	/	0,15	0,15	0,108	0,108	0	/	0,73	0,73	0,53	0,53	0	/	0,10	0,10	0,07	0,07	0	/
4 ^{eme} Niveau	1	/	1	/	0,42	0,22	0,2	/	0,4	/	0,17	0,08	0,09	/	0,63	/	0,27	0,14	0,13	/	0,17	/	0,07	0,04	0,03
	2	1	1	0,72	0,72	0	0	0,4	0,4	0,29	0,29	0	0	0,63	0,63	0,45	0,45	0	0	0,17	0,17	0,12	0,12	0	0
	3	1	1	0,72	0,72	0	0	0,4	0,4	0,29	0,29	0	0	0,63	0,63	0,45	0,45	0	0	0,17	0,17	0,12	0,12	0	0
1,2 et 3 ^{eme} Niveau	1	/	1	/	0,42	0,22	0,2	/	0,4	/	0,17	0,087	0,087	/	0,63	/	0,27	0,14	0,14	/	0,17	/	0,07	0,04	0,04
	2	1	1	0,72	0,72	0	0	0,4	0,4	0,29	0,29	0	0	0,63	0,63	0,45	0,45	0	0	0,17	0,17	0,12	0,12	0	0
	3	1	1	0,72	0,72	0	0	0,4	0,4	0,29	0,29	0	0	0,63	0,63	0,45	0,45	0	0	0,17	0,17	0,12	0,12	0	0
R.D.C	1	/	1	/	0,42	0,22	0,2	/	0,4	/	0,17	0,09	0,076	/	0,63	/	0,27	0,12	0,14	/	0,17	/	0,07	0,03	0,04
	2	1	1	0,72	0,72	0	0	0,4	0,4	0,29	0,29	0	0	0,63	0,63	0,45	0,45	0	0	0,17	0,17	0,12	0,12	0	0
	3	1	1	0,72	0,72	0	0	0,4	0,4	0,29	0,29	0	0	0,63	0,63	0,45	0,45	0	0	0,17	0,17	0,12	0,12	0	0

Moments aux appuis des portiques transversaux:

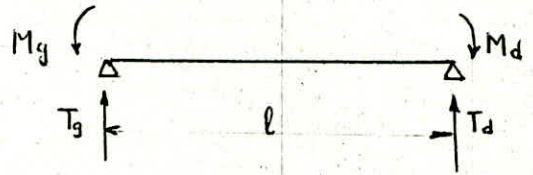
Niveaux	Nœuds	Portique de rive												Portique intermediaire											
		Sous charge permanente -G-						Sous surcharges -S-						Sous charge permanente -G-						Sous surcharges -S-					
		Q_w t/m	Q_e t/m	M_w t.m	M_e t.m	M_s t.m	M_n t.m	Q_w t/m	Q_e t/m	M_w t.m	M_e t.m	M_s t.m	M_n t.m	Q_w t/m	Q_e t/m	M_w t.m	M_e t.m	M_s t.m	M_n t.m	Q_w t/m	Q_e t/m	M_w t.m	M_e t.m	M_s t.m	M_n t.m
Terrasse	1	1,4	1,4	1,18	1,75	0,56	/	0,17	0,17	0,15	0,21	0,07	/	2,42	2,42	2,04	3,02	0,97	/	0,34	0,34	0,29	0,42	0,14	/
	2	1,4	1,4	1,94	1,63	0,31	/	0,17	0,17	0,43	0,20	0,04	/	2,42	2,42	3,36	2,83	0,53	/	0,34	0,34	0,47	0,40	0,08	/
4 ^{ème} Niveau	1	1,16	1,16	0,98	1,57	0,31	0,28	0,60	0,30	0,50	0,48	0,02	0,01	1,94	1,94	1,64	2,62	0,52	0,46	1,19	0,60	1,01	0,96	0,03	0,02
	2	1,16	1,16	1,66	1,29	0,19	0,17	0,30	0,30	0,43	0,34	0,05	0,03	1,94	1,94	2,77	2,16	0,32	0,29	0,60	0,60	0,86	0,67	0,10	0,09
1,2,3 ^{ème} Niveaux	1	1,16	1,16	0,98	1,58	0,30	0,30	0,60	0,30	0,50	0,48	0,02	0,02	1,94	1,94	1,64	2,64	0,5	0,5	1,19	0,60	1,01	0,95	0,03	0,03
	2	1,16	1,16	1,66	1,29	0,19	0,19	0,30	0,30	0,43	0,34	0,05	0,05	1,94	1,94	2,78	2,15	0,31	0,31	0,60	0,60	0,86	0,67	0,10	0,10
R.D.C	1	1,16	1,16	0,98	1,56	0,27	0,32	0,60	0,30	0,50	0,48	0,01	0,02	1,94	1,94	1,64	2,62	0,45	0,53	1,19	0,60	1,01	0,96	0,02	0,03
	2	1,16	1,16	1,66	1,29	0,17	0,20	0,30	0,30	0,43	0,34	0,05	0,05	1,94	1,94	2,77	2,16	0,28	0,33	0,60	0,60	0,86	0,67	0,09	0,10

Moments en travée et efforts tranchants dans les poutres:

$$M_t = \frac{ql^2}{8} + \frac{M_g + M_d}{2}$$

$$T_g = \frac{ql}{2} + \frac{M_d - M_g}{l}$$

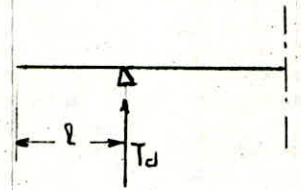
$$T_d = -\frac{ql}{2} + \frac{M_d - M_g}{l}$$



M_g, M_d étant en valeurs algébriques.

* Remarque:

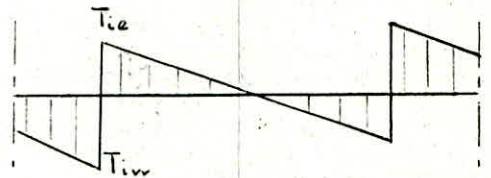
pour les consoles $T_g = 0$; $T_d = ql$



Efforts normaux apportés par les poutres aux poteaux:

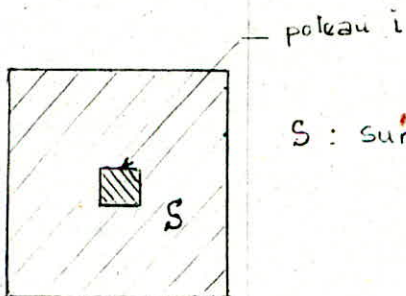
Les efforts normaux dans les poteaux sont déterminés à partir des efforts tranchant dans les poutres de la façon suivante:

$$N_i = T_{i,e} - T_{i,w}$$



$T_{i,e}$ et $T_{i,w}$ étant en valeurs algébrique.

Remarque: On peut déterminer N par la méthode approchée suivante:



S : surface revenant au poteau i

$$N = S \cdot q$$

Moment et effort Tranchant dans les poutres (Sens longitudinal)

Niveaux	Travaux	Longueur - L -	Portique intermediaire												Portique de rive											
			Sous charge permanente - G -						Sous surcharge - S -						Sous charge permanente - G -						Sous surcharge - S -					
			q _{t/m}	M _g t.m	M _d t.m	M _t t.m	T _g t	T _d t	q _{t/m}	M _g t.m	M _d t.m	M _t t.m	T _g t	T _d t	q _{t/m}	M _g t.m	M _d t.m	M _t t.m	T _g t	T _d t	q _{t/m}	M _g t.m	M _d t.m	M _t t.m	T _g t	T _d t
Terrasse	1-2	3,4	0,73	-0,23	-0,53	0,67	1,15	-1,33	0,10	-0,03	-0,07	0,03	0,16	-0,18	1,2	-0,38	-0,87	1,11	1,9	-2,18	0,15	-0,04	-0,108	0,14	0,24	-0,27
	2-3	3,4	0,73	-0,53	-0,53	0,52	1,24	-1,24	0,10	-0,07	-0,07	0,07	0,17	-0,17	1,2	-0,87	-0,87	0,86	2,04	-2,04	0,15	-0,108	-0,108	0,11	0,26	-0,26
	3-4	3,4	0,73	-0,53	-0,53	0,52	1,24	-1,24	0,10	-0,07	-0,07	0,07	0,17	-0,17	1,2	-0,87	-0,87	0,86	2,04	-2,04	0,15	-0,108	-0,108	0,11	0,26	-0,26
Niveau 4	1-2	3,4	0,63	-0,27	-0,45	0,55	1,02	-1,12	0,17	-0,07	-0,12	0,15	0,27	-0,30	1	-0,42	-0,72	0,88	1,61	-1,79	0,4	-0,17	-0,29	0,35	0,64	-0,72
	2-3	3,4	0,63	-0,45	-0,45	0,46	1,07	-1,07	0,17	-0,12	-0,12	0,13	0,29	-0,29	1	-0,72	-0,72	0,71	1,69	-1,71	0,4	-0,29	-0,29	0,29	0,68	-0,68
	3-4	3,4	0,63	-0,45	-0,45	0,46	1,07	-1,07	0,17	-0,12	-0,12	0,13	0,29	-0,29	1	-0,72	-0,72	0,71	1,69	-1,71	0,4	-0,29	-0,29	0,29	0,68	-0,68
Niveaux 1, 2 et 3	1-2	3,4	0,63	-0,27	-0,45	0,55	1,02	-1,12	0,17	-0,07	-0,12	0,15	0,27	-0,30	1	-0,42	-0,72	0,88	1,61	-1,79	0,4	-0,17	-0,29	0,35	0,64	-0,72
	2-3	3,4	0,63	-0,45	-0,45	0,46	1,07	-1,07	0,17	-0,12	-0,12	0,13	0,29	-0,29	1	-0,72	-0,72	0,71	1,69	-1,71	0,4	-0,29	-0,29	0,29	0,68	-0,68
	3-4	3,4	0,63	-0,45	-0,45	0,46	1,07	-1,07	0,17	-0,12	-0,12	0,13	0,29	-0,29	1	-0,72	-0,72	0,71	1,69	-1,71	0,4	-0,29	-0,29	0,29	0,68	-0,68
R.-D.-C	1-2	3,4	0,63	-0,27	-0,45	0,55	1,02	-1,12	0,17	-0,07	-0,12	0,15	0,27	-0,30	1	-0,42	-0,72	0,88	1,61	-1,79	0,4	-0,17	-0,29	0,35	0,64	-0,72
	2-3	3,4	0,63	-0,45	-0,45	0,46	1,07	-1,07	0,17	-0,12	-0,12	0,13	0,29	-0,29	1	-0,72	-0,72	0,71	1,69	-1,71	0,4	-0,29	-0,29	0,29	0,68	-0,68
	3-4	3,4	0,63	-0,45	-0,45	0,46	1,07	-1,07	0,17	-0,12	-0,12	0,13	0,29	-0,29	1	-0,72	-0,72	0,71	1,69	-1,71	0,4	-0,29	-0,29	0,29	0,68	-0,68

Moment et effort tranchant dans les poutres (sens transversal) :

Niveaux	Travées	Longueur - L -	Portique intermédiaire												Portique de rive											
			Sous charge permanente - G -						Sous surcharge - S -						Sous charge permanente - G -						Sous surcharge - S -					
			$q_{l/m}$	M_g t.m	M_d t.m	M_t t.m	T_g t	T_d t	$q_{l/m}$	M_g t.m	M_d t.m	M_t t.m	T_g t	T_d t	$q_{l/m}$	M_g t.m	M_d t.m	M_t t.m	T_g t	T_d t	$q_{l/m}$	M_g t.m	M_d t.m	M_t t.m	T_g t	T_d t
Terrasse	0-1	1,3	2,42	/	-2,04	/	/	-3,15	0,34	/	-0,29	/	/	-0,44	1,4	/	-1,18	/	/	-1,82	0,17	/	-0,15	/	/	-0,22
	1-2	5	2,42	-3,02	-3,36	4,37	5,98	-6,12	0,34	-0,42	-0,47	0,62	0,64	-0,86	1,4	-1,75	-1,20	2,9	3,61	-3,39	0,17	0,21	-0,43	0,21	0,38	-0,47
	2-3	4	2,42	-2,83	-2,83	2,01	4,84	-4,84	0,34	-0,40	-0,40	0,28	0,68	-0,68	1,4	-1,26	-1,26	1,54	2,8	-2,8	0,17	-0,20	-0,20	0,14	0,34	-0,34
Niveau 4	0-1	1,3	1,94	/	-1,64	/	/	-2,52	1,19	/	-1,01	/	/	-1,55	1,16	/	-0,98	/	/	-1,51	0,6	/	-0,5	/	/	-0,78
	1-2	5	1,94	-2,62	-2,77	3,37	4,82	-4,88	0,6	-0,96	-0,86	0,97	1,52	-1,48	1,16	-1,57	-1,66	2,01	2,88	-2,92	0,3	-0,48	-0,43	0,48	0,76	-0,74
	2-3	4	1,94	-2,16	-2,16	1,72	3,88	-3,88	0,6	-0,67	-0,67	0,53	1,20	-1,20	1,16	-1,29	-1,29	1,03	2,32	-2,32	0,3	-0,34	-0,34	0,60	0,77	-0,43
Niveaux 1,2,3	0-1	1,3	1,94	/	-1,64	/	/	-2,52	1,19	/	-1,01	/	/	-1,55	1,16	/	-0,98	/	/	-1,51	0,6	/	-0,5	/	/	-0,78
	1-2	5	1,94	-2,64	-2,78	3,35	4,82	-4,88	0,6	-0,95	-0,86	0,97	1,52	-1,48	1,16	-1,58	-1,66	2,01	2,88	-2,92	0,3	-0,48	-0,43	0,48	0,76	-0,74
	2-3	4	1,94	-2,15	-2,15	1,73	3,88	-3,88	0,6	-0,67	-0,67	0,53	1,20	-1,20	1,16	-1,29	-1,29	1,03	2,32	-2,32	0,3	-0,34	-0,34	0,60	0,77	-0,43
R. D. C	0-1	1,3	1,94	/	-1,64	/	/	-2,52	1,19	/	-1,01	/	/	-1,55	1,16	/	-0,98	/	/	-1,51	0,6	/	-0,5	/	/	-0,78
	1-2	5	1,94	-2,62	-2,77	3,37	4,82	-4,88	0,6	-0,96	-0,86	0,97	1,52	-1,48	1,16	-1,56	-1,66	2,02	2,88	-2,92	0,3	-0,48	-0,43	0,48	0,76	-0,74
	2-3	4	1,94	-2,16	-2,16	1,72	3,88	-3,88	0,6	-0,67	-0,67	0,53	1,20	-1,20	1,16	-1,29	-1,29	1,03	2,32	-2,32	0,3	-0,34	-0,34	0,60	0,77	-0,43

Effort Normal dans les poteaux du aux charges verticales:

		Sous charge permanente - G -				Sous surcharge - S -			
		Poteau de rive		poteau intermediaire		Poteau de rive		Poteau intermediaire	
Niveaux		N_t	N_{cum_t}	N_t	N_{cum_t}	N_t	N_{cum_t}	N_t	N_{cum_t}
File de rive	6	8,43	8,43	12,68	12,68	0,65	0,65	0,76	0,76
	5	7,83	16,24	11,51	24,19	1,52	2,16	1,34	2,1
	4	7,83	24,07	11,51	35,7	1,52	3,68	1,34	3,44
	3	7,83	31,9	11,51	47,2	1,52	5,2	1,34	4,78
	2	7,83	39,7	11,51	58,7	1,52	6,73	1,34	6,12
	1	11,82	51,52	12,46	71,16	1,52	8,25	1,34	7,46
File intermediaire	6	15,16	15,16	13,24	13,25	1,29	1,29	1,53	1,53
	5	13,32	28,48	10,91	24,16	3,04	4,33	2,68	4,21
	4	13,32	41,8	10,91	35,06	3,04	7,37	2,68	6,89
	3	13,32	55,12	10,91	45,98	3,04	10,41	2,68	9,57
	2	13,32	68,44	10,91	56,89	3,04	13,45	2,68	12,25
	1	15,45	83,89	11,84	68,73	3,04	16,49	2,68	14,93

Remarque :

Le Tableau ci dessus est celui du sens transversal, pour le sens longitudinal ; Les poteaux de rive de la file intermediaire deviennent des poteaux intermediaires de la file de rive .

-o- Calcul des déplacements -o-

I Calcul et vérification des déplacements relatifs de niveau :

Δ_j = déplacement relatifs de niveau j

$$\Delta_j = \frac{V_j}{R_j}$$

V_j : Effort tranchant de niveau j

R_j : Rigidité relatif de niveau j

On doit avoir

$$\frac{1}{2B} \Delta_j \leq \bar{\Delta} \quad B: \text{facteur de comportement de la structure}$$

$\bar{\Delta}$: déplacement relatif de niveau admissible

$$\bar{\Delta} = 0,0075h \quad \text{donné par le (R.P.A 81 Art 3.3.37)}$$

h : hauteur de l'étage

Niveaux	Sens Longitudinal					Sens Transversal				
	V_j (t)	R_j t/cm	Δ_j cm	$\frac{\Delta_j}{2B}$ (cm)	$\bar{\Delta}$ cm	V_j (t)	R_j t/cm	Δ_j cm	$\frac{\Delta_j}{2B}$ (cm)	$\bar{\Delta}$ (cm)
6	40,4	448,8	0,090	0,135	2,29	40,4	660,24	0,061	0,092	2,29
5	75,35	448,8	0,168	0,252	2,29	75,35	660,24	0,114	0,171	2,29
4	103,5	448,8	0,231	0,347	2,29	103,5	660,24	0,157	0,236	2,29
3	124,86	448,8	0,278	0,417	2,29	124,86	660,24	0,189	0,284	2,29
2	139,43	448,8	0,311	0,467	2,29	139,43	660,24	0,211	0,317	2,29
1	147,25	456	0,323	0,485	2,62	147,25	649,08	0,227	0,341	2,62

Tout les déplacements $\frac{\Delta_j}{2B}$ sont inférieurs au déplacement admissible $\bar{\Delta}$

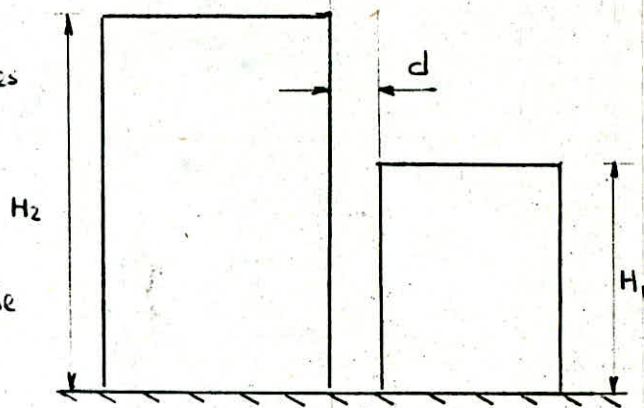
déplacement maximum au sommet du bâtiment $\Delta_{max} = \sum \Delta_j$

$$\Delta_{max}^{Long} = 1,401 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \frac{\Delta_{max}^{Long}}{2B} = 2,102 \text{ cm}$$

$$\Delta_{max}^{Trans} = 0,959 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad \frac{\Delta_{max}^{Trans}}{2B} = 1,439 \text{ cm}$$

II Dimensionnement du joint :

Sous l'action des secousses sismiques tous les joints doivent permettre aux blocs adjacents le libre déplacement sans contact préjudiciable



$$d \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ cm} \\ \frac{H_1}{300} = 6,26 \text{ cm} \end{array} \right.$$

on adopte $d = 6,5 \text{ cm}$

Vérification du joint :

$$\boxed{2 \cdot \frac{\overset{\text{Lons}}{\Delta_{\max}}}{2B} < d} \Rightarrow 4,204 \text{ cm} < 6 \text{ cm}$$

-o- Superposition des sollicitations -o-

I Poteaux:

* Sollicitation du 1^{er} genre : (d'après le C.C.B.A 68)

$$G + 1,2 S$$

* Sollicitation du 2^{ème} genre : (d'après le R.P.A 81)

a/ $G + S + 1,2 E$

b/ $0,8 G + E$

II Poutres:

* Sollicitation du 1^{er} genre : (Conformément au C.C.B.A 68)

$$G + 1,2 S$$

Remarque: le moment en travée sous $G + 1,2 S$ sera calculé comme suit:

$$M_t = M_o(G + 1,2 S) + \frac{M_g(G) + M_d(G)}{2}$$

* Sollicitation du 2^{ème} genre : (d'après le R.P.A 81)

a/ $G + S + E$

b/ $0,8 G + E$

G : charge permanente

S : surcharge d'exploitation

E : Seisme horizontal

$M_g(G)$ et $M_d(G)$: moments aux appuis dus à G

$M_o(G + 1,2 S)$: moment isostatique dû à $G + 1,2 S$

Combinaison des moments flechissant et efforts normaux dans les poteaux

-o- Portique longitudinal de rive -o-

	Niveau	G			S			\vec{E}			G + 1,2 S			G + S + 1,2 \vec{E}			G + S + 1,2 \overleftarrow{E}			0,8G + \vec{E}			0,8G + \overleftarrow{E}		
		M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N
Poteau de rive	6	-0,38	0,20	8,48	-0,046	0,09	0,644	3,04	-1,64	0,89	-0,32	0,31	9,2	3,31	-1,68	10,14	-3,98	2,26	8,06	2,74	-1,48	7,63	-3,34	1,80	5,85
	5	-0,22	0,20	16,24	-0,08	0,087	2,16	5,2	-3,60	2,91	-2,30	0,30	18,8	3,96	-4,03	21,89	-8,52	4,61	14,91	3,44	-3,44	15,9	-6,96	3,76	10,08
	4	-0,22	0,20	24,07	-0,087	0,087	3,68	6,55	-5,40	5,91	-0,32	0,30	28,5	7,55	-6,19	34,72	-8,97	6,77	20,66	6,37	-5,24	25,07	-6,73	5,56	13,45
	3	-0,22	0,20	31,9	-0,087	0,087	5,20	7,2	-7,20	9,51	-0,32	0,30	38,14	8,33	-8,35	48,50	-8,95	8,93	25,69	7,02	-7,04	35,03	-7,38	7,36	16,01
	2	-0,22	0,20	39,7	-0,087	0,076	6,73	8,06	-8,06	18,01	-0,32	0,29	47,8	9,37	-9,40	68,04	-9,98	9,95	24,82	7,88	-7,90	49,80	-8,24	8,22	17,78
	1	-0,22		51,52	-0,09		8,25	7,84	-11,76	22,69	-0,33		61,4	9,10	-14,11	86,9	-9,72	14,11	32,54	7,66	-11,76	63,9	-8,02	11,76	18,52
Poteau intermediaire	6			15,16			1,29	3,8	-2,03	0,53			16,7	4,56	-2,44	17,08	-4,56	2,44	15,81	3,8	-2,03	12,66	-3,8	2,03	11,6
	5			28,48			4,33	6,5	-4,3	1,73			33,7	7,8	-5,16	34,9	-7,8	5,16	30,73	6,5	-4,3	24,5	-6,5	4,3	21,04
	4			41,8			7,37	8,23	-6,8	3,53			50,6	9,87	-8,16	53,4	-9,87	8,16	44,93	8,23	-6,8	36,97	-8,23	6,8	29,9
	3			55,12			10,41	9,02	-9,02	5,76			67,6	10,8	-10,8	72,44	-10,8	10,8	58,62	9,02	-9,02	49,86	-9,02	9,02	38,34
	2			68,44			13,45	10,1	-10,1	8,46			84,58	12,12	-12,12	92,4	-12,12	12,12	71,74	10,1	-10,1	63,2	-10,1	10,1	46,3
	1			83,89			16,49	9,8	-14,7	11,26			103,7	11,76	-17,64	113,9	-11,76	17,64	86,87	9,8	-14,7	78,4	-9,8	14,7	55,9

