

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

2054

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ÉTUDES

SUJET

CENTRAL

TELEPHONIQUE.

Proposé par :

P.T.T

Étudié par :

KADA ~~K~~. Abdelhak
BELARBI B. Med

Dirigé par :

M^{lle} DJILLALI
BERKANE.

PROMOTION : Janvier 85

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

- A mes chers parents pour leurs sacrifices
- A mes frères et sœurs.
- A tous mes amis.

A. KADA

فانيس

Je dédie ce travail

- A la mémoire de ma grand-mère
- A chacun de ma famille
- A tous mes amis et en particulier à
K. Rachid.

B. Med

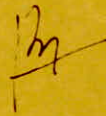
med

~ Remerciements ~

- Nous tenons à remercier vivement notre promotrice M^{elle} Djiloli BERKANE pour avoir bien voulu prendre le soin de nous guider tout le long de ce projet.
- Nos remerciements à M^{lle} BENSLIMANE et à tous les Enseignants qui ont contribués à notre formation.
- Que tous ceux qui nous ont aidés dans l'élaboration de ce travail trouvent ici l'expression de nos profonds remerciements.

B. Mohamed

A. KADA



SOMMAIRE

| <u>chapitre</u> | <u>Page</u> |
|----------------------------------|-------------|
| - présentation de l'ouvrage | 1 |
| - caractéristiques des matériaux | 2 |

• Bloc 1 :

| | |
|---|-----|
| - charges et surcharges | 6 |
| - calcul des éléments | 9 |
| - 1) acrotère | 9 |
| - 2) poutrelles et table de compression | 12 |
| - 3) plancher R.D.C | 18 |
| - Etude au séisme | 23 |
| - calcul des rigidités | 28 |
| - calcul des forces sismiques | 34 |
| - vérification au renversement | 37 |
| - Efforts dans les portiques engendrés par les charges Horiz. | 38 |
| - Efforts engendrés par les charges verticales | 49 |
| - superposition des sollicitations | 67 |
| - ferrailage des portiques | 81 |
| - A) ferrailage des poutres | 83 |
| - B) ferrailage des poteaux | 99 |
| - Fondations | 112 |
| - Longrines | 115 |
| - voiles périphériques | 116 |

• Bloc 2 :

| | |
|--|-----|
| - prédimensionnement | 117 |
| - charges et surcharges | 118 |
| - calcul des éléments | 120 |
| - dalles | 120 |
| - poutrelles | 132 |
| - Etude au séisme | 155 |
| - calcul de période par la méthode de Holzfer | 158 |
| - calcul des rigidités | 168 |
| - calcul des forces sismiques et distribution | 173 |
| - Efforts dans les portiques engendrés par les forces Horiz. | 179 |
| - Renversement | 185 |
| - Efforts engendrés par les charges verticales | 186 |
| - superposition des sollicitations | 208 |
| - ferrailage des pontiques | 223 |
| - fondations | 232 |
| - Longrines | 239 |
| - voile périphérique | 240 |

Présentation De l'ouvrage

Le projet qui nous a été proposé par les P.T.T a pour objet l'étude et le calcul des éléments résistants de deux blocs à ossature (structure auto-stable). Le premier est à usage d'habitation avec R.D.C réservé pour les bureaux, le second est à usage industriel, de longues portées.

Les blocs étudiés comportent :

- Bloc 1 :
- plancher terrasse
 - deuxième niveau } habitations
 - premier niveau. }
 - R.D.C (bureaux)
 - sous sol.

- Bloc 2 :
- plancher terrasse
 - troisième étage } techniques
 - deuxième étage }
 - premier niveau }
 - R.D.C
 - sous sol

Dimensions des blocs étudiés :

Bloc 1 :

- Longueur : 18,45 m
- Largeur : 12,45 m
- hauteur totale (y compris l'acrotère) $\left\{ \begin{array}{l} h = 10,62 \text{ m (à partir du sol } \nabla^{9,0}) \\ h = 13,59 \text{ m (à partir du sous sol } \nabla^{-2,97}) \end{array} \right.$

Bloc 2 :

- Longueur : 28,9 m
- Largeur : 13,25 m
- hauteur totale (y compris l'acrotère) $\left\{ \begin{array}{l} h = 18,45 \text{ (à partir du sol } \nabla^{9,0}) \\ h = 22,55 \text{ m (à partir du sous sol } \nabla^{-4,1}) \end{array} \right.$

Ossature :

les deux blocs sont contreventés par des portiques auto-stable

le remplissage est fait par maçonnerie

Planchers :

- les planchers du Bloc 1 sont à corps creux sauf R.D.C qui est constitué par une dalle pleine reposant sur les poutres.
- les planchers du bloc 2 seront constitués par des dalles pleines reposant sur des poutres et des poutrelles.

caractéristiques et contraintes admissibles des matériaux utilisés

. Béton: le Béton est dosé à 350 kg/m^2 de ciment CPA 325 et peu contrôlé.

granulats concassés, dimension maximale 25 mm
la résistance à la rupture par compression et par traction sont respectivement

$$\sigma'_{28} = 270 \text{ bars} \quad \sigma_{28} = 7 + 0,6 \sigma'_{28} = 23,2 \text{ bars}$$

la composition d'un m^3 de béton est la suivante
 800 l de gravillon, 400 l de sable, 350 kg de ciment
 175 l d'eau.

le sable doit être propre, il ne doit comporter ni terre, ni matières organiques, de même pour le gravier l'eau doit être pure sans acide.

. contrainte de compression admissible

elle est donnée par : $\bar{\sigma}_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \epsilon \cdot \sigma'_{28}$

α : il dépend de la classe du ciment (CPA 325 $\alpha = 1$)

β : il dépend de l'efficacité du contrôle

$B = 1$ (contrôle non atténué) $B = 5/6$ (contrôle atténué)

γ : il dépend des épaisseurs relatives des éléments (h_m) et des dimensions des granulats (c_g)

si $h_m/4c_g \gg 1$ on prend $\gamma = 1$, dans le cas contraire
cad $h_m/4c_g < 1$ on prend $\gamma = h_m/4c_g$.

δ : dépend de la nature des sollicitations

$\delta = 0,3$ en compression simple

$\delta = 0,6$ en flexion simple ou flexion composée lorsque l'effort normal est une traction

. Dans le cas de la flexion composée lorsque l'effort normal est une compression

$$\delta = \min [0,6 ; 0,3 (1 + e_0/3e_1)]$$

e_0 = excentricité de la résultante des forces extérieures par rapport au centre de gravité du Béton seul.

e_1 : distance de la limite du noyau central au CDG du béton seul dans le plan radial passant par le centre de pression.

ϵ : dépend de la forme de la section et la nature de la sollicitation.

$\epsilon = 1$ en compression simple \forall la forme de la section
 $0,5 < \epsilon < 1$ dans les autres cas tel que $\bar{\sigma}'_m \leq \bar{\sigma}'_{b_0}$

$\bar{\sigma}'_m$: contrainte moyenne du béton de la section rendue homogène.

soit :

en compression simple $\bar{\sigma}'_{b_0} = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \epsilon \cdot \sigma'_{28}$

$$\bar{\sigma}'_{b_0} = 1 \cdot 5/6 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 275 = 68,5 \text{ kg/cm}^2$$

En flexion simple: $\bar{\sigma}'_b = 1 \cdot 5/6 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot \epsilon = 137 \epsilon \text{ kg/cm}^2$

contrainte de traction de référence $\bar{\sigma}_b$ (CCBA 68 art 95)

la contrainte de traction de référence est prise égal à une fraction de la résistance nominale à la compression σ'_{28} du béton

$$\bar{\sigma}_b = \rho_b \sigma'_{28} \text{ avec } \rho_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \theta$$

α, β, γ même signification que précédemment

$$\theta = 0,018 + 2,1 / \sigma'_{28} = 0,018 + 2,1 / 275 = 5,9 \text{ kg/cm}^2$$

. Aciers :

On pourra admettre que le module de déformation longitudinale du béton sous des contraintes normales d'une durée d'application inférieure à 24 heures (module de déformation instantanée E_i) est égal à :

$$E_i = 21000 \sqrt{1,2 \sigma'_{28}} = 3,815 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$$

le module de déformation longitudinale du béton sous les contraintes permanentes ou de longue durée d'application (Module de déformation différée E_v) est égal à

$$E_v = 7000 \sqrt{1,2 \sigma'_{28}} = 1,271 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$$

cette valeur tient compte à la fois du fluage et du retrait.

les contraintes admissibles :

$$\text{Ronds lisses : } \bar{\sigma}_{en} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

sous SP₁ $\bar{\sigma}_a = 2/3 \bar{\sigma}_{en} = 1600 \text{ kg/cm}^2$

sous SP₂ $\bar{\sigma}_a = 1,5 \cdot 1600 = 2400 \text{ kg/cm}^2$.

aciers à Haute adhérence (Nuance FeE40)

$\phi \leq 20 \text{ mm}$ $\bar{\sigma}_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$\phi > 20 \text{ mm}$ $\bar{\sigma}_{en} = 4000 \text{ kg/cm}^2$.

$\phi \leq 20 \text{ mm}$

sous SP₁ $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2$.

sous SP₂ $\bar{\sigma}_a = 4200 \text{ Kg/cm}^2$.

$\phi > 20 \text{ mm}$

sous SP₁ $\bar{\sigma}_a = 2667 \text{ Kg/cm}^2$

sous SP₂ $\bar{\sigma}_a = 4000 \text{ Kg/cm}^2$.

Pour la contrainte de compression admissible, il existe une exception aux valeurs données ci dessus, elle concerne le cas des poteaux et colonnes comportant des aciers de limite d'élasticité inférieure à 3300 kg/cm^2

$$\bar{\sigma}'_a = \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{en} \quad \bar{\sigma}_{en} / 3340$$

la valeur de la contrainte admissible défini ci dessus est fonction des caractéristiques mécaniques de l'acier. On peut être amené à utiliser pour $\bar{\sigma}_a$, une valeur inférieure afin de limiter la fissuration du béton (CBA 68 art 49)

$$\bar{\sigma}_a \leq \max(\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2) \quad \text{avec} \quad \bar{\sigma}_1 = K \eta / \phi \frac{\bar{w}_f}{1 + 10 \bar{w}_f}$$

$$\bar{\sigma}_2 = 2,4 \sqrt{\frac{\eta K \bar{\sigma}_b}{\phi}}$$

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

$K = 1 \cdot 10^6$ fissuration préjudiciable

$K = 0,5 \cdot 10^6$ fissuration très nuisible

K est un coefficient caractérisant le préjudice des fissures sur l'ouvrage.

η : coefficient de fissuration égal à :

1 pour les Ronds lisses

1,6 = les aciers à Haute adhérence.

ϕ : diamètre (mm) de la plus grosse barre tendue.

\bar{w}_f : pourcentage de fissuration défini par $w_f = A/B_f$

A: section des barres tendues

B_f : section du béton enveloppant les aciers.

σ_1 : c'est la contrainte de fissuration systématique

σ_2 : = = de fissuration accidentelle.

Remarque: Pour les armatures transversales, on ne fait pas de vérifications dans le cas des sollicitations du second genre, il en est de même en ce qui concerne les contraintes d'adhérence.

Relation entre la qualité de l'acier et du béton: la qualité du béton doit être en rapport avec celle de l'acier, en effet les sollicitations localisées (adhérence, réactions de courbure etc) que ce dernier impose au béton, augmentent avec la contrainte qui le sollicite, c'est pourquoi, le règlement impose que certaines relations soient satisfaites:

$$\bar{\sigma}'_{b0} > 20 (1 + 1,25 \psi_d)$$

ψ_d : désignant le plus haut coefficient de scellement parmi ceux des aciers en Barres ou fils tréfilés à haute adhérence employé dans la pièce:

$$\psi_d = 1 \quad \text{Ronds lisses.}$$

$$\psi_d = 1,5 \quad \text{aciers à Haute adhérence}$$

charges et Surcharges

* CHARGES

• Plancher terrasse :

| | | |
|--|---------------------|--------------------------|
| 1. protection gravillon 5 cm | $0,05 \cdot 1800 =$ | 90 kg/m^2 |
| 2. multicouches | | 10 kg/m^2 |
| 3. isolation liege (4 cm) | $0,04 \cdot 400 =$ | 16 kg/m^2 |
| 4. forme de pente (1,5%) | | 110 kg/m^2 |
| 5. hourdis + table de compression (16+4) | | 265 kg/m^2 |
| 6. Enduit + platre (1,5 cm) | | 30 kg/m^2 |
| | | <hr/> |
| | | $G = 521 \text{ kg/m}^2$ |

• Plancher courant (1^{er} et 2^{em} etage) :

| | | |
|--|---------------------|--------------------------|
| 1. Carrelage (2 cm) | $0,02 \cdot 2000 =$ | 40 kg/m^2 |
| 2. mortier de pose (1 cm) | $0,01 \cdot 2000 =$ | 20 kg/m^2 |
| 3. Sable (2 cm) | | 34 kg/m^2 |
| 4. isolation | | 10 kg/m^2 |
| 5. hourdis + table de compression (16+4) | | 265 kg/m^2 |
| 6. Enduit + platre | | 30 kg/m^2 |
| 7. cloisons | | 75 kg/m^2 |
| | | <hr/> |
| | | $G = 474 \text{ kg/m}^2$ |

• Plancher R-D-C :

| | | |
|-------------------------|---------------------|--------------------------|
| 1. carrelage (2 cm) | | 40 kg/m^2 |
| 2. mortier de pose | | 20 kg/m^2 |
| 3. Sable (2 cm) | | 34 kg/m^2 |
| 4. isolation | | 10 kg/m^2 |
| 5. dalle pleine (16 cm) | $2500 \cdot 0,16 =$ | 400 kg/m^2 |
| 6. Enduit + platre | | 30 kg/m^2 |
| 7. cloisons | | 75 kg/m^2 |
| | | <hr/> |
| | | $G = 609 \text{ kg/m}^2$ |

• Acrotère :

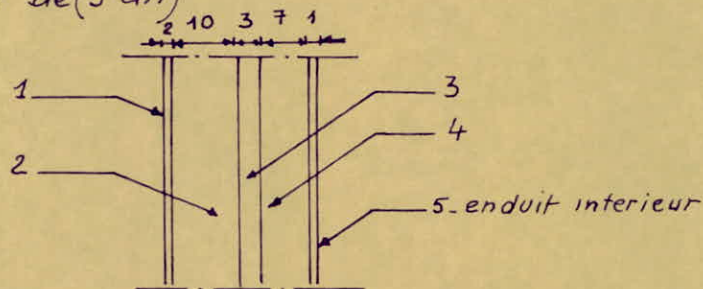
$$2500 \cdot 0,10 \cdot 0,90 = 225 \text{ kg/m}^2$$

* SURCHARGES

- terrasse accessible 175 kg/m²
- Etage courant 175 kg/m²
- Balcons 350 kg/m²
- Acrotère : on considère une force horizontale due à la
main courante 100 kg/m²

• Remplissage :

le mur extérieur est formé d'une double cloison, l'une de (10 cm), l'autre de 7 cm et d'un vide d'air entre elle de (3 cm)



| | |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1. Enduit extérieur (2 cm) | 40 kg/m ² |
| 2. Briques creuses (10 cm) | 140 kg/m ² |
| 3. Vide d'air | |
| 4. Briques creuses (7 cm) | 98 kg/m ² |
| 5. Enduit intérieur (1 cm) | 20 kg/m ² |
| | Σ = 298 kg/m² |

Prédimensionnement

* Poutres :

$$\left. \begin{array}{l} b \geq 20 \text{ cm} \\ h_t \geq 30 \text{ cm} \end{array} \right\} \longrightarrow \text{en Zone II}$$

d'après P. Channon $\frac{l}{15} \leq h_t \leq \frac{l}{10}$

l : étant la plus grande portée dans le sens considéré.

h_t : hauteur totale de la poutre.

on prend :

- sens longitudinal $\frac{600}{15} \leq h_t \leq \frac{600}{10}$

- sens transversal $\frac{400}{15} \leq h_t \leq \frac{400}{10}$

soit : pour les poutres porteuses $b \times h_t = 30 \times 50$

pour les poutres non porteuses $b \times h_t = 30 \times 40$

* Poteaux :

les dimensions de la section transversale des poteaux doivent satisfaire les conditions suivantes (RPA 81 - Art 4.2.1)

- $A = b \times h_t \geq k \frac{N'}{\sigma'_{28}}$ ($\sigma'_{28} = 275 \text{ kg/cm}^2$; $k = 4 \rightarrow \text{Zone II}$)

- $\min(b, h) \geq 25 \text{ cm}$ (en Zone II)

- $\frac{1}{3} \leq \frac{b}{h} \leq 3$

- $\min(b, h) \geq \frac{h}{20}$ / h : hauteur de l'étage.

• calcul de N' :

surface revenant au poteau le plus chargé : $S = 24 \text{ m}^2$

$$N' = S(G + 1,2P) = 115,54 \text{ t}$$

$$\text{D'où } A = b \times h = 1680,54 \text{ cm}^2$$

On choisit une section carré afin que les poteaux présentent la même inertie dans les deux sens, soit $b = h = 45 \text{ cm}$

on prend alors les deux niveaux inférieures : $b \times h = 45 \times 45$

pour les deux autres niveaux $b \times h = 35 \times 35$

calcul des éléments

1/ Acrotère

dimension de l'acrotère

épaisseur $e = 10 \text{ cm}$

hauteur $h_f = 90 \text{ cm}$

largeur $b = 100 \text{ cm}$.

l'acrotère est assimilée à une console encastrée au niveau du plancher terrasse.

la section dangereuse (la plus sollicitée) se trouve à l'encastrement

- poids propre : $0,10 \times 0,90 \times 1 \times 2500 = 225 \text{ kg}$ pour une bande de 1m

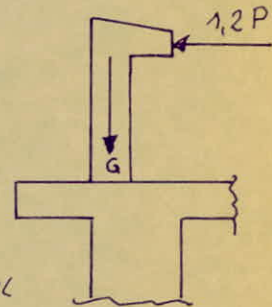
- surcharge majorée due à l'application horizontale de la main courante : $1,2P = 1,2 \times 100 = 120 \text{ kg/ml}$.

- calcul des efforts :

le calcul se fera pour une section rectangulaire

$b \times h_f = 100 \times 10 \text{ cm}^2$ soumise à la flexion composée

(section d'encastrement)



Effort normal de compression : $N = G = 225 \text{ kg/ml}$

Moment de flexion : $M = 1,2P \times b \times h_f = 108 \text{ kg.m}$

excentricité $e_0 = \frac{M}{N} = \frac{108 \cdot 10^2}{225} = 48 \text{ cm}$

$$\frac{h_f'}{6} = \frac{10}{6} = 1,67 \text{ cm}$$

on a $e_0 = 48 \text{ cm} > \frac{h_f'}{6} = 1,67 \text{ cm} \Rightarrow$ section partiellement comprimée

calcul des aciers (méthode de CHARRON)

on calcul la section en flexion simple sous l'effet du moment

fictif $M_f = N \times f$ avec $f = e_0 + \left(\frac{h_f'}{2} - d\right) = 48 + \left(\frac{10}{2} - 2\right)$

$$f = 51 \text{ cm}$$

f : distance entre le centre gravité des aciers tendus et le centre de pression.

$$M_f = 51 \times 225 = 11475 \text{ kg.cm}$$

$$\mu = \frac{15 M_f}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \cdot 11475}{2800 \cdot 100 \cdot 8^2} = 0,0096 \xrightarrow{\text{tableau}} (k = 98,5, \epsilon = 99560)$$

on a $k = 98,5 > \bar{k} = \frac{2800}{137} = 20,4 \Rightarrow$ les aciers comprimés

ne sont pas nécessaires ($A' = 0$)

$$A_1 = \frac{M_f}{\bar{\sigma}_a \epsilon h} = \frac{11475}{2800 \times 0,9560 \times 8} = 0,53 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

la section finale est $A_2 = A_1 - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = 0,53 - \frac{225}{2800} = 0,45 \text{ cm}^2 / \text{ml}$

* la section imposée par la condition de non fragilité est:

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} \quad (\text{CCBA 68 Art 52})$$

$$A \geq 0,69 \cdot 100 \cdot 8 \cdot \frac{5,9}{4200} = 0,78 \text{ cm}^2 > A_2 = 0,45 \text{ cm}^2$$

on prend donc $A = 1,41$ (5T6 par metre lineaire $e=20\text{cm}$)

- verification de la fissuration:

il faut que $\max(\sigma_1, \sigma_2) < \bar{\sigma}_a$

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

$$\sigma_1 = \frac{k\eta}{\phi} \times \frac{\bar{\omega}_f}{1+10\bar{\omega}_f} ; \quad \sigma_2 = 2,4 \cdot \sqrt{\frac{k\eta \bar{\sigma}_b}{\phi}}$$

soit $k = 10^6$ fissuration prejudiciable

$\eta = 1,6$ (H.A)

$\phi = 6 \text{ mm}$

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{8P} = \frac{1,41}{2,2 \cdot 100} = 0,035$$

$$\sigma_1 = \frac{10^6 \cdot 1,6}{6} \cdot \frac{0,035}{1+10 \cdot 0,035} = 902 \text{ bars} = 919 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \cdot \sqrt{\frac{1,6 \cdot 10^6 \cdot 5,9}{6}} = 3010,4 \text{ bars} = 3067,5 \text{ kg/cm}^2$$

on a $\sigma_2 > \bar{\sigma}_a \Rightarrow$ pas de risque de fissuration

- verification de l'effort tranchant:

il faut verifier : $A \bar{\sigma}_a > T + \frac{M_f}{z}$

$$\text{avec } z = \frac{7}{8} h = \frac{7}{8} \cdot 8 = 7 \text{ cm}$$

$$T = 1,2P = 120 \text{ kg}$$

$$\frac{M}{z} = \frac{11475}{8} = 1434,4 \text{ kg}$$

$$A \bar{\sigma}_a = 1,41 \times 2800 = 3948 \text{ kg}$$

$A \bar{\sigma}_a > T + \frac{M}{z} \Rightarrow$ les armatures tendues ne sont soumises à aucun effort de traction.