Combinaison des moments fléchissant et effort normaux dans les poteaux

-o- Portique longitudinal intermédiaire -o-

	Niveaux	G			S			E			G + 1,2 S			G + S + 1,2 E			G + S + 1,2 E			0,8 G + E			0,8 G + E		
		M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N
Poteaux de rive	6	-0,23	0,13	12,68	0,03	0,03	0,76	2,92	-1,57	0,88	-0,27	0,17	13,6	3,24	-1,72	14,5	-3,76	2,04	12,38	2,74	-1,47	11,02	-3,10	1,67	9,42
	5	-0,14	0,14	24,19	0,04	0,04	2,10	5,04	-3,34	2,88	-0,19	0,19	26,7	5,87	-3,83	29,75	-6,23	4,19	22,83	4,93	-3,23	22,23	-5,15	3,45	16,47
	4	-0,14	0,14	35,7	0,04	0,04	3,40	6,30	-5,20	5,58	-0,19	0,19	39,8	7,38	-6,06	45,8	-7,74	6,42	32,4	6,19	-5,09	34,14	-6,41	5,31	22,9
	3	-0,14	0,14	47,2	0,04	0,04	4,78	6,97	-6,97	9,08	-0,19	0,19	52,9	8,18	-8,18	62,90	-8,54	8,54	41,08	6,86	-6,86	46,84	-7,08	7,08	28,68
	2	-0,14	0,14	58,7	0,04	0,04	6,12	7,80	-7,80	13,28	-0,19	0,19	66,00	9,18	-9,18	80,76	-9,54	9,54	48,86	7,69	-7,69	60,24	-7,91	7,91	33,7
	1	-0,12	/	71,16	0,03	/	7,16	5,60	-11,3	17,85	-0,16	/	80,10	6,57	-13,56	100,04	-6,87	13,56	57,20	5,5	-11,30	74,8	-5,70	11,30	39,1
Poteaux intermédiaires	6	/	/	13,25	/	/	1,53	3,86	-2,07	0,50	/	/	15,08	4,6	-2,48	15,4	-4,6	2,48	14,15	3,86	-2,07	11,1	-3,86	2,07	10,1
	5	/	/	24,16	/	/	4,21	6,3	-4,18	1,60	/	/	29,20	7,56	-5,02	30,3	-7,56	5,02	26,45	6,30	-4,18	20,93	-6,30	4,18	17,73
	4	/	/	35,06	/	/	6,89	7,89	-4,48	3,00	/	/	43,30	9,47	-5,37	45,55	-9,47	5,37	38,35	7,89	-4,48	31,05	-7,89	4,48	25,05
	3	/	/	45,98	/	/	9,57	8,72	-8,72	5,20	/	/	57,70	10,5	-10,5	61,7	-10,5	10,5	49,31	8,72	-8,72	41,98	-8,72	8,72	31,60
	2	/	/	56,89	/	/	12,25	9,73	-9,73	7,50	/	/	71,60	11,7	-11,7	78,14	-11,7	11,7	60,14	9,73	-9,73	53,01	-9,73	9,73	38,01
	1	/	/	68,73	/	/	14,93	9,38	-14,07	9,90	/	/	86,60	11,26	-16,88	86,54	-11,26	16,88	71,78	9,38	-14,07	64,9	-9,38	14,07	45,10

- 49 -

Combinaison des moments fléchissants et efforts normaux dans les poteaux

-o- Portique transversal de rive -o-

	Niveaux	G			S			\vec{E}			G + 1,2 S			G + S + 1,2 \vec{E}			G + S + 1,2 \vec{E}			0,8 G + \vec{E}			0,8 G + \vec{E}		
		M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N
Poteaux de rive	6	-0,56	0,28	8,43	-0,07	0,01	0,646	3,42	-1,84	1,03	-0,64	0,29	9,21	3,47	-1,92	10,31	-4,73	2,50	9,21	2,97	-1,62	7,77	-3,87	2,06	5,71
	5	-0,31	0,30	16,24	-0,02	0,02	2,16	5,50	-3,94	3,36	-0,32	0,32	16,83	6,76	-4,41	22,43	-6,93	5,05	14,37	5,66	-3,70	16,35	-6,14	4,58	9,63
	4	-0,30	0,30	24,87	-0,02	0,02	3,68	7,44	-6,09	6,78	-0,32	0,32	28,49	8,61	-6,99	35,89	-9,24	7,63	19,61	7,20	-5,89	26,04	-7,68	6,33	12,48
	3	-0,30	0,30	31,90	-0,02	0,02	5,20	8,15	-8,15	11,06	-0,32	0,32	38,14	5,46	-9,46	50,37	-10,10	10,10	23,83	7,91	-7,91	36,58	-8,30	8,39	14,46
	2	-0,30	0,32	35,70	-0,02	0,02	6,73	9,10	-9,10	16,25	-0,32	0,34	47,78	10,60	-10,58	65,93	-11,24	11,26	22,93	8,86	-8,84	48,01	-9,34	9,36	15,51
	1	-0,27	/	51,52	-0,01	/	8,25	8,86	-13,29	21,64	-0,28	/	61,42	10,35	-15,99	85,74	-10,91	15,99	33,80	8,64	-13,29	62,86	-9,08	13,29	19,58
Poteaux intermediaires	6	-0,07	0,17	12,68	-0,04	0,05	0,76	4,38	-2,36	0,29	-0,12	0,23	13,58	5,15	-2,61	13,79	5,37	3,05	13,09	4,32	-2,22	19,43	-4,44	2,50	9,85
	5	-0,19	0,19	24,19	-0,05	0,05	2,10	7,51	-5,01	0,96	-0,25	0,25	26,76	8,77	-5,77	27,44	-9,25	6,25	25,14	7,36	-4,86	20,31	-7,66	5,16	18,39
	4	-0,19	0,19	35,7	-0,05	0,05	3,40	9,45	-7,75	1,93	-0,25	0,25	39,78	11,14	-9,06	41,42	-11,58	9,54	36,78	9,33	-7,60	30,45	-9,63	7,90	26,63
	3	-0,19	0,19	47,2	-0,05	0,05	4,78	10,37	-10,37	3,15	-0,25	0,25	52,94	12,20	-12,20	55,76	-12,68	12,68	48,20	10,22	-10,22	40,91	-10,52	10,52	34,61
	2	-0,19	0,20	58,7	-0,05	0,05	6,12	11,60	-11,60	4,63	-0,25	0,26	66,04	13,68	-13,67	70,38	-14,16	14,17	59,26	11,45	-11,41	51,59	-11,75	11,76	42,33
	1	-0,17	/	71,16	-0,05	/	7,46	11,27	-16,90	6,17	-0,23	/	80,11	13,30	-20,28	86,02	-13,74	20,28	71,22	11,13	-16,90	63,10	-11,41	16,90	50,76

Combinaison des moments fléchissants et efforts normaux dans les poteaux

- o - Portique transversal intermédiaire - o -

	Niveaux	G			S			E			G+1,2S			G+S+1,2E			G+S+1,2E			0,8G + E			0,8G + E		
		M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N	M _s	M _i	N
Poteaux de rive	6	-0,97	0,46	15,16	-0,14	0,02	7,29	3,42	-1,84	1,03	-1,14	0,48	16,76	2,99	-1,73	17,69	-5,21	2,69	15,21	2,64	-1,47	13,16	-4,20	2,21	11,10
	5	-0,52	0,50	28,48	-0,03	0,03	4,33	5,9	-3,94	3,36	-0,56	0,54	33,68	6,53	-4,20	36,84	-7,63	5,26	28,78	5,48	-3,54	26,14	-6,32	4,34	19,42
	4	-0,50	0,50	41,8	-0,03	0,03	7,37	7,44	-6,09	6,78	-0,54	0,54	50,64	8,40	-6,78	57,31	-7,46	7,84	41,03	7,04	-5,69	40,22	-7,24	6,49	26,66
	3	-0,50	0,50	55,12	-0,03	0,03	10,41	8,15	-6,15	11,06	-0,54	0,54	67,61	9,25	-9,25	78,80	-10,31	10,31	52,26	7,75	-7,75	55,16	-8,55	8,55	33,04
	2	-0,50	0,53	66,44	-0,03	0,03	13,45	9,10	-9,10	16,25	-0,54	0,57	84,68	10,39	-10,36	101,39	-11,45	10,36	60,39	8,70	-8,68	75,00	-9,50	9,52	38,50
	1	-0,45	/	83,89	-0,03	/	16,49	8,86	-13,29	21,64	-0,49	/	103,68	10,15	-15,95	126,35	-11,11	15,95	74,41	8,50	-13,29	88,75	-9,22	13,29	45,47
Poteaux intermédiaires	6	-0,53	0,29	13,25	-0,02	0,05	1,53	4,38	-2,36	0,29	-0,55	0,40	15,09	4,71	-2,45	15,13	-5,81	3,17	14,43	3,96	-2,13	10,89	-4,80	2,59	10,31
	5	-0,32	0,31	24,16	-0,08	0,1	4,21	7,51	-5,01	0,86	-0,42	0,43	29,21	8,61	-5,60	29,52	-9,41	6,42	27,34	7,25	-4,76	20,29	-7,77	5,26	18,37
	4	-0,31	0,31	35,06	-0,1	0,1	6,89	9,48	-7,75	1,93	-0,43	0,43	43,87	10,97	-8,89	44,81	11,79	9,71	39,63	9,23	-7,50	30,41	-9,73	8,00	26,55
	3	-0,31	0,31	45,98	-0,1	0,1	9,57	10,37	-10,37	3,15	-0,43	0,43	57,46	12,03	-12,03	59,33	-12,85	12,85	51,77	10,12	-10,12	39,93	-10,62	10,62	33,63
	2	-0,30	0,33	56,89	-0,1	0,1	12,25	11,60	-11,60	4,63	-0,42	0,47	71,59	13,52	-13,47	74,70	-14,32	14,35	63,58	11,39	-11,32	50,14	-11,84	11,88	40,88
	1	-0,28	/	68,73	-0,1	/	14,93	11,27	-16,90	6,17	-0,40	/	86,65	13,14	-20,28	91,06	-13,90	20,28	76,26	11,05	-16,90	61,15	-11,49	16,90	48,81

Combinaison des moments flechissant dans les poutres — Portique longitudinal de rive —

Niveau	Travees	G			S			\vec{E}			\vec{E}			G + 1,2 S			G + S + \vec{E}			G + S + \vec{E}			0,8G + \vec{E}			0,8G + \vec{E}		
		M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d
Terrasse	1-2	-0,38	1,11	-0,87	-0,046	0,14	-0,108	3,04	0,57	-1,9	-3,04	-0,57	1,9	-0,44	1,37	-1	2,61	1,82	-2,88	-3,47	0,68	0,92	2,74	1,46	-2,6	-3,34	0,32	1,20
	2-3	-0,87	0,86	-0,87	-0,108	0,11	-0,108	1,9	0	-1,9	-1,9	0	1,9	-1	1,12	-1	0,92	0,97	-2,88	-2,88	0,97	0,92	1,20	0,69	-2,60	-2,60	0,69	1,20
	3-4	-0,87	0,86	-0,87	-0,108	0,11	-0,108	1,9	0	-1,9	-1,9	0	1,9	-1	1,12	-1	0,92	0,97	-2,88	-2,88	0,97	0,92	1,20	0,69	-2,60	-2,60	0,69	1,20
Niveau 4	1-2	-0,42	0,88	-0,72	-0,17	0,35	-0,29	6,84	1,4	-4,04	-6,84	-1,4	4,04	-0,62	1,57	-1,07	6,25	2,63	-5,05	-7,43	-0,17	3,03	6,50	2,10	-4,62	-7,18	-0,70	3,46
	2-3	-0,72	0,71	-0,72	-0,29	0,29	-0,29	4,04	0	-4,04	-4,04	0	+4,04	-1,07	1,42	-1,07	3,03	1	-5,05	-5,05	1	3,03	3,46	0,57	-4,62	-4,62	0,57	3,46
	3-4	-0,72	0,71	-0,72	-0,29	0,29	-0,29	4,04	0	-4,04	-4,04	0	4,04	-1,07	1,42	-1,07	3,03	1	-5,05	-5,05	1	3,03	3,46	0,57	-4,62	-4,62	0,57	3,46
Niveau 3	1-2	-0,42	0,88	-0,72	-0,17	0,35	-0,29	11,05	2,39	-6,26	-11,05	-2,39	6,26	-0,62	1,57	-1,07	10,46	3,62	-7,27	-11,64	-1,16	5,25	10,71	3,09	6,68	-11,39	-1,69	5,68
	2-3	-0,72	0,71	-0,72	-0,29	0,29	-0,29	6,26	0	-6,26	-6,26	0	6,26	-1,07	1,42	-1,07	5,25	1	-7,27	-7,27	1	5,25	5,68	0,57	-6,84	6,84	0,57	5,68
	3-4	-0,72	0,71	-0,72	-0,29	0,29	-0,29	6,26	0	-6,26	-6,26	0	6,26	-1,07	1,42	-1,07	5,25	1	-7,27	-7,27	1	5,25	5,68	0,57	-6,84	6,84	0,57	5,68
Niveau 2	1-2	-0,42	0,88	-0,72	-0,17	0,35	-0,29	13,6	2,85	-7,9	-12,6	-2,35	7,9	-0,62	1,57	-1,07	13,01	4,08	-8,91	-14,19	-1,62	6,89	13,26	3,55	-8,48	-13,94	-2,05	7,32
	2-3	-0,72	0,71	-0,72	-0,29	0,29	-0,29	7,9	0	-7,9	-7,9	0	7,9	-1,07	1,42	-1,07	6,89	1	-8,91	8,91	1	6,89	7,32	0,57	-8,48	-8,48	0,57	7,32
	3-4	-0,72	0,71	-0,72	-0,29	0,29	-0,29	7,9	0	-7,9	-7,9	0	7,9	-1,07	1,42	-1,07	6,89	1	-8,91	8,91	1	6,89	7,32	0,57	-8,48	-8,48	0,57	7,32
Niveau 1	1-2	-0,42	0,88	-0,72	-0,17	0,35	-0,29	15,26	3,31	-8,65	-15,26	-3,31	8,65	-0,62	1,57	-1,07	14,67	4,54	-9,66	-15,85	-2,08	7,64	14,92	4,01	-9,23	-15,6	-2,61	8,07
	2-3	-0,72	0,71	-0,72	-0,29	0,29	-0,29	8,65	0	-8,65	-8,65	0	8,65	-1,07	1,42	-1,07	7,64	1	-9,66	-9,66	1	7,64	8,07	0,57	-9,23	-9,23	0,57	8,07
	3-4	-0,72	0,71	-0,72	-0,29	0,29	-0,29	8,65	0	-8,65	-8,65	0	8,65	-1,07	1,42	-1,07	7,64	1	-9,66	-9,66	1	7,64	8,07	0,57	-9,23	-9,23	0,57	8,07
R.D.C	1-2	-0,42	0,88	-0,72	-0,17	0,35	-0,29	15,9	5,95	-9,95	15,9	5,95	15,9	-0,62	1,57	1,07	15,31	7,18	-10,96	-16,48	-4,72	8,94	15,56	6,65	-10,53	16,24	-5,25	9,37
	2-3	-0,72	0,71	-0,72	-0,29	0,29	-0,29	9,95	0	-9,95	-9,95	0	9,95	-1,07	1,42	-1,07	8,94	1	-10,96	-10,96	1	8,94	9,37	0,57	-10,53	10,53	0,57	9,37
	3-4	-0,72	0,71	-0,72	-0,29	0,29	-0,29	9,95	0	-9,95	-9,95	0	9,95	-1,07	1,42	-1,07	8,94	1	-10,96	-10,96	1	8,94	9,37	0,57	-10,53	10,53	0,57	9,37

- 52 -

Combinaison des moments fléchissants dans les poutres — o — Portique longitudinal intermédiaire — o —

Niveaux	Travers	G			S			\bar{E}			\bar{E}			G + 1,2 S			G + S + \bar{E}			G + S + \bar{E}			0,8G + \bar{E}			0,8G + \bar{E}		
		M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d
Terrasse	1-2	-0,23	0,67	-0,53	-0,03	0,09	-0,07	2,92	0,49	-1,93	-2,92	-0,49	1,93	-0,27	0,85	-0,61	2,66	1,25	-2,53	-3,18	0,27	1,33	2,74	1,03	-2,35	-3,10	0,05	1,51
	2-3	-0,53	0,52	-0,53	-0,07	0,07	-0,07	1,93	0	-1,93	-1,93	0	1,93	-0,61	0,70	-0,61	1,33	0,59	-2,53	-2,53	0,59	1,33	1,51	0,42	-2,35	-2,35	0,42	1,51
	3-4	-0,53	0,52	-0,53	-0,07	0,07	-0,07	1,93	0	-1,93	-1,93	0	1,93	-0,61	0,70	-0,61	1,33	0,59	-2,53	-2,53	0,59	1,33	1,51	0,42	-2,35	-2,35	0,42	1,51
Niveau 4	1-2	-0,27	0,55	-0,45	-0,07	0,15	-0,12	6,61	1,21	-4,19	-6,61	-1,21	4,19	-0,35	0,84	-0,59	6,27	1,91	-4,76	-6,95	-0,51	3,62	6,39	1,65	-4,55	-6,83	-0,77	3,38
	2-3	-0,45	0,46	-0,45	-0,12	0,13	-0,12	4,19	0	-4,19	-4,19	0	4,19	-0,59	0,75	-0,59	3,62	0,59	-4,76	-4,76	0,59	3,62	3,83	0,37	-4,55	-4,55	0,37	3,83
	3-4	-0,45	0,46	-0,45	-0,12	0,13	-0,12	4,19	0	-4,19	-4,19	0	4,19	-0,59	0,75	-0,59	3,62	0,59	-4,76	-4,76	0,59	3,62	3,83	0,37	-4,55	-4,55	0,37	3,83
Niveau 3	1-2	-0,27	0,55	-0,45	-0,07	0,15	-0,12	9,64	3,61	-6,03	-9,64	-3,61	6,03	-0,35	0,84	-0,59	9,30	4,31	-6,60	-9,98	-2,91	5,46	9,42	4,05	-6,35	-9,86	-3,17	5,67
	2-3	-0,45	0,46	-0,45	-0,12	0,13	-0,12	6,03	0	-6,03	-6,03	0	6,03	-0,59	0,75	-0,59	5,46	0,59	-6,60	-6,60	0,59	5,46	5,67	0,37	-6,35	-6,35	0,37	5,67
	3-4	-0,45	0,46	-0,45	-0,12	0,13	-0,12	6,03	0	-6,03	-6,03	0	6,03	-0,59	0,75	-0,59	5,46	0,59	-6,60	-6,60	0,59	5,46	5,67	0,37	-6,35	-6,35	0,37	5,67
Niveau 2	1-2	-0,27	0,55	-0,45	-0,07	0,15	-0,12	12,17	2,78	-6,6	-12,17	-2,78	6,6	-0,35	0,84	-0,59	11,83	3,48	-7,17	-12,51	-2,08	6,03	11,95	3,22	-6,96	-12,39	-2,34	6,24
	2-3	-0,45	0,46	-0,45	-0,12	0,13	-0,12	6,60	0	-6,6	-6,60	0	6,60	-0,59	0,75	-0,59	6,03	0,59	-7,17	-7,17	0,59	6,03	6,24	0,37	-6,96	-6,96	0,37	6,24
	3-4	-0,45	0,46	-0,45	-0,12	0,13	-0,12	6,60	0	-6,6	-6,60	0	6,60	-0,59	0,75	-0,59	6,03	0,59	-7,17	-7,17	0,59	6,03	6,24	0,37	-6,96	-6,96	0,37	6,24
Niveau 1	1-2	-0,27	0,55	-0,45	-0,07	0,15	-0,12	14,77	2,77	-9,22	-14,77	-2,77	9,22	-0,35	0,84	-0,59	14,43	3,47	-9,79	-15,11	-2,07	8,65	14,55	3,21	-9,58	-14,99	-2,33	8,86
	2-3	-0,45	0,46	-0,45	-0,12	0,13	-0,12	9,22	0	-9,22	-9,22	0	9,22	-0,59	0,75	-0,59	8,65	0,59	-9,79	-9,79	0,59	8,65	8,86	0,37	-9,58	-9,58	0,37	8,86
	3-4	-0,45	0,46	-0,45	-0,12	0,13	-0,12	9,22	0	-9,22	-9,22	0	9,22	-0,59	0,75	-0,59	8,65	0,59	-9,79	-9,79	0,59	8,65	8,86	0,37	-9,58	-9,58	0,37	8,86
R. D. C	1-2	-0,27	0,55	-0,45	-0,07	0,15	-0,12	13,4	1,28	-9,55	-13,4	-1,28	9,55	-0,35	0,84	-0,59	13,06	1,98	-10,12	-13,74	-0,58	8,98	13,18	1,72	-9,91	-13,62	-0,84	9,19
	2-3	-0,45	0,46	-0,45	-0,12	0,13	-0,12	9,55	0	-9,55	-9,55	0	9,55	-0,59	0,75	-0,59	8,98	0,59	-10,12	-10,12	0,59	8,98	9,19	0,37	-9,91	-9,91	0,37	9,19
	3-4	-0,45	0,46	-0,45	-0,12	0,13	-0,12	9,55	0	-9,55	-9,55	0	9,55	-0,59	0,75	-0,59	8,98	0,59	-10,12	-10,12	0,59	8,98	9,19	0,37	-9,91	-9,91	0,37	9,19

-25-

Combinaison des moments fléchissants dans les poutres — o — Portique transversal de rive — o —