Verification du seisme local de l'acrotete:

D'apres RPA 81 Art 3.3.9, on doit verifier le seisme local dans les elements de structure Secondaires.

l'acrotete sera verifiee sous l'action de la force horizontale

$$F_p = Z \cdot I \cdot C_p \cdot W_p$$

où : W_p : poids de l'element (375 kg/ml)

$$Z = \frac{A(\text{groupe II}, \text{Zone II})}{A(\text{groupe II}, \text{Zone III})} = \frac{0,15}{0,25} = 0,6$$

avec A - coefficient d'acceleration des Zones donne par le tableau "1" du R.P.A 81 art. 3.3.1.1

• $C_p = 0,8$ pour une console d'apres tableau "4" du R.P.A 81

• $I = \frac{A(\text{groupe d'usage du batiment})}{A(\text{groupe d'usage 2})}$

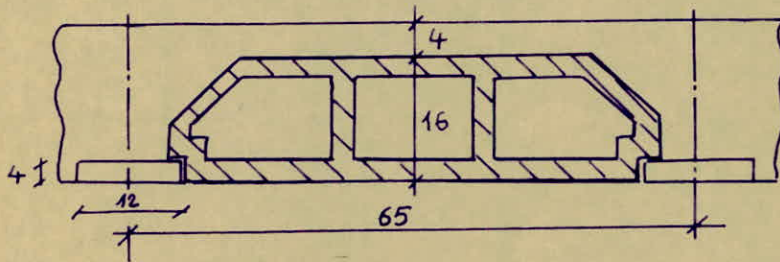
notre batiment est à usage d'habitation \Rightarrow groupe d'usage 2
donc $I = 1$

$$\text{d'où } F_p = Z \cdot I \cdot C_p \cdot W_p = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 225 = 108 \text{ kg/ml}$$

or $F_p < 1,2 P = 120 \text{ kg}$ (Force de calcul) \rightarrow verifiee.

2/ Poutrelles et table de compression

Tout les planchers sauf celui du R.D.C sont à corps creux constitués par des poutrelles prefabriquées associées aux corps creux (16+4) cm. 4 cm étant les épaisseurs de la table de compression. Ces poutrelles possèdent des armatures en attente permettant une bonne liaison avec le béton de la table de compression, et elles seront disposées suivant le sens transversal du bâtiment.

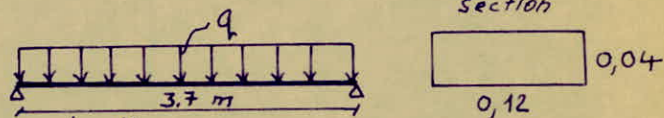


les poutrelles sont calculées sous la sollicitation du 1^{er} genre (G+1,2P); le calcul se fait en deux étapes:

* 1^{ère} étape:

Avant le coulage du béton la poutrelle est considérée comme simplement ^{appuyée} appuyée; elle supporte son poids propre, l'hourdis et la surcharge de l'ouvrier qui pose l'hourdis.

- schema Statique



- charge supportée par la poutrelle:

$$\text{poids propre: } 0,04 \cdot 0,12 \cdot 2,5 = 0,012 \text{ t/ml}$$

$$\text{corps creux: } 0,65 \times 95 = 0,062 \text{ t/ml}$$

$$\text{surcharge pondérée: } 1,2 \cdot 100 \cdot 0,65 = 0,078 \text{ t/ml}$$

$$q = 0,152 \text{ t/ml}$$

$$\text{- Moment en travée: } M_0 = q \frac{l^2}{8} = 0,152 \times \frac{3,7^2}{8} = 0,260 \text{ t.m}$$

$$\text{- Effort tranchant sur appui: } T_{\max} = q \frac{l}{2} = 0,152 \cdot \frac{3,7}{2} = 0,281 \text{ t}$$

• calcul des armatures (Méthode de P. Channon)

on considère un enrobage $d = 2 \text{ cm}$.

$$M = \frac{15 M_0}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 0,260 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,12 \cdot 2^2 \cdot 100} = 2,9 \rightarrow K = 1,6$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{1,6} = 1750 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}'_b$$

$\sigma'_b > \bar{\sigma}'_b \Rightarrow$ les armatures comprimées sont nécessaires.
 vu les dimensions de la section du béton ceci est impossible.
 on prévoira des échafaudages pour aider les poutrelles à supporter les charges et surcharges avant le coulage de la table de compression.

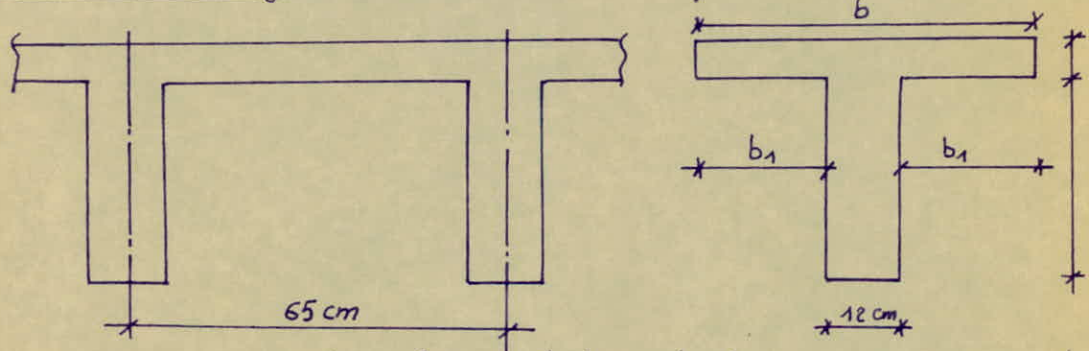
* 2^{eme} Etape :

la poutrelle repose sur plusieurs appuis et travaille comme une poutre continue, elle sera calculée comme une section en T_e en travée et comme une section rectangulaire aux appuis.

• Poutrelles du plancher terrasse et planchers courants :

le calcul sera fait seulement avec le moment max. en travée, le max. sur appui et l'effort tranchant max de toutes les travées et appuis.

1. calcul de la largeur de la table de compression (c.c. BA68 art 55)



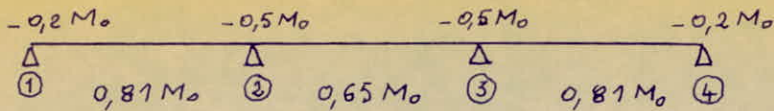
l: distance entre deux faces voisines de deux nervures consécutives

- $b_1 \leq \frac{l}{2} = \frac{65-12}{2} = 26,5 \text{ cm.}$
- $b_1 \leq \frac{L}{10} = \frac{400-30}{10} = 37 \text{ cm.}$
- $b_1 \leq (6 \text{ à } 8) h_0 = (24 \div 32) \text{ cm.}$

la première condition est la plus restrictive donc $b_1 = 26,5 \text{ cm.}$
 D'où $b = 2b_1 + b_0 = 26,5 \cdot 2 + 12 = 65 \text{ cm.}$
 $b = 65 \text{ cm}$

2. Détermination des efforts agissant sur la poutrelle :

le plancher est à surcharges modérées, on peut utiliser la méthode forfaitaire (c.c. BA 68 - art 55). Si on appelle M_0 le moment isostatique en travée on aura:



• charges et surcharges :

pour une poutrelle :

$$q = (521 + 1,2 \times 175) \times 0,65 = 475 \text{ kg/ml}$$

$$- M_0 = q \frac{l^2}{8} = 475 \times \frac{3,7^2}{8} = 813 \text{ kg.m}$$

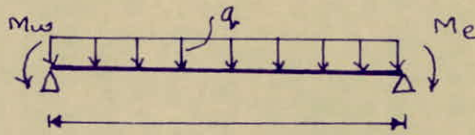
- les moments maximums qui serviront aux calcul sont :

$$M_t = 0,81 M_0 = 658,53 \text{ kg.m}$$

$$M_a = -0,5 M_0 = 406,50 \text{ kg.m.}$$

- effort tranchant :

$$T_g = q \frac{l}{2} + \frac{M_w - M_e}{l}$$



$$T_d = -q \frac{l}{2} + \frac{M_w - M_e}{l}$$

$$T^{\max} = T_g \text{ de la travée 3-4 et 2-3}$$

$$T^{\max} = q \frac{l}{2} + \frac{0,5 - 0,2}{3,7} M_0 = \frac{475 \times 3,7}{2} + \frac{0,5 - 0,2}{3,7} \times 813 = 944,7 \text{ kg.}$$

$$\begin{cases} M_t^{\max} = 658,53 \text{ kg.m} \\ M_a^{\max} = 406,50 \text{ kg.m} \\ T^{\max} = 944,7 \text{ kg} \end{cases}$$

3. Ferraillage : (Methode P. charron)

a) Armatures longitudinales :

* En travée :
$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \times 658,53 \times 10^2}{2800 \times 65 \times 18^2} = 0,0167 \rightarrow \begin{cases} k = 72,5 \\ \epsilon = 0,9429 \\ \alpha = 0,1714 \end{cases}$$

$y = \alpha h = 0,1714 \cdot 18 = 3,09 < 4 \text{ cm} \Rightarrow$ l'axe neutre tombe dans la table de compression et la section sera calculée comme

une section rectangulaire $b \times h_c = (65 \times 20)$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{72,5} = 38,62 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{658,53 \times 10^2}{2800 \cdot 0,9429 \cdot 18} = 1,39 \text{ cm}^2$$

on adoptera 2T10 ($A = 1,57 \text{ cm}^2$)

$$* \text{ aux appuis : } \mu = \frac{15 \cdot 406,5 \cdot 10^2}{2800 \cdot 12 \cdot 18^2} = 0,056 \rightarrow k = 35,6; E = 0,9012$$

$$\sigma'_b = \bar{\sigma}_a / k = \frac{2800}{35,6} = 78,65 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{406,5 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9012 \cdot 18} = 0,89 \text{ on adoptera } 1712 (A = 1,13 \text{ cm}^2)$$

• Verifications :

1/ Contraintes

$$* \text{ En travée : } \tilde{\omega} = \frac{100A}{b \cdot h} = \frac{157}{65 \cdot 18} = 0,1342 \rightarrow E = 0,9394$$

$$k = 67,5$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A \cdot E \cdot h} = \frac{658,58 \cdot 10^2}{1,57 \cdot 0,9394 \cdot 18} = 2481 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{verifiée}$$

$$\sigma'_b = \bar{\sigma}_a / k = \frac{2481}{67,5} = 36,76 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow \text{verifiée.}$$

* Aux appuis :

$$\tilde{\omega} = \frac{100A}{b_0 h} = \frac{100 \cdot 1,13}{12 \cdot 18} = 0,523 \rightarrow E = 0,8915; k = 31,1$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{406,5 \cdot 10^2}{1,13 \cdot 0,8915 \cdot 18} = 2241,8 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{verifiée}$$

$$\sigma'_b = \frac{2241,8}{31,1} = 72,1 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow \text{verifiée}$$

2/ condition de non fragilité :

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \bar{\sigma}_b / \bar{\sigma}_{en}$$

$$* \text{ En travée : } A_t = 1,57 \text{ cm}^2 > 0,69 \cdot 65 \cdot 18 \cdot \frac{5,9}{4200} = 1,11 \text{ cm}^2$$

verifiée

$$* \text{ Sur appui : } A_a = 1,13 \text{ cm}^2 > 0,69 \cdot 12 \cdot 18 \cdot \frac{5,9}{4200} = 0,21 \text{ cm}^2$$

verifiée.

3/ condition de la flèche (c.c.3.A 68 - Art 58-4)

$$- h_t / l = \frac{20}{370} = 0,054 > \frac{1}{15} \cdot \frac{0,658}{0,813} = 0,053$$

$$- \frac{A}{bh} = \frac{1,13}{12 \cdot 20} = 4,7 \cdot 10^{-3} < \frac{36}{\bar{\sigma}_{en}} = \frac{36}{4200} = 0,0086.$$

$$- \frac{h_t}{l} = \frac{20}{370} = 5,4 \cdot 10^{-2} \geq 0,044$$

Aucune justification de la flèche n'est nécessaire

4/1 verification de la fissuration:

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

Acier HA : $\eta = 1,6$

$$\omega_f = \frac{A}{B_f} = \frac{1,57}{2 \times 2 \times 12} = 0,0327 \quad \text{en travée}$$

$$\sigma_1 = 1,5 \cdot 10^6 \cdot \frac{1,6 \cdot 0,0327}{10 \cdot 1 + 10 \cdot 0,0327} = 5914 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 5,9}{10}} = 2855,9 \text{ kg/cm}^2$$

$\max(\sigma_1, \sigma_2) > \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{verifiée.}$

$$\omega = \frac{A}{B_f} = \frac{1,13}{2 \times 2 \times 12} = 0,0235 \quad \text{sur appui}$$

$$\sigma_1 = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6}{12} \times \frac{0,0235}{1 + 10 \cdot 0,0235} = 3805,7 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{verifiée}$$

5/ verification de l'adhérence: (C.C.B.A art. 29)

on doit vérifier que $\tau_d \leq \bar{\tau}_d$

$$\tau_d = \frac{T_{\max}}{n \cdot p \cdot z}$$

n : nbr. de barres isolées

p : Perimetre utile

$$\tau_d = \frac{944,7}{1 \cdot 3,77 \cdot \frac{7}{8} \cdot 18} = 15,91 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_d = 2 \psi_d \bar{\sigma}_b = 2 \cdot 15 \cdot 5,9 = 17,7 \text{ kg/cm}^2$$

$\tau_d < \bar{\tau}_d \rightarrow \text{verifiée.}$

6/ Armatures transversales:

les armatures transversales sont calculées à partir de l'effort tranchant maximum. $T_{\max} = 944,7 \text{ kg}$

$$\tau_b = \frac{T}{b_0 z} = \frac{944,7}{12 \cdot 15,75} = 5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = 72,1 > \bar{\sigma}'_{b_0} = 68,5 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_{b_0}}\right) \bar{\sigma}_b$$

$$\bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{72,1}{68,5}\right) \times 5,9 = 20,34 \text{ kg/cm}^2$$

$\tau_b < \bar{\tau}_b$ on utilise donc des armatures transversales

perpendiculaires à la ligne moyenne. les armatures seront constituées en $\phi 6$ de nuance FeE24.

on prends deux brins $\rightarrow A_t = 0,56 \text{ cm}^2$

- contrainte admissible des armatures transversales:

$$\bar{\sigma}_{at} = f_{at} \bar{\sigma}_{en} \text{ avec } f = \max \begin{cases} 2/3 \\ 1 - \frac{\sigma_b}{9\bar{\sigma}_b} = 1 - \frac{5}{9 \times 5,9} = 0,91 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_{at} = 0,91 \cdot 2400 = 2184 \text{ kg/cm}^2.$$

- Espacement admissible: (C.C.BA 68 Art 52.12)

$$\bar{t} = \max \begin{cases} 0,2h = 3,6 \text{ cm} \\ h(1 - 0,3 \frac{\sigma_b}{\bar{\sigma}_b}) = 18(1 - 0,3 \frac{5}{5,9}) = 13,42 \text{ cm} \end{cases}$$
$$\bar{t} = 13,4 \text{ cm.}$$

- l'ecartement des armatures transversales est donné par:

$$t = \frac{A_t \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = \frac{0,56 \cdot 15,75 \cdot 2184}{944,7} = 20,4 \text{ cm.}$$

on prend un écartement des armatures transversales constant:
 $t = 12 \text{ cm.}$

le premier cours d'armatures sera à $\bar{a} = \frac{t}{2} = 6 \text{ cm}$ du nu de l'appui.

7/ Ferraillage de la table de compression: (C.C.BA 68 Art. 58)

Afin de limiter les risques de fissuration et pour faire repartir les charges on prévoit un treillis soudé (quadrillage) de maille 20×20 , les dimensions des mailles ne doivent pas dépasser:

- 20 cm pour les armatures \perp perpendiculaires aux nervures.

- 33 cm pour les armatures // aux nervures.

les sections de ces armatures doivent vérifier les conditions suivantes

Armatures \perp aux nervures $A_{\perp N} \geq \frac{2160}{\bar{\sigma}_{en}} \rightarrow$ pour $l_n \leq 50 \text{ cm.}$

$$A_{\perp N} \geq 43 \cdot \frac{l_n}{\bar{\sigma}_{en}} \rightarrow 50 < l_n \leq 80 \text{ cm.}$$

dans notre cas $l_n = 65 \text{ cm}$, $\bar{\sigma}_{en} = 5300 \text{ kg/cm}^2$ ($\phi \leq 6 \text{ mm}$)

$$\text{OU } A_{\perp N} \geq \frac{43 \cdot 65}{5300} = 0,527 \text{ cm}^2 < A_{\perp N} = 1,41 \text{ cm}^2 = 5\phi 6 / \text{ml}$$

Armatures // aux nervures:

$$A_{// N} \geq \frac{A_{\perp N} / \text{ml}}{2} = \frac{1,41}{2} = 0,705 \text{ cm}^2 < A_{// N} = 5T6 / \text{ml} = 1,41 / \text{ml}$$

• Plancher R.D.C :

Le plancher du R.D.C est en dalle pleine d'épaisseur $h_0 = 16 \text{ cm}$.

Il existe cependant deux types de surcharges:

- surcharges de $1000 \text{ kg/m}^2 = P_1$

- surcharges de $250 \text{ kg/m}^2 = P_2$

soit la combinaison: $G + 1,2 P_1 = 1809 \text{ kg/m}^2$ (dalle type 1)

$G + 1,2 P_2 = 570 \text{ kg/m}^2$ (dalle type 2)

$$\begin{cases} l_x = 370 \text{ cm} \\ l_y = 570 \text{ cm} \end{cases} \rightarrow \rho = 0,649. \rightarrow \begin{cases} \mu_x = 0,079 \\ \mu_y = 0,486 \end{cases}$$

$\rho > 0,4$ la dalle travaille dans les deux sens.

• disposition constructive: $\phi \leq \frac{h_0}{10} = 16 \text{ mm}$

1/ Dalle type 1

Moments isostatiques: $\begin{cases} M_{0x} = \mu_x q l_x^2 = 1956,5 \text{ kg.m} \\ M_{0y} = \mu_y M_{0x} = 950 \text{ kg.m} \end{cases}$

calcul d'un panneau de rive:

on utilise pour le calcul des aciers la méthode de P. CHARRON.

• armatures inférieures dans le sens de l_x :

$$M_{tx} = 0,85 M_{0x} = 1663 \text{ kg.m}; \quad h_x = h_0 - e - \frac{\phi}{2} = 16 - 1 - \frac{0,8}{2} = 14,6 \text{ cm}$$

$$\mu = 0,0418 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9132 \\ k = 42,6 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{42,6} = 66 < 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{M}{\epsilon h_x \bar{\sigma}_a} = \frac{1663 \cdot 100}{0,9132 \cdot 14,6 \cdot 2800} = 4,45 \text{ cm}^2$$

on adopte des T8 $e = 11 \text{ cm}$ ($A = 4,57 \text{ cm}^2$)

• armatures inférieures dans le sens de l_y :

$$M_{ty} = 808,8 \text{ kg.m}; \quad h_y = h_x - \frac{\phi}{2} = 14,2 \text{ cm}$$

$$\mu = 0,0214 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9359 \\ k = 63 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = 45 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{808 \cdot 10^2}{0,9359 \cdot 14,2 \cdot 2800} = 2,16 \text{ cm}^2 \quad \text{on adopte T8 } e = 20 \text{ cm } (A = 2,51 \text{ cm}^2)$$

• armatures sur appuis intermediaires :

$$M_{ax} = M_{ay} = 0,5 M_{0x} = 978,25 \text{ kg.m.}$$

$$\mu = 0,0245 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,920 \\ k = 58,5 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = 47,86 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{M}{\epsilon h_x \bar{\sigma}_a} = \frac{978,25 \cdot 10^2}{0,92 \cdot 14,6 \cdot 2800} = 2,6 \text{ cm}^2$$

on adopte T8 e = 19 cm (A = 2,65 cm²)

• armatures sur appui de rive :

$$M_{ay} = 0,3 M_{0y} = 285 \text{ kg.m.}$$

on adopte T6 e = 18 cm (A = 1,57 cm²)

* Vérifications :

a) Effort tranchant :

$$T = \frac{q l_x \cdot l_y}{2 l_y + l_x} = \frac{1809 \cdot 3,7 \cdot 5,7}{2 \cdot 5,7 + 3,7} = 2527 \text{ kg.}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T}{b_0 \cdot j} = \frac{2527}{100 \cdot 14,6 \cdot 0,875} = 1,97 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < \bar{\sigma}_b = 1,15 \bar{\sigma}'_b = 6,8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Les armatures transversales ne sont pas necessaires.

b) verification des Espacements :

• suivant l_x e_p ≤ min (3h_t, 33)

$$(e_{\text{appui}} ; e_{\text{travée}}) = (19 \text{ cm} ; 11 \text{ cm}) < \min (48, 33) = 33 \text{ cm.}$$

• suivant l_y e_p ≤ min (4h_t, 45 cm)

$$(e_{\text{appui}} ; e_{\text{travée}}) = (19 \text{ cm} ; 20 \text{ cm}) < \min (64, 45) = 45 \text{ cm.}$$

c) verification de la condition de non fragilité :

suivant l_x :

• soit A₀ - la section suffisante pour resister aux sollicitations. A₀ = 4,45 cm²

• A₁ - la section necessaire pour resister aux même sollicitations majorées de 20% A₁ = 5,34 cm²

• A₂ - la section d'acier equilibrant les efforts de fissurations :

$$A_2 = b h_x \cdot 0,69 \cdot \frac{2 - f}{f} \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} \quad A_2 = 0,956 \text{ cm}^2$$

En définitif : la section d'armature tendue doit être au moins égale à :

$$A = \max (A_0, \min (A_1, A_2)) = 4,45 \text{ cm}^2$$

on doit vérifier :

$$\frac{A}{b h_0} \geq \frac{1,2}{\bar{\nu}_{en} - 2200}$$

$$\frac{4,45}{100 \cdot 16} = 2,7 \cdot 10^{-3} > \frac{1,2}{4120 - 2200} = 6,25 \cdot 10^{-4} \rightarrow \text{vérifiée.}$$

suivant l_y :

$$A_0 = 2,51 \text{ cm}^2$$

$$A_1 = 3,012 \text{ cm}^2 \rightarrow A = \max [A_0, \min (A_1, A_2)] = 2,51 \text{ cm}^2.$$

$$A_2 = 0,567 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A}{b h_0} = 1,5 \cdot 10^{-3} > 6,25 \cdot 10^{-4} \rightarrow \text{vérifiée.}$$

d) verification des contraintes :

$$\bar{\omega} = \frac{100 A}{b h_x} = \frac{100 \cdot 4,57}{14,6 \cdot 100} = 0,313 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9123 \\ \kappa = 42 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A \cdot \epsilon \cdot h_x} = \frac{1663 \cdot 10^2}{4,57 \cdot 0,9123 \cdot 14,6} = 2732 < 2800 \text{ kg/cm}^2$$

e) verification de la flèche : (c.c. B.A 68 art. 61.22)

Nous vérifierons les conditions suivantes :

$$-1/ \frac{h_0}{l_x} \geq \frac{1}{20} \frac{M_t}{M_x} = \frac{0,85 M_x}{20 M_x} = 0,0425$$

$$\frac{h_0}{l_x} = \frac{16}{370} = 0,0432 \rightarrow \text{vérifiée}$$

$$-2/ \frac{A}{b \cdot h} < \frac{20}{\bar{\nu}_{en}}$$

$$\frac{A}{b \cdot h} = \frac{4,57}{100 \cdot 14,6} = 3,13 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{20}{\bar{\nu}_{en}} = \frac{20}{4200} = 4,76 \cdot 10^{-3} \rightarrow \text{vérifiée}$$

il est donc inutile de faire la verification de la flèche.

2/ Dalle type 2 : (Panneau intermediaire)

$$\text{Moments isostatiques } \begin{cases} M_{0x} = 983,10 \text{ kg.m} \\ M_{0y} = 477,79 \text{ kg.m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{lx} = 0,45 M_{0x} = 737,33 \text{ kg.m} \\ M_{ly} = 0,5 M_{0x} = 491,55 \text{ kg.m} \end{cases}$$

• armatures inferieures suivant l_x $A = 1,92 \text{ cm}^2$; T8, $e = 20 \text{ cm}$ ($A = 2,51$)

• armatures inferieures suivant l_y $A = 0,94 \text{ cm}^2$; T6, $e = 20 \text{ cm}$ ($A = 1,41 \text{ cm}^2$)

• armatures aux appuis :

$$M^{\max} = M_{0x} = 491,55 \text{ kg.m}$$

$$A = 1,27 \text{ cm}^2 \quad \text{T6 } e = 20 \text{ cm} \quad (A = 1,41 \text{ cm}^2)$$

* verifications :

espacement : $\begin{cases} \bar{t} = 33 \text{ cm} \rightarrow \text{sens } l_x \\ t = 45 \text{ cm} \rightarrow \text{sens } l_y \end{cases} \quad t < \bar{t} \rightarrow \text{verifiee}$

• verification de l'effort tranchant :

$$T^{\max} = T_x = 1269,6 \text{ kg.} \quad ; \quad \begin{cases} \bar{\sigma}_b = 0,99 \text{ kg/cm}^2 \\ \bar{\sigma}_b = 6,8 \text{ kg/cm}^2 \end{cases} \quad \bar{\sigma}_b < \bar{\sigma}_b \rightarrow A_t = 0$$

• verification de la condition de non fragilité :

$$\begin{cases} A_0 = 1,92 \text{ cm}^2/\text{ml} \\ A_1 = 2,304 \text{ cm}^2/\text{ml} \\ A_2 = 0,96 \text{ cm}^2 \end{cases} \quad \text{d'ou } A = 1,92 \text{ cm}^2/\text{ml.}$$

$$\frac{A}{b h_0} = \frac{2,51}{100 \times 16} = 2 \times 10^{-3} > 6,25 \cdot 10^{-4} \rightarrow \text{verifiee.}$$

• verification de la fleche :

$$1. \frac{h_0}{l_x} = 0,0432 \geq \frac{1}{20} \times \frac{0,85 M_x}{M_x} = 0,0425 \rightarrow \text{verifiee.}$$

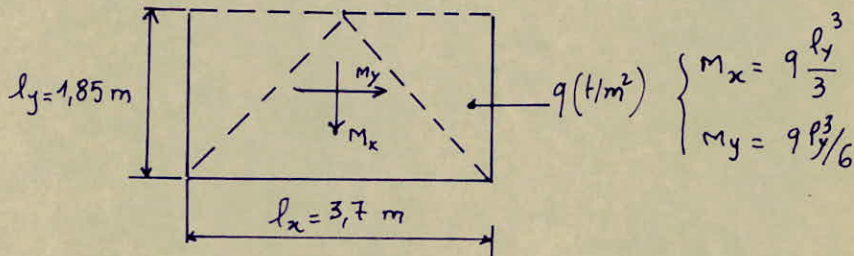
$$2. \frac{A}{b \cdot h} = 1,57 \cdot 10^{-3} < 4,76 \cdot 10^{-3} \rightarrow \text{verifiee}$$

la fleche est donc verifiee.

calcul de la dalle portante :

la dalle est appuyée sur 3 côtés.

$$\begin{cases} l_x = 3,7 \text{ m} \\ l_y = 1,85 \text{ m} \end{cases}$$



• $q = 0,879 \text{ t/m}^2$.

$$M_x = 0,879 \times \frac{1,85^3}{3} = 1,86 \text{ t.m} \quad \text{soit} \quad m_x = \frac{1,86}{3,7} = 0,503 \text{ t.m/m}$$

$$M_y = 0,879 \times \frac{1,85^3}{6} = 0,93 \text{ t.m} \quad \text{soit} \quad m_y = \frac{0,93}{1,85} = 0,503 \text{ t.m/m}$$

on prends des T8 $e = 20 \text{ cm}$ ($A = 2,51 \text{ cm}^2$)

Etude Au Seisme

Generalités :

Le seisme par ses secousses engendre dans les constructions des accélérations atteignant parfois l'ordre de grandeur de la gravité ($9,81 \text{ m/s}^2$), ces accélérations résultent des forces pouvant s'exercer suivant des directions quelconques.

Une grande partie de l'Algérie est susceptible d'être soumise à d'importantes secousses sismiques, l'intensité de ses secousses est suffisante pour causer d'importants dégâts aux constructions. A moins que celles-ci soient construites de manière adéquate pour résister à ces efforts.

Recommandations pour la conception des bâtiments dans les zones sismiques:
Réduire autant que possible la hauteur des bâtiments, ainsi que le rapport de hauteur avec sa largeur.

Éviter les ensembles mal équilibrés en hauteur ou en inertie et les éléments de constructions mal liés à l'ossature.

Prévoir des fondations soigneusement chaînées et engagées dans le sol afin de s'opposer aux efforts de soulèvements dus au séisme.

Éviter les ouvertures de très grandes dimensions.

Réaliser des nœuds rigides ainsi qu'une bonne disposition d'armatures. Autour des ouvertures, il faut prévoir des encadrements armés liés à l'ossature.

Assurer l'indéformabilité de l'ensemble par des contreventements dans tous les sens.

* Règlement Suivi :

Depuis le séisme d'El. Asnam, le C.T.C a élaboré un règlement parasismique Algérien (R.P.A 81), rendant les conditions de sécurité plus strictes, donc le règlement suivi est : (RPA 81)

* Principe de calcul :

Méthode statique :

le calcul sera fait en substituant aux effets dynamiques réels, qui se développent dans la construction, des sollicitations statiques fictives dont les effets sont considérés équivalents aux effets de l'action sismique.

le mouvement du sol peut se faire dans une direction quelconque dans le plan horizontal. les forces sismiques horizontales équivalentes seront considérées appliquées successivement suivant deux directions orthogonales caractéristiques choisies à l'avance par le projecteur. Dans le cas général ces deux directions sont les axes principaux d'inertie du plan horizontal de la structure. Il faut souligner toutefois que les forces sismiques équivalentes données par la méthode statique sont inférieures aux forces réelles qui se produisent dans la structure élastique sous l'action du séisme extrême, c'est pourquoi l'utilisation de cette méthode ne peut être dissociée de l'application rigoureuse des dispositions constructives garantissant la structure :

* ductilité

* la capacité de dissiper l'énergie induite par le mouvement du sol.

pour calculer l'effort sismique horizontal agissant suivant chacun des axes principaux on a la formule suivante :

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

A : coefficient d'accélération des zones.

D : facteur d'amplification dynamique moyen.

B : facteur de comportement de la structure.

Q : facteur de qualité.

W : représente la totalité des charges permanentes (poids propre de la structure, poids des remplissages et des revêtements et le poids des équipements fixes)

NB : le poids des équipements fixes est estimé à 20% des surcharges.

calcul sismique :

ce calcul n'est valable que si les conditions suivantes sont vérifiées (RPA art 3.2.1.1)

- 1- le bâtiment ou bloc étudié a une hauteur au plus égale à 45 m en zone (II)
- 2- la forme du bâtiment étudié est simple, symétrique, proche du rectangle avec des parties en saillies ou en retrait ne dépassent pas 25% des dimensions du rectangle inscrit de référence dans le sens considéré
3. Dans le cas de décrochements en élévation, la variation des dimensions dans les deux directions ne dépasse pas 25% entre deux niveaux adjacents et ne s'effectue que dans le sens d'une réduction à hauteur croissante.
- 4- la distance entre le centre de masse et le centre de torsion ne dépasse à aucun niveau 20% de la largeur effective du bâtiment mesurée perpendiculairement à la direction de l'action sismique considérée.
- 5- le rapport masse sur rigidité de deux niveaux successifs ne doit pas varier de plus de 25% dans chaque direction.
- 6- le bâtiment étudié présente un degré d'amortissement voisin à tous les niveaux. En particulier, dans le cas des ossatures autostables avec remplissage en maçonnerie.
- 7- la structure ne présente pas plusieurs degrés de liberté dans un même plan horizontal.

* Determination des charges soumises à l'action sismique :

les charges sont supposées concentrées au niveau des planchers, la charge sismique est : $W = G + \frac{P}{5}$

G : poids propre (charge permanente)

$P/5$: poids des équipements fixes.

• Niveau III (plancher terrasse)

- Acrotère $225 (18+12) \times 2 = 13,5 \text{ t}$
 - plancher terrasse $521 \times 18 \times 12 + 506 \times 4 \times 12 = 136,8 \text{ t}$
 - poutres transversales $12 \times 0,3 \times 0,4 \times 4 \times 2500 = 14,4 \text{ t}$
 - poutres longitudinales $20 \times 0,5 \times 0,3 \times 4 \times 2500 = 30 \text{ t}$
 - poteaux $0,35 \times 0,35 \times \frac{3,24}{2} \times 2500 \times 16 = 7,9 \text{ t}$
 - murs extérieurs $298,324 \cdot [(6-0,35) \cdot 3 + (4-0,35) \cdot 3] = 26,9 \text{ t}$
-
- $G = 229,50 \text{ t}$
- $\frac{1}{5} P = (100 \times 12 \times 4 + 100 \times 12 \times 18) \frac{1}{5} = 26,4 \times \frac{1}{5} \text{ t}$

$W = 234,8 \text{ t}$

• Niveau II (Plancher courant):

- poids du plancher $474 \times 18 \times 12 + 506 \times 4 \times 12 = 126,7 \text{ t}$
 - poutres transversales $14,4 \text{ t}$
 - poutres longitudinales $30,0 \text{ t}$
 - poteaux $7,9 \times 2 = 15,8 \text{ t}$
 - murs extérieurs $26,9 \times 2 = 53,8 \text{ t}$
-
- $G = 240,70 \text{ t}$

- $\frac{1}{5} P = (350 [4 \times 2 \times 6] + 175 \times 18 \times 12) \frac{1}{5} = \frac{1}{5} \cdot 54,6 \text{ t}$

$W = 251,6 \text{ t}$

• Niveau I (Plancher courant):

| | | |
|--------------------------|---|-------------|
| - poids du plancher | | 126,7 t |
| - poutres transversales | | 14,4 t |
| - poutres longitudinales | | 30,0 t |
| - poteaux | $\frac{3,24}{2} \times 16 \times 2500 (0,35^2 + 0,45^2) = 21 t$ | |
| - Murs extérieurs | | 53,8 t |
| | | <hr/> |
| | | G = 245,9 t |

- $\frac{1}{5} P = \dots \dots \dots \frac{1}{5} \times 54,6 t$

$W = 256,80 t$

Calcul Des Rigidités

Ce calcul des rigidités nous aide à calculer le facteur de qualité (φ), qui est lié directement aux critères de pénalités c'est à dire le critère de régularité en élévation (à chaque étage, la rigidité totale en translation et la rigidité totale en torsion ne doivent pas varier de plus de 15% par rapport à celles des étages qui lui sont adjacents)

Méthode utilisée: Méthode de MUTO.

cette méthode permet aussi le calcul des contraintes dans les différents éléments d'une structure composée de portiques et sollicitée par des forces horizontales.

conditions d'applications

- cette méthode est applicable pour les bâtiments à étages rigides dans leur plan, ayant une ossature composée de portiques autostables reprenant la totalité des charges verticales et horizontales.
- les charges sont supposées concentrées au niveau des planchers.
- le diagramme de répartition des charges en élévation est soit rectangulaire (cas du vent) soit triangulaire (cas du séisme)
- pour obtenir une bonne précision, il faut que la raideur (I/l) des poutres ne soit pas trop faible devant celle des poteaux (I/h) on doit avoir $k \geq 0,2$ pour tous les noeuds de l'ossature.
- les raideurs (I/l) des travées adjacentes d'une même poutre ne doivent pas être trop différentes (rapport compris entre 0,5 et 2)
- les poteaux tels que $k < 0,2$ doivent être considérés comme ne faisant pas partie de l'ossature résistante aux charges horizontales.

Résumé de la méthode

calcul de rigidité de niveau : R_j

on appelle rigidité de niveau (R_j), la résistance du portique pour laquelle l'effort tranchant de niveau T_j (somme des forces agissant sur un portique au dessus du niveau j) produit un déplacement relatif égal à l'unité.

$$R_j = \frac{T_j}{\delta_j}$$

Soient : $t_j^{(i)}$ l'effort tranchant de niveau (j)

$$r_{T_j}^{(i)} = \frac{t_j^{(i)}}{\delta_j}, \text{ or } T_j = \sum_{i=1}^n t_j^{(i)} = R_j \times \delta_j$$

$$\Rightarrow R_j = \sum_{i=1}^n r_{T_j}^{(i)}$$

calcul de $r_{T_j}^{(i)}$:

$$r_{T_j}^{(i)} = 12 \frac{E}{h_j^2} a_j^{(i)} k_j^{(i)}$$

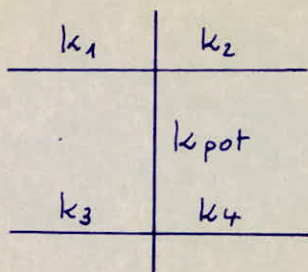
$$\text{avec : } E = 21000 \sqrt{\sigma_j} = 21000 \sqrt{1,2 \times 275} = 381500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

a_j : coefficient de correction qui tient compte de la position du poteau et de sa liaison avec les poutres.

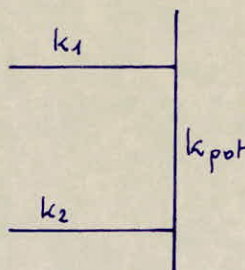
$k_j^{(i)}$: rigidité linéaire du poteau (i) au niveau (j)

calcul de a_j :

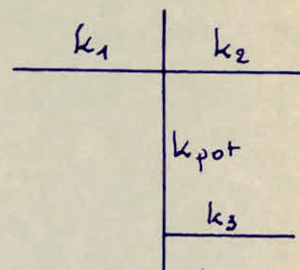
a) Etage courant :
$$a_j = \frac{\bar{k}}{2 + \bar{k}}$$



$$\bar{k} = \frac{k_1 + k_2 + k_3 + k_4}{2 k_{pot}}$$

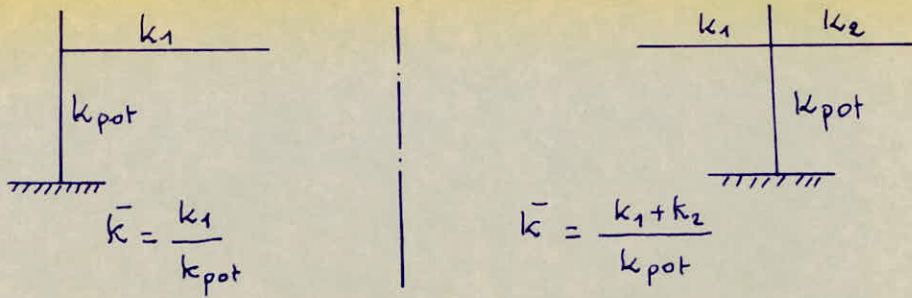


$$\bar{k} = \frac{k_1 + k_2}{2 k_{pot}}$$



$$\bar{k} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{2 k_{pot}}$$

$$b) \text{ R.D.C : } \alpha_j = \frac{0,5 + \bar{k}}{2 + \bar{k}}$$



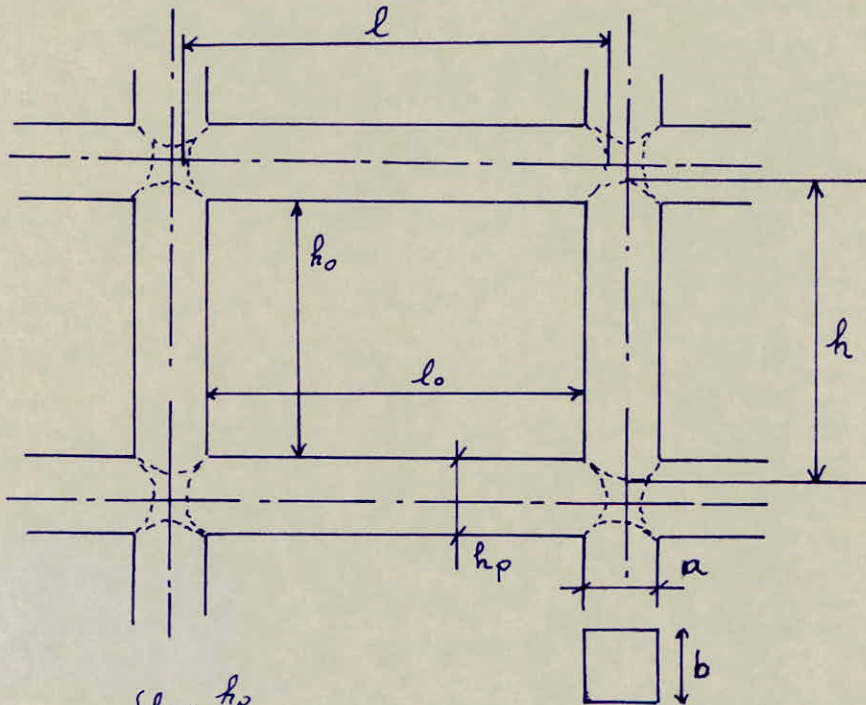
où k_i étant la rigidité linéaire de la poutre (i)
 k_{pot} : rigidité linéaire du poteau.

Calcul des rigidités linéaires : k_{pot} et k_{poutre} :

$k_{poutre} = I/l$ où I et l étant respectivement le moment d'inertie et la longueur de la poutre considérée.

$k_{pot} = I/h$ où I et h étant respectivement le moment d'inertie et la hauteur du poteau considéré.