Niveaux	Travées	G			S			\vec{E}			\vec{E}			G + 1,2 S			G + S + \vec{E}			G + S + \vec{E}			0,8G + \vec{E}			0,8G + \vec{E}		
		M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d
Terrasse	0-1	/	/	-1,18	/	/	-0,15	/	/	/	/	/	/	/	/	-1,36	/	/	-1,33	/	/	-1,33	/	/	-0,94	/	/	-0,94
	1-2	1,75	2,9	-1,20	-0,21	0,21	-0,43	3,42	0,75	-1,93	-3,42	-0,75	1,93	-2	3,53	-1,72	1,46	3,86	-3,56	-5,38	2,36	0,30	2,02	3,07	-2,98	-4,82	1,57	0,97
	2-3	-1,26	1,54	-1,26	-0,20	0,16	-0,20	2,45	0	-2,45	-2,45	0	2,45	-1,50	1,94	-1,50	0,99	1,68	-3,91	3,91	1,68	0,99	1,44	1,23	-3,46	-3,46	1,23	1,44
Niveau 4	0-1	/	/	-0,98	/	/	-0,50	/	/	/	/	/	/	/	/	1,58	/	/	-1,48	/	/	-1,48	/	/	-0,78	/	/	-0,78
	1-2	-1,57	2,01	-1,66	-0,48	0,48	-0,43	7,75	1,71	-4,34	-7,75	-1,71	4,34	-2,15	3,14	-2,18	5,70	4,20	-6,43	-9,60	0,78	2,25	6,49	3,32	-5,67	-9,01	-0,10	3,01
	2-3	-1,29	1,03	-1,29	-0,34	0,60	-0,34	5,63	0	-5,63	-5,63	0	5,63	-1,7	1,75	-1,7	4,00	1,63	-7,26	-7,26	1,63	4,00	4,60	0,82	-6,66	-6,66	0,82	4,60
Niveau 3	0-1	/	/	-0,98	/	/	-0,50	/	/	/	/	/	/	/	/	1,58	/	/	-1,48	/	/	-1,48	/	/	-0,78	/	/	-0,78
	1-2	-1,57	2,01	-1,66	-0,48	0,48	-0,43	11,38	2,5	-6,38	-11,38	-2,5	6,38	-2,15	3,14	-2,18	9,33	4,99	-8,47	-13,43	-0,01	4,29	10,12	4,11	-7,71	-12,64	-0,89	5,05
	2-3	-1,29	1,03	-1,29	-0,34	0,60	-0,34	8,11	0	-8,11	-8,11	0	8,11	-1,7	1,75	-1,7	6,48	1,63	-9,74	-9,74	1,63	6,48	7,08	0,82	-9,14	-9,14	0,82	7,08
Niveau 2	0-1	/	/	-0,98	/	/	-0,50	/	/	/	/	/	/	/	/	1,58	/	/	-1,48	/	/	-1,48	/	/	-0,78	/	/	-0,78
	1-2	-1,57	2,01	-1,66	-0,48	0,48	-0,43	14,24	3,14	-7,97	-14,24	-3,14	7,97	-2,15	3,14	-2,18	12,79	5,63	-10,06	-16,29	-0,65	5,88	12,98	4,75	-9,30	-15,50	-1,53	6,64
	2-3	-1,29	1,03	-1,29	-0,34	0,60	-0,34	10,15	0	-10,15	-10,15	0	10,15	-1,7	1,75	-1,7	8,52	1,63	-11,78	-11,78	1,63	8,52	9,12	0,82	-11,18	-11,18	0,82	9,12
Niveau 1	0-1	/	/	-0,98	/	/	-0,50	/	/	/	/	/	/	/	/	1,58	/	/	-1,48	/	/	-1,48	/	/	-0,78	/	/	-0,78
	1-2	-1,57	2,01	-1,66	-0,48	0,48	-0,43	17,25	3,79	-9,67	-17,25	-3,79	9,67	-2,15	3,14	-2,18	15,20	6,28	-11,76	-19,30	-1,30	7,58	15,99	5,40	-11,00	-18,51	-2,18	8,34
	2-3	-1,29	1,03	-1,29	-0,34	0,60	-0,34	12,3	0	-12,3	-12,3	0	12,3	-1,7	1,75	-1,7	10,67	1,63	-13,93	-13,93	1,63	10,67	11,27	0,82	-13,33	-13,33	0,82	11,27
R. D. C	0-1	/	/	-0,98	/	/	-0,50	/	/	/	/	/	/	/	/	1,58	/	/	-1,48	/	/	-1,48	/	/	-0,78	/	/	-0,78
	1-2	-1,56	2,02	-1,66	-0,48	0,48	-0,43	17,96	3,95	-10,06	-17,96	-3,95	10,06	-2,15	3,14	-2,18	15,92	6,45	-12,19	-20,00	-1,45	7,97	16,71	5,57	-11,39	-19,21	-2,33	8,73
	2-3	-1,29	1,03	-1,29	-0,34	0,60	-0,34	12,81	0	-12,81	-12,81	0	12,81	-1,7	1,75	-1,7	11,18	1,63	-14,44	-14,44	1,63	11,18	11,78	0,82	-13,84	-13,84	0,82	11,78

-54-

Combinaison des moments fléchissants dans les poutres — o — Portique transversal intermédiaire — o —

Niveaux	Travées	G			S			\vec{E}			\bar{E}			G + 1,2S			G + S + \vec{E}			G + S + \bar{E}			0,8G + \vec{E}			0,8G + \bar{E}					
		M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d	M _g	M _t	M _d
Terrasse	0-1	/	/	-2,04	/	/	-0,25	/	/	/	/	/	/	/	/	-2,39	/	/	-2,33	/	/	-2,33	/	/	-1,68	/	/	-1,68	/	/	-1,68
	1-2	-3,02	4,37	-3,36	-0,42	0,62	-0,47	3,42	0,75	-1,93	-3,42	-0,75	1,93	-3,52	5,65	-3,92	-0,02	5,74	-5,76	-6,86	4,24	-1,90	1,00	4,25	-4,62	-5,84	2,75	-0,76			
	2-3	-2,83	2,01	-2,83	-0,4	0,28	-0,40	2,45	0	-2,45	-2,45	0	2,45	-3,31	2,83	-3,31	-0,78	2,29	-5,68	-5,68	2,29	-0,78	0,19	1,61	-4,71	-4,71	1,61	0,19			
Niveau 4	0-1	/	/	-1,64	/	/	-1,01	/	/	/	/	/	/	/	/	-2,89	/	/	-2,65	/	/	-2,65	/	/	-1,31	/	/	-1,31	/	/	-1,31
	1-2	-2,62	3,37	-2,77	-0,96	0,97	-0,86	7,75	1,71	-4,34	-7,75	-1,71	4,34	-3,77	5,62	-3,8	4,17	6,05	-7,97	-11,33	2,63	0,71	5,6	4,45	-6,56	-9,85	0,99	2,12			
	2-3	-2,16	1,72	-2,16	-0,67	0,53	-0,67	5,63	0	-5,63	-5,63	0	5,63	-2,96	3,16	-2,96	2,8	2,25	-8,46	-8,46	2,25	2,8	3,9	1,38	-7,36	-7,36	1,38	3,9			
Niveau 3	0-1	/	/	-1,64	/	/	-1,01	/	/	/	/	/	/	/	/	-2,89	/	/	-2,65	/	/	-2,65	/	/	-1,31	/	/	-1,31	/	/	-1,31
	1-2	-2,64	3,35	-2,78	-0,95	0,97	-0,86	11,38	2,5	-11,38	-11,38	-2,5	11,38	-3,78	5,60	-3,81	7,79	6,82	-10,02	-4,97	1,82	2,74	9,27	5,18	-8,6	-13,49	0,18	4,16			
	2-3	-2,15	1,73	-2,15	-0,67	0,53	-0,67	8,11	0	-8,11	-8,11	0	8,11	-2,95	3,17	-2,95	3,29	2,26	-10,93	-10,93	2,26	5,29	6,39	1,38	-9,83	-9,83	1,38	6,39			
Niveau 2	0-1	/	/	-1,64	/	/	-1,01	/	/	/	/	/	/	/	/	-2,89	/	/	-2,65	/	/	-2,65	/	/	-1,31	/	/	-1,31	/	/	-1,31
	1-2	-2,64	3,35	-2,78	-0,95	0,97	-0,86	14,24	3,14	-14,24	-14,24	-3,14	14,24	-3,78	5,60	-3,81	10,65	7,44	-11,61	-17,83	1,18	4,33	12,13	5,82	-10,19	-16,38	-0,46	5,75			
	2-3	-2,15	1,73	-2,15	-0,67	0,53	-0,67	10,15	0	-10,15	-10,15	0	10,15	-2,95	3,17	-2,95	7,33	2,26	-12,97	-12,97	2,26	7,33	8,43	1,38	-11,87	-11,87	1,38	8,43			
Niveau 1	0-1	/	/	-1,64	/	/	-1,01	/	/	/	/	/	/	/	/	-2,89	/	/	-2,64	/	/	-2,65	/	/	-1,31	/	/	-1,31	/	/	-1,31
	1-2	-2,64	3,35	-2,78	-0,95	0,97	-0,86	17,25	3,79	-9,67	-17,25	-3,79	9,67	-3,78	5,60	-3,81	13,66	8,11	-13,31	-20,84	0,53	6,03	15,14	6,47	-11,89	-19,36	-1,11	7,45			
	2-3	-2,15	1,73	-2,15	-0,67	0,53	-0,67	12,3	0	-12,30	-12,3	0	12,30	-2,95	3,17	-2,95	9,48	2,26	-15,12	-15,12	2,26	9,48	10,58	1,38	-14,02	-14,02	1,38	10,58			
R. D. C	0-1	/	/	-1,64	/	/	-1,01	/	/	/	/	/	/	/	/	-2,89	/	/	-2,64	/	/	-2,65	/	/	-1,31	/	/	-1,31	/	/	-1,31
	1-2	-2,62	3,35	-2,77	-0,96	0,97	-0,86	17,96	3,95	-10,06	-17,96	3,95	10,06	-3,77	5,62	-3,92	14,38	8,29	-13,79	-21,54	0,39	6,33	15,86	6,65	-12,28	-20,06	-1,25	7,84			
	2-3	-2,16	1,73	-2,16	-0,67	0,53	-0,67	12,81	0	-12,81	-12,81	0	12,81	-2,96	3,16	-2,96	9,98	2,25	-15,64	-15,64	2,25	9,98	11,08	1,38	-14,54	-14,54	1,38	11,08			

55

Combinaison des efforts tranchants dans les poutres — 0 — Portique longitudinal de rive — 0 —

Niveau	Travées	G		S		\vec{E}		\overleftarrow{E}		$G + 1,2 S$		$G + S + \vec{E}$		$G + S + \overleftarrow{E}$		$0,8G + \vec{E}$		$0,8G + \overleftarrow{E}$	
		T_g	T_d	T_g'	T_d'	T_g	T_d	T_g	T_d	T_g	T_d	T_g	T_d	T_g	T_d	T_g	T_d	T_g	T_d
Terrasse	1-2	1,9	-2,18	0,24	-0,27	-1,45	-1,45	1,45	1,45	2,19	-2,50	0,69	-3,90	3,59	-1,00	0,07	-3,19	2,97	-0,29
	2-3	2,04	-2,04	0,26	-0,26	-1,12	-1,12	1,12	1,12	2,35	-2,35	1,18	-3,42	3,42	-1,18	0,51	-2,75	2,75	-0,51
	3-4	2,04	-2,04	0,26	-0,26	-1,12	-1,12	1,12	1,12	2,35	-2,35	1,18	-3,42	3,42	-1,18	0,51	-2,75	2,75	-0,51
Niveau 1	1-2	1,61	-1,79	0,64	-0,72	-3,2	-3,2	3,2	3,2	2,38	-2,65	-0,95	-5,71	5,45	0,69	-1,91	-4,63	4,49	1,77
	2-3	1,69	-1,71	0,68	-0,68	-2,38	-2,38	2,38	2,38	2,51	-2,53	-0,01	-4,77	4,75	-0,01	-1,03	3,75	3,73	1,01
	3-4	1,69	-1,71	0,68	-0,68	-2,38	-2,38	2,38	2,38	2,51	-2,53	-0,01	-4,77	4,75	-0,01	-1,03	3,75	3,73	1,01
Niveau 2	1-2	1,61	-1,79	0,64	-0,72	-5,1	-5,1	5,1	5,1	2,38	-2,65	-2,85	-7,61	7,35	2,59	-3,81	-6,53	6,39	3,67
	2-3	1,69	-1,71	0,68	-0,68	-3,68	-3,68	3,68	3,68	2,51	-2,53	-1,31	-6,07	6,05	1,29	-2,33	-5,05	5,03	2,31
	3-4	1,69	-1,71	0,68	-0,68	-3,68	-3,68	3,68	3,68	2,51	-2,53	-1,31	-6,07	6,05	1,29	-2,33	-5,05	5,03	2,31
Niveau 3	1-2	1,61	-1,79	0,64	-0,72	-6,03	-6,03	6,03	6,03	2,38	-2,65	-3,78	-8,54	8,28	3,52	-4,75	-7,46	7,32	4,6
	2-3	1,69	-1,71	0,68	-0,68	-4,12	-4,12	4,12	4,12	2,51	-2,53	-1,75	-6,51	6,49	1,73	-2,77	-5,49	5,47	2,75
	3-4	1,69	-1,71	0,68	-0,68	-4,12	-4,12	4,12	4,12	2,51	-2,53	-1,75	-6,51	6,49	1,73	-2,77	-5,49	5,47	2,75
Niveau 4	1-2	1,61	-1,79	0,64	-0,72	-7,03	-7,03	7,03	7,03	2,38	-2,65	-4,78	-9,54	9,28	4,52	-5,74	-8,46	8,32	5,60
	2-3	1,69	-1,71	0,68	-0,68	-5,1	-5,1	5,1	5,1	2,51	-2,53	-2,73	-7,49	7,47	2,71	-3,75	-6,47	6,45	3,73
	3-4	1,69	-1,71	0,68	-0,68	-5,1	-5,1	5,1	5,1	2,51	-2,53	-2,73	-7,49	7,47	2,71	-3,75	-6,47	6,45	3,73
R.D.C	1-2	1,61	-1,79	0,64	-0,72	-7,6	-7,6	7,6	7,6	2,38	-2,65	-5,35	-10,11	9,85	5,09	-6,31	-9,03	8,89	6,17
	2-3	1,69	-1,71	0,68	-0,68	-5,85	-5,85	5,85	5,85	2,51	-2,53	-3,48	-8,24	8,22	3,46	-4,50	-7,22	7,20	4,48
	3-4	1,69	-1,71	0,68	-0,68	-5,85	-5,85	5,85	5,85	2,51	-2,53	-3,48	-8,24	8,22	3,46	-4,50	-7,22	7,20	4,48

- 95 -

Combinaison des efforts tranchants dans les poutres — o — Portique longitudinal intermediaire — o —

Niveaux	Travées	G		S		\vec{E}		\overleftarrow{E}		G + 1,2 S		G + S + \vec{E}		G + S + \overleftarrow{E}		0,8G + \vec{E}		0,8G + \overleftarrow{E}	
		T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d
Terrasse	1-2	1,15	-1,33	0,16	-0,18	-1,43	-1,43	1,43	1,43	1,34	-1,55	-0,12	-2,94	2,74	-0,08	-0,51	-2,49	2,35	0,37
	2-3	1,24	-1,24	0,17	-0,17	-1,13	-1,13	1,13	1,13	1,44	-1,44	0,28	-2,54	2,54	-0,28	-0,14	-2,12	2,12	0,14
	3-4	1,24	-1,24	0,17	-0,17	-1,13	-1,13	1,13	1,13	1,44	-1,44	0,28	-2,54	2,54	-0,28	-0,14	-2,12	2,12	0,14
Niveau 4	1-2	1,02	-1,12	0,27	-0,30	-3,17	-3,17	3,17	3,17	1,34	-1,48	-1,88	-4,59	4,46	1,75	-2,35	-4,67	3,99	2,27
	2-3	1,07	-1,07	0,29	-0,29	-2,46	-2,46	2,46	2,46	1,42	-1,42	-1,1	-3,82	3,82	1,10	-1,60	-3,32	3,32	1,60
	3-4	1,07	-1,07	0,29	-0,29	-2,46	-2,46	2,46	2,46	1,42	-1,42	-1,1	-3,82	3,82	1,10	-1,60	-3,32	3,32	1,60
Niveau 3	1-2	1,02	-1,12	0,27	-0,30	-4,6	-4,6	4,6	4,6	1,34	-1,48	-3,31	-6,02	5,89	3,18	-3,78	-5,50	5,42	3,7
	2-3	1,07	-1,07	0,29	-0,29	-3,54	-3,54	3,54	3,54	1,42	-1,42	-2,18	-4,90	4,90	2,18	-2,68	-4,40	4,40	2,68
	3-4	1,07	-1,07	0,29	-0,29	-3,54	-3,54	3,54	3,54	1,42	-1,42	-2,18	-4,90	4,90	2,18	-2,68	-4,40	4,40	2,68
Niveau 2	1-2	1,02	-1,12	0,27	-0,30	-5,52	-5,52	5,52	5,52	1,34	-1,48	-4,23	-6,94	6,81	4,10	-4,70	-6,42	6,34	4,62
	2-3	1,07	-1,07	0,29	-0,29	-3,88	-3,88	3,88	3,88	1,42	-1,42	-2,52	-5,24	5,24	2,52	-3,02	-4,74	4,74	3,02
	3-4	1,07	-1,07	0,29	-0,29	-3,88	-3,88	3,88	3,88	1,42	-1,42	-2,52	-5,24	5,24	2,52	-3,02	-4,74	4,74	3,02
Niveau 1	1-2	1,02	-1,12	0,27	-0,30	-7,05	-7,05	7,05	7,05	1,34	-1,48	-5,76	-8,47	8,34	5,63	-6,23	-7,95	7,87	6,15
	2-3	1,07	-1,07	0,29	-0,29	-5,4	-5,4	5,4	5,4	1,42	-1,42	-4,04	-6,76	6,76	4,04	-4,54	-6,26	6,26	4,54
	3-4	1,07	-1,07	0,29	-0,29	-5,4	-5,4	5,4	5,4	1,42	-1,42	-4,04	-6,76	6,76	4,04	-4,54	-6,26	6,26	4,54
R. D.C.	1-2	1,02	-1,12	0,27	-0,30	-6,75	-6,75	6,75	6,75	1,34	-1,48	-5,46	-8,17	8,04	5,33	-5,93	-7,65	7,57	5,85
	2-3	1,07	-1,07	0,29	-0,29	-5,60	-5,60	5,60	5,60	1,42	-1,42	-4,24	-6,96	6,96	4,24	-4,74	-6,46	6,46	4,74
	3-4	1,07	-1,07	0,29	-0,29	-5,60	-5,60	5,60	5,60	1,42	-1,42	-4,24	-6,96	6,96	4,24	-4,74	-6,46	6,46	4,74

-LS-

Combinaison des efforts tranchants dans les poutres —o— Portique transversal de rive —o—

Niveaux	Travaux	G		S		\vec{E}		\vec{E}		G + 1,2 S		G + S + \vec{E}		G + S + \vec{E}		0,8G + \vec{E}		0,8G + \vec{E}	
		T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d
Terrasse	0-1	/	-1,62	/	-0,22	/	/	/	/	/	-2,08	/	-2,04	/	2,04	/	-1,46	/	-1,46
	1-2	3,61	-3,39	0,38	-0,47	-1,07	-1,07	1,07	1,07	4,07	-3,95	2,92	-4,93	5,06	-2,79	1,82	-3,78	3,96	-1,64
	2-3	2,8	-2,8	0,34	-0,34	-1,23	-1,23	1,23	1,23	3,21	-3,21	1,91	-4,37	4,37	-1,91	1,01	-3,47	3,47	-1,01
Niveau 4	0-1	/	-1,51	/	-0,78	/	/	/	/	/	-2,45	/	-2,29	/	-2,29	/	-1,21	/	-1,21
	1-2	2,88	-2,92	0,76	-0,74	-2,42	-2,42	2,42	2,42	3,79	-3,81	1,22	-6,08	6,06	-1,24	-0,12	-4,76	4,72	0,08
	2-3	2,32	-2,32	0,77	-0,43	-2,82	-2,82	2,82	2,82	3,24	-2,84	0,27	-5,57	5,91	0,07	-0,96	-4,68	4,68	0,96
Niveau 3	0-1	/	-1,51	/	-0,78	/	/	/	/	/	-2,45	/	-2,29	/	-2,29	/	-1,21	/	-1,21
	1-2	2,88	-2,92	0,76	-0,74	-3,55	-3,55	3,55	3,55	3,79	-3,81	0,09	-7,21	7,19	-0,11	-1,25	-5,89	5,85	1,21
	2-3	2,32	-2,32	0,77	-0,43	-4,06	-4,06	4,06	4,06	3,24	-2,84	-0,97	-6,81	7,15	1,31	-2,20	-5,92	5,92	2,20
Niveau 2	0-1	/	-1,51	/	-0,78	/	/	/	/	/	-2,45	/	-2,29	/	-2,29	/	-1,21	/	-1,21
	1-2	2,88	-2,92	0,76	-0,74	-4,44	-4,44	4,44	4,44	3,79	-3,81	-0,80	-8,10	8,08	0,78	-2,14	-6,78	6,74	2,10
	2-3	2,32	-2,32	0,77	-0,43	-5,08	-5,08	5,08	5,08	3,24	-2,84	-1,99	-7,83	8,17	2,33	-3,22	-6,94	6,94	3,22
Niveau 1	0-1	/	-1,51	/	-0,78	/	/	/	/	/	-2,45	/	-2,29	/	-2,29	/	-1,21	/	-1,21
	1-2	2,88	-2,92	0,76	-0,74	-5,38	-5,38	5,38	5,38	3,79	-3,81	-1,74	-9,04	9,02	1,72	-3,08	-7,72	7,68	3,04
	2-3	2,32	-2,32	0,77	-0,43	-6,15	-6,15	6,15	6,15	3,24	-2,84	-3,06	-8,90	9,24	3,40	-4,29	-8,01	8,01	4,29
R.D.C	0-1	/	-1,51	/	-0,78	/	/	/	/	/	-2,45	/	-2,29	/	-2,29	/	-1,21	/	-1,21
	1-2	2,88	-2,92	0,76	-0,74	-5,60	-5,60	5,60	5,60	3,79	-3,81	-1,96	-9,26	9,24	1,94	-3,30	-7,94	7,90	3,26
	2-3	2,32	-2,32	0,77	-0,43	-6,41	-6,41	6,41	6,41	3,24	-2,84	-3,32	-9,16	9,50	3,66	-4,55	-8,27	8,27	4,55

-85-

Combinaison des efforts tranchants dans les poutres -o- Portique transversal intermédiaire -o-

Niveaux	Travées	G		S		\vec{E}		\bar{E}		G + 1,2S		G + S + \vec{E}		G + S + \bar{E}		0,8G + \vec{E}		0,8G + \bar{E}	
		T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d
Terrasse	0-1	/	-3,15	/	-0,44	/	/	/	/	/	-3,68	/	-3,59	/	-3,59	/	-2,52	/	-2,52
	1-2	5,98	-6,12	0,84	-0,86	-1,07	-1,07	1,07	1,07	6,99	-7,15	5,75	-8,05	7,89	-5,91	3,71	-5,97	5,85	-3,83
	2-3	4,84	-4,84	0,68	-0,68	-1,23	-1,23	1,23	1,23	+5,66	-5,66	4,29	-6,75	6,75	-4,29	2,64	-5,10	5,10	-2,64
Niveau 4	0-1	/	-2,52	/	-1,55	/	/	/	/	/	-4,38	/	-4,07	/	-4,07	/	-2,02	/	-2,02
	1-2	4,82	-4,88	1,52	-1,48	-2,42	-2,42	2,42	2,42	6,64	-6,66	3,92	-8,78	8,76	-3,94	1,44	-6,32	6,28	-1,48
	2-3	3,88	-3,88	1,20	1,20	-2,82	-2,82	2,82	2,82	5,32	-5,32	2,26	-7,9	7,9	-2,26	0,28	-5,92	5,92	-0,28
Niveau 3	0-1	/	-2,52	/	-1,55	/	/	/	/	/	-4,38	/	-4,07	/	-4,07	/	-2,02	/	-2,02
	1-2	4,82	-4,88	1,52	-1,48	-3,55	-3,55	3,55	3,55	6,64	-6,66	2,79	-9,91	9,89	-2,81	0,31	-7,45	7,41	-0,35
	2-3	3,88	-3,88	1,20	-1,20	-4,06	-4,06	4,06	4,06	5,32	-5,32	1,02	-9,14	9,14	-1,02	-0,96	-7,16	7,16	0,96
Niveau 2	0-1	/	-2,52	/	-1,55	/	/	/	/	/	-4,38	/	-4,07	/	-4,07	/	-2,02	/	-2,02
	1-2	4,82	-4,88	1,52	-1,48	-4,44	-4,44	4,44	4,44	6,64	-6,66	1,9	-10,8	10,78	-1,92	-0,58	-8,34	8,30	0,54
	2-3	3,88	-3,88	1,20	-1,20	-5,08	-5,08	5,08	5,08	5,32	-5,32	0	-10,16	10,16	0	-1,95	-8,18	8,18	1,98
Niveau 1	0-1	/	-2,52	/	-1,55	/	/	/	/	/	-4,38	/	-4,07	/	-4,07	/	-2,02	/	-2,02
	1-2	4,82	-4,88	1,52	-1,48	-5,38	-5,38	5,38	5,38	6,64	-6,66	0,96	-11,74	11,72	-0,98	-1,52	-9,28	9,24	1,48
	2-3	3,88	-3,88	1,20	-1,20	-6,15	-6,15	6,15	6,15	5,32	-5,32	-1,07	-11,23	11,23	1,07	-3,05	-9,25	9,25	3,05
R.D.C	0-1	/	-2,52	/	-1,55	/	/	/	/	/	-4,38	/	-4,07	/	-4,07	/	-2,02	/	-2,02
	1-2	4,82	-4,88	1,52	-1,48	-5,60	-5,60	5,60	5,60	6,64	-6,66	0,74	-11,96	11,94	-0,76	-1,74	-9,5	9,46	1,70
	2-3	3,88	-3,88	1,20	-1,20	-6,41	-6,41	6,41	6,41	5,32	-5,32	-1,33	-11,49	11,49	1,33	-3,31	-9,51	9,51	3,31

-59-

-o- Calcul des longrines -o-

Dimensions des longrines (30 x 30) dans les 2 sens.