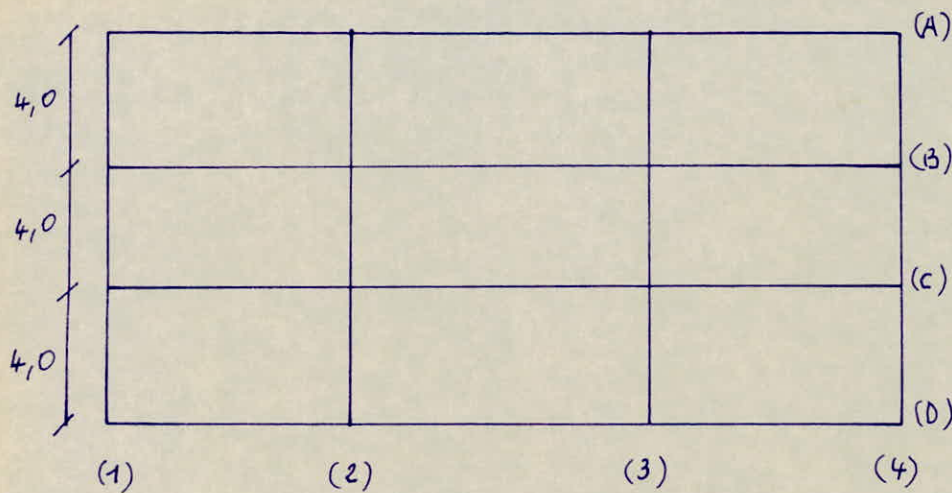
Longueurs des poutres et hauteurs des poteaux à considérer :



$$l = \min \begin{cases} l_0 + \frac{h_p}{2} \\ l_0 + a \end{cases}$$

$$h = \min \begin{cases} h_0 + \frac{a}{2} \\ h_0 + h_p \end{cases}$$

Notation des poutriques :

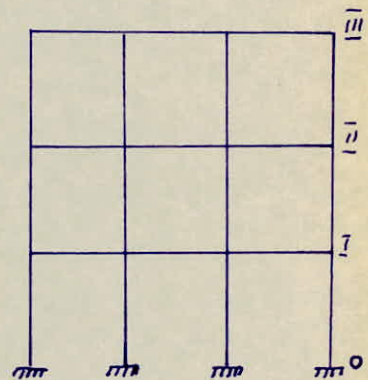


1- portiques transversaux :

poutres : $b \times h_p = 30 \times 40 \text{ cm}^2$

poteaux : $a \times b = 35 \times 35 \text{ cm}^2$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{niv III} - \text{II} \\ \text{niv II} - \text{I} \end{array} \right.$

$a \times b = 45 \times 45 \text{ cm}^2$ niv I-0



| Niveau | h_0 (cm) | l_0 (cm) | $\frac{a}{a/2}$ | $\frac{h_p}{h_p/2}$ | f_1 | l | $I \cdot 10^5$ | $I \cdot 10^6$ | k_c | k_c |
|--------|---------------|---------------|-------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------|--------|
| | | | | | $h_0 + \frac{a}{2}$ | $l_0 + \frac{h_p}{2}$ | pout. | poteau | Pout | Poteau |
| III | 284 | 365 | $\frac{35}{17,5}$ | $\frac{40}{20}$ | 301,5 | 385 | 1600 | 1250,52 | 415,58 | 414,77 |
| II | 284 | 365 | $\frac{35}{17,5}$ | $\frac{40}{20}$ | 301,5 | 385 | 1600 | 1250,52 | 415,58 | 414,77 |
| I | 284 | 355 | $\frac{45}{22,5}$ | $\frac{40}{20}$ | 306,5 | 375 | 1600 | 1250,52 | 426,67 | 414,91 |

| NIV | File de pot | h (cm) | I _{pot} | k _{pot} | \bar{k} | a | a k _{pot} | $R_j^{(+/m)}$ | R _j (t/m) |
|---------|-------------|--------|------------------|------------------|-----------|-------|--------------------|---------------|----------------------|
| III-III | A,D | 3,015 | 1250,52 | 414,77 | 1,002 | 0,334 | 138,53 | 697,66 | 3484,12 |
| | B,C | 3,015 | 1250,52 | 414,77 | 2,004 | 0,500 | 207,58 | 1044,40 | |
| II-II | A,D | 3,015 | 1250,52 | 414,77 | 1,015 | 0,337 | 139,78 | 703,96 | 3513,44 |
| | B,C | 3,015 | 1250,52 | 414,77 | 2,031 | 0,504 | 209,04 | 1052,76 | |
| I.0 | A,D | 3,065 | 3417,19 | 1114,91 | 0,383 | 0,370 | 412,52 | 2010,29 | 8986,48 |
| | B,C | 3,065 | 3417,19 | 1114,91 | 0,765 | 0,457 | 509,51 | 2482,95 | |

2 - portiques longitudinaux :

poutres : $b \times h_p = 30 \times 50 \text{ cm}^2$

poteaux : $a \times b = 35 \times 35 \text{ cm}^2$ $\left. \begin{array}{l} \text{niv III-III} \\ \text{niv II-II} \end{array} \right\}$

$a \times b = 45 \times 45 \text{ cm}^2$ niv I.0

| Niveau | h ₀ (cm) | l ₀ (cm) | a (cm) | | h _p cm | | I. 10 ⁻⁶ Pout | I. 10 ⁻⁶ Poteau | k. 10 ⁻⁶ Poutre | k. 10 ⁻⁶ Poteau |
|--------|------------------------|------------------------|------------|-------------------|-------------------|-----|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | | a/2 | h _p /2 | h | l | | | | |
| III | 274 | 565 | 35 17,5 | 50 25 | 291,5 | 590 | 3125 | 1250,52 | 529,66 | 428,99 |
| II | 274 | 565 | 35 17,5 | 50 25 | 291,5 | 590 | 3125 | 1250,52 | 529,66 | 428,99 |
| I | 274 | 555 | 45 22,5 | 50 25 | 296,5 | 580 | 3125 | 3417,19 | 538,79 | 1152,51 |

| NIV | pot | h (cm) | I _{pot} | k _{pot} ^{10⁻⁶} | \bar{k} | a | a k _{pot} | r _j ^(+1/m) | R _j (+1/m) |
|---------|-----|--------|------------------|---|-----------|-------|--------------------|----------------------------------|-----------------------|
| III-III | 1-4 | 2,915 | 1250,52 | 428,99 | 1,235 | 0,382 | 163,87 | 882,87 | 4317,32 |
| | 2-3 | 2,915 | 1250,52 | 428,99 | 2,469 | 0,552 | 236,80 | 1275,79 | |
| II-II | 1-4 | 2,915 | 1250,52 | 428,99 | 1,245 | 0,384 | 164,73 | 887,51 | 4340,5 |
| | 2-3 | 2,915 | 1250,52 | 428,99 | 2,491 | 0,555 | 238,09 | 1282,74 | |
| I, 0 | 1-4 | 2,965 | 3417,19 | 1152,51 | 0,467 | 0,392 | 451,78 | 2352,63 | 10574,9 |
| | 2-3 | 2,965 | 3417,19 | 1152,51 | 0,935 | 0,489 | 563,58 | 2934,82 | |

CALCUL DES RIGIDITES RELATIVES D'ETAGE :

1- Rigidité relative transversale d'étage :

$$R_j^t = \sum R_j^t (+1/m)$$

$$R_j^t = \begin{cases} 4 \cdot 3484,12 = 13936,48 & \text{niv III} \\ 4 \cdot 3513,44 = 14053,76 & \text{niv II} \\ 4 \cdot 8986,48 = 35945,92 & \text{niv I} \end{cases}$$

2- Rigidité relative longitudinale d'étage :

$$R_j^l = \sum R_j^l (+1/m)$$

$$R_j^l = \begin{cases} 4 \times 4317,32 = 17269,28 & \text{niv III} \\ 4 \times 4340,50 = 17362 & \text{niv II} \\ 4 \times 10574,90 = 42299,6 & \text{niv I} \end{cases}$$

CALCUL DES FORCES SIMIQUES :

pour ce calcul, on a l'intensité de la force horizontale totale, qui est donnée par la formule de (R.P.A 81 art 3.3.1)

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

- V. force horizontale totale

- A. coefficient d'accélération des zones, dépend du groupe d'usage de la structure et de la zone sismique.
pour notre cas (groupe d'usage "2", Zone II)

$$A = 0,15 \quad (\text{RPA tab. 1})$$

- D. facteur d'amplification dynamique, la valeur de D sera déterminée d'après le type de sol en fonction de la période T du bâtiment à partir du graphe de (RPA, P. 37)

• Détermination de la période T :

D'après le RPA 81, la valeur de T pour les bâtiments dans lesquels le système de contreventement est une ossature autostable capable de reprendre à 100% les forces horizontales peut être déterminée par la formule :

$$T = 0,1 N \quad , \text{ avec } N: \text{ nombre d'étage du bâtiment}$$

pour notre cas $N = 0,3 \Rightarrow T = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ s.}$

$$(T = 0,3, \text{ sol meuble}) \rightarrow D = 2,0$$

- B: facteur de comportement de la structure, il dépend du type de la structure et de la nature de ses contreventements. les valeurs de B sont dans le tableau - 2 (R.P.A 81)

$$\text{portique autostable} \rightarrow B = \frac{1}{4}$$

- Q: facteur de qualité, les valeurs de Q sont données par la formule : $Q = 1 + \sum_{q=1}^5 P_q$

où q : est la pénalité qui dépend de l'observation ou non des critères de qualité q , les critères ainsi que les valeurs de P_q correspondantes sont données :

P_1 : critere des files porteuses

P_2 : critere de surabondance en plan.

P_3 : critere de symetrie en plan.

P_4 : critere de regularité en elevation.

P_5 : critere de controle de la qualité des materiaux.

P_6 : critere de controle de la qualité de construction.

– sens transversal et sens longitudinal:

$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 0$; criteres observés

$P_5 = P_6 = 0,1$; criteres non observés.

$$\Rightarrow Q = 1,2$$

l'effort sismique horizontale est :

$$W = \sum_{j=1}^{III} W_j = 743,2 \text{ t}$$

$$V_p = V_t = (0,15 \cdot 0,25 \cdot 2 \cdot 1,2) \cdot 743,2 = 66,9 \text{ t.}$$

DISTRIBUTION EN HAUTEUR DES FORCES LATERALES SUR LES PLANCHERS.

la force laterale totale V doit être distribu e sur la hauteur de la structure selon la formule suivante:

$$V = F_t + \sum F_i$$

avec : F_t – force concentr e au sommet de la structure et

est donn e par : $0,07 T \cdot V$ si $T > 0,7 \text{ s.}$

0 si $T \leq 0,7 \text{ s.}$

la partie restante de l'effort est distribu e sur la structure suivant la formule : $F_k = (V - F_t) \cdot \frac{W_k \cdot h_k}{\sum W_i \cdot h_i}$

avec : F_k – effort horizontal au niveau k .

W_k – charge au niveau k .

dans notre cas, on a $T < 0,7 \text{ s} \Rightarrow F_t = 0$

$$d'où F_k = V \frac{W_k \cdot h_k}{\sum W_i h_i}$$

on a : $V_t = V_p = 66,9 \text{ t}$

| Niveau | h (cm) | W _k (t) | h _k · W _k ^(t.m) | F _k ^t | F _k ^c (t) |
|--------|--------|--------------------|--|-----------------------------|---------------------------------|
| III | 9,72 | 234,8 | 2282,256 | 32,180 | 32,180 |
| II | 6,48 | 251,6 | 1630,368 | 22,988 | 55,168 |
| I | 3,24 | 256,8 | 832,032 | 11,732 | 66,90 |
| Σ | | | 4744,656 | | |

CALCUL des déplacements relatifs : $\delta_j = F_j / R_j$

| sens transversal | | | | |
|------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|
| NIV | F _j ^c (t) | R _j ^t | δ _j | δ _j ^c |
| III | 32,180 | 13936,48 | 0,23 | 0,81 |
| II | 55,168 | 14053,76 | 0,39 | 0,58 |
| I | 66,90 | 35945,92 | 0,19 | 0,19 |

| sens longitudinal | | | | |
|-------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|
| NIV | F _j ^c (t) | R _j ^t | δ _j | δ _j ^c |
| III | 32,180 | 17269,28 | 0,19 | 0,67 |
| II | 55,168 | 17362 | 0,32 | 0,48 |
| I | 66,90 | 42299,6 | 0,16 | 0,16 |

CALCUL DE LA PERIODE

on calcul la periode T par la formule analytique donnée par le RPA 81 P.19

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum W_i \delta_j^2}{g \sum F_j \delta_j}}$$

- sens transversal :

$$\begin{aligned} \sum W_j \delta_j^c &= 247,961 \\ \sum F_j^c \delta_j^c &= 70,744 \end{aligned} \Rightarrow T_c = 2\pi \sqrt{\frac{247,961}{70,744}}$$

$$T_c = 0,376 \text{ s}$$

- sens longitudinal :

$$\sum_{j=1}^{\text{III}} W_j \delta_j^c = 169,944$$

$$\sum F_j^c \delta_j^c = 58,745 \Rightarrow T_p = 2\bar{\lambda} \sqrt{\frac{169,944}{58,745}}$$

$$T_p = 0,340 \text{ s.}$$

(sol meuble D=2)

Verification au renversement :

faisant la verification de notre structure au renversement. pour qu'il n'y ait pas de renversement il faut verifier que :

$$\frac{\text{Moment resistant}}{\text{Moment renversant}} > 1,5$$

. Moment de renversement = $M_{\text{exterieur en console (base)}} + \text{Effort tranchant} \times \text{h (base)}$

. $M_{\text{exterieur en console (base)}} = \sum_{i=1}^{\text{III}} F_i \cdot x_i$

. Effort tranchant à la base = $H = \sum_{i=1}^{\text{III}} F_i$

. Moment resistant = $(\sum_{i=1}^{\text{IV}} W_i - \sum_{i=1}^{\text{II}} \bar{v}_H W_i) \times b$

avec $\bar{v}_H = 0,3 \phi D$ - Coeff. sismique.

sens longitudinal

$H = 66,9 \text{ t}$

$b = 9 \text{ m}$

$\bar{v}_H = 0,09$

$M_{\text{de renversement}} = 6,985 \cdot 10^2$

$M_{\text{resistant}} = 6086,81 \text{ t.m}$

on a $\frac{M_{\text{resistant}}}{M_{\text{renversant}}} = 8,7 > 1,5$

sens transversal

on a $\frac{M_{\text{resistant}}}{M_{\text{renversant}}} = 5,81 > 1,5$

Donc notre batiment est stable vis a vis du renversement.

Determination de l'effort tranchant de niveau T_j revenant à chaque portique

L'effort tranchant d'étage (\bar{E}_j) s'applique au centre de l'étage j comme on a rotation du plancher autour du centre de torsion (c), \bar{E}_j appliqué en (G) est équivalent à \bar{E}_j appliqué en (c) plus un moment de torsion M_t .

$M_t = \bar{E}_j * e$ où e étant l'excentricité pour notre cas du fait de la symétrie du bâtiment on admet une excentricité accidentelle de 5% de la plus grande dimension. soit $e = 0,92$ m.

1. Effort tranchant de niveau dans un portique longitudinal:

$$T_{jx}^{(e)} = \bar{E}_{jx}^{(e)} \frac{R_{jx}^{(e)}}{R_{jx}^{(e)}} + \bar{E}_{jx}^{(e)} \frac{R_{jx}^{(e)} \cdot y_j^{(e)}}{R_{j\theta}} y_G$$

2. Effort tranchant de niveau dans un portique transversal:

$$T_{jy}^{(t)} = \bar{E}_{jy}^{(t)} \frac{R_{jy}^{(t)}}{R_{jy}^{(t)}} + \bar{E}_{jy}^{(t)} \frac{R_{jy}^{(t)} \cdot x_j^{(t)}}{R_{j\theta}} x_G$$

3. calcul de la rigidité à la torsion de l'étage (j): $R_{j\theta}$

$$R_{j\theta} = \sum_{t=A}^A R_{jy}^{(t)} (x_j^{(t)})^2 + \sum_{e=A}^D R_{jx}^{(e)} (y_j^{(e)})^2$$

avec : R_j - rigidité relative de l'étage j

$x_j^{(t)}$ - distance entre le portique (t) et le point c au niveau " j ".

$y_j^{(e)}$ - distance entre portique (e) et le point c au niveau " j ".

| NIVEAU | $R_{jy}^{(t)}$ | $R_{jx}^{(e)}$ | $\sum x_j^2$ | $\sum y_i^2$ | $R_{j\theta}^{(t.m)}$ |
|------------|----------------|----------------|--------------|--------------|-----------------------|
| <u>III</u> | 3484,12 | 4317,32 | 183,39 | 83,39 | $0,999 \cdot 10^6$ |
| <u>II</u> | 3513,44 | 4340,50 | 183,39 | 83,39 | $1,006 \cdot 10^6$ |
| <u>I</u> | 8986,48 | 10574,90 | 183,39 | 83,39 | $2,530 \cdot 10^6$ |

Distribution des efforts de niveaux sur les portiques

1. portiques Longitudinaux :

| PORTIQUES | | A | B | C | D |
|-----------|---------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|
| NIVEAUX | $y; y_0$ | -4,67 | -0,99 | 2,67 | 6,37 |
| | ρ R_{jx}/R_{j0} | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| III | $R_{jx}^{(e)}/R_{j0}$ | $4,32 \times 10^{-3}$ | | | |
| | \mathcal{E}_{IIIx} | 32,180 | | | |
| | $T_{IIIx}^{(t)}$ | 7,40 | 7,91 | 8,42 | 8,93 |
| II | $R_{jx}^{(e)}/R_{j0}$ | $4,31 \times 10^{-3}$ | | | |
| | \mathcal{E}_{IIx} | 55,168 | | | |
| | $T_{IIx}^{(t)}$ | 12,68 | 13,56 | 14,43 | 15,31 |
| I | $R_{jx}^{(e)}/R_{j0}$ | $4,18 \times 10^{-3}$ | | | |
| | \mathcal{E}_{Ix} | 66,90 | | | |
| | $T_{Ix}^{(t)}$ | 15,42 | 16,45 | 17,47 | 18,51 |

2- portiques transversaux :

| PORTIQUES | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|
| NIVEAUX | $x_j x_G$ | 9,13 | 3,61 | -1,91 | -7,43 |
| | $\frac{R_{jy}^{(+)}}{R_{jy}}$ | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| III | $\frac{R_{jy}^{(+)}}{R_{j\theta}}$ | $3,488 \times 10^{-3}$ | | | |
| | ξ_{IIIy} | 32,180 | | | |
| | $T_{IIIy}^{(+)}$ | 9,07 | 8,45 | 7,83 | 7,21 |
| II | $\frac{R_{jy}^{(+)}}{R_{j\theta}}$ | $3,490 \times 10^{-3}$ | | | |
| | ξ_{IIy} | 55,168 | | | |
| | $T_{IIy}^{(+)}$ | 15,55 | 14,49 | 13,42 | 12,36 |
| I | $\frac{R_{jy}^{(+)}}{R_{j\theta}}$ | $3,550 \times 10^{-3}$ | | | |
| | ξ_{Iy} | 66,90 | | | |
| | $T_{Iy}^{(+)}$ | 18,89 | 17,58 | 16,27 | 14,96 |

CALCUL DE L'EFFORT TRANCHANT REVENANT A
CHAQUE POTEAU.

l'effort tranchant de niveau (T_j) revenant à un portique est distribué aux poteaux proportionnellement aux rigidités de niveaux corrigées.

sous l'action de T_j , le déplacement de niveau δ_j peut être calculé avec la formule : $\delta_j = T_j / R_j$

comme tous les poteaux d'un même niveau doivent avoir le même déplacement : $\delta_j^{(1)} = \delta_j^{(2)} = \dots = \delta_j^{(n)} = \delta_j$

ou $\delta_j^{(i)} = \frac{\epsilon_j^{(i)}}{r_j^{(i)}}$ avec $\epsilon_j^{(i)}$ effort tranchant revenant au poteau (i) de niveau (j)

$r_j^{(i)}$ - rigidité corrigée de ce même poteau.

$$\delta_j = \delta_j^{(i)} \Rightarrow \epsilon_j^{(i)} = T_j \frac{r_j^{(i)}}{R_j} \quad (1)$$

$$\text{et comme : } r_j^{(i)} = 12 \frac{E}{h_j} a_j^{(i)} k_j^{(i)} \quad (h_j = c \frac{h}{t}) \quad (2)$$

$$R_j = \sum_i r_j^{(i)} \quad (3)$$

d'où d'après (1), (2), (3) on a

$$\epsilon_j^{(i)} = \frac{a_j^{(i)} k_j^{(i)}}{\sum a_j^{(i)} k_j^{(i)}} T_j$$

où :

$k_j^{(i)}$ - rigidité linéaire du poteau (i) de niveau (j)

$a_j^{(i)}$ - coefficient de correction de la rigidité du poteau (i) du niveau (j) (coef. de Muir)

T_j - effort tranchant de niveau revenant au portique considéré.

NB: la valeur de $k_j^{(i)}$ et $a_j^{(i)}$ a été déjà établie.

Distribution Des efforts des portiques transversaux aux poteaux :

| | | | Portique 1 | | Portique 2 | | Portique 3 | | Portique 4 | |
|------|------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Niv. | File | $\frac{a_{jk}k_j}{\sum a_{jk}k_j}$ | $T_y^{(t)}$ | $t_y^{(t)}$ | $T_y^{(+)}$ | $t_y^{(+)}$ | $T_y^{(+)}$ | $t_y^{(+)}$ | $T_y^{(+)}$ | $t_y^{(+)}$ |
| III | A-D | 0,200 | 9,07 | 1,814 | 8,45 | 1,690 | 7,83 | 1,566 | 7,21 | 1,442 |
| | B-C | 0,300 | 9,07 | 2,721 | 8,45 | 2,535 | 7,83 | 2,349 | 7,21 | 2,163 |
| II | A-D | 0,200 | 15,55 | 3,110 | 14,49 | 2,898 | 13,42 | 2,684 | 12,36 | 2,472 |
| | B-C | 0,300 | 15,55 | 4,665 | 14,49 | 4,347 | 13,42 | 4,026 | 12,36 | 3,708 |
| I | A-D | 0,224 | 18,89 | 4,231 | 17,58 | 3,938 | 16,27 | 3,644 | 14,96 | 3,351 |
| | B-C | 0,276 | 18,89 | 5,214 | 17,58 | 4,852 | 16,27 | 4,491 | 14,96 | 4,129 |

Distribution Des efforts des portiques Longitudinaux aux poteaux :

| | | | Portique A | | portique B | | portique C | | portique D | |
|------|------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Niv. | File | $\frac{a_{jk}k_j}{\sum a_{jk}k_j}$ | $T_x^{(e)}$ | $t_x^{(e)}$ | $T_x^{(e)}$ | $t_x^{(e)}$ | $T_x^{(e)}$ | $t_x^{(e)}$ | $T_x^{(e)}$ | $t_x^{(e)}$ |
| III | 1-4 | 0,204 | 7,40 | 1,510 | 7,91 | 1,614 | 8,42 | 1,718 | 8,93 | 1,822 |
| | 2-3 | 0,296 | 7,40 | 2,190 | 7,91 | 2,341 | 8,42 | 2,492 | 8,93 | 2,643 |
| II | 1-4 | 0,204 | 12,68 | 2,587 | 13,56 | 2,766 | 14,43 | 2,944 | 15,31 | 3,123 |
| | 2-3 | 0,296 | 12,68 | 3,753 | 13,56 | 4,014 | 14,43 | 4,271 | 15,31 | 4,532 |
| I | 1-4 | 0,222 | 15,42 | 3,423 | 16,45 | 3,652 | 17,47 | 3,878 | 18,51 | 4,109 |
| | 2-3 | 0,278 | 15,42 | 4,287 | 16,45 | 4,573 | 17,47 | 4,857 | 18,51 | 5,146 |

Déformations Horizontales

le calcul des déplacements horizontaux relève du souci d'éviter la procréation du désordre dans les éléments de remplissage, ainsi que l'aggravation des contraintes dans le système de contreventement.

Détermination des déplacements relatifs d'étages

- le déplacement calculé à partir des forces latérales spécifiées doit être multiplié par $(\frac{1}{2B})$ pour obtenir le déplacement relatif (R.P.A 81)

$$\delta_j = \frac{T_j}{R_j} \cdot \frac{1}{2B}$$

pour un portique autostable en Zone II : $B = 0,25 \rightarrow \frac{1}{2B} = 2$

- le déplacement admissible $\bar{\delta}_j$: (R.P.A 81 art. 3.3.7.1)

$$\bar{\delta}_j = 0,0075 h_j \text{ (où } h_j \text{ étant la hauteur d'étage } j \text{)}$$

| Niv. | PORTIQUE A | | | PORTIQUE B | | | PORTIQUE C | | | PORTIQUE D | | |
|------|-------------|-----------|-----------------|-------------|-----------|-----------------|-------------|-----------|-----------------|-------------|-----------|-----------------|
| | R_j (t/m) | T_j (t) | δ_j (mm) | R_j (t/m) | T_j (t) | δ_j (mm) | R_j (t/m) | T_j (t) | δ_j (mm) | R_j (t/m) | T_j (t) | δ_j (mm) |
| III | 4317,32 | 7,40 | 3,42 | 4317,32 | 7,91 | 3,66 | 4317,32 | 8,42 | 3,9 | 4317,32 | 8,93 | 4,14 |
| II | 4340,5 | 12,68 | 5,84 | 4340,5 | 13,56 | 6,24 | 4340,5 | 14,43 | 6,64 | 4340,5 | 15,31 | 7,06 |
| I | 10574,9 | 15,42 | 2,92 | 10574,9 | 16,45 | 3,12 | 10574,9 | 17,47 | 3,3 | 10574,9 | 18,51 | 3,5 |

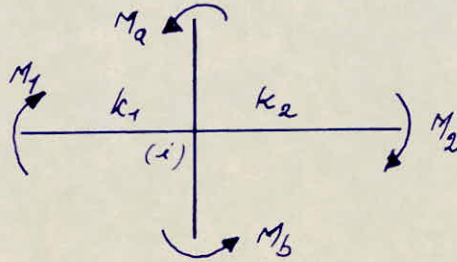
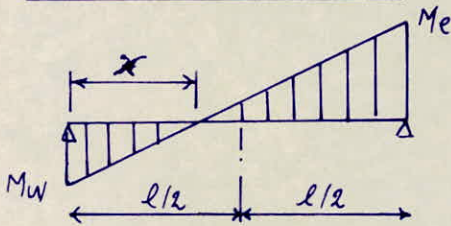
| Niv. | PORTIQUE 1 | | | PORTIQUE 2 | | | PORTIQUE 3 | | | PORTIQUE 4 | | |
|------|-------------|-----------|-----------------|-------------|-----------|-----------------|-------------|-----------|-----------------|-------------|-----------|-----------------|
| | R_j (t/m) | T_j (t) | δ_j (mm) | R_j (t/m) | T_j (t) | δ_j (mm) | R_j (t/m) | T_j (t) | δ_j (mm) | R_j (t/m) | T_j (t) | δ_j (mm) |
| III | 3484,12 | 9,07 | 5,2 | 3484,12 | 8,45 | 4,86 | 3484,12 | 7,83 | 4,5 | 3484,12 | 7,21 | 4,14 |
| II | 3513,44 | 15,55 | 8,86 | 3513,44 | 14,49 | 8,24 | 3513,44 | 13,42 | 7,64 | 3513,44 | 12,36 | 7,04 |
| I | 8986,48 | 18,89 | 4,2 | 8986,48 | 17,58 | 3,92 | 8986,48 | 16,27 | 3,62 | 8986,48 | 14,96 | 3,32 |

$$\delta_j < \bar{\delta}_j$$

CALCUL DES MOMENTS DANS LES POULTRES :

Dans un noeud (i), le moment résultant des poteaux aboutissant à ce noeud est réparti entre les poutres proportionnellement à leur rigidité linéaire.

$$\begin{cases} M_1 = \frac{k_1}{k_1+k_2} (M_a + M_b) \\ M_2 = \frac{k_2}{k_1+k_2} (M_a + M_b) \end{cases}$$

Moment en travée

$$\frac{x}{M_w} = \frac{l-x}{M_e} \text{ d'où } x = \frac{M_w}{M_w + M_e} l$$

$$\frac{\frac{l}{2} - x}{M_t} = \frac{l/2}{M_e} \text{ d'où } M_t = \frac{l/2 - x}{l/2} M_e$$

on remplace x par sa valeur dans l'expression de M_t
on obtient

$$M_t = \frac{M_e - M_w}{2}$$

Efforts tranchants :

A partir des moments dans les noeuds, on peut calculer les efforts tranchants. on considère alors une travée indépendante.

l'équation du moment est: $M(x) = ax + b$.

$$T = \frac{dM}{dx} = a \quad ; \quad \text{pour } \begin{cases} x=0 \text{ on a } b = M_w \\ x=l \text{ on a } al + b = -M_e \end{cases}$$

$$\text{D'où } T = - \frac{M_e + M_w}{l}$$

Efforts normaux :

pour le noeud (i), l'effort normal dans le poteau sera :

$$N_i = - (T_{ie} - T_{iw})$$

si $N_i < 0$ \Rightarrow compression.

si $N_i > 0$ \Rightarrow traction.

Poutres du portique transversal

| NIVEAU | NOEUD | M _b | M _a | M ₁ | M ₂ | M _w | M _e | M _t | T(+) |
|--------|-------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| III | 1 | 3,519 | 0 | 0 | 3,519 | | | | |
| | 2 | 4,843 | 0 | 2,422 | 2,422 | 3,519 | 2,422 | 0,549 | -1,485 |
| | 3 | 4,843 | 0 | 2,422 | 2,422 | 2,422 | 2,422 | 0 | -1,211 |
| | 4 | 3,519 | 0 | 3,519 | 0 | 2,422 | 3,519 | -0,549 | -1,485 |
| II | 5 | 5,536 | 2,358 | 0 | 7,894 | | | | |
| | 6 | 7,557 | 3,973 | 5,765 | 5,765 | 7,894 | 5,765 | 1,065 | -3,415 |
| | 7 | 7,557 | 3,973 | 5,765 | 5,765 | 5,765 | 5,765 | 0 | -2,883 |
| | 8 | 5,536 | 2,358 | 7,894 | 0 | 5,765 | 7,894 | -1,095 | -3,415 |
| I | 9 | 3,300 | 4,541 | 0 | 7,841 | | | | |
| | 10 | 5,631 | 7,557 | 6,594 | 6,594 | 7,841 | 6,594 | 0,624 | -3,609 |
| | 11 | 5,631 | 7,557 | 6,594 | 6,594 | 6,594 | 6,594 | 0 | -3,297 |
| | 12 | 3,300 | 4,541 ¹ | 7,841 | 0 | 6,594 | 7,841 | -0,624 | -3,609 |

Poutres du Portique Longitudinal

| NIVEAU | NOEUD | M _b | M _a | M ₁ | M ₂ | M _w | M _e | M _t | T(+) |
|--------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| III | 1 | 3,243 | 0 | 0 | 3,243 | | | | |
| | 2 | 4,705 | 0 | 2,353 | 2,353 | 3,243 | 2,353 | 0,445 | -0,933 |
| | 3 | 4,705 | 0 | 2,353 | 2,353 | 2,353 | 2,353 | 0 | -0,784 |
| | 4 | 3,243 | 0 | 3,243 | 0 | 2,353 | 3,242 | -0,445 | -0,933 |
| II | 5 | 5,434 | 2,660 | 0 | 8,094 | | | | |
| | 6 | 7,342 | 3,859 | 5,601 | 5,601 | 8,094 | 5,601 | 1,247 | -2,283 |
| | 7 | 7,342 | 3,859 | 5,601 | 5,601 | 5,601 | 5,601 | 0 | -1,867 |
| | 8 | 5,434 | 2,660 | 8,094 | 0 | 5,601 | 8,094 | -1,247 | -2,283 |
| I | 9 | 3,328 | 4,685 | 0 | 8,013 | | | | |
| | 10 | 5,815 | 7,342 | 6,579 | 6,579 | 8,013 | 6,579 | 0,717 | -2,432 |
| | 11 | 5,815 | 7,342 | 6,579 | 6,579 | 6,579 | 6,579 | 0 | -2,193 |
| | 12 | 3,328 | 4,685 | 8,013 | 0 | 6,579 | 8,013 | -0,717 | -2,432 |

Poteaux du Portique transversal - 1 -

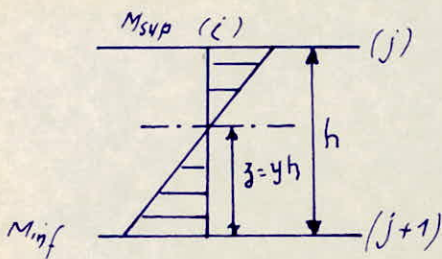
| NIVEAU | Poteaux | M _{sup} (t.m) | M _{inf} (t.m) | T(t) | N(t) | N ^c (t) |
|--------|---------|------------------------|------------------------|-------|--------|--------------------|
| III | 1-5 | 3,519 | 2,358 | 1,814 | -1,485 | -1,485 |
| | 2-6 | 4,843 | 3,973 | 2,721 | 0,274 | 0,274 |
| | 3-7 | 4,843 | 3,973 | 2,721 | -0,274 | -0,274 |
| | 4-8 | 3,159 | 2,358 | 1,814 | 1,485 | 1,485 |
| II | 5-9 | 5,536 | 4,541 | 3,110 | -3,145 | -4,900 |
| | 6-10 | 7,557 | 7,557 | 4,665 | 0,532 | 0,806 |
| | 7-11 | 7,557 | 7,557 | 4,665 | -0,532 | -0,806 |
| | 8-12 | 5,536 | 4,541 | 3,110 | 3,415 | 4,900 |
| I | 9-13 | 3,300 | 10,408 | 4,231 | -3,609 | -8,509 |
| | 10-14 | 5,631 | 12,163 | 5,214 | 0,312 | 1,118 |
| | 11-15 | 5,631 | 12,163 | 5,214 | -0,312 | -1,118 |
| | 12-16 | 3,300 | 10,408 | 4,231 | 3,609 | 8,509 |

Poteaux du portique Longitudinal - D -

| Niveau | Poteau | M _{sup} (t.m) | M _{inf} (t.m) | T(t) | N(t) | N ^c (t) |
|--------|--------|------------------------|------------------------|-------|--------|--------------------|
| III | 1-5 | 3,243 | 2,660 | 1,822 | -0,933 | -0,933 |
| | 2-6 | 4,705 | 3,859 | 2,643 | 0,149 | 0,149 |
| | 3-7 | 4,705 | 3,859 | 2,643 | -0,149 | -0,149 |
| | 4-8 | 3,243 | 2,660 | 1,822 | 0,933 | 0,933 |
| II | 5-9 | 5,434 | 4,685 | 3,123 | -2,283 | -3,216 |
| | 6-10 | 7,342 | 7,342 | 4,532 | 0,416 | 0,516 |
| | 7-11 | 7,342 | 7,342 | 4,532 | -0,416 | -0,516 |
| | 8-12 | 5,434 | 4,685 | 3,123 | 2,283 | 3,216 |
| I | 9-13 | 3,328 | 9,985 | 4,109 | -2,432 | -5,648 |
| | 10-14 | 5,815 | 10,858 | 5,146 | 0,239 | 0,755 |
| | 11-15 | 5,815 | 10,858 | 5,146 | -0,239 | -0,755 |
| | 12-16 | 3,328 | 9,985 | 4,109 | 2,432 | 5,648 |

Calcul des moments dans les poteaux :

la position du point d'inflexion est donnée en fonction des caractéristiques du poteau.



$$M_{sup} = E_j^{(i)} (h - \bar{z})$$

$$M_{inf} = E_j^{(i)} (\bar{z})$$

$$\bar{z} = y h.$$

$$\text{avec } y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$$

où :

y_0 - coefficient qui est donné par des tableaux en fonction de \bar{k} , du nombre total de niveaux que comporte le poteau et du numéro de niveau.

y_1 - terme de correction dû à la variation de la rigidité linéaire des poutres supérieures et inférieures, et est donné par des tableaux en fonction de $\alpha_1 = \frac{k_1 + k_2}{k_3 + k_4}$ et de \bar{k} .

k_1 et k_2 sont les raideurs des poutres supérieures.

k_3 et k_4 sont les raideurs des poutres inférieures.

y_2 - terme de correction dû à la variation de la hauteur d'étage à la hauteur de l'étage supérieur adjacent, il est donné par des tableaux en fonction de $\alpha_2 = \frac{h_s}{h}$ et de \bar{k} .

h_s - hauteur de l'étage supérieur adjacent.

y_3 - terme de correction dû à la variation de la hauteur d'étage à la hauteur de l'étage inférieur adjacent, il est donné par des tableaux en fonction de $\alpha_3 = \frac{h_i}{h}$ et de \bar{k} .

h_i - hauteur de l'étage inférieur adjacent.

Remarque :

les coefficients y_0, y_1, y_2, y_3 sont donnés dans le bulletin n°5 du C.T.C

on a $y_2 = 0$ pour dernier niveau ; $y_3 = 0$ pour le premier niveau.

Poteaux du Portique longitudinal D

| Niv | File | \bar{k} | y_0 | y_1 | y_2 | y_3 | y | $z(m)$ | $h-z$ | $t_x(t)$ | $M_{sup}^{(t.m)}$ | $M_{inf}^{(t.m)}$ |
|-----|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|----------|-------------------|-------------------|
| III | 1 et 4 | 1,235 | 0,45 | 0 | 0 | 0 | 0,45 | 1,46 | 1,78 | 1,822 | 3,243 | 2,660 |
| | 2 et 3 | 2,469 | 0,45 | 0 | 0 | 0 | 0,45 | 1,46 | 1,78 | 2,643 | 4,705 | 3,859 |
| II | 1 et 4 | 1,245 | 0,462 | 0 | 0 | 0 | 0,462 | 1,5 | 1,74 | 3,123 | 5,434 | 4,685 |
| | 2 et 3 | 2,491 | 0,50 | 0 | 0 | 0 | 0,50 | 1,62 | 1,62 | 4,532 | 7,342 | 7,342 |
| I | 1 et 4 | 0,467 | 0,75 | 0 | 0 | 0 | 0,75 | 2,43 | 0,81 | 4,109 | 3,328 | 9,985 |
| | 2 et 3 | 0,935 | 0,65 | 0 | 0 | 0 | 0,65 | 2,11 | 1,13 | 5,146 | 5,815 | 10,858 |

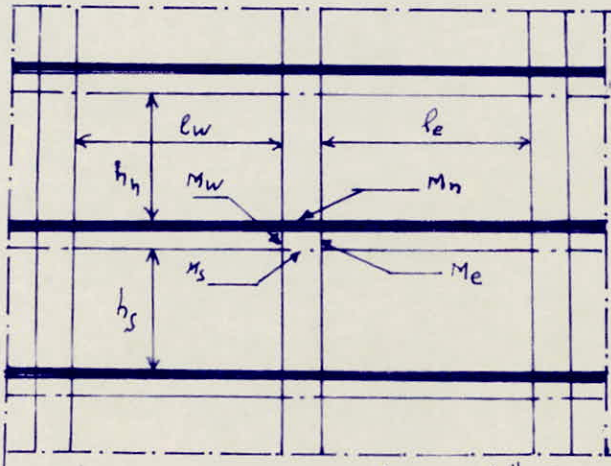
Poteaux du Portique transversal 1

| Niv | File | \bar{k} | y_0 | y_1 | y_2 | y_3 | y | $z(m)$ | $h-z$ | $t_x(t)$ | $M_{sup}^{(t.m)}$ | $M_{inf}^{(t.m)}$ |
|-----|------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|----------|-------------------|-------------------|
| III | A-D | 1,002 | 0,40 | 0 | 0 | 0 | 0,40 | 1,3 | 1,94 | 1,814 | 3,519 | 2,358 |
| | B-C | 2,004 | 0,45 | 0 | 0 | 0 | 0,45 | 1,46 | 1,78 | 2,721 | 4,843 | 3,973 |
| II | A-D | 1,015 | 0,451 | 0 | 0 | 0 | 0,451 | 1,46 | 1,78 | 3,110 | 5,536 | 4,541 |
| | B-C | 2,031 | 0,50 | 0 | 0 | 0 | 0,50 | 1,62 | 1,62 | 4,665 | 7,557 | 7,557 |
| I | A-D | 0,383 | 0,758 | 0 | 0 | 0 | 0,758 | 2,46 | 0,78 | 4,231 | 3,300 | 10,408 |
| | B-C | 0,765 | 0,668 | 0 | 0 | 0 | 0,668 | 2,16 | 1,018 | 5,214 | 5,631 | 12,163 |

Efforts dans les Portiques Engendrés Par les Forces Verticales

le calcul des portiques sous les charges verticales sera fait par la méthode de M^E CAQUOT exposé en annexe A du C.C.B.A 68.

Exposé de la méthode:



la méthode suppose que les moments d'inerties des poteaux sont constants. le principe consiste à choisir un noeud et à déterminer les moments agissants à gauche et à droite ainsi qu'en haut et en bas. cela en tenant compte que des charges des travées encadrant le noeud

considérée notées respectivement "w" (gauche) et "e" (droite) et la résistance offerte par les tronçons "s" (inférieur) et "n" (supérieur) des poteaux aboutissant au noeud.

- on détache de chaque côté des appuis des travées fictives désignées par (l') et portant en indice la travée considérée déterminée comme suit:

$$\left. \begin{array}{l} - l'_w = 0,8 l_w \\ - l'_e = 0,8 l_e \end{array} \right\} \rightarrow \text{pour travées intermédiaires}$$

- $h'_n = 0,9 h$ \rightarrow si le noeud considéré appartenant à l'avant dernier plancher avec h_n : hauteur libre du poteau haut.

$$\left. \begin{array}{l} - h'_n = 0,8 h_n \\ - h'_s = 0,8 h_s \end{array} \right\} \rightarrow \text{pour les autres cas.}$$

l_w, l_e : portées libres des travées respectivement gauche et droite

h_s : hauteur libre du poteau bas.

• soit: q_w : la charge uniformément répartie par unité de longueur sur la travée de gauche.

q_e : la charge uniformément répartie par unité de longueur sur la travée de droite.

Q_w : charge concentrée appliquée sur la travée de gauche à la distance a_w du nu de l'appui (Q_e et q_e pour la travée de droite)

$$\text{on pose : } M'_w = q_w \frac{l_w'^2}{8,5} + l_w' \sum k_w Q_w$$

$$M'_e = q_e \cdot \frac{l_e'^2}{8,5} + l_e \sum k_e Q_e$$

les valeurs de k_w, k_e sont données en fonction de a_w et q_e par l_w l_e

une échelle fonctionnelle.

I_w, I_e, I_n, I_s : designant les moments d'inertie respectivement des éléments formant le noeud.

$$\text{on pose : } k_w = I_w / l_w' ; k_e = I_e / l_e' ; k_n = I_n / h_n' ; k_s = I_s / h_s'$$

$$\text{et } D = k_w + k_e + k_n + k_s.$$

• les moments dans les sections dangereuses (nus d'appuis) sont en valeurs absolues.

$$\text{- au nu de l'appui dans la travée de gauche : } M_w = M'_e \cdot \frac{k_w}{D} + M'_w \left(1 - \frac{k_w}{D}\right)$$

$$\text{- au nu de l'appui dans la travée de droite : } M_e = M'_e \left(1 - \frac{k_e}{D}\right) + M'_w \frac{k_e}{D}$$

$$\text{- au nu inférieur des poutres dans le poteau inf : } M_s = \frac{k_s}{D} (M'_e - M'_w)$$

$$\text{- au nu supérieur des poutres dans le poteau sup : } M_n = \frac{k_n}{D} (M'_e - M'_w)$$

pour la travée (poutres) les moments M_w et M_e sont négatifs.

pour les poteaux, la face tendue du tronçon supérieur est du côté correspondant à la plus grande des deux valeurs absolues M_e ou M_w .

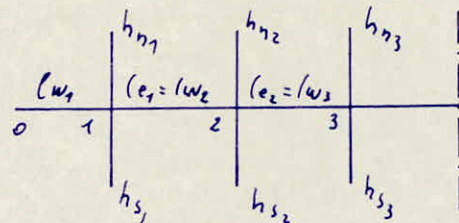
la face tendue du tronçon inférieur est du côté opposé.

• Travées de rive :

les quantités relatives au noeud

dérive sont affectées de l'indice ①

celle du noeud voisin de l'indice ②



a) travée de rive avec console :

* Noeud de rive : le noeud de rive est étudié en faisant $k_w = 0$ dans

les formules données ci-dessus et en substituant M_{w1} à M'_w ; M_{w1} designant la valeur absolue du moment isostatique de la console au

nu de l'appui. On suppose que la valeur algébrique de M_{w1} négatif,

c.a.d : conventionnellement, que la face supérieure de la console est tendue

au voisinage de l'appui. Dans le cas contraire on change le signe devant la valeur de M_{w1} introduite dans les formules.

on a donc

$$M_{e1} = M'_{e1} \left(1 - \frac{k_{e1}}{D_1}\right) + M_{w1} \cdot \frac{k_{e1}}{D_1}$$

$$M_{s1} = (M'_{e1} - M_{w1}) \cdot \frac{k_{s1}}{D_1}$$

$$M_{n1} = (M'_{e1} - M_{w1}) \cdot \frac{k_{n1}}{D_1}$$

avec $M'_{e1} = \left(\varphi_0 \cdot \frac{l'e^2}{8,5}\right)$ noeud 1

$$D_1 = k_{e1} + k_{s1} + k_{n1} ; k_{e1} = \frac{I_{e1}}{l'w} ; k_{s1} = \frac{I_{s1}}{h'_{s1}} ; k_{n1} = \frac{I_{n1}}{h'_{n1}}$$

* Noeud voisin de rive :

la longueur $l'w_2$ de la travée fictive de rive est prise égale à $x_1 \cdot l'w_1$, x_1 étant un coefficient compris entre (0,8 ÷ 1).

on prend :

$$x_1 = 0,8 \text{ pour } k_{s1} + k_{n1} \geq 1,5 k_{e1}$$

$$x_1 = 1 - \frac{k_{s1} + k_{n1}}{1,5 k_{e1}} \text{ pour } k_{s1} + k_{n1} < 1,5 k_{e1}$$

la longueur $l'e_2$ de la travée fictive à droite de l'appui - 2 - si elle n'est pas une travée de rive, est prise égale à $0,8 l'e_2$.

Dans le cas contraire le noeud 3 - est un noeud de rive, et la longueur $l'e_2$ de la travée fictive de droite est prise égale à $x_3 l'e_2$

avec :

$$x_3 = 0,8 \text{ pour } k_{s3} + k_{n3} \geq 1,5 k_{w3}$$

$$x_3 = 1 - \frac{k_{s3} + k_{n3}}{1,5 k_{w3}} \text{ pour } k_{s3} + k_{n3} < 1,5 k_{w3}$$

b) travée de rive sans console :

les mêmes formules que pour une travée de rive avec console en prenant ($M_{w1} = 0$) :

$$M_{e1} = M'_{e1} \left(1 - \frac{k_{e1}}{D_1}\right)$$

$$M_{s1} = M'_{e1} \cdot \frac{k_{s1}}{D_1}$$

$$M_{n1} = M'_{e1} \cdot \frac{k_{n1}}{D_1}$$

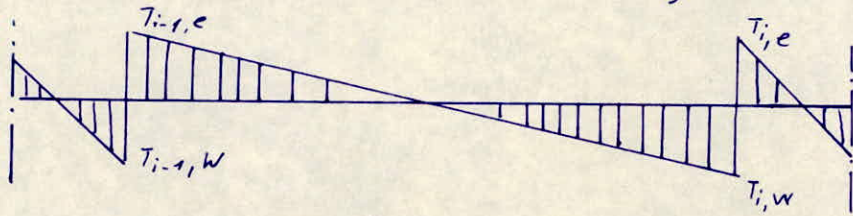
• Efforts tranchants dans les poteaux, efforts normaux dans les poutres :

par simplification, on ne fait pas état, dans les calculs, des efforts tranchants dans les poteaux, ni des efforts normaux dans les poutres.