Les longrines doivent être calculées pour résister à la traction sous l'action d'une force égale à : (N: force axiale du poteau en question)
 $N/15$ pour les terrains de consistance moyenne

$N/10$ ———— ———— meubles

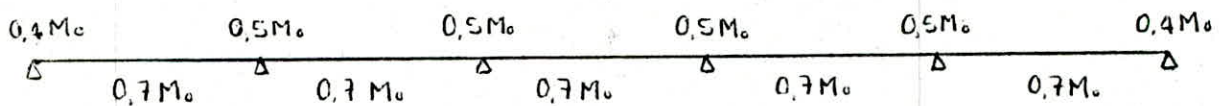
Le ferrailage minimum doit être 4T 12 avec des cadres dont l'espacement ne doit pas dépasser 20 cm

1/ charges verticales:

- poids de la longrine	$0,3 \times 0,3 \times 2500$	225 kg/m
- poids de la maçonnerie	$395 \times 3,1$	<u>1224,5 kg/m</u>
		$q = 1449,5 \text{ kg/m}$

Longrines longitudinales

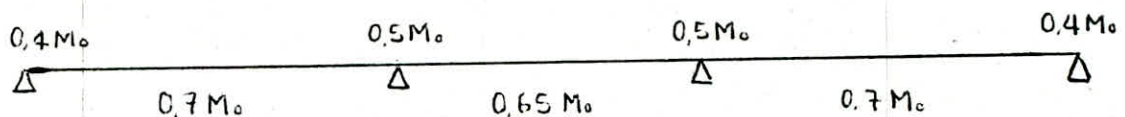
$$M_0 = ql^2/8 = \frac{1449,5 \cdot 3,4^2}{8} \cdot 10^{-3} = 2,0945 \text{ t.m}$$



$$0,4M_0 = 0,838 \text{ t.m} \quad ; \quad 0,5M_0 = 1,0472 \text{ t.m} \quad ; \quad 0,7M_0 = 1,466 \text{ t.m}$$

Longrines transversales:

$$M_0 = ql^2/8 = \frac{1449,5 \cdot 4,55^2}{8} \cdot 10^{-3} = 3,75 \text{ t.m}$$

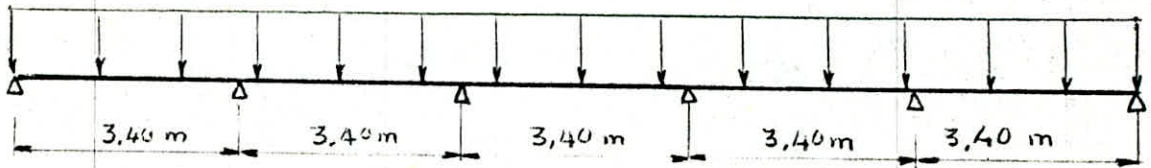


$$0,4M_0 = 1,5 \text{ t.m} \quad ; \quad 0,5M_0 = 1,875 \text{ t.m} \quad ; \quad 0,7M_0 = 2,626 \text{ t.m} \quad ; \quad 0,65M_0 = 2,438 \text{ t.m}$$

2/ les longrines doivent être calculées pour résister à la traction d'une force égale à $N = N_{max} / 10$ avec N_{max} : effort normal transmis par le poteau en question.

soit $N_{max} = 103,68 \text{ t}$

* Sens longitudinal: $N = 10,368$



$M_{ar} = 0,4 M_o = 0,838 \text{ t.m}$

$M_{ai} = 0,5 M_o = 1,0472 \text{ t.m}$

$M_t = 0,7 M_o = 1,466 \text{ t.m}$

Appui derive: $M = 0,838 \text{ t.m}$; $N = 10,368$

$e = \frac{M}{N} = 7,8 > \frac{h_t}{6} = 5 \text{ cm} \Rightarrow$ la section est partiellement tendue (S.P.T)

$A_a = \frac{M}{\gamma h \bar{\sigma}_a} + \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = 3,05 \text{ cm}^2$

Appui intermediaire: $M = 1,047 \text{ t.m}$; $N = 10,368 \text{ t}$

$e = \frac{M}{N} = 9,8 > \frac{h_t}{6} = 5 \text{ cm} \Rightarrow$ section partiellement tendue (S.P.T)

$A_a = \frac{M}{\gamma h \bar{\sigma}_a} + \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = 3,35 \text{ cm}^2$

En Travée: $M = 1,466 \text{ t.m}$ $N = 10,368 \text{ t}$

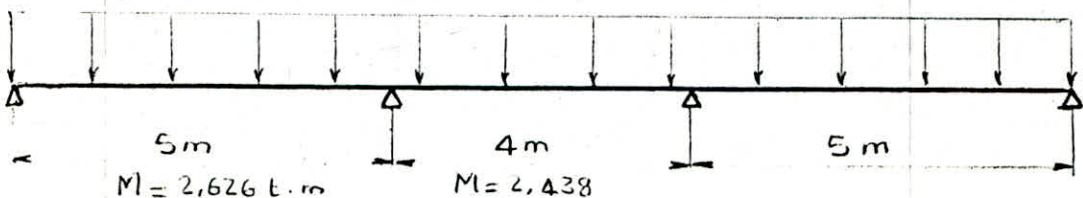
$e = \frac{M}{N} = 13,7 \text{ cm} > \frac{h_t}{6} = 5 \text{ cm} \Rightarrow$ section partiellement tendue (S.P.T)

$A_t = \frac{M}{\gamma h \bar{\sigma}_a} + \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = 3,97 \text{ cm}^2$

Ferrailage adopté: à l'appui: $A = 3712 = 3,39 \text{ cm}^2$

en Travée: $A = 3714 = 4,62 \text{ cm}^2$

* sens transversal: $N = 10,368 \text{ t}$



En Appui : $M = 1,875 \text{ t.m}$ $N = 10,368 \text{ t}$

$$\alpha = \frac{M}{N} = 17,5 \text{ cm} > \frac{h_f}{6} = 5 \text{ cm} \Rightarrow \text{section partiellement tendue}$$

$$A_a = \frac{M}{\alpha h \bar{\sigma}_a} + \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = 4,57 \text{ cm}^2$$

En Traversée : $M = 2,438 \text{ t.m}$, $N = 10,368 \text{ t}$

Armatures transversales :

$$T_{\text{trans}} = \frac{q l}{2} - \frac{|M_e - M_w|}{l} = 3,55 \text{ t}$$

$$T_{\text{long}} = \frac{q l}{2} - \frac{|M_e - M_w|}{l} = 2,4 \text{ t}$$

$$\tau_{\text{trans}} = \frac{T_{\text{trans}}}{b \cdot z} = \frac{3,55 \cdot 10^3}{30 \cdot 0,86 \cdot 27} = 5,096 \text{ kg/cm}^2 < 2,5 \bar{\sigma}_b = 14,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\text{long}} = \frac{T_{\text{long}}}{b \cdot z} = \frac{2,4 \cdot 10^3}{30 \cdot 0,86 \cdot 27} = 3,445 \text{ kg/cm}^2 < 2,5 \bar{\sigma}_b = 14,75 \text{ kg/cm}^2$$

on adopte comme armatures transversales 1 cadre et 1 étrier en $\emptyset 8$

(FeE 24) $A_t = 2,01 \text{ cm}^2$ $\bar{\sigma}_{at} = 1600 \text{ kg/cm}^2$

$$t = \frac{A_t \cdot 2 \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = \frac{1,13 \cdot 7/8 \cdot 27 \cdot 1600}{3,55 \cdot 10^3} = 21,4 \text{ cm}$$

d'après le R.P.A 81 $t \leq 20 \text{ cm}$

on adopte donc $t = 20 \text{ cm}$ dans les 2 sens

-o- Ferraillage -o-

1/ Ferraillage des poteaux:

1/ Armatures longitudinales:

Le ferraillage des poteaux est calculé en flexion composée. Trois cas peuvent se présenter:

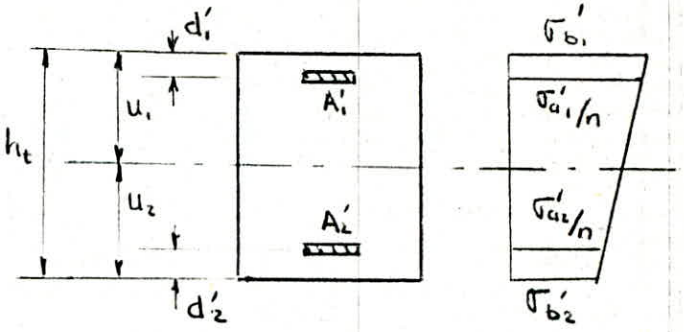
a/ Section entièrement comprimée:

$$e_0 = \frac{M}{N} < e_1 = \frac{h_t}{6}$$

- Calcul des armatures:

$$\bar{\sigma}_b' = \bar{\sigma}_{b_0}' \left(1 + 2 \frac{e_0}{h_t} \right)$$

$$\rho = \bar{\sigma}_b' \frac{b h_t}{N}; \quad \beta = \frac{6e_0}{h_t}; \quad s = \frac{d}{h_t}$$



$$D = 0.3(\rho - \beta) - 0.9(1 - \rho)(1 - 2s)^2; \quad E = \rho - 1 - \beta; \quad c = 0.27(1 - 2s)^2 \cdot \rho$$

$$w' = \frac{-D + \sqrt{D^2 - 4CE}}{2C} \longrightarrow A'_1 = A'_2 = w' \frac{b h_t}{100}$$

- Vérification des contraintes:

$$A'_1 = A'_2; \quad u_1 = u_2 = \frac{h_t}{2}; \quad B'_0 = b h_t + 2n A'$$

$$I_{xx} = \frac{b h_t^3}{12} + 2n A \left(\frac{h_t}{2} - d \right)^2; \quad \bar{\sigma}_{b_1/b_2}' = \frac{N}{B'_0} \pm \frac{M}{I_{xx}} \cdot \frac{h_t}{2}; \quad \bar{\sigma}_a' = 15 \bar{\sigma}_b'$$

b/ Section partiellement comprimée:

$$e_0 = \frac{M}{N} < e_1 = \frac{h_t}{6}$$

- Calcul des armatures: $M_b = N \cdot f$

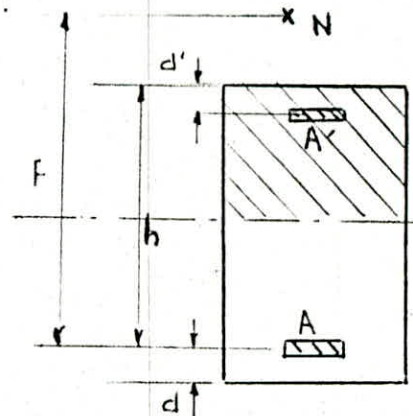
$$M_b \longrightarrow \sigma_b \text{ et } \sigma_b' \longrightarrow A = \sigma_b - \frac{N}{\bar{\sigma}_a}; \quad A' = \sigma_b'$$

- Vérification des armatures: $c = \frac{h_t}{2} - e_0$

$$P = -3c^2 + \frac{6n}{b} \left[(h_t - d - c) A - A'(c - d') \right]$$

$$Q = -2c^3 - \frac{6n}{b} \left[A'(c - d')^2 + A(h_t - d - c)^2 \right] \longrightarrow y_2^3 + P y_2 + Q = 0 \longrightarrow y_1 = y_2 + c$$

$$A = A' \Rightarrow \left. \begin{aligned} S &= \frac{b}{2} y_1^2 + n A [2y_1 - h_t] \\ k &= N/S \end{aligned} \right\} \longrightarrow \begin{cases} \sigma_b' = k y_1 \\ \sigma_a' = 15k (y_1 - d') \\ \sigma_a = 15k (h - y_1) \end{cases}$$

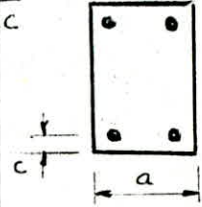


c/ Cas de la compression simple:

$$A_{\text{necess}} = \max \left\{ \begin{array}{l} A'_{\text{min}} = \frac{1,25}{1000} \theta_1 \theta_2 \theta_3 \frac{N}{\overline{\sigma}_{bc}} \\ A' = \frac{N - B \cdot \overline{\sigma}_{bc}}{n \cdot \overline{\sigma}_{bc}} \end{array} \right.$$

$$\theta_1 = \begin{cases} 1 & \text{poteau de centre} \\ 1,4 & \text{poteau de rive} \\ 1,8 & \text{poteau d'angle} \end{cases}$$

$$\theta_2 = 1 + \frac{l_c}{4a - 2c}$$



$$A_{\text{necc}} = 17,31 \text{ cm}^2$$

$$\theta_3 = 1 + \frac{2160}{\overline{\sigma}_{bc}}$$

* Calcul de l'élançement: $\lambda = \frac{l_c}{i}$

$$l_c = 0,7l_0 ; i = \sqrt{\frac{I}{B}} ; I = \frac{ba^3}{12} ; B = a \cdot b$$

$$a = 40 \text{ cm}, b = 45 \text{ cm}, l_0 = 3,10 \text{ m} \rightarrow l_c = 2,17, \lambda = 18,79$$

$\lambda < 50$ on ne tient pas compte du flambement

* pourcentage minimal d'armatures longitudinales est de 1% (R.P.A 81)

$$A_{\text{min}} (\text{R.P.A}) = \frac{40 \times 45}{100} = 18 \text{ cm}^2$$

* pourcentage maximum d'armatures longitudinales est de 4% (R.P.A 81)

$$A_{\text{max}} (\text{R.P.A}) = 4 \frac{40 \times 45}{100} = 72 \text{ cm}^2$$

$$18 \text{ cm}^2 \leq A_l \leq 72 \text{ cm}^2$$

2 Détermination des armatures transversales:

$$t = \frac{A_t - h_f \cdot \overline{\sigma}_{bc}}{1,25T}$$

T: effort tranchant dans les poteaux

indiqué dans l'article 4.2.2.1 R.P.A 81

A_t : section d'armatures transversales

* $\phi_t \approx 0,3 \phi_l$: diamètres respectifs des armatures transversale et longitudinale

$$t \leq \text{Min} (10 \phi_t, 15 \text{ cm}) \text{ en zone nodale } \quad h' = \text{Max} \left(\frac{h_f}{6}; b_f, h_f, 60 \text{ cm} \right)$$

$$t \leq 12 \phi_t = 24 \text{ cm} \text{ en zone courante on adopte } t' = 20 \text{ cm}$$

t: étant l'espacement des armatures transversales.

		2 ^{ème} Genre SP2												1 ^{er} Genre SP1					
		Sous Nmin et M _{corresp}						Sous Nmax et M _{corresp}											
Niveau	M _{L.m}	N _t	e ₀ _{cm}	e ₁ _{cm}	A _{cm²}	A' _{cm²}	M _{L.m}	N _t	e ₀ _{cm}	e ₁ _{cm}	A _{cm²}	A' _{cm²}	M _{L.m}	N _t	e ₀ _{cm}	e ₁ _{cm}	A _{cm²}	A' _{cm²}	
Sens Longitudinal	6	3,34	5,85	57,09	6,67	1,90	0	4,56	17,08	26,7	6,67	1,54	0	0,27	13,6	1,99	6,67	<0	<0
	5	6,96	10,08	69,00	6,67	4,19	0	7,8	34,9	22,35	6,67	1,98	0	0,19	26,7	0,71	6,67	<0	<0
	4	6,73	13,45	50,00	6,67	3,63	0	9,87	53,4	18,48	6,67	1,45	0	0,19	35,8	0,48	6,67	<0	<0
	3	7,38	16,01	46,00	6,67	3,83	0	10,8	72,44	14,91	6,67	<0	0	0,19	52,9	0,36	6,67	<0	<0
	2	8,24	17,78	46,34	6,67	4,29	0	12,12	92,04	13,17	6,67	<0	6,98	0,19	66,00	0,29	6,67	<0	<0
	1	11,76	18,52	63,50	6,67	7,09	0	17,64	113,9	15,49	6,67	<0	19,46*	0,16	80,10	0,20	6,67	<0	<0
Sens Transversal	6	3,87	5,71	67,78	7,5	1,97	0	2,99	17,69	16,90	7,5	0,02	0	1,14	16,76	6,8	7,5	<0	<0
	5	6,14	9,63	63,76	7,5	3,06	0	6,53	36,84	17,73	7,5	0,24	0	0,56	33,68	1,66	7,5	<0	<0
	4	7,68	12,48	61,54	7,5	3,77	0	8,40	57,31	14,66	7,5	<0	0	0,54	50,64	1,07	7,5	<0	<0
	3	8,39	14,46	58,02	7,5	4,04	0	9,25	78,80	11,74	7,5	<	0	0,54	67,61	0,80	7,5	<0	<0
	2	9,36	15,56	60,35	7,5	4,56	0	10,39	101,31	10,26	7,5	<0	A+A' 4,59	0,57	84,88	0,67	7,5	<0	<0
	1	13,29	19,51	68,12	7,5	6,77	0	15,95	126,35	12,62	7,5	<0	A+A' 16,23	0,49	103,68	0,47	7,5	<0	<0

on adopte au R.D.C $A = 3T 20 = 9,42 \text{ cm}^2$ pour chaque face du poteau

On fait une vérification pour le cas le plus défavorable qui est donné

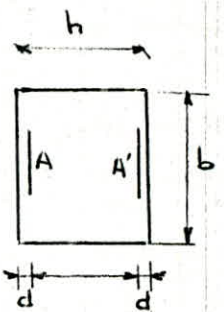
par $M = 17,64 \text{ tm}$ sous sp_2 $M/1,5 = 11,76$

$N = 113,9 \text{ t}$ sous sp_2 $N/1,5 = 75,93$

ce cas est déduit du sens Longitudinal :

$h_t = 40 \text{ cm}$, $b = 45 \text{ cm}$, $d = 4 \text{ cm}$

$A = A' = 9,42 \text{ cm}^2$



$c = \frac{h_t}{2} - \alpha_0 = 5,5 \text{ cm}$ $\alpha_0 = \frac{M}{N} = 15,49 \text{ (S.P.C)} > \frac{h_t}{6} = 6,67 \text{ cm}$

$P = -3c^2 + \frac{6n}{b} [(h_t - d - c)A - A'(c - d)] = 522,47$

$q = -2c^3 - \frac{6n}{b} [A'(c - d)^2 + A(h_t - d - c)^2] = 18867,64$

$y_2^3 + P y_2 + q = 0 \rightarrow y_2 = 20,2 \text{ cm} \rightarrow y_1 = y_2 + c = 25,7 \text{ cm}$

$S = \frac{b}{2} y_1^2 + nA [z y_1 - h_t] = 15072 \text{ cm}^3 \rightarrow K = \frac{N}{S} = 5,04 \text{ kg/cm}^3$

$\bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}_a' = 2800 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{\sigma}_b = \bar{\sigma}_b' (1 + 2 \frac{e_0}{h_t}) = 122 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{\sigma}_b' = K y_1 = 124 \text{ kg/cm}^2 \approx \bar{\sigma}_b'$

$\bar{\sigma}_a' = 15 K (y_1 - d') = 1565 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a'$

$\bar{\sigma}_a = 15 K (h - y) = 825,93 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$

Armatures transversales:

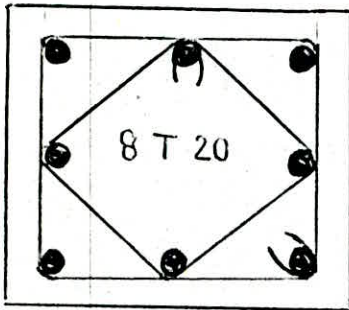
Niveaux	T (t)	2T (t)	h_t cm	A_t cm ²	t cm	\bar{E} cm	Z_b kg/cm ²	$\bar{\sigma}_b$ kg/cm ²	t adopté cm	h' cm
Terrasse	2,20	4,40	45	2,01	39,47	15	2,97	40,5	15	60
Niveau 4	4,10	8,20	45	2,01	21,18	15	5,54	40,5	15	60
Niveau 3	5,63	11,26	45	2,01	15,42	15	7,61	40,5	15	60
Niveau 2	6,79	13,58	45	2,01	12,79	15	9,18	40,5	10	60
Niveau 1	7,58	15,16	45	2,01	11,46	15	10,25	40,5	10	60
R.D.C	8,05	16,10	45	2,01	10,79	15	10,80	40,5	10	60