• efforts normaux dans les poteaux :

Ils sont engendrés par les efforts tranchants dans les poutres et seront déterminés à partir de ceux-ci.

Ainsi pour les charges verticales uniformément réparties on a les efforts tranchants schématisés sur le diagramme ci-dessous :



les réactions développées dans les appuis (i-1) et (i) donnent des efforts normaux de compression dans les poteaux dont les valeurs sont :

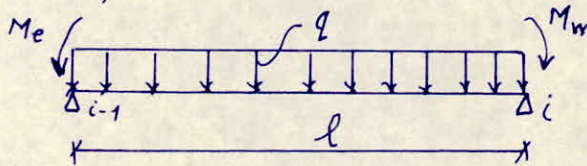
$$N_{i-1} = T_{i-1,e} - T_{i-1,w}$$

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

$T_{i-1,w}$; $T_{i-1,e}$; $T_{i,e}$; $T_{i,w}$ en valeurs algébriques.

• Efforts tranchants dans les poutres :

Ils sont calculés en considérant la travée indépendante et en faisant état des moments de continuité et de la charge qui lui est appliquée (q/ml).



$$T_{i-1,e} = q \frac{l}{2} + \frac{M_{i-1,e} - M_{i,w}}{l}$$

$$T_{i,e} = -q \frac{l}{2} + \frac{M_{i-1,e} - M_w}{l}$$

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

portique transversal.

| NIV | Noeud | l_w | l_e | h_n | h_s | I_w | I_e | I_n | I_s | l'_w | l'_e | h'_n | h'_s | k_w | k_e | k_n | k_s | D |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| III | 1 | / | 4 | / | 3,24 | / | 16 | / | 12,5 | / | 3,2 | / | 2,592 | / | 5 | / | 4,826 | 9,826 |
| | 2 | 4 | 4 | / | 3,24 | 16 | 16 | / | 12,5 | 3,49 | 3,2 | / | 2,592 | 4,585 | 5 | / | 4,826 | 14,411 |
| | 3 | 4 | 4 | / | 3,24 | 16 | 16 | / | 12,5 | 3,2 | 3,49 | / | 2,592 | 5 | 4,585 | / | 4,826 | 14,411 |
| | 4 | 4 | / | / | 3,24 | 16 | / | / | 12,5 | 3,2 | / | / | 2,592 | 5 | / | / | 4,826 | 9,826 |
| II | 5 | / | 4 | 3,24 | 3,24 | / | 16 | 12,5 | 12,5 | / | 3,2 | 2,92 | 2,59 | / | 5 | 4,281 | 4,826 | 14,107 |
| | 6 | 4 | 4 | 3,24 | 3,24 | 16 | 16 | 12,5 | 12,5 | 3,2 | 3,2 | 2,92 | 2,59 | 5 | 5 | 4,281 | 4,826 | 19,107 |
| | 7 | 4 | 4 | 3,24 | 3,24 | 16 | 16 | 12,5 | 12,5 | 3,2 | 3,2 | 2,92 | 2,59 | 5 | 5 | 4,281 | 4,826 | 19,107 |
| | 8 | 4 | / | 3,24 | 3,24 | 16 | / | 12,5 | 12,5 | 3,2 | / | 2,92 | 2,59 | 5 | / | 4,281 | 4,826 | 14,107 |
| I | 9 | / | 4 | 3,24 | 3,24 | / | 16 | 12,5 | 34,2 | / | 3,2 | 2,59 | 2,59 | / | 5 | 4,826 | 13,205 | 23,031 |
| | 10 | 4 | 4 | 3,24 | 3,24 | 16 | 16 | 12,5 | 34,2 | 3,2 | 3,2 | 2,59 | 2,59 | 5 | 5 | 4,826 | 13,205 | 28,031 |
| | 11 | 4 | 4 | 3,24 | 3,24 | 16 | 16 | 12,5 | 34,2 | 3,2 | 3,2 | 2,59 | 2,59 | 5 | 5 | 4,826 | 13,205 | 28,031 |
| | 12 | 4 | / | 3,24 | 3,24 | 16 | / | 12,5 | 34,2 | 3,2 | / | 2,59 | 2,59 | 5 | / | 4,826 | 13,205 | 23,031 |
| 0 | 13 | / | 4 | 3,24 | 2,97 | / | 16 | 34,2 | 34,2 | / | 3,2 | 2,59 | 2,38 | / | 5 | 13,205 | 14,370 | 32,575 |
| | 14 | 4 | 4 | 3,24 | 2,97 | 16 | 16 | 34,2 | 34,2 | 3,2 | 3,2 | 2,59 | 2,38 | 5 | 5 | 13,205 | 14,370 | 37,575 |
| | 15 | 4 | 4 | 3,24 | 2,97 | 16 | 16 | 34,2 | 34,2 | 3,2 | 3,2 | 2,59 | 2,38 | 5 | 5 | 13,205 | 14,370 | 37,575 |
| | 16 | 4 | / | 3,24 | 2,97 | 16 | / | 34,2 | 34,2 | 3,2 | / | 2,59 | 2,38 | 5 | / | 13,205 | 14,370 | 32,575 |

SOUS: G

MOMENTS AUX NOEUDS

Portique: trans rive

SOUS: P

| niv | NOE | q_w | q_e | M'_w | M'_e | M_w | M_e | M_h | M_s |
|-----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| III | 1 | / | 0,694 | / | 0,836 | / | 0,411 | / | 0,411 |
| | 2 | 0,694 | 0,694 | 0,994 | 0,836 | 0,944 | 0,891 | / | -0,053 |
| | 3 | 0,694 | 0,694 | 0,836 | 0,994 | 0,891 | 0,944 | / | 0,053 |
| | 4 | 0,694 | / | 0,836 | / | 0,411 | / | / | -0,411 |
| II | 5 | / | 1,420 | / | 1,711 | / | 1,105 | 0,519 | 0,585 |
| | 6 | 1,420 | 1,420 | 1,711 | 1,711 | 1,711 | 1,711 | 0 | 0 |
| | 7 | 1,420 | 1,420 | 1,711 | 1,711 | 1,711 | 1,711 | 0 | 0 |
| | 8 | 1,420 | / | 1,711 | / | 1,105 | / | -0,519 | -0,585 |
| I | 9 | / | 1,420 | / | 1,711 | / | 1,340 | 0,359 | 0,981 |
| | 10 | 1,420 | 1,420 | 1,711 | 1,711 | 1,711 | 1,711 | 0 | 0 |
| | 11 | 1,420 | 1,420 | 1,711 | 1,711 | 1,711 | 1,711 | 0 | 0 |
| | 12 | 1,420 | / | 1,711 | / | 1,340 | / | -0,359 | -0,981 |
| O | 13 | / | 2,130 | / | 2,566 | / | 2,172 | 1,040 | 1,132 |
| | 14 | 2,130 | 2,130 | 2,566 | 2,566 | 2,566 | 2,566 | 0 | 0 |
| | 15 | 2,130 | 2,130 | 2,566 | 2,566 | 2,566 | 2,566 | 0 | 0 |
| | 16 | 2,130 | / | 2,566 | / | 2,172 | / | -1,040 | -1,132 |

| niv | NOE | q_w | q_e | M'_w | M'_e | M_w | M_e | M_h | M_s |
|-----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|---------|
| III | 1 | / | 0,033 | / | 0,040 | / | 0,020 | / | 0,020 |
| | 2 | 0,033 | 0,033 | 0,047 | 0,040 | 0,045 | 0,042 | / | -0,0023 |
| | 3 | 0,033 | 0,033 | 0,040 | 0,047 | 0,042 | 0,045 | / | 0,0023 |
| | 4 | 0,033 | / | 0,040 | / | 0,020 | / | / | -0,020 |
| II | 5 | / | 0,057 | / | 0,069 | / | 0,045 | 0,021 | 0,024 |
| | 6 | 0,057 | 0,057 | 0,069 | 0,069 | 0,069 | 0,069 | 0 | 0 |
| | 7 | 0,057 | 0,057 | 0,069 | 0,069 | 0,069 | 0,069 | 0 | 0 |
| | 8 | 0,057 | / | 0,069 | / | 0,045 | / | -0,021 | -0,024 |
| I | 9 | / | 0,057 | / | 0,069 | / | 0,054 | 0,014 | 0,040 |
| | 10 | 0,057 | 0,057 | 0,069 | 0,069 | 0,069 | 0,069 | 0 | 0 |
| | 11 | 0,057 | 0,057 | 0,069 | 0,069 | 0,069 | 0,069 | 0 | 0 |
| | 12 | 0,057 | / | 0,069 | / | 0,054 | / | -0,014 | -0,040 |
| O | 13 | / | 0,38 | / | 0,458 | / | 0,388 | 0,186 | 0,202 |
| | 14 | 0,38 | 0,38 | 0,458 | 0,458 | 0,458 | 0,458 | 0 | 0 |
| | 15 | 0,38 | 0,38 | 0,458 | 0,458 | 0,458 | 0,458 | 0 | 0 |
| | 16 | 0,38 | / | 0,458 | / | 0,388 | / | -0,186 | -0,202 |

Sous: G

Moments et efforts tranchants dans les poutres

Sous: P

| NIV | trav. | l | q | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|---|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| III | 1-2 | 4 | 0,694 | 0,411 | 0,944 | 1,255 | -1,521 |
| | 2-3 | 4 | 0,694 | 0,891 | 0,891 | 1,388 | -1,388 |
| | 3-4 | 4 | 0,694 | 0,944 | 0,411 | 1,521 | -1,255 |
| II | 5-6 | 4 | 1,420 | 1,105 | 1,711 | 2,689 | -2,992 |
| | 6-7 | 4 | 1,420 | 1,711 | 1,711 | 2,84 | -2,84 |
| | 7-8 | 4 | 1,420 | 1,711 | 1,105 | 2,992 | -2,689 |
| I | 9-10 | 4 | 1,420 | 1,340 | 1,711 | 2,747 | -2,933 |
| | 10-11 | 4 | 1,420 | 1,711 | 1,711 | 2,840 | -2,840 |
| | 11-12 | 4 | 1,420 | 1,711 | 1,340 | 2,933 | -2,747 |
| 0 | 13-14 | 4 | 1,949 | 2,172 | 2,566 | 3,80 | -3,997 |
| | 14-15 | 4 | 1,949 | 2,566 | 2,566 | 3,898 | -3,898 |
| | 15-16 | 4 | 1,949 | 2,566 | 2,172 | 3,997 | -3,80 |

| NIV | trav. | l | q | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|---|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| III | 1-2 | 4 | 0,033 | 0,020 | 0,045 | 0,060 | -0,072 |
| | 2-3 | 4 | 0,033 | 0,042 | 0,042 | 0,084 | -0,084 |
| | 3-4 | 4 | 0,033 | 0,045 | 0,020 | 0,072 | -0,060 |
| II | 5-6 | 4 | 0,057 | 0,045 | 0,069 | 0,108 | -0,120 |
| | 6-7 | 4 | 0,057 | 0,069 | 0,069 | 0,114 | -0,114 |
| | 7-8 | 4 | 0,057 | 0,069 | 0,045 | 0,120 | -0,108 |
| I | 9-10 | 4 | 0,057 | 0,054 | 0,069 | 0,110 | -0,118 |
| | 10-11 | 4 | 0,057 | 0,069 | 0,069 | 0,114 | -0,114 |
| | 11-12 | 4 | 0,057 | 0,069 | 0,054 | 0,118 | -0,110 |
| 0 | 13-14 | 4 | 0,306 | 0,388 | 0,458 | 0,595 | -0,630 |
| | 14-15 | 4 | 0,306 | 0,458 | 0,458 | 0,612 | -0,612 |
| | 15-16 | 4 | 0,306 | 0,458 | 0,388 | 0,630 | -0,595 |

sous : G

efforts normaux dans les poteaux (portique : trans. rive) sous : P

| NIV. | Pot. | T _w | T _e | N | N ^c |
|------|-------|----------------|----------------|-------|----------------|
| III | 1-5 | / | 1,255 | 1,255 | 1,255 |
| | 2-6 | -1,521 | 1,388 | 2,909 | 2,909 |
| | 3-7 | -1,388 | 1,521 | 2,909 | 2,909 |
| | 4-8 | -1,255 | / | 1,255 | 1,255 |
| II | 5-9 | / | 2,689 | 2,689 | 3,944 |
| | 6-10 | -2,992 | 2,840 | 5,832 | 8,741 |
| | 7-11 | -2,84 | 2,992 | 5,832 | 8,741 |
| | 8-12 | -2,689 | / | 2,689 | 3,944 |
| I | 9-13 | / | 2,747 | 2,747 | 6,691 |
| | 10-14 | -2,933 | 2,840 | 5,773 | 14,514 |
| | 11-15 | -2,84 | 2,933 | 5,773 | 14,514 |
| | 12-16 | -2,747 | / | 2,747 | 6,691 |
| O | 13-17 | / | 3,800 | 3,800 | 10,491 |
| | 14-18 | -3,997 | 3,898 | 7,895 | 22,409 |
| | 15-19 | -3,898 | 3,997 | 7,895 | 22,409 |
| | 16-20 | -3,800 | / | 3,800 | 10,491 |

| NIV. | Pot. | T _w | T _e | N | N ^c |
|------|-------|----------------|----------------|-------|----------------|
| III | 1-5 | / | 0,060 | 0,060 | 0,060 |
| | 2-6 | -0,072 | 0,084 | 0,156 | 0,156 |
| | 3-7 | -0,084 | 0,072 | 0,156 | 0,156 |
| | 4-8 | -0,060 | / | 0,060 | 0,060 |
| II | 5-9 | / | 0,108 | 0,108 | 0,168 |
| | 6-10 | -0,120 | 0,114 | 0,234 | 0,390 |
| | 7-11 | -0,114 | 0,120 | 0,234 | 0,390 |
| | 8-12 | -0,108 | / | 0,108 | 0,168 |
| I | 9-13 | / | 0,110 | 0,110 | 0,278 |
| | 10-14 | -0,118 | 0,114 | 0,236 | 0,622 |
| | 11-15 | -0,114 | 0,118 | 0,232 | 0,622 |
| | 12-16 | -0,110 | / | 0,110 | 0,278 |
| O | 13-17 | / | 0,595 | 0,595 | 0,873 |
| | 14-18 | -0,630 | 0,612 | 1,242 | 1,864 |
| | 15-19 | -0,612 | 0,630 | 1,242 | 1,864 |
| | 16-20 | -0,595 | / | 0,595 | 0,873 |

56

SOUS: G

MOMENTS AUX NOEUDS

Portique: Trans. Inter.

SOUS: P

| NIV | NOE | q_w (t/m) | q_e (t/m) | M'_w (t.m) | M'_e (t.m) | M_w | M_e | M_n | M_s |
|-----|-----|-------------|-------------|--------------|--------------|-------|-------|--------|--------|
| III | 1 | / | 0,639 | / | 0,770 | / | 0,378 | / | 0,378 |
| | 2 | 0,639 | 0,639 | 0,916 | 0,770 | 0,870 | 0,821 | / | -0,049 |
| | 3 | 0,639 | 0,639 | 0,770 | 0,916 | 0,821 | 0,870 | / | 0,049 |
| | 4 | 0,639 | / | 0,770 | / | 0,378 | / | / | -0,378 |
| II | 5 | / | 0,608 | / | 0,732 | / | 0,473 | 0,222 | 0,250 |
| | 6 | 0,608 | 0,608 | 0,732 | 0,732 | 0,732 | 0,732 | 0 | 0 |
| | 7 | 0,608 | 0,608 | 0,732 | 0,732 | 0,732 | 0,732 | 0 | 0 |
| | 8 | 0,608 | / | 0,732 | / | 0,473 | / | -0,222 | -0,250 |
| I | 9 | / | 0,608 | / | 0,732 | / | 0,573 | 0,153 | 0,420 |
| | 10 | 0,608 | 0,608 | 0,732 | 0,732 | 0,732 | 0,732 | 0 | 0 |
| | 11 | 0,608 | 0,608 | 0,732 | 0,732 | 0,732 | 0,732 | 0 | 0 |
| | 12 | 0,608 | / | 0,732 | / | 0,573 | / | -0,153 | -0,420 |
| O | 13 | / | 1,908 | / | 2,299 | / | 1,946 | 0,932 | 1,014 |
| | 14 | 1,908 | 1,908 | 2,299 | 2,299 | 2,299 | 2,299 | 0 | 0 |
| | 15 | 1,908 | 1,908 | 2,299 | 2,299 | 2,299 | 2,299 | 0 | 0 |
| | 16 | 1,908 | / | 2,299 | / | 1,946 | / | -0,932 | -1,014 |

| NIV | NOE | q_w | q_e | M'_w | M'_e | M_w | M_e | M_n | M_s |
|-----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| III | 1 | / | 0,065 | / | 0,078 | / | 0,038 | / | 0,038 |
| | 2 | 0,065 | 0,065 | 0,093 | 0,078 | 0,088 | 0,083 | / | -0,005 |
| | 3 | 0,065 | 0,065 | 0,078 | 0,093 | 0,083 | 0,088 | / | 0,005 |
| | 4 | 0,065 | / | 0,078 | / | 0,038 | / | / | -0,038 |
| II | 5 | / | 0,114 | / | 0,137 | / | 0,088 | 0,042 | 0,047 |
| | 6 | 0,114 | 0,114 | 0,137 | 0,137 | 0,137 | 0,137 | 0 | 0 |
| | 7 | 0,114 | 0,114 | 0,137 | 0,137 | 0,137 | 0,137 | 0 | 0 |
| | 8 | 0,114 | / | 0,137 | / | 0,088 | / | -0,042 | -0,047 |
| I | 9 | / | 0,114 | / | 0,137 | / | 0,107 | 0,029 | 0,079 |
| | 10 | 0,114 | 0,114 | 0,137 | 0,137 | 0,137 | 0,137 | 0 | 0 |
| | 11 | 0,114 | 0,114 | 0,137 | 0,137 | 0,137 | 0,137 | 0 | 0 |
| | 12 | 0,114 | / | 0,137 | / | 0,107 | / | -0,029 | -0,079 |
| O | 13 | / | 0,685 | / | 0,825 | / | 0,698 | 0,334 | 0,364 |
| | 14 | 0,685 | 2,742 | 0,825 | 3,303 | 1,155 | 2,973 | 0,871 | 0,948 |
| | 15 | 2,742 | 0,685 | 3,303 | 0,825 | 2,973 | 1,155 | -0,871 | -0,948 |
| | 16 | 0,685 | / | 0,825 | / | 0,698 | / | -0,334 | -0,364 |

Sous: G

Moments et efforts tranchants dans les poutres

Sous: P

| Niv | trav. | l | q | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|---|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| III | 1-2 | 4 | 0,639 | 0,378 | 0,870 | 1,155 | -1,401 |
| | 2-3 | 4 | 0,639 | 0,821 | 0,821 | 1,278 | -1,278 |
| | 3-4 | 4 | 0,639 | 0,870 | 0,378 | 1,401 | -1,155 |
| II | 5-6 | 4 | 0,608 | 0,473 | 0,732 | 1,151 | -1,281 |
| | 6-7 | 4 | 0,608 | 0,732 | 0,732 | 1,216 | -1,216 |
| | 7-8 | 4 | 0,608 | 0,732 | 0,473 | 1,281 | -1,151 |
| I | 9-10 | 4 | 0,608 | 0,573 | 0,732 | 1,176 | -1,256 |
| | 10-11 | 4 | 0,608 | 0,732 | 0,732 | 1,216 | -1,216 |
| | 11-12 | 4 | 0,608 | 0,732 | 0,573 | 1,256 | -1,176 |
| 0 | 13-14 | 4 | 1,546 | 1,946 | 2,299 | 3,004 | -3,180 |
| | 14-15 | 4 | 1,546 | 2,299 | 2,299 | 3,092 | -3,092 |
| | 15-16 | 4 | 1,546 | 2,299 | 1,946 | 3,180 | -3,004 |

| Niv | trav. | l | q | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|---|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| III | 1-2 | 4 | 0,065 | 0,038 | 0,088 | 0,118 | -0,180 |
| | 2-3 | 4 | 0,065 | 0,083 | 0,083 | 0,130 | -0,130 |
| | 3-4 | 4 | 0,065 | 0,088 | 0,038 | 0,180 | -0,118 |
| II | 5-6 | 4 | 0,114 | 0,088 | 0,137 | 0,216 | -0,240 |
| | 6-7 | 4 | 0,114 | 0,137 | 0,137 | 0,228 | -0,228 |
| | 7-8 | 4 | 0,114 | 0,137 | 0,088 | 0,240 | -0,216 |
| I | 9-10 | 4 | 0,114 | 0,107 | 0,137 | 0,221 | -0,236 |
| | 10-11 | 4 | 0,114 | 0,137 | 0,137 | 0,288 | -0,288 |
| | 11-12 | 4 | 0,114 | 0,137 | 0,107 | 0,236 | -0,221 |
| 0 | 13-14 | 4 | 0,537 | 0,698 | 1,155 | 0,960 | -1,188 |
| | 14-15 | 4 | 2,15 | 2,973 | 2,973 | 4,30 | -4,30 |
| | 15-16 | 4 | 0,537 | 1,155 | 0,698 | 1,188 | 0,960 |

583

sous: G

Efforts normaux dans les poteaux (Portique: trans Inter.)

sous: P

| NIV. | Pot. | T_w | T_e | N | N^c |
|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| III | 1-5 | / | 1,155 | 1,155 | 1,155 |
| | 2-6 | -1,401 | 1,278 | 2,679 | 2,679 |
| | 3-7 | -1,278 | 1,401 | 2,679 | 2,679 |
| | 4-8 | -1,155 | / | 1,155 | 1,155 |
| II | 5-9 | / | 1,151 | 1,151 | 2,306 |
| | 6-10 | -1,281 | 1,216 | 2,497 | 5,176 |
| | 7-11 | -1,216 | 1,281 | 2,497 | 5,176 |
| | 8-12 | -1,151 | / | 1,151 | 2,306 |
| I | 9-13 | / | 1,176 | 1,176 | 3,482 |
| | 10-14 | -1,256 | 1,216 | 2,472 | 7,648 |
| | 11-15 | -1,216 | 1,256 | 2,472 | 7,648 |
| | 12-16 | -1,176 | / | 1,176 | 3,482 |
| O | 13-17 | / | 3,004 | 3,004 | 6,486 |
| | 14-18 | -3,180 | 3,092 | 6,272 | 13,920 |
| | 15-19 | -3,092 | 3,180 | 6,272 | 13,920 |
| | 16-20 | -3,004 | / | 3,004 | 6,486 |

| NIV. | Pot. | T_w | T_e | N | N^c |
|------|-------|--------|-------|-------|-------|
| III | 1-5 | / | 0,118 | 0,118 | 0,118 |
| | 2-6 | -0,180 | 0,130 | 0,310 | 0,310 |
| | 3-7 | -0,130 | 0,180 | 0,310 | 0,310 |
| | 4-8 | -0,118 | / | 0,118 | 0,118 |
| II | 5-9 | / | 0,216 | 0,216 | 0,334 |
| | 6-10 | -0,240 | 0,228 | 0,468 | 0,778 |
| | 7-11 | -0,228 | 0,240 | 0,468 | 0,778 |
| | 8-12 | -0,216 | / | 0,216 | 0,334 |
| I | 9-13 | / | 0,221 | 0,221 | 0,555 |
| | 10-14 | -0,236 | 0,288 | 0,524 | 1,302 |
| | 11-15 | -0,288 | 0,236 | 0,524 | 1,302 |
| | 12-16 | -0,221 | / | 0,221 | 0,555 |
| O | 13-17 | / | 0,960 | 0,960 | 1,515 |
| | 14-18 | -1,188 | 4,300 | 5,488 | 6,790 |
| | 15-19 | -4,300 | 1,188 | 5,488 | 6,790 |
| | 16-20 | -0,960 | / | 0,960 | 1,515 |

59

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

portique longitudinal

| NIV | NŒUD | l_w | l_e | h_n | h_s | $I_w^{10^{-4}}$ | I_e | I_n | I_s | l'_w | l'_e | h'_n | h'_s | $k_w^{10^{-4}}$ | k_e | k_n | k_s | $D^{10^{-4}}$ |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-------|--------|--------|---------------|
| III | 1 | / | 6 | / | 3,24 | / | 31,3 | / | 12,5 | / | 4,8 | / | 2,592 | / | 6,52 | / | 4,826 | 11,346 |
| | 2 | 6 | 6 | / | 3,24 | 31,3 | 31,3 | / | 12,5 | 5,41 | 4,8 | / | 2,592 | 5,79 | 6,52 | / | 4,826 | 17,136 |
| | 3 | 6 | 6 | / | 3,24 | 31,3 | 31,3 | / | 12,5 | 4,8 | 5,41 | / | 2,592 | 6,52 | 5,79 | / | 4,826 | 17,136 |
| | 4 | 6 | / | / | 3,24 | 31,3 | / | / | 12,5 | 4,8 | / | / | 2,592 | 6,52 | / | / | 4,826 | 11,346 |
| II | 5 | / | 6 | 3,24 | 3,24 | / | 31,3 | 12,5 | 12,5 | / | 4,8 | 2,92 | 2,59 | / | 6,52 | 4,281 | 4,826 | 15,627 |
| | 6 | 6 | 6 | 3,24 | 3,24 | 31,3 | 31,3 | 12,5 | 12,5 | 4,88 | 4,80 | 2,92 | 2,59 | 6,41 | 6,52 | 4,281 | 4,826 | 22,037 |
| | 7 | 6 | 6 | 3,24 | 3,24 | 31,3 | 31,3 | 12,5 | 12,5 | 4,80 | 4,88 | 2,92 | 2,59 | 6,52 | 6,41 | 4,281 | 4,826 | 22,037 |
| | 8 | 6 | / | 3,24 | 3,24 | 31,3 | / | 12,5 | 12,5 | 4,80 | / | 2,92 | 2,59 | 6,52 | / | 4,281 | 4,826 | 15,627 |
| I | 9 | / | 6 | 3,24 | 3,24 | / | 31,3 | 12,5 | 34,2 | / | 4,8 | 2,59 | 2,59 | / | 6,52 | 4,826 | 13,205 | 24,551 |
| | 10 | 6 | 6 | 3,24 | 3,24 | 31,3 | 31,3 | 12,5 | 34,2 | 4,8 | 4,8 | 2,59 | 2,59 | 6,52 | 6,52 | 4,826 | 13,205 | 31,071 |
| | 11 | 6 | 6 | 3,24 | 3,24 | 31,3 | 31,3 | 12,5 | 34,2 | 4,8 | 4,8 | 2,59 | 2,59 | 6,52 | 6,52 | 4,826 | 13,205 | 31,071 |
| | 12 | 6 | / | 3,24 | 2,97 | 31,3 | / | 12,5 | 34,2 | 4,8 | / | 2,59 | 2,59 | 6,52 | / | 4,826 | 13,205 | 24,551 |
| 0 | 13 | / | 6 | 3,24 | 2,97 | / | 31,3 | 34,2 | 34,2 | / | 4,8 | 2,59 | 2,38 | / | 6,52 | 13,205 | 14,370 | 34,095 |
| | 14 | 6 | 6 | 3,24 | 2,97 | 31,3 | 31,3 | 34,2 | 34,2 | 4,8 | 4,8 | 2,59 | 2,38 | 6,52 | 6,52 | 13,205 | 14,370 | 40,615 |
| | 15 | 6 | 6 | 3,24 | 2,97 | 31,3 | 31,3 | 34,2 | 34,2 | 4,8 | 4,8 | 2,59 | 2,38 | 6,52 | 6,52 | 13,205 | 14,370 | 40,615 |
| | 16 | 6 | / | 3,24 | 2,97 | 31,3 | / | 34,2 | 34,2 | 4,8 | / | 2,59 | 2,38 | 6,52 | / | 13,205 | 14,370 | 34,095 |

SOUS: G

MOMENTS AUX NOEUDS

Partique: Long. Rive

SOUS: P

| NIV | NOE | q_w | q_e | M'_w | M'_e | M_w | M_e | M_n | M_s |
|-----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| III | 1 | / | 1,642 | / | 4,451 | / | 3,487 | / | 0,713 |
| | 2 | 1,642 | 1,642 | 5,654 | 4,451 | 4,751 | 4,623 | / | -0,128 |
| | 3 | 1,642 | 1,642 | 4,451 | 5,654 | 4,623 | 4,751 | / | 0,128 |
| | 4 | 1,642 | / | 4,451 | / | 3,487 | / | / | -0,713 |
| II | 5 | / | 2,289 | / | 6,205 | / | 4,773 | 0,940 | 1,060 |
| | 6 | 2,289 | 2,289 | 6,413 | 6,205 | 5,966 | 6,105 | 0,065 | 0,074 |
| | 7 | 2,289 | 2,289 | 6,205 | 6,413 | 6,105 | 5,966 | -0,065 | -0,074 |
| | 8 | 2,289 | / | 6,205 | / | 4,773 | / | -0,940 | -1,060 |
| I | 9 | / | 2,289 | / | 6,205 | / | 5,294 | 0,674 | 1,845 |
| | 10 | 2,289 | 2,289 | 6,205 | 6,205 | 5,931 | 6,132 | 0,054 | 0,147 |
| | 11 | 2,289 | 2,289 | 6,205 | 6,205 | 6,132 | 5,931 | -0,054 | -0,147 |
| | 12 | 2,289 | / | 6,205 | / | 5,294 | / | -0,674 | -1,845 |
| O | 13 | / | 2,430 | / | 6,587 | / | 5,861 | 1,477 | 1,605 |
| | 14 | 2,430 | 2,430 | 6,587 | 6,587 | 6,377 | 6,546 | 0,081 | 0,088 |
| | 15 | 2,430 | 2,430 | 6,587 | 6,587 | 6,546 | 6,377 | -0,081 | -0,088 |
| | 16 | 2,430 | / | 6,587 | / | 5,861 | / | -1,477 | -1,605 |

| NIV | NOE | q_w | q_e | M'_w | M'_e | M_w | M_s | M_n | M_s |
|-----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| III | 1 | / | 0,200 | / | 0,542 | / | 0,460 | / | 0,060 |
| | 2 | 0,200 | 0,200 | 0,689 | 0,542 | 0,568 | 0,557 | / | -0,011 |
| | 3 | 0,200 | 0,200 | 0,542 | 0,689 | 0,557 | 0,568 | / | 0,011 |
| | 4 | 0,200 | / | 0,542 | / | 0,460 | / | / | -0,060 |
| II | 5 | / | 0,350 | / | 0,949 | / | 1,137 | -0,124 | -0,139 |
| | 6 | 0,350 | 0,350 | 0,981 | 0,949 | 0,777 | 0,877 | 0,047 | 0,053 |
| | 7 | 0,350 | 0,350 | 0,949 | 0,981 | 0,877 | 0,777 | -0,047 | -0,053 |
| | 8 | 0,350 | / | 0,949 | / | 1,137 | / | 0,124 | 0,139 |
| I | 9 | / | 0,350 | / | 0,949 | / | 1,069 | -0,089 | -0,243 |
| | 10 | 0,350 | 0,350 | 0,949 | 0,949 | 0,811 | 0,912 | 0,027 | 0,074 |
| | 11 | 0,350 | 0,350 | 0,949 | 0,949 | 0,912 | 0,811 | -0,027 | -0,074 |
| | 12 | 0,350 | / | 0,949 | / | 1,069 | / | 0,089 | 0,243 |
| O | 13 | / | 0,473 | / | 1,282 | / | 1,305 | -0,046 | -0,050 |
| | 14 | 0,473 | 0,473 | 1,282 | 1,282 | 1,176 | 1,262 | 0,041 | 0,045 |
| | 15 | 0,473 | 0,473 | 1,282 | 1,282 | 1,262 | 1,176 | -0,041 | -0,045 |
| | 16 | 0,473 | / | 1,282 | / | 1,305 | / | 0,046 | 0,050 |

Sous: G

Moments et efforts tranchants dans les poutres

Sous: P

| NIV | trav. | l | q | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|---|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| III | 1-2 | 6 | 1,642 | 3,487 | 4,751 | 4,715 | -5,137 |
| | 2-3 | 6 | 1,642 | 4,623 | 4,623 | 4,926 | -4,926 |
| | 3-4 | 6 | 1,642 | 4,751 | 3,487 | 5,137 | -4,415 |
| II | 5-6 | 6 | 2,289 | 4,773 | 5,966 | 6,688 | -7,066 |
| | 6-7 | 6 | 2,289 | 6,105 | 6,105 | 6,867 | -6,867 |
| | 7-8 | 6 | 2,289 | 5,966 | 4,773 | 7,066 | -6,668 |
| I | 9-10 | 6 | 2,289 | 5,294 | 5,931 | 6,761 | -6,973 |
| | 10-11 | 6 | 2,289 | 6,132 | 6,132 | 6,867 | -6,867 |
| | 11-12 | 6 | 2,289 | 5,931 | 5,294 | 6,973 | -6,761 |
| O | 13-14 | 6 | 2,223 | 5,861 | 6,377 | 6,583 | -6,755 |
| | 14-15 | 6 | 2,223 | 6,546 | 6,546 | 6,669 | -6,669 |
| | 15-16 | 6 | 2,223 | 6,377 | 5,861 | 6,755 | -6,583 |

| NIV. | trav. | l | q | M _w | M _e | T _w | T _e |
|------|-------|---|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| III | 1-2 | 6 | 0,200 | 0,460 | 0,568 | 0,582 | -0,618 |
| | 2-3 | 6 | 0,200 | 0,557 | 0,557 | 0,600 | -0,600 |
| | 3-4 | 6 | 0,200 | 0,568 | 0,460 | 0,618 | -0,582 |
| II | 5-6 | 6 | 0,350 | 1,137 | 0,777 | 1,110 | -0,990 |
| | 6-7 | 6 | 0,350 | 0,877 | 0,877 | 1,050 | -1,050 |
| | 7-8 | 6 | 0,350 | 0,777 | 1,137 | 0,990 | -1,110 |
| I | 9-10 | 6 | 0,350 | 1,069 | 0,811 | 1,093 | -1,007 |
| | 10-11 | 6 | 0,350 | 0,912 | 0,912 | 1,050 | -1,050 |
| | 11-12 | 6 | 0,350 | 0,811 | 1,069 | 1,007 | -1,093 |
| O | 13-14 | 6 | 0,388 | 1,305 | 1,176 | 1,186 | -1,143 |
| | 14-15 | 6 | 0,388 | 1,262 | 1,262 | 1,164 | -1,164 |
| | 15-16 | 6 | 0,388 | 1,176 | 1,305 | 1,143 | -1,186 |

29

sous: G

Efforts normaux Dans les poteaux (Portique: Long. Rive)

sous: P

| NIV. | Pot. | T_w | T_e | N | N^c |
|------|-------|--------|-------|--------|--------|
| III | 1-5 | / | 4,715 | 4,715 | 4,715 |
| | 2-6 | -5,137 | 4,926 | 10,063 | 10,063 |
| | 3-7 | -4,926 | 5,137 | 10,063 | 10,063 |
| | 4-8 | -4,715 | / | 4,715 | 4,715 |
| II | 5-9 | / | 6,668 | 6,668 | 11,383 |
| | 6-10 | -7,066 | 6,867 | 13,933 | 23,996 |
| | 7-11 | -6,867 | 7,066 | 13,933 | 23,996 |
| | 8-12 | -6,668 | / | 6,668 | 11,383 |
| I | 9-13 | / | 6,761 | 6,761 | 18,144 |
| | 10-14 | -6,973 | 6,867 | 13,840 | 37,836 |
| | 11-15 | -6,867 | 6,973 | 13,840 | 37,836 |
| | 12-16 | -6,761 | / | 6,761 | 18,144 |
| O | 13-17 | / | 6,583 | 6,583 | 24,727 |
| | 14-18 | -6,755 | 6,669 | 13,424 | 51,260 |
| | 15-19 | -6,669 | 6,755 | 13,424 | 51,260 |
| | 16-20 | -6,583 | / | 6,583 | 24,727 |

| NIV. | Pot. | T_w | T_e | N | N^c |
|------|-------|--------|-------|-------|-------|
| III | 1-5 | / | 0,582 | 0,582 | 0,582 |
| | 2-6 | -0,618 | 0,600 | 1,218 | 1,218 |
| | 3-7 | -0,600 | 0,618 | 1,218 | 1,218 |
| | 4-8 | -0,582 | / | 0,582 | 0,582 |
| II | 5-9 | / | 1,110 | 1,110 | 1,692 |
| | 6-10 | -0,990 | 1,050 | 2,040 | 3,258 |
| | 7-11 | -1,050 | 0,990 | 2,040 | 3,258 |
| | 8-12 | -1,110 | / | 1,110 | 1,692 |
| I | 9-13 | / | 1,093 | 1,093 | 2,785 |
| | 10-14 | -1,007 | 1,050 | 2,057 | 5,315 |
| | 11-15 | -1,050 | 1,007 | 2,057 | 5,315 |
| | 12-16 | -1,093 | / | 1,093 | 2,785 |
| O | 13-17 | / | 1,186 | 1,186 | 3,971 |
| | 14-18 | -1,143 | 1,164 | 2,307 | 7,622 |
| | 15-19 | -1,164 | 1,143 | 2,307 | 7,622 |
| | 16-20 | -1,186 | / | 1,186 | 3,971 |

Sous: G

MOMENTS AUX NOEUDS

Portique: Long. Inter.

Sous: P

| NIV | NOE | q_w | q_e | M'_w | M'_e | M_w | M_e | M_n | M_s |
|-----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| III | 1 | / | 2,459 | / | 6,665 | / | 4,429 | / | 1,655 |
| | 2 | 2,459 | 2,459 | 8,467 | 6,665 | 7,361 | 7,065 | / | -0,296 |
| | 3 | 2,459 | 2,459 | 6,665 | 8,467 | 7,065 | 7,361 | / | 0,296 |
| | 4 | 2,459 | / | 6,665 | / | 4,429 | / | / | -1,655 |
| II | 5 | / | 2,271 | / | 6,156 | / | 4,745 | 0,926 | 1,044 |
| | 6 | 2,271 | 2,271 | 6,363 | 6,156 | 5,917 | 6,056 | 0,066 | 0,074 |
| | 7 | 2,271 | 2,271 | 6,156 | 6,363 | 6,056 | 5,917 | -0,066 | -0,074 |
| | 8 | 2,271 | / | 6,156 | / | 4,745 | / | -0,926 | -1,044 |
| I | 9 | / | 2,271 | / | 6,156 | / | 5,258 | 0,665 | 1,819 |
| | 10 | 2,271 | 2,271 | 6,156 | 6,156 | 5,882 | 6,083 | 0,054 | 0,147 |
| | 11 | 2,271 | 2,271 | 6,156 | 6,156 | 6,083 | 5,882 | -0,054 | -0,147 |
| | 12 | 2,271 | / | 6,156 | / | 5,258 | / | -0,665 | -1,819 |
| O | 13 | / | 2,433 | / | 6,595 | / | 5,864 | 1,480 | -1,610 |
| | 14 | 2,433 | 2,433 | 6,595 | 6,595 | 6,385 | 6,555 | 0,081 | 0,088 |
| | 15 | 2,433 | 2,433 | 6,595 | 6,595 | 6,555 | 6,385 | -0,081 | -0,088 |
| | 16 | 2,433 | / | 6,595 | / | 5,864 | / | -1,480 | -1,610 |

| NIV | NOE | q_w | q_e | M'_w | M'_e | M_w | M_e | M_n | M_s |
|-----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| III | 1 | / | 0,400 | / | 1,084 | / | 0,691 | / | 0,291 |
| | 2 | 0,400 | 0,400 | 1,377 | 1,084 | 1,206 | 1,154 | / | -0,052 |
| | 3 | 0,400 | 0,400 | 1,084 | 1,377 | 1,154 | 1,206 | / | 0,052 |
| | 4 | 0,400 | / | 1,084 | / | 0,691 | / | / | -0,291 |
| II | 5 | / | 0,700 | / | 1,897 | / | 1,690 | 0,136 | 0,153 |
| | 6 | 0,700 | 0,700 | 1,961 | 1,897 | 1,747 | 1,835 | 0,041 | 0,046 |
| | 7 | 0,700 | 0,700 | 1,897 | 1,961 | 1,835 | 1,747 | -0,041 | -0,046 |
| | 8 | 0,700 | / | 1,897 | / | 1,690 | / | -0,136 | -0,153 |
| I | 9 | / | 0,700 | / | 1,897 | / | 1,765 | 0,098 | 0,267 |
| | 10 | 0,700 | 0,700 | 1,897 | 1,897 | 1,759 | 1,860 | 0,027 | 0,074 |
| | 11 | 0,700 | 0,700 | 1,897 | 1,897 | 1,860 | 1,759 | -0,027 | -0,074 |
| | 12 | 0,700 | / | 1,897 | / | 1,765 | / | -0,098 | -0,267 |
| O | 13 | / | 0,871 | / | 2,361 | / | 2,177 | 0,372 | 0,405 |
| | 14 | 0,871 | 3,482 | 2,361 | 9,438 | 3,391 | 8,282 | 2,342 | 2,548 |
| | 15 | 3,482 | 0,871 | 9,438 | 2,361 | 8,282 | 3,391 | -2,342 | -2,548 |
| | 16 | 0,871 | / | 2,361 | / | 2,177 | / | -0,372 | -0,405 |

SOUS: G

Moments et efforts tranchants dans les poutres

SOUS: P

| NIV | trav | l | q | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|---|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| III | 1-2 | 6 | 2,459 | 4,429 | 7,361 | 6,888 | -7,866 |
| | 2-3 | 6 | 2,459 | 7,065 | 7,065 | 7,377 | -7,377 |
| | 3-4 | 6 | 2,459 | 7,361 | 4,429 | 7,866 | -6,888 |
| II | 5-6 | 6 | 2,271 | 4,745 | 5,917 | 6,618 | -7,008 |
| | 6-7 | 6 | 2,271 | 6,056 | 6,056 | 6,813 | -6,813 |
| | 7-8 | 6 | 2,271 | 5,917 | 4,745 | 7,008 | -6,618 |
| I | 9-10 | 6 | 2,271 | 5,258 | 5,882 | 6,709 | -6,917 |
| | 10-11 | 6 | 2,271 | 6,083 | 6,083 | 6,813 | -6,813 |
| | 11-12 | 6 | 2,271 | 5,882 | 5,258 | 6,917 | -6,709 |
| O | 13-14 | 6 | 2,019 | 5,864 | 6,385 | 5,970 | -6,144 |
| | 14-15 | 6 | 2,019 | 6,555 | 6,555 | 6,057 | -6,057 |
| | 15-16 | 6 | 2,019 | 6,385 | 5,864 | 6,144 | -5,970 |

| NIV | trav | l | q | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|---|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| III | 1-2 | 6 | 0,400 | 0,691 | 1,206 | 1,114 | -1,286 |
| | 2-3 | 6 | 0,400 | 1,154 | 1,154 | 1,200 | -1,200 |
| | 3-4 | 6 | 0,400 | 1,206 | 0,691 | 1,286 | -1,114 |
| II | 5-6 | 6 | 0,700 | 1,690 | 1,747 | 2,091 | -2,110 |
| | 6-7 | 6 | 0,700 | 1,835 | 1,835 | 2,100 | -2,100 |
| | 7-8 | 6 | 0,700 | 1,747 | 1,690 | 2,110 | -2,091 |
| I | 9-10 | 6 | 0,700 | 1,765 | 1,759 | 2,101 | -2,099 |
| | 10-11 | 6 | 0,700 | 1,860 | 1,860 | 2,100 | -2,100 |
| | 11-12 | 6 | 0,700 | 1,759 | 1,765 | 2,099 | -2,101 |
| O | 13-14 | 6 | 0,701 | 2,177 | 3,391 | 1,901 | -2,305 |
| | 14-15 | 6 | 2,801 | 8,282 | 8,282 | 5,602 | -5,602 |
| | 15-16 | 6 | 0,701 | 3,391 | 2,177 | 2,305 | -1,901 |

sous : G

Efforts normaux dans les poteaux (Portique: Long. Interm.)

sous : P

| NIV. | Pot. | T_w | T_e | N | N^c |
|------|-------|--------|-------|--------|--------|
| III | 1-5 | / | 6,888 | 6,888 | 6,888 |
| | 2-6 | -7,866 | 7,377 | 15,243 | 15,243 |
| | 3-7 | -7,377 | 7,866 | 15,243 | 15,243 |
| | 4-8 | -6,888 | / | 6,888 | 6,888 |
| II | 5-9 | / | 6,618 | 6,618 | 13,506 |
| | 6-10 | -7,008 | 6,813 | 13,821 | 29,064 |
| | 7-11 | -6,813 | 7,008 | 13,821 | 29,064 |
| | 8-12 | -6,618 | / | 6,618 | 13,506 |
| I | 9-13 | / | 6,709 | 6,709 | 20,215 |
| | 10-14 | -6,917 | 6,813 | 13,730 | 42,794 |
| | 11-15 | -6,813 | 6,917 | 13,730 | 42,794 |
| | 12-16 | -6,709 | / | 6,709 | 20,215 |
| O | 13-17 | / | 5,970 | 5,970 | 26,185 |
| | 14-18 | -6,144 | 6,057 | 12,201 | 54,995 |
| | 15-19 | -6,057 | 6,144 | 12,201 | 54,995 |
| | 16-20 | -5,970 | / | 5,970 | 26,185 |

| NIV. | Pot. | T_w | T_e | N | N^c |
|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| III | 1-5 | / | 1,114 | 1,114 | 1,114 |
| | 2-6 | -1,286 | 1,200 | 2,486 | 2,486 |
| | 3-7 | -1,200 | 1,286 | 2,486 | 2,486 |
| | 4-8 | -1,114 | / | 1,114 | 1,114 |
| II | 5-9 | / | 2,091 | 2,091 | 3,205 |
| | 6-10 | -2,110 | 2,100 | 4,210 | 6,696 |
| | 7-11 | -2,110 | 2,100 | 4,210 | 6,696 |
| | 8-12 | -2,091 | / | 2,091 | 3,205 |
| I | 9-13 | / | 2,101 | 2,101 | 5,306 |
| | 10-14 | -2,099 | 2,100 | 4,199 | 10,895 |
| | 11-15 | -2,100 | 2,099 | 4,199 | 10,895 |
| | 12-16 | -2,101 | / | 2,101 | 5,306 |
| O | 13-17 | / | 1,901 | 1,901 | 7,207 |
| | 14-18 | -2,305 | 5,602 | 7,907 | 18,802 |
| | 15-19 | -5,602 | 2,305 | 7,907 | 18,802 |
| | 16-20 | -1,901 | / | 1,901 | 7,207 |

66

superPosition Des Sollicitations

Dans la justification de calcul relative à l'équilibre statique, à la résistance et à la stabilité de forme, on prend en compte les sollicitations dites sollicitations totales pondérées définies de la façon suivante :

- sollicitations totales pondérées du 1^{er} genre :

$$S_1 = (G) + 1,2(P) + (T)$$

$$S'_1 = (G) + (V) + (P) + (T)$$

- sollicitations pondérées du 2^{eme} genre :

$$S_2 = (G) + 1,5(P) + 1,5(V) + (T)$$

$$S'_2 = (G) + (P) + \gamma_w(W) + (T)$$

$$S''_2 = (G) + (P) + (T) + (SI)$$

avec :

(G) - sollicitation due à la charge permanente.