Longueur de recouvrement :

$$l_r = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,6 l_d = 0,6 \frac{\phi}{4} \frac{\bar{\sigma}_s}{\bar{\sigma}_d} ; \tau_d = 1,25 \psi_s^2 \bar{\sigma}_s \\ 50 \phi \quad (\text{RPA 81}) \end{array} \right.$$

$$l_r \leq \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{3} l_r ; 2,5 l_r \frac{\phi_c^2 \cdot \bar{\sigma}_{ent}}{\phi_s^2 \cdot \bar{\sigma}_{ent}} \end{array} \right.$$

Ferraillage adopté :



$$8 T 20 = 25,13 \text{ cm}^2$$

$$18 < 25,13 < 78 \quad \text{R.P.A}$$

— vérifiée —

les cadre sont en $\phi 8$ espacés de :

$$t = 10 \text{ cm} \quad \text{pour le niveaux : R.D.C - 1 - 2}$$

$$l = 15 \text{ cm} \quad \text{pour les autres niveaux.}$$

$$\underline{l_r = 1 \text{ m}}$$

II Ferrailage des poutres:

1/ Armatures longitudinales:

Les poutres sont ferrillées en flexion simple sous:

sp_1 si $1,5 M_{sp_1} > M_{sp_2}$ et sous sp_2 si $1,5 M_{sp_1} < M_{sp_2}$

Calcul des sections d'aciers:

$$M_{RB} = \bar{K} b h^2 \quad ; \quad \Delta M = M - M_{BR}$$

$$* \text{ si } \Delta M < 0 \Rightarrow A = \frac{M}{\gamma h \bar{\sigma}_a} \quad \text{et} \quad A' = 0$$

$$* \text{ si } \Delta M > 0 \Rightarrow A = \frac{M_{BR}}{\gamma h \bar{\sigma}_a} + \frac{\Delta M}{(h-d) \bar{\sigma}_a} \quad \text{et} \quad A' = \frac{\Delta M}{(h-d) \bar{\sigma}_a}$$

Vérification des contraintes

On utilise la méthode de "P. CHARON"

$$\text{on calcul } \tilde{\omega} = \frac{100A}{bh} \longrightarrow \begin{cases} \varepsilon \\ \kappa \end{cases}$$

$$\text{on calcul } \bar{\sigma}_a = \frac{M}{A \cdot E \cdot h} \quad \text{et} \quad \bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa}$$

on doit avoir $\bar{\sigma}_a < \bar{\sigma}_a$ et $\bar{\sigma}'_b < \bar{\sigma}'_b$

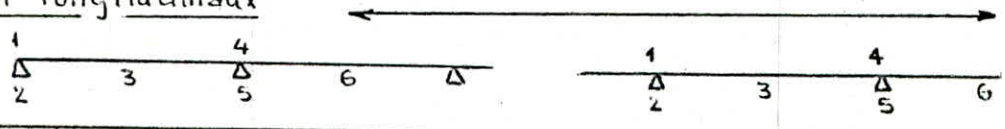
Vérification de la fissuration

on doit vérifier que $\max(\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2) > \bar{\sigma}_a = \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{en}$

$$\bar{\sigma}_1 = \frac{k_{\sigma}}{\phi} \frac{\tilde{\omega}_s}{1 + 10 \tilde{\omega}_s} \quad ; \quad \bar{\sigma}_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k_{\sigma}}{\phi} \bar{\sigma}_b}$$

pour cela on doit calculer $\bar{\sigma}_1$ et $\bar{\sigma}_2$ dans les sections les plus dangereuses du point de vue fissuration.

Calcul d'acier longitudinaux



		Sens longitudinal						Sens Transversal					
Section →		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Terrasse	M (t.m)	-3,47	2,74	* 1,37	-2,88	1,20	* 1,12	-6,86	2,02	* 5,65	* -3,92	1,44	* 2,83
	A (cm ²)	2,60	2,05	1,54	2,15	0,89	1,26	4,22	1,24	5,21	2,41	0,88	2,61
	A _{adop} (cm ²)	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	4,42	6,03	6,03	4,62	6,03	6,03
	A _{adop} (barres)	3T12	3T12	3T12	3T12	3T12	3T12	3T14	3T16	3T16	3T14	3T16	3T16
Niveau 4	M (t.m)	-7,43	6,5	2,63	-5,05	3,46	* 1,42	-11,3	6,49	* 5,62	-8,46	4,6	* 3,16
	A (cm ²)	5,56	4,86	1,97	3,78	2,59	1,59	6,9	3,99	5,19	5,2	2,83	2,92
	A _{adop} (cm ²)	6,88	6,88	4,62	4,62	4,62	4,62	8,29	6,03	6,03	6,03	6,03	6,03
	A _{adop} (barres)	3T14 + 2T12	3T14 + 2T12	3T14	3T14	3T14	3T14	3T16 + 2T12	3T16	3T16	3T16	3T16	3T16
Niveau 3	M (t.m)	-11,64	10,71	3,62	-7,27	5,68	* 1,42	-14,97	10,12	* 5,6	-10,93	7,08	* 3,17
	A (cm ²)	8,71	8,01	2,71	5,44	4,25	1,59	9,21	6,23	5,17	6,72	4,35	2,92
	A _{adop} (cm ²)	9,42	9,42	6,03	6,03	6,03	6,03	9,41	7,6	6,03	8,29	6,03	6,03
	A _{adop} (barres)	3T16 + 3T12	3T16 + 3T12	3T16	3T16	3T16	3T16	3T16 + 3T12	3T16 + 2T20	3T16	3T16 + 2T12	3T16	3T16
Niveau 2	M (t.m)	-14,19	13,26	4,08	-8,91	7,32	* 1,42	-17,83	12,98	* 5,6	-12,97	9,12	* 3,17
	A (cm ²)	10,60	9,92	3,05	6,67	5,48	1,59	10,96	7,98	5,17	7,98	5,61	2,92
	A _{adop} (cm ²)	10,65	10,65	6,03	8,38	6,03	6,03	12,06	9,41	6,03	9,41	6,03	6,03
	A _{adop} (barres)	3T16 + 3T14	3T16 + 3T14	3T16	3T16 3T10	3T16	3T16	6T16	3T16 + 3T12	3T16	3T16 + 3T12	3T16	3T16
Niveau 1	M (t.m)	-15,85	14,92	4,54	-9,66	8,05	* 1,42	-20,84	15,99	* 5,6	-15,12	11,27	* 3,17
	A (cm ²)	11,85	11,16	3,4	7,23	6,04	1,59	12,82	9,83	5,17	9,3	6,93	2,92
	A _{adop} (cm ²)	12,06	12,06	6,03	8,38	8,38	6,03	14,2	10,3	8,04	10,3	8,04	8,04
	A _{adop} (barres)	6T16	6T16	3T16	3T16 + 3T10	3T16 + 3T10	3T16	4T16 + 4T14	4T16 + 2T12	4T16	4T16 + 2T12	4T16	4T16
Niveau R.D.C	M (t.m)	-16,49	15,56	7,18	-16,49	9,37	* 1,42	-21,54	16,71	* 5,6	15,64	11,78	* 3,16
	A (cm ²)	12,25	11,64	5,37	12,28	7,01	1,59	13,25	10,3	5,17	9,62	7,25	2,92
	A _{adop} (cm ²)	12,56	12,56	8,04	12,56	8,04	8,04	14,32	10,3	8,04	10,3	8,04	8,04
	A _{adop} (barres)	4T16 + 4T12	4T16 + 4T12	4T16	4T16 + 4T12	4T16	4T16	6T16 + 2T12	4T16 + 2T12	4T16	4T16 + 2T12	4T16	4T16

Verification des contraintes :

		Sens longitudinal						Sens Transversal					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Section		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Niveau Terrasse	M (l.m)	3,47	2,74	*1,37	2,88	1,20	*1,12	6,86	2,02	*5,65	*3,92	1,44	2,83
	A _{ado} (cm ²)	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	4,62	6,03	6,03	4,62	6,03	6,03
	\tilde{w}	0,305	0,305	0,305	0,305	0,305	0,305	0,34	0,45	0,45	0,34	0,45	0,45
	$\bar{\sigma}_a$ kg/cm ²	3030	2393	*1196	2515	1048	*978	3630	829	*2319	*2075	591	1162
	$\bar{\sigma}_b'$ kg/cm ²	72	57	*29	60	25	*24	91	25	*69	*52	18	35
Niveau 4	M l.m	7,43	6,5	2,63	5,05	3,46	*1,42	11,3	6,49	*5,62	8,46	4,60	3,16
	A _{ado} cm ²	6,88	6,88	4,62	4,62	4,62	4,62	8,29	6,03	6,03	6,03	6,03	6,03
	\tilde{w}	0,62	0,62	0,42	0,42	0,42	0,42	0,61	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
	$\bar{\sigma}_a$ kg/cm ²	3302	2883	1708	3020	2247	*923	3424	2664	*2307	3472	1888	1297
	$\bar{\sigma}_b'$ kg/cm ²	118	103	49	93	64	*27	120	79	*68	103	56	39
Niveau 3	M l.m	11,64	10,71	3,62	7,27	5,68	*1,42	14,97	10,12	*5,6	10,93	7,08	3,17
	A _{ado} cm ²	9,42	9,42	6,03	6,03	6,03	6,03	9,41	7,60	6,03	8,29	6,03	6,03
	\tilde{w}	0,85	0,85	0,54	0,54	0,54	0,54	0,697	0,56	0,45	0,61	0,45	0,45
	$\bar{\sigma}_a$ kg/cm ²	3844	3637	1823	3461	2861	*716	4026	3331	*2299	3312	2906	1301
	$\bar{\sigma}_b'$ kg/cm ²	167	154	60	121	94	*24	155	112	*68	117	86	39
Niveau 2	M l.m	14,19	13,26	4,08	8,91	7,32	*1,42	17,83	12,98	*5,60	12,97	9,12	3,17
	A _{ado} cm ²	10,65	10,65	6,03	8,38	6,03	8,38	12,06	9,41	6,03	9,41	6,03	6,03
	\tilde{w}	0,96	0,96	0,54	0,75	0,54	0,75	0,89	0,697	0,45	0,697	0,45	0,45
	$\bar{\sigma}_a$ kg/cm ²	4175	3901	2056	3284	3686	*524	3791	3491	*2299	3488	3743	1301
	$\bar{\sigma}_b'$ kg/cm ²	196	183	68	132	121	*21	169	134	*68	134	111	39
Niveau 1	M l.m	15,85	14,92	4,54	9,66	8,67	*1,42	20,84	15,99	*5,60	15,12	11,27	3,17
	A _{ado} cm ²	12,06	12,06	6,03	8,38	6,03	8,38	14,2	10,3	8,04	10,3	8,04	8,04
	\tilde{w}	1,08	1,08	0,54	0,75	0,54	0,75	1,05	0,76	0,59	0,76	0,59	0,59
	$\bar{\sigma}_a$ kg/cm ²	3024	3503	2287	3561	4004	*524	3800	3946	*1747	3731	3515	989
	$\bar{\sigma}_b'$ kg/cm ²	135	197	75	142	134	*21	188	160	*61	151	122	35
Niveau R.D.C	M l.m	16,49	15,56	7,18	16,49	9,37	*1,42	21,54	16,71	*5,60	15,64	11,78	3,16
	A _{ado} cm ²	12,56	12,56	8,04	12,56	8,04	8,04	14,32	10,3	8,04	10,3	8,04	8,04
	\tilde{w}	1,13	1,13	0,72	1,13	0,72	0,72	1,06	0,76	0,59	0,76	0,59	0,59
	$\bar{\sigma}_a$ kg/cm ²	3070	3920	2753	3070	3593	*545	3898	4123	*1747	3859	3674	986
	$\bar{\sigma}_b'$ kg/cm ²	137	204	108	137	141	*22	194	167	*61	156	127	34

Vérification de la fissuration :

	Niveau	A (cm ²)	B _J (cm ²)	$\tilde{\omega}_c$	$\bar{\sigma}_1$ (kg/cm ²)	$\bar{\sigma}_2$ (kg/cm ²)	max($\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2$)	$\bar{\sigma}_a$ sp ₂
Sens Longitudinal	Terrasse	3,39	180	0,019	4789,9	3910,6	4789,9	4200
	4	6,88	240	0,0237	5734,3	3620,5	5734,3	4200
	3	9,42	240	0,0390	6312,9	3386,7	6312,9	4200
	2	10,65	240	0,044	6875	3386,7	6875	4200
	1	12,06	240	0,05	7499,9	3386,7	7499,9	4200
	R.D.C	12,56	240	0,052	7697,4	3386,7	7697,4	4200
Sens Transversal	Terrasse	4,62	180	0,0257	5257,4	3620,5	5257,4	4200
	4	8,29	300	0,0276	4866,77	3386,7	4866,77	4200
	3	9,41	300	0,0314	5376,7	3386,7	5376,7	4200
	2	12,06	300	0,040	6428,6	3386,7	6428,6	4200
	1	14,2	300	0,0473	7225,05	3386,7	7225,05	4200
	R.D.C	14,32	300	0,0477	7266,4	3386,7	7266,4	4200

2/ Armatures transversales :

on doit vérifier : $\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} \leq \bar{\tau}_b$

$$\bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b \rightarrow \text{si } \sigma'_{b \max} \leq \bar{\sigma}'_{b0}$$

$$\bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{\sigma'_{b \max}}{\bar{\sigma}'_{b0}}\right) \bar{\sigma}_b \rightarrow \bar{\sigma}'_{b0} \leq \sigma'_{b \max} \leq 2 \bar{\sigma}'_{b0}$$

$$t = \frac{A_s \cdot z \cdot \bar{\sigma}_a}{T}$$

$$\rightarrow t \leq \max \begin{cases} t_1 = \left(1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b}\right) h \\ t_2 = 0,2 h \end{cases}$$

$$R.P.A \rightarrow t \leq \begin{cases} \text{Min}(h/4; 12\phi; 30\text{cm}) \text{ en zone nodale } (l' = 2h) \\ h/2 \text{ en zone courante.} \end{cases}$$

On utilise 1 cadre et 2 étriers au premier niveau $\phi 8$ ($A_e = 3,01 \text{ cm}^2$)

et 1 cadre et 1 étrier aux autres niveaux $\phi 8$ ($A_e = 2,01 \text{ cm}^2$)

longueur de la zone nodale est $l' = 90 \text{ cm}$

Au sens transversal on utilise 1 cadre + 2 étriers au 2 premiers niveaux

Sens	Niveaux	Travées	T _{max} (t)	\bar{V}' kg/cm ²	\bar{Z}_b kg/cm ²	\bar{C}_b kg/cm ²	A _e cm ²	t cm	\bar{E} cm	\bar{E} (RRA) (cm)				
										zone nodale	zone courante	zone nodale	zone courante	
										t (adopté) (cm)				
Sens Longitudinal $l' = 80 \text{ cm}$	Terrasse	1-2	3,9	72	3,9	30,97	2,01	38,97	31,2	10	20	10	20	
		2-3	3,42	60	3,42	30,97	2,01	44,4	31,8	10	20	10	20	
	4	1-2	5,71	118	5,71	29,7	2,01	26,63	29	10	20	10	20	
		2-3	4,77	93	4,77	30,97	2,01	31,86	30,15	10	20	10	20	
	3	1-2	7,61	167	7,61	25,5	2,01	19,97	26,7	10	20	10	20	
		2-3	6,67	120	6,67	29,5	2,01	25,04	28,5	10	20	10	20	
	2	1-2	8,54	195	8,54	23,02	2,01	17,8	25,52	10	20	10	20	
		2-3	6,51	132	6,51	28,51	2,01	23,35	28	10	20	10	20	
	1	1-2	9,51	135	9,54	28,25	2,01	15,93	24,3	10	20	10	20	
		2-3	7,49	142	7,49	27,6	2,01	20,3	26,9	10	20	10	20	
	R.D.C	1-2	10,11	137	10,11	28,1	3,01	22,5	23,6	10	20	10	20	
		2-3	8,24	137	8,24	28,1	3,01	27,6	25,9	10	20	10	20	
	Sens Transversal $l' = 90 \text{ cm}$	Terrasse	1-2	* 7,15	* 60,3	* 6,05	* 20,65	2,01	17,71	31,15	12,5	25	12	25
			2-3	* 5,66	* 34,6	* 4,5	* 20,65	2,01	22,37	34,7	12,5	25	12	25
4		1-2	* 6,66	* 80,33	* 5,6	* 19,6	2,01	19,00	32,2	12,5	25	12	25	
		2-3	* 5,32	* 68,1	* 4,5	* 20,65	2,01	23,8	34,5	12,5	25	12	25	
3		1-2	* 6,66	* 102,8	* 5,6	* 26,5	2,01	19,07	32,2	12,5	25	12	25	
		2-3	9,14	116,8	7,74	29,78	2,01	20,8	33,13	12,5	25	12	25	
2		1-2	10,8	168,5	9,14	25,3	2,01	17,6	30,90	12,5	25	12	25	
		2-3	10,16	133,6	8,6	28,32	2,01	18,7	31,8	12,5	25	12	25	
1		1-2	11,74	187,16	9,94	23,9	3,01	24,3	29,75	12,5	25	12	25	
		2-3	11,23	150,4	9,51	26,9	3,01	25,33	30,4	12,5	25	12	25	
R.D.C		1-2	11,96	193,9	10,12	23,2	3,01	23,80	29,47	12,5	25	12	25	
		2-3	11,49	155,6	9,73	26,43	3,01	24,76	30,07	12,5	25	12	25	

Condition de non entrainement des armatures :

On doit vérifier $\tau_d = \frac{T}{\eta_p z} \ll \bar{\tau}_d = 2 \psi_d \bar{f}_b$

T : effort tranchant

η_p : perimetre des barres tendues dans le béton

$\psi_d = 1,5$ pour les H.A

$\bar{\tau}_d = 17,7 \text{ kg/cm}^2$ sous Sp_1 et $\bar{\tau}_d = 26,55 \text{ kg/cm}^2$ sous Sp_2

	Sens Longitudinal						Sens Transversal					
Niveau	VI	V	IV	III	II	I	VI	V	IV	III	II	I
$T_{max (k)}$	3,9	5,71	7,61	8,54	9,54	10,11	7,11	6,66	6,66	10,8	11,74	11,96
η_p cm	11,3	13,19	15,08	15,08	24,5	35,18	13,19	15,08	22,62	26,38	27,6	27,6
$\bar{\tau}_d$ kg/cm ²	10,64	13,36	15,58	17,5	12,02	8,87	13,76	11,44	15,20	10,4	10,8	11
$\bar{\tau}_d$ kg/cm ²	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	17,7	17,7	17,7	26,55	26,55	26,55

Condition de non écrasement du béton :

$$r \gg 0,1 \phi \frac{\bar{f}_a}{\bar{f}_{bc}} \left(1 + \frac{\phi}{d_1} \right) \nu$$

r : rayon de courbure de diamètre ϕ

d_1 : distance du centre de courbure à la paroi la plus voisine

ν : dépend du nombre de lits d'armatures, 1 seul lit $\rightarrow \nu = 1$

on adopte $r = 6 \phi$ $d_1 = d + 6 \phi$

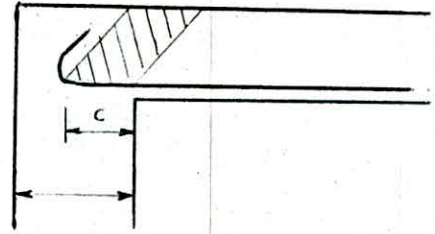
$$r_1 = 0,1 \phi \frac{\bar{f}_a}{\bar{f}_{bc}} \left(1 + \frac{\phi}{d_1} \right) \nu$$

	Sens Longitudinal $d=4\text{cm}$						Sens Transversal $d=4\text{cm}$					
Niveau	6	5	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1
ϕ cm	1,2	1,2	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,2	1,2	1,6	1,4	1,6
r_1 cm	5,43	5,43	5,43	6,37	7,31	5,43	6,37	5,43	5,43	7,31	6,37	7,31
r cm	7,2	7,2	7,2	8,4	9,6	7,2	8,4	7,2	7,2	9,6	8,4	9,6

Vérification de l'appui de rive :

$$A \geq \frac{T}{\bar{\sigma}_a}$$

$$c \leq c_0 \quad ; \quad c = \frac{2T}{\bar{\sigma}_{b_0} \cdot b_0} \quad ; \quad c_0 = a - (r + d)$$



sens Longitudinal $T_{max} = 10,11 \text{ t (spz)} \rightarrow c = 6,56 \text{ cm} < c_0 = 26,4 \text{ cm}$

sens Transversal $T_{max} = 11,96 \text{ t (spz)} \rightarrow c = 7,76 \text{ cm} < c_0 = 36,4 \text{ cm}$

Vérification de la flèche : (C.C.B.A 68 Art 61)

$$* \frac{A_{max}}{b \cdot h} < \frac{43}{\bar{\sigma}_{en}}$$

$$* \frac{h_t}{l} > \frac{1}{16}$$

$$* \frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0}$$

sens Longitudinal : $\frac{A_{max}}{b \cdot h} = \frac{804}{30 \times 37} = 7,24 \cdot 10^{-3} < \frac{43}{\bar{\sigma}_{en}} = \frac{43}{4200} = 10,2 \cdot 10^{-3}$

$$\frac{h_t}{l} = \frac{40}{310} = 0,129 > \frac{1}{16} = \frac{3,10}{16} = 0,0625$$

$$\frac{h_t}{l} = 0,129 > \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} \quad \text{car} \quad \frac{M_t}{M_0} < 1$$

sens transversal : $\frac{A_{max}}{b \cdot h} = \frac{804}{30 \times 45} = 5,9 \cdot 10^{-3} < \frac{43}{\bar{\sigma}_{en}} = 10,2 \cdot 10^{-3}$

$$\frac{h_t}{l} = \frac{50}{455} = 0,109 > \frac{1}{16} = 0,0625$$

$$\frac{h_t}{l} = 0,109 > \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} \quad \text{car} \quad \frac{M_t}{M_0} < 1$$

les 3 conditions étant vérifiées donc il n'est pas nécessaire de faire une justification de la flèche.

Calcul des Fondations

Introduction: Les fondations que nous allons calculer sont des fondations superficielles.

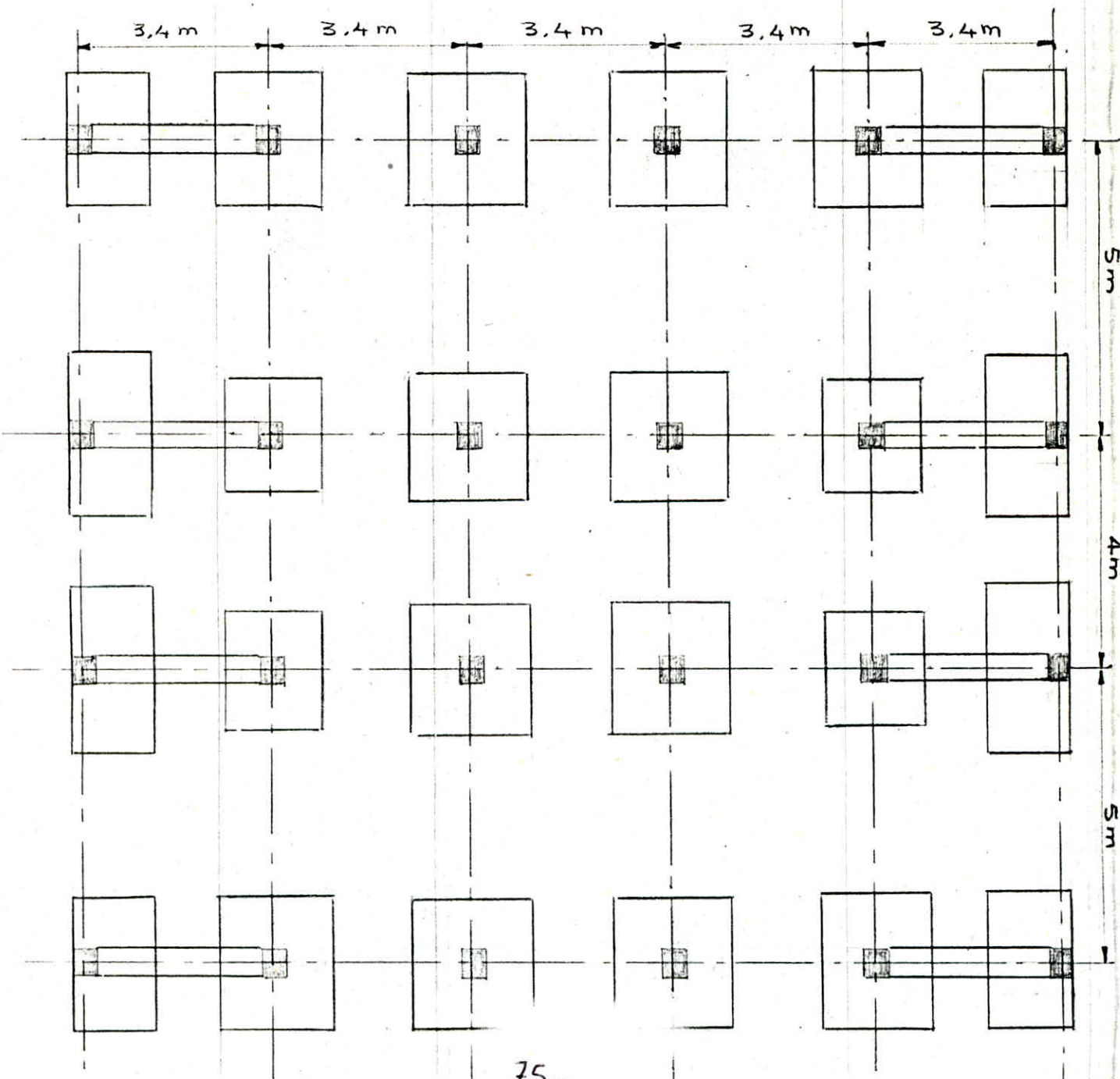
La contrainte admissible du sol est $2,5 \text{ kg/cm}^2$ à $1,80 \text{ m}$ d'ancrage

Nous aurons à calculer deux Types de fondations :

- * Semelles isolées centrées
- * Semelles excentrées avec poutre de redressement.

On disposera au dessous de la semelle une couche de béton de propreté de 10 cm d'épaisseur

Les Fondations seront calculées sous $G+1,2 S$ ($S P_1$)



Semelles isolée:

1/ Dimensionnement:

$$N = 103,7 \text{ t}$$

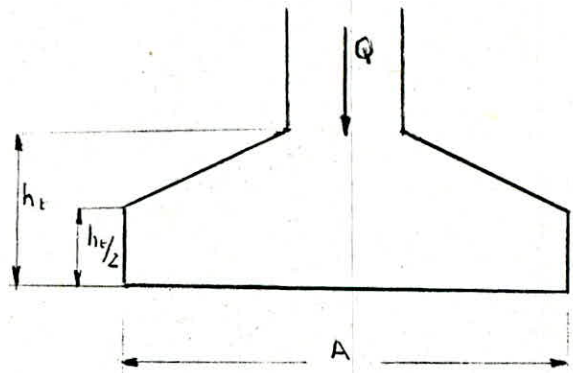
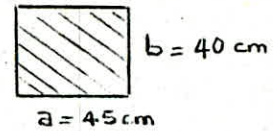
$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b} = \frac{9}{8}$$

$$\frac{N}{A \cdot B} \leq \bar{\sigma}_s \Rightarrow B \geq \sqrt{\frac{8}{9} \frac{N}{\bar{\sigma}_s}}$$

$$\sqrt{\frac{8}{9} \cdot \frac{103,7 \cdot 10^3}{2,5}} = 192 \text{ cm}$$

on prend $B = 200 \text{ cm}$ et $A = 220 \text{ cm}$

$$h > \frac{A-a}{4} = \frac{220-45}{4} = 43,75 \rightarrow \text{on prend } h = 45 \text{ cm}, h_t = 50 \text{ cm}$$



2/ Vérification du coffrage:

- poids de la semelle: P_s

$$2 \times 2,5 (0,25 \times 2,2 + 0,25 \times 0,45 + 0,875 \times 0,25) = 4,4 \text{ t}$$

- poids du demi-poteau: P_p

$$0,40 \times 0,45 \times 1,3 \times 2,5 = 0,585 \text{ t}$$

- Effort total: Q

$$Q = N + P_s + P_p = 103,7 + 4,4 + 0,585 = 108,685 \text{ t}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{Q}{A \cdot B} = \frac{108685}{200 \times 220} = 2,47 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_s = 2,5 \text{ kg/cm}^2$$

3/ Férrailage: (Méthode des Bielles)

$$\text{Sens longitudinal: } A' = \frac{Q(B-a)}{8 \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} = \frac{108685(200-40)}{8 \cdot 45 \cdot 2800} = 17,2 \text{ cm}^2$$

soit 12 T 14 = 18,48 cm²

$$\text{Sens transversal: } A' = \frac{Q(A-a)}{8 \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} = \frac{108685(220-45)}{8 \cdot 45 \cdot 2800} = 18,86 \text{ cm}^2$$

soit 13 T 14 = 20,02 cm²

4/ Vérification sous SP2:

$$\text{Sens longitudinal: } N_{\max} = 117,9 \text{ t} \rightarrow Q_{\max} = 118,88 \text{ t}$$

$$M_{\text{corresp}} = 17,64 \text{ t.m}$$

$$e = \frac{M}{Q} = \frac{17,64 \cdot 10^5}{118,88 \cdot 10^3} = 14,84 \text{ cm} < \frac{B}{4} = 50 \text{ cm}$$

$$S = AB = 2 \cdot 2,2 = 4,4 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{AB^3}{12} = 1,467 \text{ m}^4$$

$$v = 1 \text{ m}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{Q}{S} \pm \frac{M}{I} v \Rightarrow \begin{aligned} \sigma_1 &= 3,9 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 &= 1,5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned} \Rightarrow \sigma\left(\frac{A}{4}\right) = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} = 3,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma\left(\frac{A}{4}\right) = 3,3 \text{ kg/cm}^2 < \frac{4}{3} \cdot 1,5 \bar{\sigma}_s = 5 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q' = \sigma\left(\frac{A}{4}\right) \cdot A \cdot B = 145,2 \text{ t}$$

$$Q'(sp_2) < 1,5 Q(sp_1)$$

$$145,2 < 1,5 \times 108,685 \quad \text{--- vérifiée ---}$$

Sens transversal:

$$N_{\max} = 126,35 \text{ t} \longrightarrow Q_{\max} = 131,335 \text{ t}$$

$$M_{\text{corresp}} = 15,95 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$e = \frac{M}{Q} = \frac{15,95 \cdot 10^5}{131,335 \cdot 10^3} = 12,145 \text{ cm} < \frac{A}{4} = 55 \text{ cm}$$

$$S = AB = 4,4 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{BA^3}{12} = 1,775 \text{ m}^4$$

$$v = 1,2 \text{ m}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{Q}{S} \pm \frac{M}{I} v \Rightarrow \begin{aligned} \sigma_1 &= 3,09 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 &= 2,88 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned} \Rightarrow \sigma\left(\frac{A}{4}\right) = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} = 3,04 \text{ kg/cm}^2$$

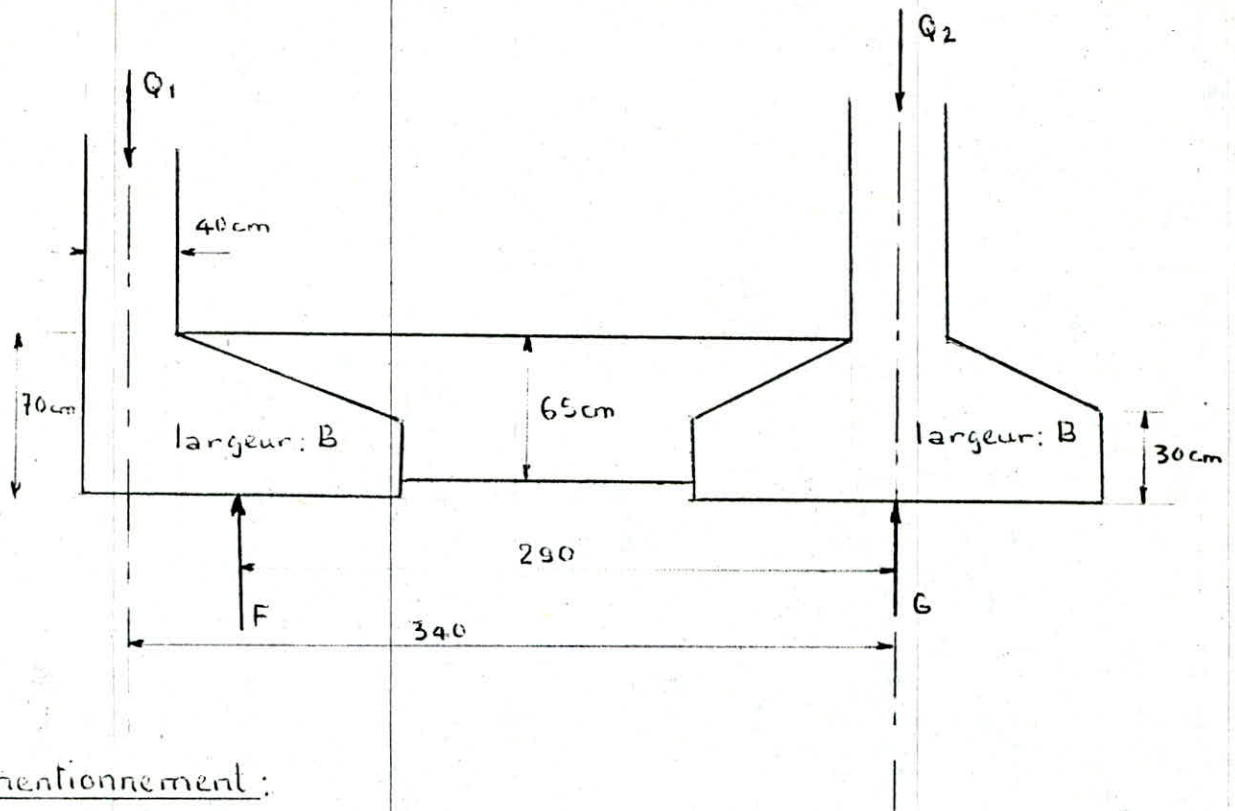
$$\sigma\left(\frac{A}{4}\right) = 3,04 \text{ kg/cm}^2 < 1,5 \cdot \frac{4}{3} \cdot \bar{\sigma}_s = 5 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q' = \sigma\left(\frac{A}{4}\right) \cdot A \cdot B = 133,65 \text{ t}$$

$$Q'(sp_2) < 1,5 Q(sp_1)$$

$$133,65 < 1,5 \times 108,685 \quad \text{--- vérifiée ---}$$

Calcul de la poutre de redressement de rive:



Prédimensionnement:

* poutre de redressement : $b = 45 \text{ cm}$; $h = 60 \text{ cm}$; $h_t = 45 \text{ cm}$

* semelles:

$$N_1 = 61,42 \text{ t} \Rightarrow Q_1 = N_1 + P_{s1}$$

P_{s1} : poids propre de la semelle excentrée

$$N_2 = 103,7 \text{ t} \Rightarrow Q_2 = N_2 + P_{s2}$$

P_{s2} : " " " " centrée

semelles excentrées : $A = 140 \text{ cm}$

$$F \approx \frac{61,42 \cdot 3,4}{2,50} = 72 \text{ t} \quad \bar{\sigma}_s > \frac{F}{S_1} \Rightarrow 2,5 > \frac{72 \cdot 10^3}{140 \cdot B} \Rightarrow B > \frac{72 \cdot 10^3}{2,5 \cdot 140}$$

On prend $B = 220 \text{ cm} \rightarrow P_{s1} = 2,2 [1,4 \cdot 0,3 + 0,4 \cdot 0,35 + 0,35 \cdot 0,5] 2,5 = 4,04 \text{ t}$

$$Q_1 = 61,42 + 4,04 = 65,46 \text{ t}$$

semelles centrées

$$G \approx Q_1 + N_2 - F \quad ; \quad F = \frac{65,46 \cdot 3,4}{2,5} = 76,75 \quad ; \quad G = 94,41$$

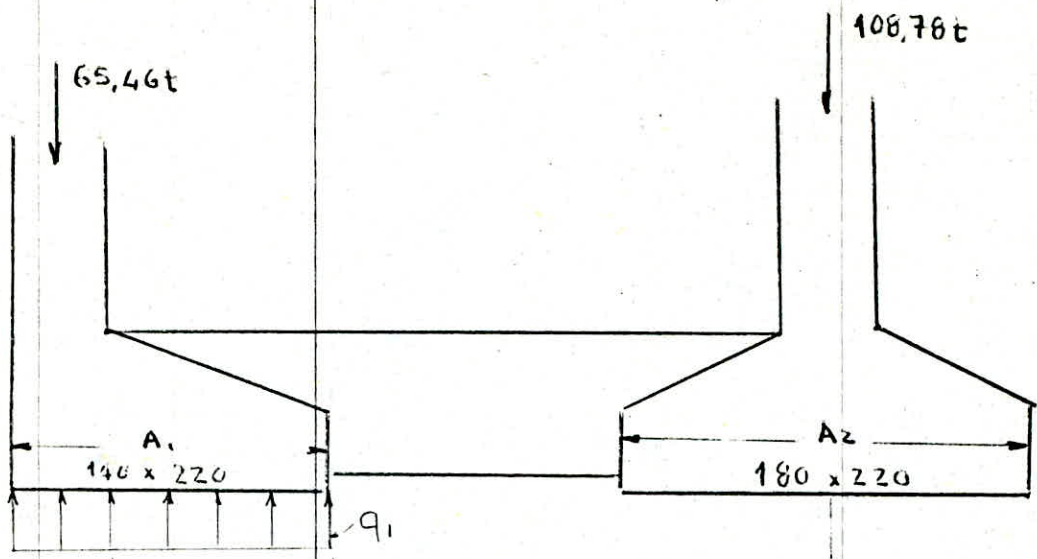
$$\bar{\sigma}_s > \frac{G}{S_2} \Rightarrow 2,5 > \frac{94,41 \cdot 10^3}{220 \cdot A} \Rightarrow A > \frac{94,41 \cdot 10^3}{220 \cdot 2,5} = 171,64$$

on prend $A = 180 \text{ cm}$, $B = 220 \text{ cm}$

$$P_{s2} = 2,2 [1,8 \cdot 0,3 + 0,4 \cdot 0,35 + 0,70 \cdot 0,35] 2,5 = 5,08 \text{ t}$$

$$Q_2 = 103,7 + 5,08 = 108,78 \text{ t}$$

$$G = Q_1 + Q_2 - F = 65,46 + 108,78 - 76,75 = 97,49 \text{ t}$$



$$q_1 = \frac{F}{A_1} = 54,82 \text{ t/ml}$$

Diagramme des efforts tranchant

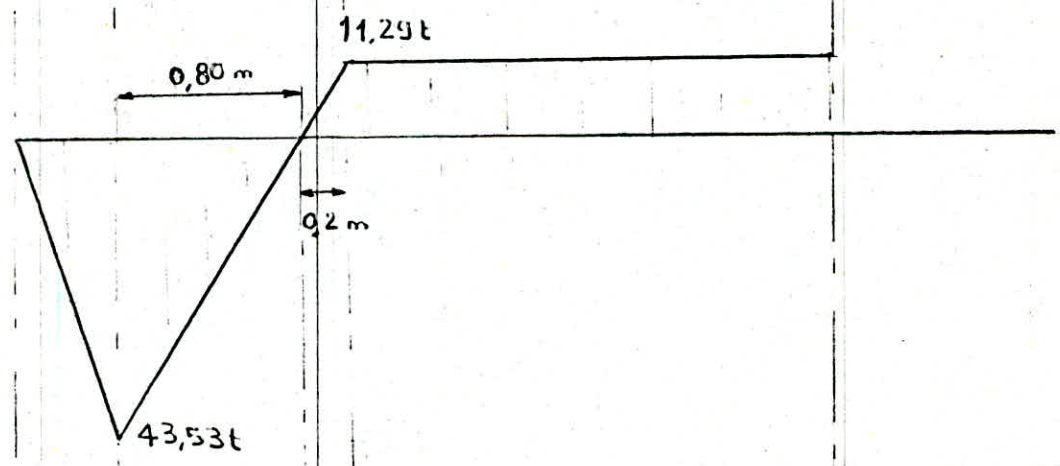
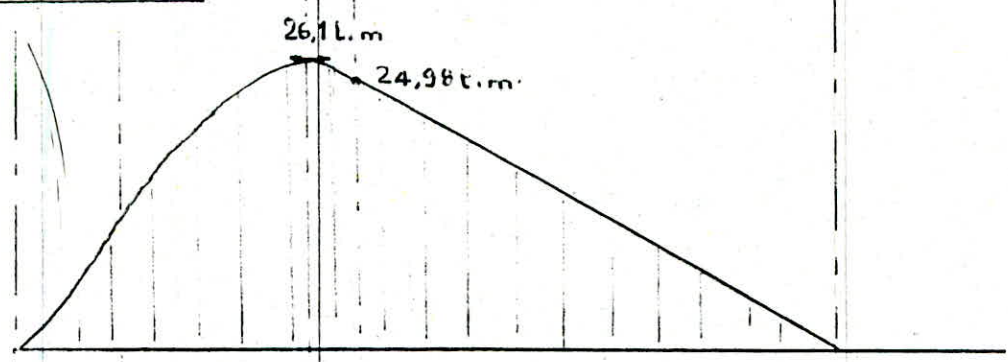


Diagramme des moments:



Ferraillage:

Armatures longitudinales:

$$M = 26,1 \text{ t.m}$$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \cdot 26,1 \cdot 10^5}{2800 \cdot 45 \cdot 60^2} = 0,0863 \rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,8815 \\ k = 27,2 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{27,2} = 102,9 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} = \frac{26,1 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8815 \cdot 60} = 17,62 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } \underline{6 \text{ T } 20 = 18,84 \text{ cm}^2}$$

$$\omega = \frac{100 A}{b h} = \frac{1884}{45 \cdot 60} = 0,6978 \rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,8783 \\ k = 26,1 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{\varepsilon \cdot h \cdot A} = \frac{26,1 \cdot 10^5}{0,8783 \cdot 60 \cdot 18,84} = 2629 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2629}{26,1} = 100,72 \text{ kg/cm}^2$$

Armature transversales:

$$\underline{T_{\max} = 43,53 \text{ t}}$$

$$\tau_L = \frac{T_{\max}}{b \cdot z} = \frac{43,53 \cdot 10^3}{45 \cdot 0,8783 \cdot 60} = 18,35 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{\bar{\sigma}_b'}{\bar{\sigma}_b'} \right) \bar{\sigma}_b = 18,4 \text{ kg/cm}^2$$

au niveau du poteau l'effort tranchant dans la poutre de redressement est important, pour cela on prend 2 cadres en T 10 $\Rightarrow A_c = 3,14 \text{ cm}^2$

$$\bar{\sigma}_{at} = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ (ou bien 1 cadre et 1 étrier)}$$

$$t = \frac{A_c \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = \frac{3,14 \cdot 0,878 \cdot 2800}{43,53 \cdot 10^3} = 10,64 \text{ cm}^2$$

$$\bar{t} = \max \begin{cases} \left(1 - 0,3 \frac{\tau_L}{\bar{\tau}_b} \right) h = 4 \text{ cm} \\ 0,2 h = 12 \text{ cm} \end{cases} = 12 \text{ cm}$$

donc on adopte $\underline{t = 10 \text{ cm}}$ pour $\underline{T = 43,53 \text{ t}}$

$$\underline{T = 11,29 \text{ t}} \rightarrow \tau_L < \bar{\tau}_b \quad 2 \text{ cadres } \Phi 10$$

$$\tau_b = \frac{T}{b^2} = 4,76 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \bar{t} = \max \begin{cases} \left(1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b}\right) h = 45,5 \text{ cm} \\ 0,2h = 12 \text{ cm} \end{cases}$$

$$t = \frac{A_c \cdot z \cdot \bar{\sigma}_c}{T} = \frac{3,14 \cdot 0,878 \cdot 1600 \cdot 60}{11,29 \cdot 10^3} = 23,4 \text{ m}$$

on prend $t = 20 \text{ cm}$ pour $T = 11,29 \text{ t}$ (cadres en $\phi 10$)

armatures de construction ou armatures inférieures de la poutre de redressement: on adopte 4 T 12

Semelle excentrée: $A = 140 \text{ cm}$ $B = 220 \text{ cm}$ $F = 76,75 \text{ t}$

Sens transversal:

$$A' = \frac{F(B-b)}{8 \cdot h \cdot \bar{\sigma}_c} = \frac{76,75 \cdot 10^3 (220 - 45)}{8 \cdot 65 \cdot 2800} = 9,20 \text{ cm}^2 \rightarrow 9 \text{ T 12}$$

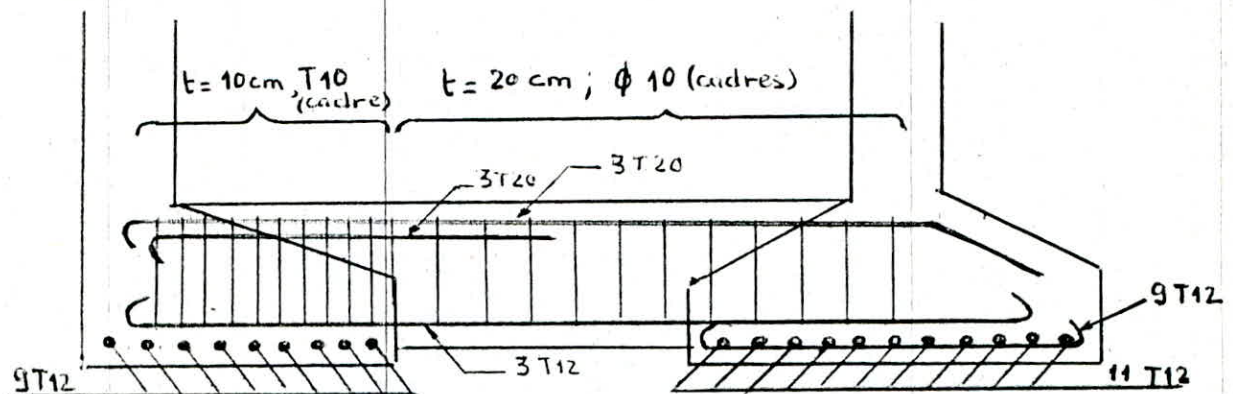
Semelle centrée: $A = 180 \text{ cm}$ $B = 220 \text{ cm}$ $G = 97,49 \text{ t}$

Sens transversal:

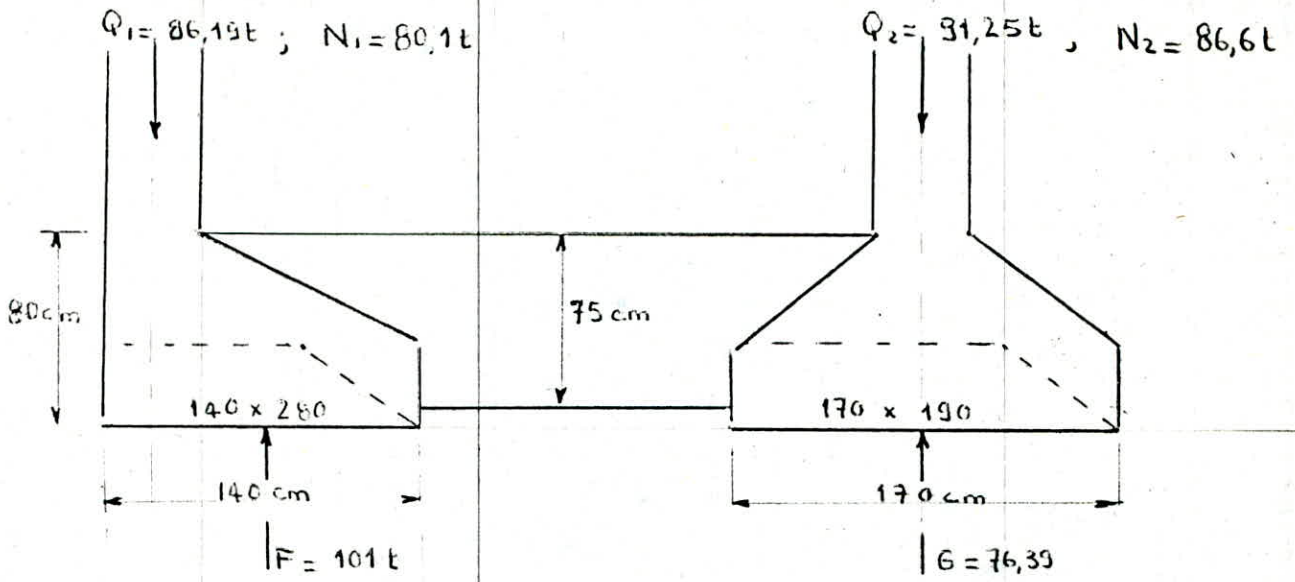
$$A' = \frac{G(B-b)}{8 \cdot h \cdot \bar{\sigma}_c} = \frac{97,49 \cdot 10^3 (220 - 45)}{8 \cdot 65 \cdot 2800} = 11,71 \text{ cm}^2 \rightarrow 11, \text{ T 12}$$

sens longitudinal:

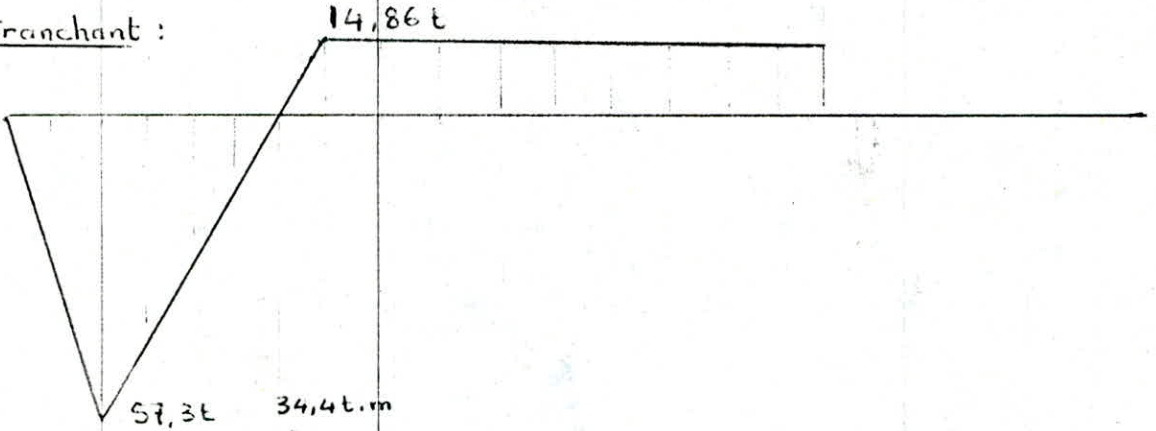
$$A' = \frac{G(A-a)}{8 \cdot h \cdot \bar{\sigma}_c} = \frac{97,49 \cdot 10^3 (180 - 40)}{8 \cdot 65 \cdot 2800} = 9,37 \text{ cm}^2 \rightarrow 9 \text{ T 12}$$



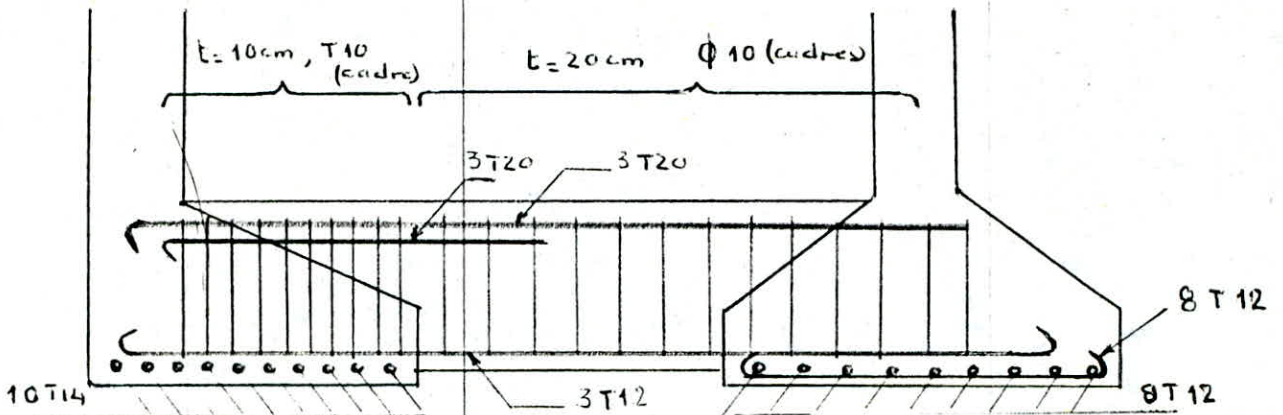
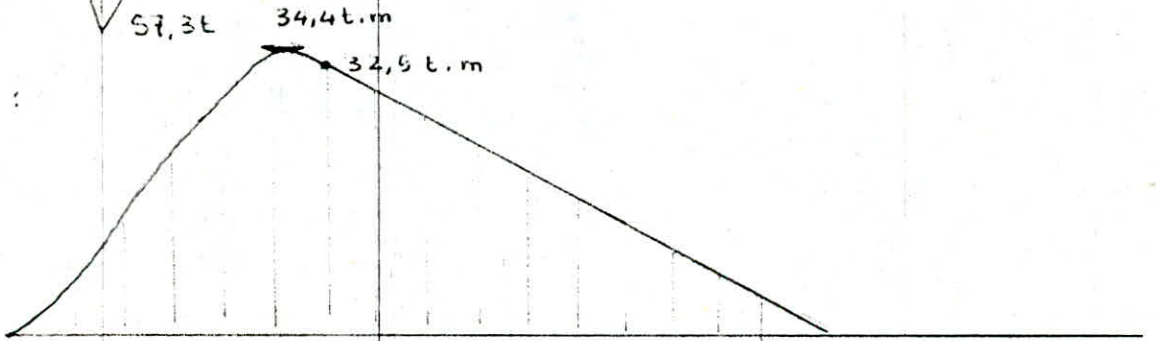
Poutre d'edressement intermediaire:



Effort tranchant :



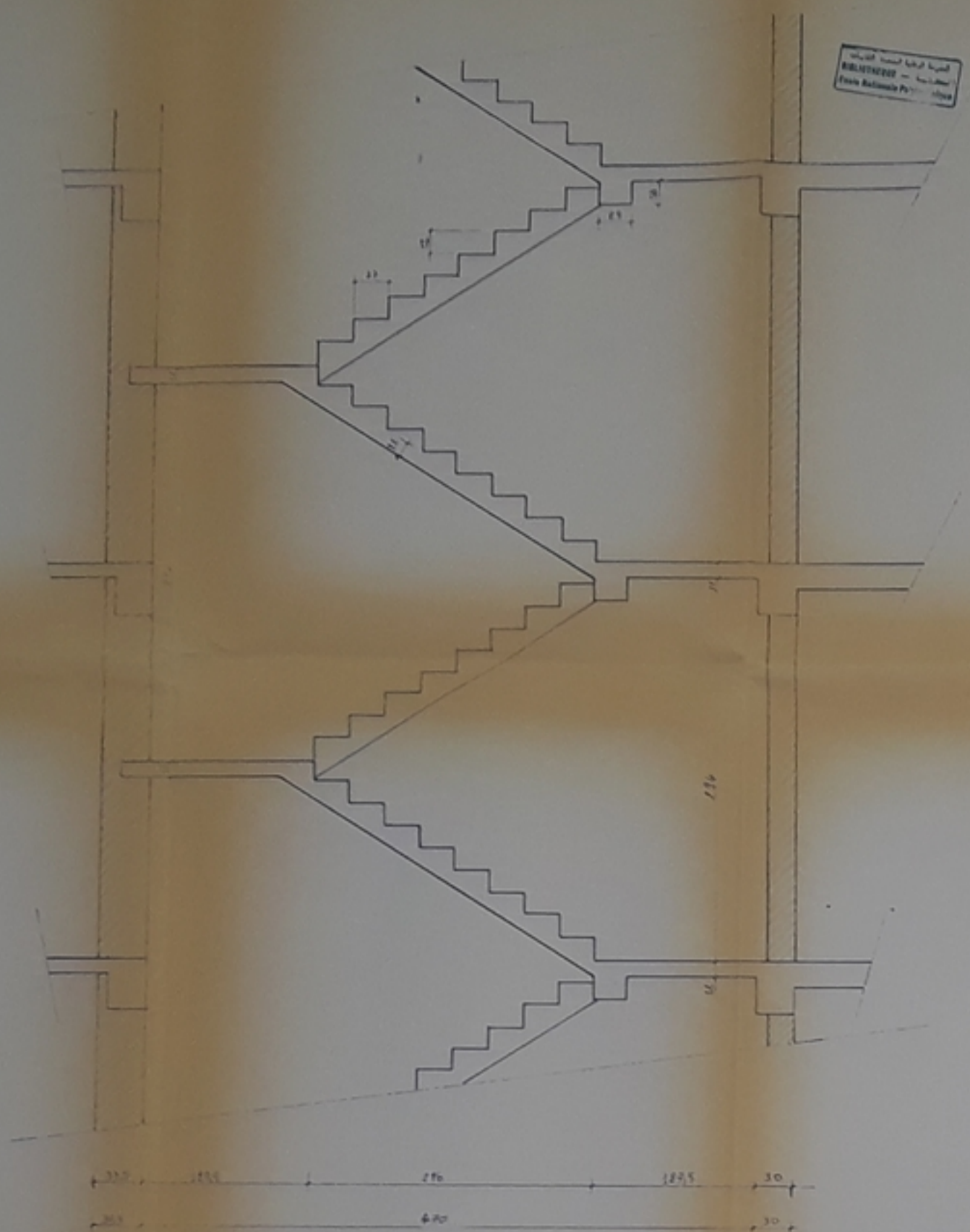
Moment :



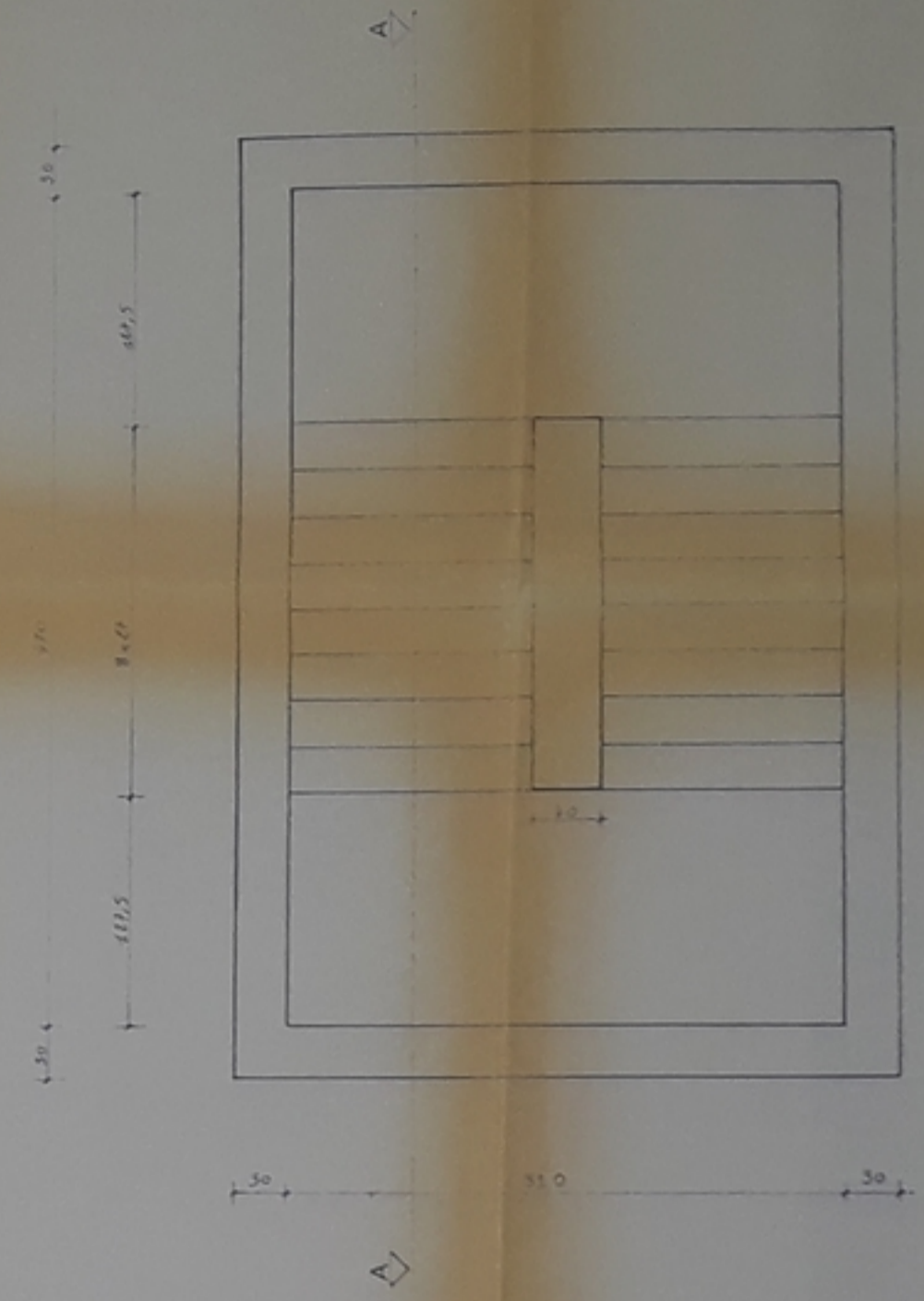
BIBLIOGRAPHIE

- Règles parasismiques Algériennes 1981 (R.P.A 81)
Conception et calcul des structures soumises aux séismes
Conformément au (R.P.A)
- Règles C.C.B.A 68
- Tables pour le calcul des dalles et des parois (R. BARES)
- Calcul et vérification des ouvrages en Béton armé (P. CHARON)
- Cours de Béton armé (BELAZOUGUI)
- Aide mémoire Dunod de R.D.M
- Contreventement dynamique des structures (M. LAREDO)

COUPE A-A



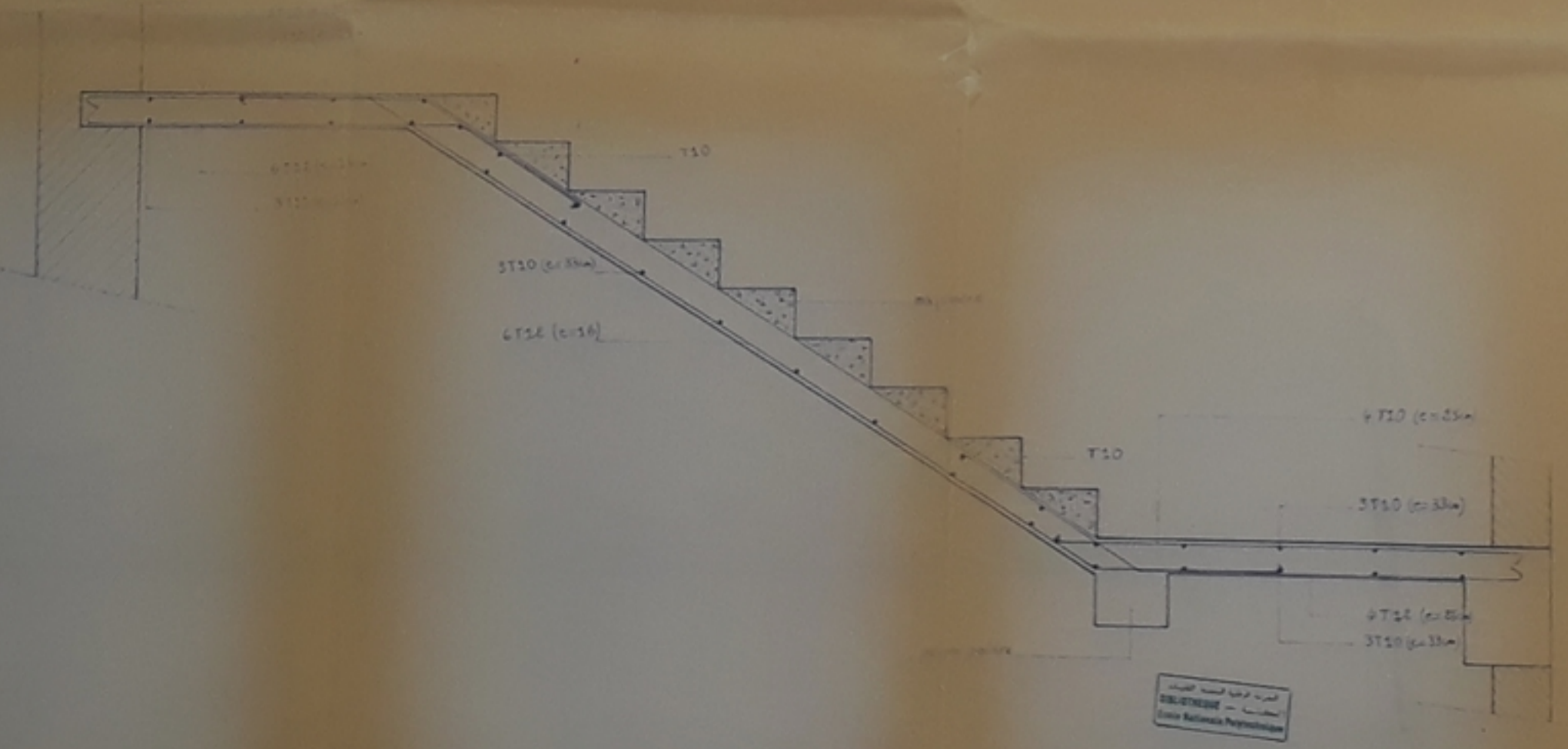
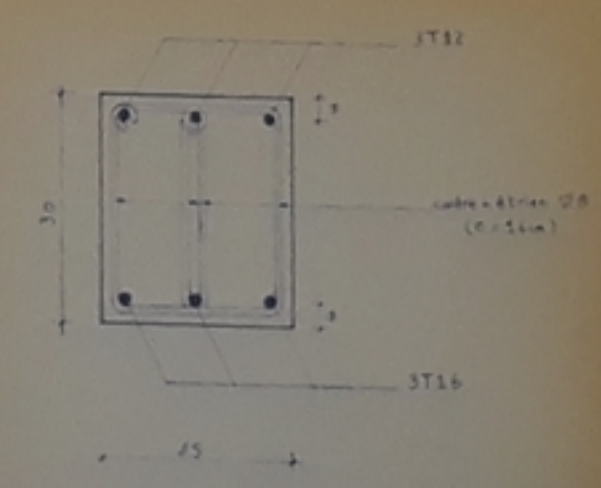
VUE EN PLAN



الجمعية الوطنية للمهندسين المعماريين
ALIENESSE - المصممين في المغرب

PB 08/86

POINTE PALIERE



الجمعية الوطنية للمهندسين المعماريين
ALIENESSE - المصممين في المغرب

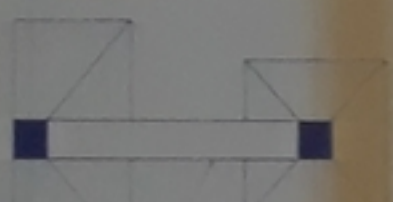
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
ETUDE D'UN HOTEL
COFFRAGE FERRAILLAGE : ESCALIERS
Echelle : 1/200 1/100 1/50
Proposé par : E.N.E.T
Étudié par : DHAN - Sid Ahmed TAAZOUNT Mustapha
Prom: Juin 86



poutre de redressement 1



semelles S1



Poutres de redressement 2



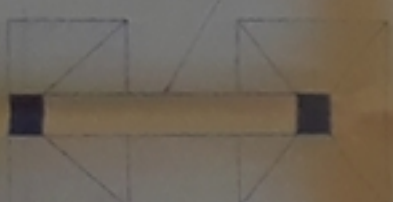
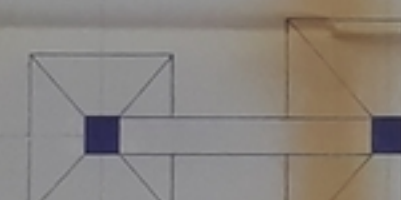
semelles S1



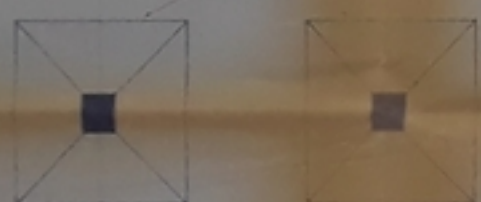
poutre de redressement 1



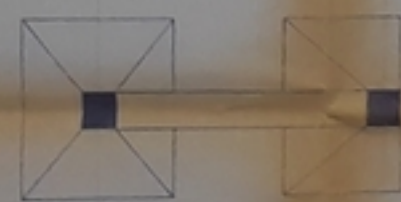
semelles S1



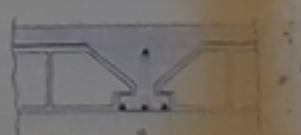
poutre de redressement 1



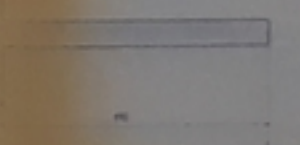
semelles S1



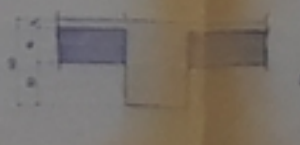
ESQD POUTRELLE



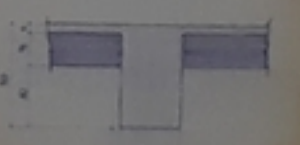
COUPE 1-1



COUPE 2-2



COUPE 3-3

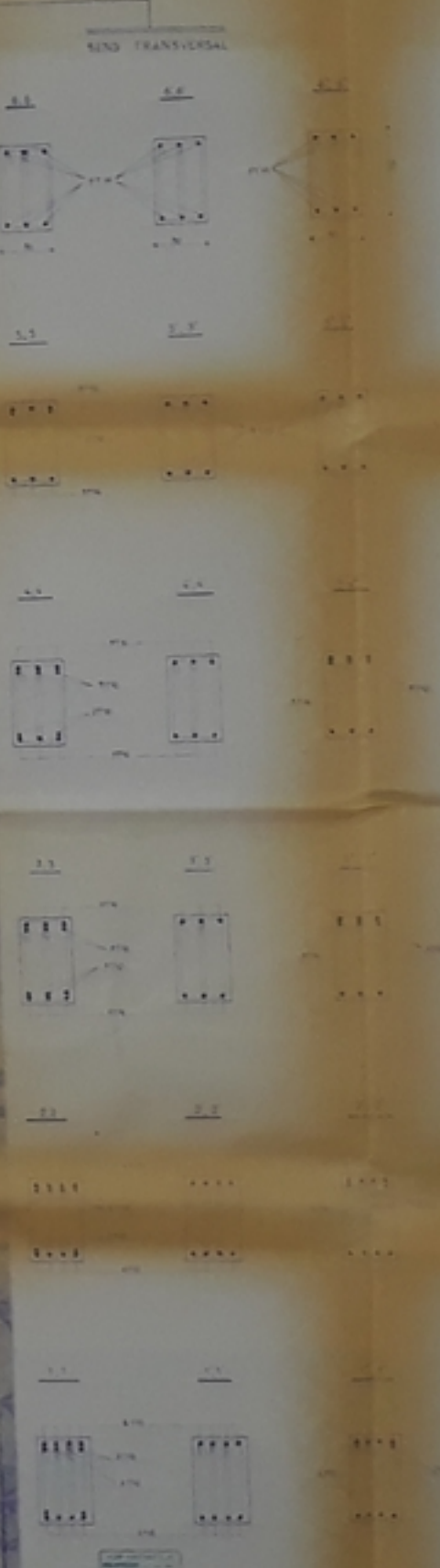
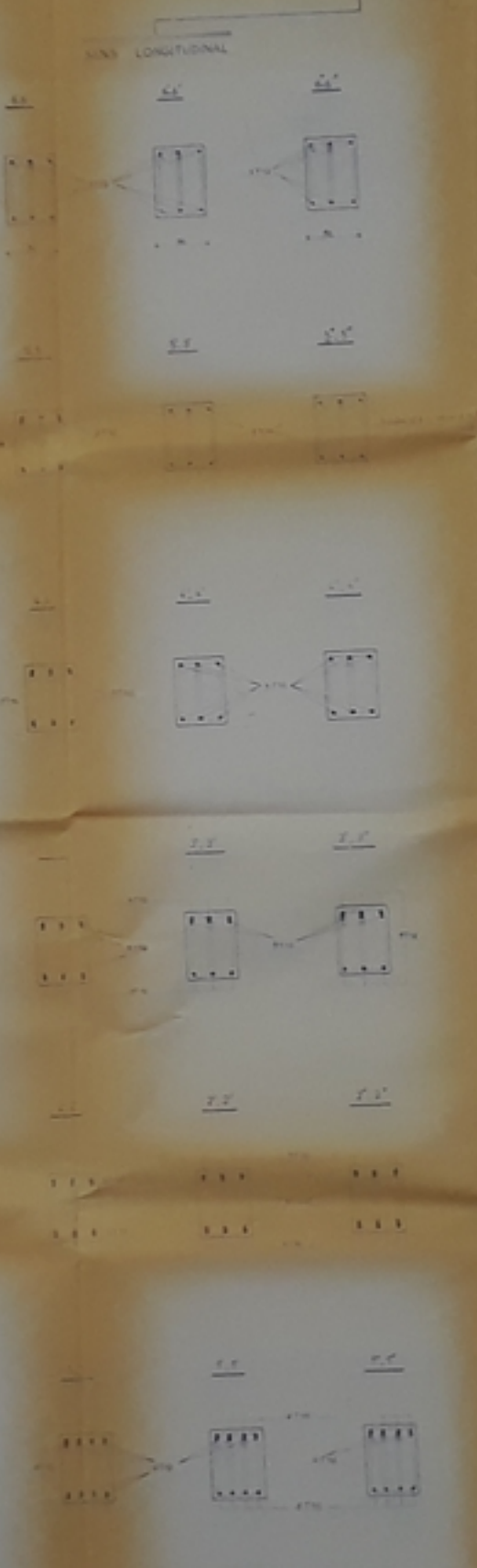


ECOLE NATIONALE
 POLYTECHNIQUE
 ETUDE DUN HOTEL
 COFFRAGE : PLANCHERS
 POUTRES
 FONDATIONS
 FERRAILLAGE : POUTRELLES
 Echelles : 1/25 - 1/50 - 1/5
 Propose par : ENET
 Etudie par : DHAN Sid Ahmed
 TAAZOUNT Mostagh
 Prun : Juin 66

POUTRES

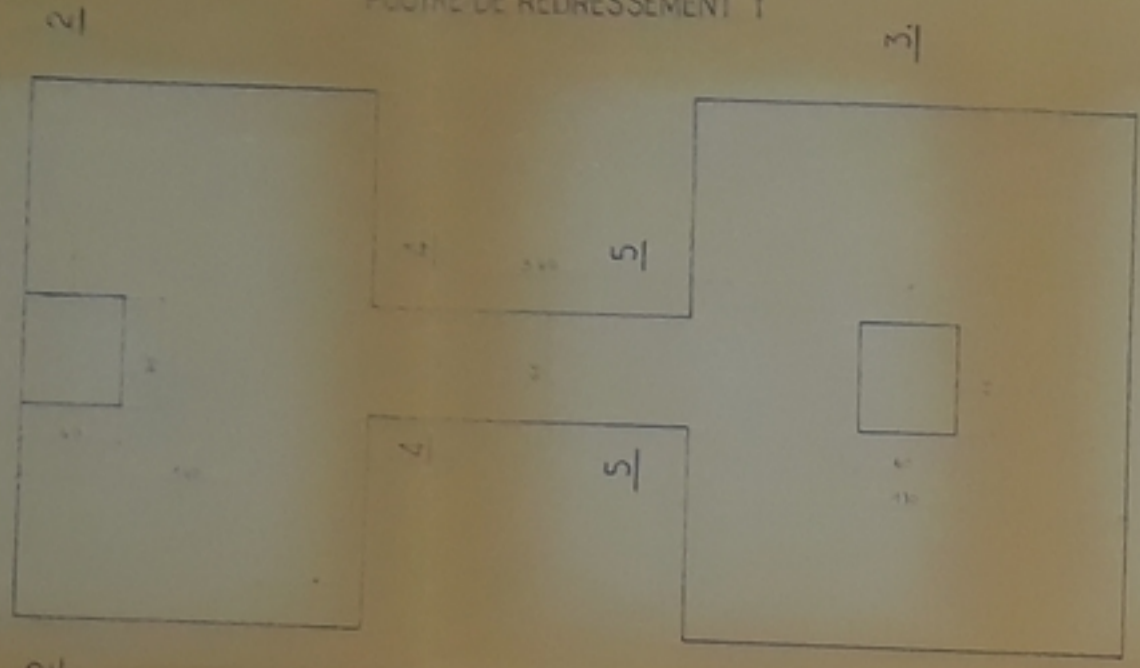
COUPES

POTEAU

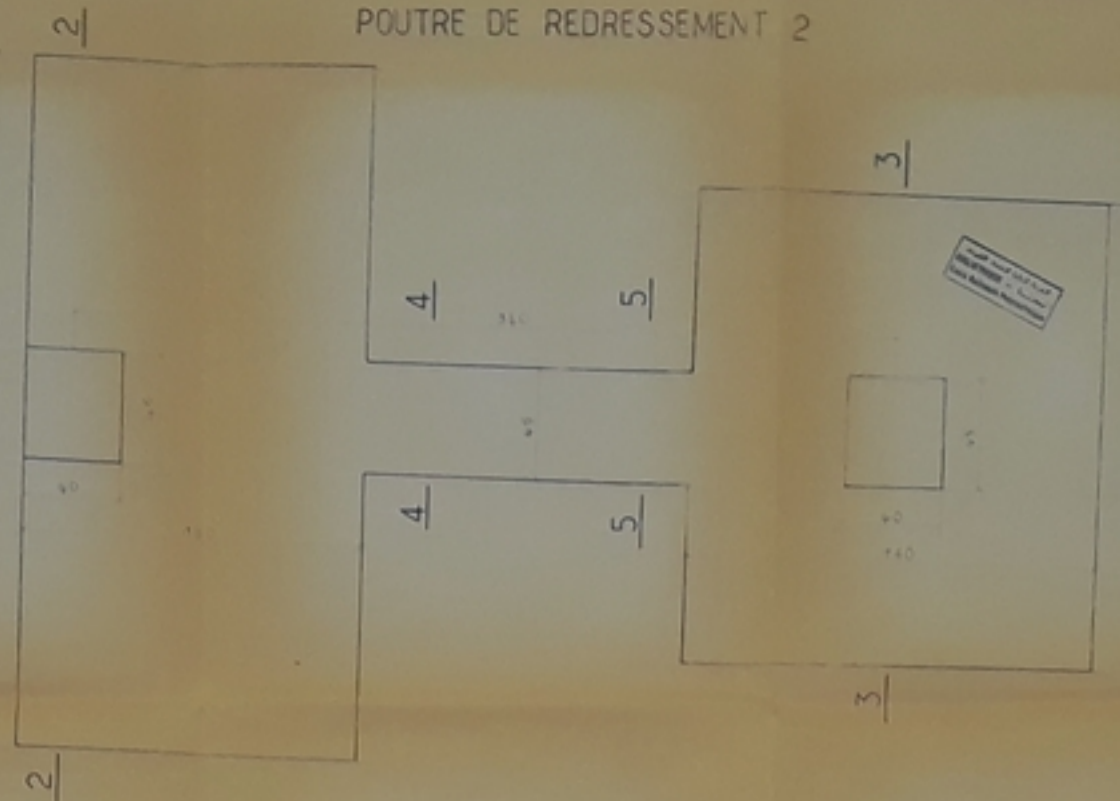


ÉCOLE	NATIONALE
POLYTECHNIQUE	
ÉTUDE D'UN HOTEL	
FERRAILLAGE:	Poutres Poteaux
Echelle	1/10 1/20
Proposé par	ENET
Étudié par	DRAN Sid Ahmed TASSOUNT Mustapha
Prise	Juin 86

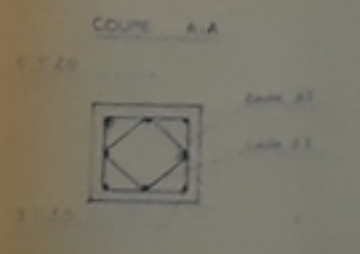
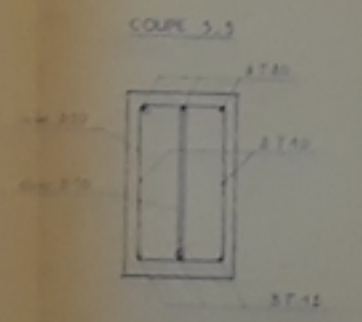
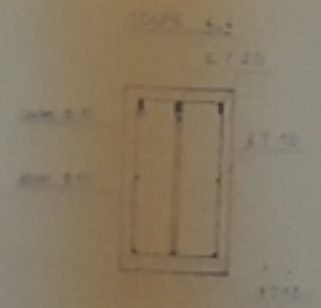
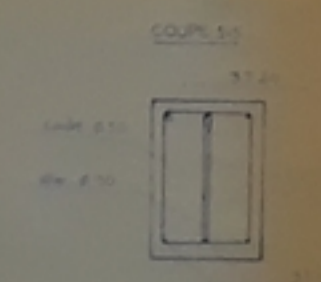
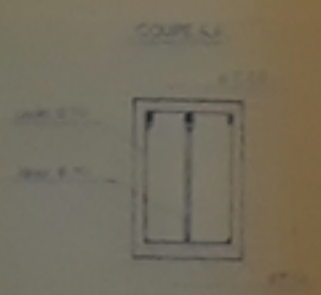
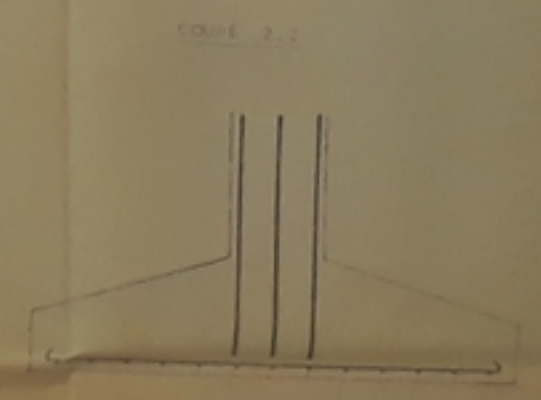
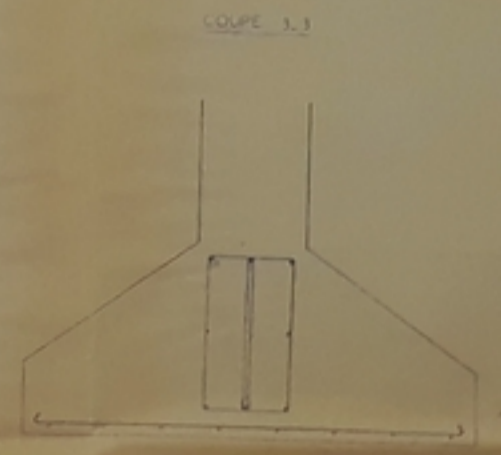
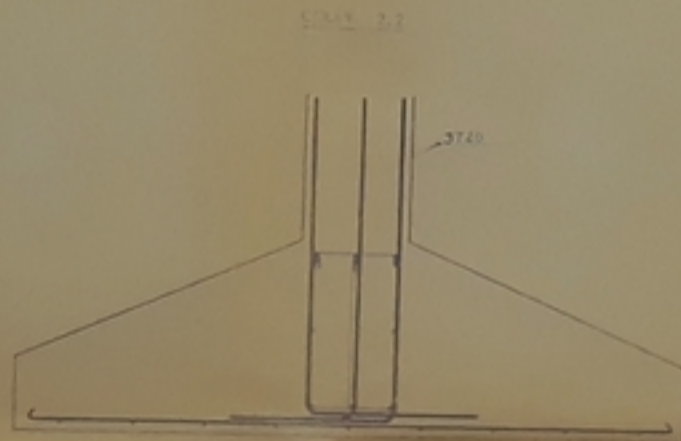
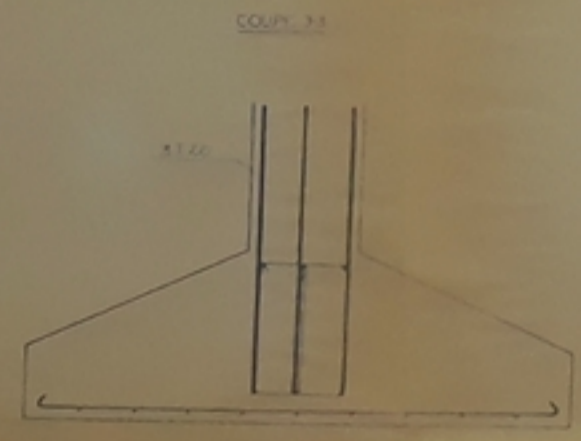
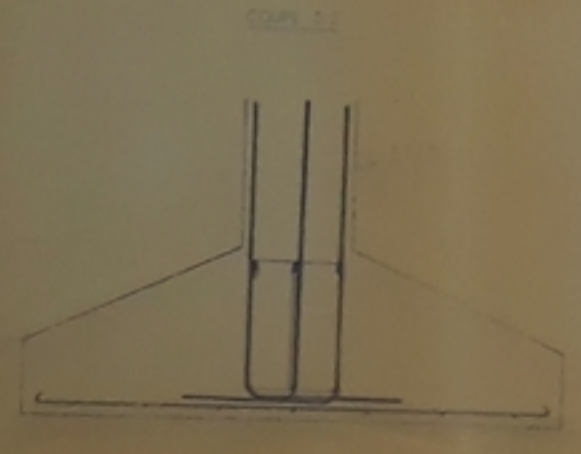
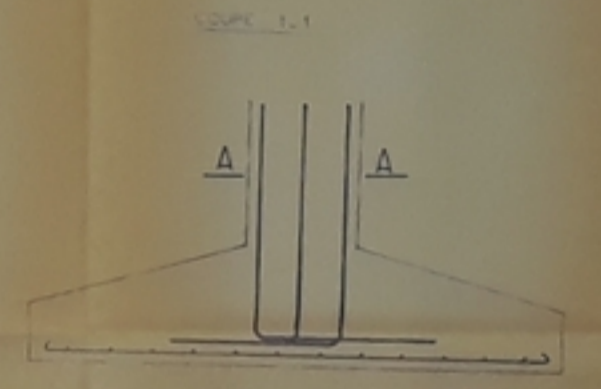
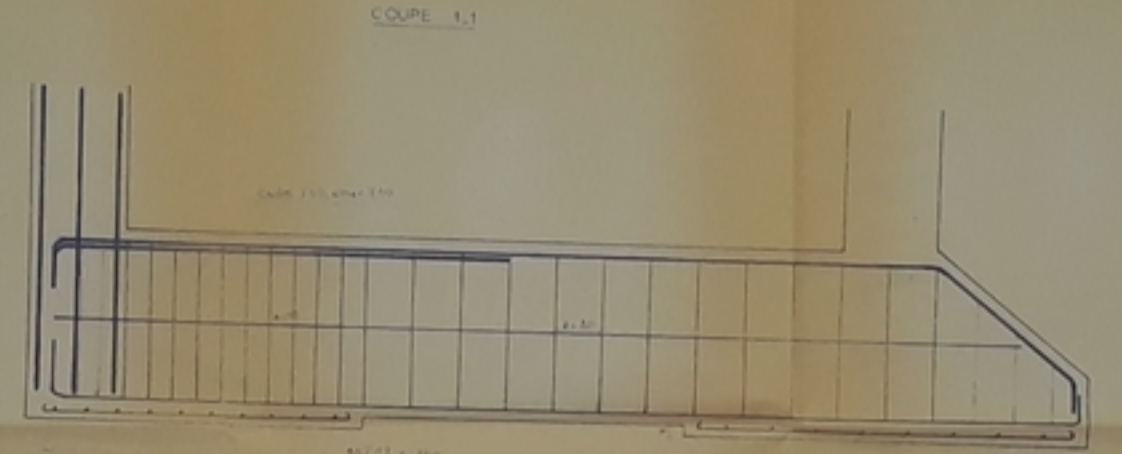
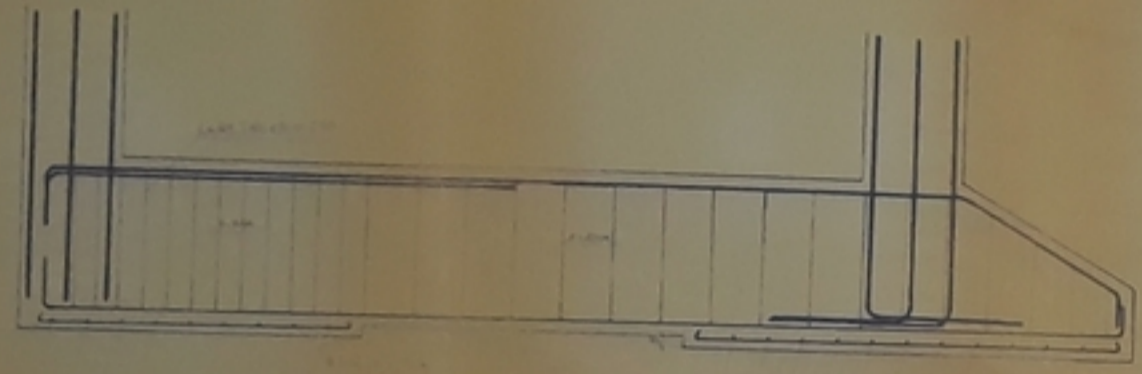
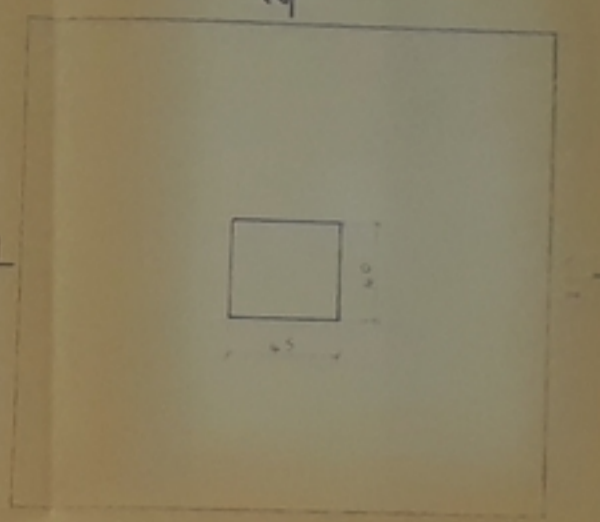
POUTRE DE REDRESSEMENT 1



POUTRE DE REDRESSEMENT 2



SEMMELLE S1



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
ETUDE D'UN HOTEL
FERRAILLAGE FONDATIONS
Echelle : 1/10
Propose par ENET
Etudié par DHAN Sid Ahmed TAAZOUNT Mustapha
Prém. Juin 86