(P) - sollicitation due aux surcharges d'exploitation, y compris les majorations éventuelles pour les effets dynamiques.

(V) - sollicitation due aux surcharges climatiques normales.

(W) - sollicitation due aux surcharges climatiques extrêmes.

γ_w - coefficient qui depend des surcharges d'exploitation.

(T) - sollicitation due aux effets de la temperature et au retrait

(SI) - sollicitation due au seisme.

NB :

pour notre cas les sollicitations dues aux effets de la temperature et au retrait, ne sont pas pris en compte étant donné que la longueur de notre ouvrage ne dépasse pas 25 m.

La sollicitation pondérée du 1^{er} genre à considérer sera : $(G) + 1,2(P)$.

La sollicitation du 2^{eme} genre à considérer sera : $(G) + (P) + (SI)$,

du fait que le seisme est preponderant.

Les combinaisons du 2^{eme} genre données par le RPA 82 sont :

$$* \text{ Pour les Poutres : } \begin{cases} (G) + (P) + (SH) \\ 0,8(G) + (SH) \end{cases}$$

$$* \text{ Pour les poteaux : } \begin{cases} (G) + (P) + 1,2(SH) \\ 0,8G + (SH) \end{cases}$$

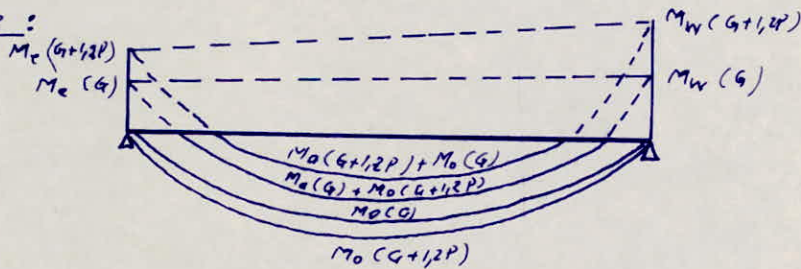
Moments en travées (c.c.B.A 68 Art. 12)

pour déterminer les moments en travées, on trace la courbe des moments de la travée indépendante complète de portée (l) avec les charges permanentes. puis avec les charges permanentes et surcharges et on prend comme ligne de fermeture :

- pour les moments positifs celles qui joint les moments d'appuis minimums en valeurs absolues.
- pour les moments négatifs celle qui joint les moments d'appuis maximums en valeurs absolues.

Et ceci dans chaque cas de charges en supposant que les surcharges peuvent être indépendantes les unes des autres.

Exemple :



on veut calculer le moment en travée sous $(G)+1,2(P)$, on calcul le moment isostatique sous $G+1,2P$: $M_0(G+1,2P)$

- le moment en travée sera : $M_t = M_0(G+1,2P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$
- le moment en appui sera : $M_a = M_a(G) + M_a(1,2P)$

Donc pour les poutres on a :

• Moments en travées "M_t"

- sous $(G)+1,2(P)$ $\longrightarrow M_t = M_0(G+1,2P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$
- sous $(G)+(P) + (\overleftarrow{SH})$ $\longrightarrow M_t = M_0(G+P) + M_t(\overleftarrow{SH}) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$
- sous $0,8(G) + (\overleftarrow{SH})$ $\longrightarrow M_t = M_0(0,8G) + M_t(\overleftarrow{SH}) - \frac{M_w(0,8G) + M_e(0,8G)}{2}$

• Moments aux appuis "M_a"

- sous $(G)+1,2(P)$ $\longrightarrow M_a = M_a(G) + M_a(1,2P)$.
- sous $(G)+(P) + (\overleftarrow{SH})$ $\longrightarrow M_a = M_a(G) + M_a(P) + M_a(\overleftarrow{SH})$.
- sous $0,8G + (\overleftarrow{SH})$ $\longrightarrow M_a = M_a(0,8G) + M_a(\overleftarrow{SH})$.

• Efforts tranchants "T"

- sous $(G)+1,2(P)$ $\longrightarrow T = T(G) + 1,2 T(P)$
- sous $(G)+(P) + (\overleftarrow{SH})$ $\longrightarrow T = T(G) + T(P) + T(\overleftarrow{SH})$
- sous $0,8(G) + (\overleftarrow{SH})$ $\longrightarrow T = 0,8 T(G) + T(\overleftarrow{SH})$

Moments Dans les poutres

portique: trans. rive

| Niv. | trav. | $G + P + \overrightarrow{S_I}$ | | | $0,8G + \overrightarrow{S_I}$ | | | $G + 1,2P$ | | | $0,8G + \overleftarrow{S_I}$ | | | $G + P + \overleftarrow{S_I}$ | | |
|------|-------|--------------------------------|-------|--------|-------------------------------|-------|--------|------------|-------|--------|------------------------------|-------|--------|-------------------------------|-------|--------|
| | | Mw | Me | Me | Mw | Me | Me | Mw | Me | Me | Mw | Me | Me | Mw | Me | Me |
| III | 1-2 | 3,088 | 1,325 | -3,411 | 3,190 | 1,117 | -3,177 | -0,435 | 0,790 | -0,998 | -3,848 | 0,019 | 1,667 | -3,950 | 0,227 | 1,433 |
| | 2-3 | 1,489 | 0,563 | -3,355 | 1,709 | 0,398 | -3,135 | -0,941 | 0,577 | -0,941 | -3,135 | 0,398 | 1,709 | -3,355 | 0,563 | 1,489 |
| | 3-4 | 1,433 | 0,227 | -3,950 | 1,667 | 0,019 | -3,848 | -0,998 | 0,790 | -0,435 | -3,177 | 1,117 | 3,190 | -3,411 | 1,325 | 3,088 |
| II | 5-6 | 6,744 | 2,611 | -7,545 | 7,010 | 2,211 | -7,134 | -1,159 | 1,568 | -1,794 | -8,778 | 0,081 | 4,396 | -9,044 | 0,481 | 3,985 |
| | 6-7 | 3,985 | 1,243 | -7,545 | 4,396 | 0,903 | -7,134 | -1,794 | 1,265 | -1,794 | -7,134 | 0,903 | 4,396 | -7,545 | 1,243 | 3,985 |
| | 7-8 | 3,985 | 0,481 | -9,044 | 4,396 | 0,081 | -8,778 | -1,794 | 1,568 | -1,159 | -7,134 | 2,211 | 7,010 | -7,545 | 2,611 | 6,744 |
| I | 9-10 | 6,447 | 2,052 | -8,374 | 6,769 | 1,675 | -7,963 | -1,405 | 1,450 | -1,794 | -8,913 | 0,427 | 5,225 | -9,235 | 0,804 | 4,814 |
| | 10-11 | 4,814 | 1,243 | -8,374 | 5,225 | 0,903 | -7,963 | -1,794 | 1,265 | -1,794 | -7,963 | 0,903 | 5,225 | -8,374 | 1,243 | 4,814 |
| | 11-12 | 4,814 | 0,804 | -9,235 | 5,225 | 0,427 | -8,913 | -1,794 | 1,450 | -1,405 | -7,963 | 1,675 | 6,769 | -8,374 | 2,052 | 6,447 |
| O | 13-14 | -2,560 | 2,651 | -3,024 | -1,738 | 1,513 | -2,053 | -2,638 | 2,803 | -3,116 | -1,738 | 1,513 | -2,053 | -2,560 | 2,651 | -3,024 |
| | 14-15 | -3,024 | 2,454 | -3,024 | -2,053 | 1,355 | -2,053 | -3,116 | 2,606 | -3,116 | -2,053 | 1,355 | -2,053 | -3,024 | 2,454 | -3,024 |
| | 15-16 | -3,024 | 2,651 | -2,560 | -2,053 | 1,513 | -1,738 | -3,116 | 2,803 | -2,638 | -2,053 | 1,513 | -1,738 | -3,024 | 2,651 | -2,560 |

Moments Dans les poutres

portique : trans. intermediaire

| NIV. | trav. | $G + P + \overrightarrow{SI}$ | | | $0,8G + \overrightarrow{SI}$ | | | $G + 1,2P$ | | | $0,8G + \overleftarrow{SI}$ | | | $G + P + \overleftarrow{SI}$ | | |
|------|-------|-------------------------------|--------|--------|------------------------------|--------|--------|------------|-------|--------|-----------------------------|--------|--------|------------------------------|--------|--------|
| | | M_w | M_t | M_e | M_w | M_t | M_e | M_w | M_t | M_e | M_w | M_t | M_e | M_w | M_t | M_e |
| III | 1-2 | 3,103 | 1,333 | -3,380 | 3,217 | 1,072 | -3,118 | -0,424 | 0,810 | -0,976 | -3,821 | -0,026 | 1,726 | -3,935 | 0,235 | 1,464 |
| | 2-3 | 1,518 | 0,585 | -3,326 | 1,765 | 0,365 | -3,079 | -0,921 | 0,613 | -0,921 | -3,079 | 0,365 | 1,765 | -3,326 | 0,587 | 1,518 |
| | 3-4 | 1,464 | 0,235 | -3,935 | 1,726 | -0,026 | -3,821 | -0,976 | 0,810 | -0,424 | -3,118 | 1,072 | 3,217 | -3,380 | 1,333 | 3,103 |
| II | 5-6 | 7,333 | 1,906 | -6,634 | 7,516 | 1,555 | -6,351 | -0,579 | 0,887 | -0,896 | -8,272 | -0,575 | 5,179 | -8,455 | -0,224 | 4,896 |
| | 6-7 | 4,896 | 0,712 | -6,634 | 5,179 | 0,386 | -6,351 | -0,896 | 0,758 | -0,896 | -6,351 | 0,386 | 5,179 | -6,634 | 0,712 | 4,896 |
| | 7-8 | 4,896 | -0,224 | -8,455 | 5,179 | -0,575 | -8,272 | -0,896 | 0,887 | -0,579 | -6,351 | 1,555 | 7,516 | -6,634 | 1,906 | 7,333 |
| I | 9-10 | 7,161 | 1,415 | -7,463 | 7,383 | 1,074 | -7,180 | -0,701 | 0,837 | -0,896 | -8,299 | -0,174 | 6,008 | -8,521 | 0,167 | 5,725 |
| | 10-11 | 5,725 | 0,712 | -7,463 | 6,008 | 0,386 | -7,180 | -0,896 | 0,758 | -0,896 | -7,180 | 0,386 | 6,008 | -7,463 | 0,712 | 5,725 |
| | 11-12 | 5,725 | 0,167 | -8,521 | 6,008 | -0,174 | -8,299 | -0,896 | 0,837 | -0,701 | -7,180 | 1,074 | 7,383 | -7,463 | 1,415 | 7,161 |
| O | 13-14 | -2,644 | 3,063 | -3,454 | -1,557 | 1,354 | -1,839 | -2,784 | 3,337 | -3,685 | -1,557 | 1,354 | -1,839 | -2,644 | 3,063 | -3,454 |
| | 14-15 | -5,272 | 7,001 | 5,272 | -1,839 | 1,213 | -1,839 | -5,867 | 8,097 | -5,867 | -1,839 | 1,213 | -1,839 | -5,272 | 7,001 | -5,272 |
| | 15-16 | -3,454 | 3,063 | -2,644 | -1,839 | 1,354 | -1,557 | -3,685 | 3,337 | -2,784 | -1,839 | 1,354 | -1,557 | -3,454 | 3,063 | -2,644 |

Moments Dans les poutres

portique : LONG.rive

| NIV. | trav. | $G + P + \overrightarrow{S_I}$ | | | $0,8G + \overrightarrow{S_I}$ | | | $G + 1,2P$ | | | $0,8G + \overleftarrow{S_I}$ | | | $G + P + \overleftarrow{S_I}$ | | |
|------|-------|--------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------|
| | | M _w | M _t | M _e | M _w | M _t | M _e | M _w | M _t | M _e | M _w | M _t | M _e | M _w | M _t | M _e |
| III | 1-2 | -0,704 | 4,615 | -7,672 | 0,453 | 3,063 | -6,154 | -4,039 | 4,350 | -5,433 | -6,033 | 2,173 | -1,448 | -7,190 | 3,725 | -2,966 |
| | 2-3 | -2,827 | 3,666 | -7,533 | -1,345 | 2,215 | -6,051 | -5,291 | 3,846 | -5,291 | -6,051 | 2,215 | -1,345 | -7,533 | 3,666 | -2,827 |
| | 3-4 | -2,966 | 3,725 | -7,190 | -1,448 | 2,173 | -6,033 | -5,433 | 4,350 | -4,039 | -6,154 | 3,063 | 0,453 | -7,672 | 4,615 | -0,704 |
| II | 5-6 | 2,184 | 7,753 | -12,344 | 4,276 | 5,191 | -10,374 | -6,137 | 6,821 | -6,898 | -11,912 | 2,697 | 0,828 | -14,004 | 5,259 | -1,142 |
| | 6-7 | -1,381 | 5,771 | -12,583 | 0,717 | 3,356 | -10,485 | -7,157 | 6,086 | -7,157 | -10,485 | 3,356 | 0,717 | -12,583 | 5,771 | -1,381 |
| | 7-8 | -1,142 | 5,259 | -14,004 | 0,828 | 2,697 | -11,912 | -6,898 | 6,821 | -6,137 | -10,374 | 5,191 | 4,276 | -12,344 | 7,753 | 2,184 |
| I | 9-10 | 1,650 | 6,980 | -13,321 | 3,778 | 4,467 | -11,324 | -6,577 | 6,578 | -6,904 | -12,248 | 3,033 | 1,834 | -14,376 | 5,546 | -0,163 |
| | 10-11 | -0,465 | 5,744 | -13,623 | 1,673 | 3,334 | -11,485 | -7,226 | 6,059 | -7,226 | -11,485 | 3,334 | 1,673 | -13,623 | 5,744 | -0,465 |
| | 11-12 | -0,163 | 5,546 | -14,376 | 1,834 | 3,033 | -12,248 | -6,904 | 6,578 | -6,577 | -11,324 | 4,467 | 3,778 | -13,321 | 6,980 | 1,650 |
| O | 13-14 | -7,166 | 6,945 | -7,553 | -4,689 | 3,853 | -5,102 | -7,427 | 7,372 | -7,788 | -4,689 | 3,853 | -5,102 | -7,166 | 6,945 | -7,553 |
| | 14-15 | -7,808 | 6,518 | -7,808 | -5,237 | 3,511 | -5,237 | -8,060 | 6,945 | -8,060 | -5,237 | 3,511 | -5,237 | -7,808 | 6,518 | -7,808 |
| | 15-16 | -7,553 | 6,945 | -7,166 | -5,102 | 3,853 | -4,689 | -7,788 | 7,372 | -7,427 | -5,102 | 3,853 | -4,689 | -7,553 | 6,945 | -7,166 |

Moments dans les poutres

portique : LOM6. Intermediaire

| Niv. | trav. | $G + P + \overrightarrow{SI}$ | | | $0,8G + \overrightarrow{SI}$ | | | $G + 1,2P$ | | | $0,8G + \overleftarrow{SI}$ | | | $G + P + \overleftarrow{SI}$ | | |
|------|-------|-------------------------------|--------|---------|------------------------------|-------|---------|------------|--------|---------|-----------------------------|-------|--------|------------------------------|--------|---------|
| | | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me |
| III | 1-2 | -1,877 | 7,416 | -10,920 | -0,300 | 4,581 | -8,242 | -5,258 | 7,331 | -8,808 | -6,786 | 3,691 | -3,536 | -8,363 | 6,526 | -6,214 |
| | 2-3 | -5,866 | 5,801 | -10,572 | -3,299 | 3,200 | -8,005 | -8,450 | 6,161 | -8,450 | -8,005 | 3,200 | -3,299 | -10,572 | 5,801 | -5,866 |
| | 3-4 | -6,214 | 6,526 | -8,363 | -3,536 | 3,691 | -6,786 | -8,808 | 7,331 | -5,258 | -8,242 | 4,581 | -0,300 | -10,920 | 7,416 | -1,187 |
| II | 5-6 | 1,659 | 9,285 | -13,265 | 4,298 | 5,159 | -10,335 | -6,773 | 8,669 | -8,013 | -11,890 | 2,665 | 0,867 | -14,529 | 6,792 | -2,063 |
| | 6-7 | -2,290 | 7,314 | -13,492 | 0,756 | 3,332 | -10,446 | -8,258 | 7,944 | -8,258 | -10,446 | 3,332 | 0,756 | -13,492 | 7,314 | -2,290 |
| | 7-8 | -2,063 | 6,792 | -14,529 | 0,867 | 2,665 | -11,890 | -8,013 | 8,669 | -6,773 | -10,335 | 5,159 | 4,298 | -13,265 | 9,285 | 1,659 |
| I | 9-10 | 0,990 | 8,517 | -14,220 | 3,807 | 4,438 | -11,285 | -7,376 | 8,430 | -7,993 | -12,219 | 3,004 | 1,873 | -15,036 | 7,083 | -1,062 |
| | 10-11 | -1,364 | 7,287 | -14,522 | 1,713 | 3,311 | -11,445 | -8,315 | 7,917 | -8,315 | -11,445 | 3,311 | 1,713 | -14,522 | 7,287 | -1,364 |
| | 11-12 | -1,062 | 7,083 | -15,036 | 1,873 | 3,004 | -12,219 | -7,993 | 8,430 | -7,376 | -11,285 | 4,438 | 3,807 | -14,220 | 8,517 | 0,990 |
| O | 13-14 | -8,041 | 8,743 | -9,776 | -4,691 | 3,857 | -5,108 | -8,476 | 9,526 | -10,454 | -4,691 | 3,857 | -5,108 | -8,041 | 8,743 | -9,776 |
| | 14-15 | -14,837 | 20,063 | -14,837 | -5,244 | 3,513 | -5,244 | -16,493 | 23,195 | -16,493 | -5,244 | 3,513 | -5,244 | -14,837 | 20,063 | -14,837 |
| | 15-16 | -9,776 | 8,743 | -8,041 | -5,108 | 3,857 | -4,691 | -10,454 | 9,526 | -8,476 | -5,108 | 3,857 | -4,691 | -9,776 | 8,743 | -8,041 |

Efforts tranchants dans les poutres

trans. Rive

| Solicit. | | $G+P+\vec{S}_I$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+1,2P$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+P+\vec{S}_I$ | |
|----------|-------|-----------------|-------|------------------|-------|----------|-------|------------------|--------|-----------------|--------|
| NIV | trav. | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e |
| III | 1-2 | -0,170 | 2,804 | -0,481 | 2,428 | 1,327 | 1,607 | 2,489 | 0,006 | 2,800 | 0,382 |
| | 2-3 | 0,261 | 2,683 | -0,101 | 2,321 | 1,489 | 1,489 | 2,321 | -0,101 | 2,683 | 0,261 |
| | 3-4 | 0,382 | 2,800 | 0,006 | 2,489 | 1,607 | 1,327 | 2,428 | -0,481 | 2,804 | -0,170 |
| II | 5-6 | -0,618 | 5,995 | -1,264 | 5,277 | 2,819 | 3,136 | 5,566 | -0,489 | 6,212 | 0,229 |
| | 6-7 | 0,071 | 5,837 | -0,611 | 5,155 | 2,977 | 2,977 | 5,155 | -0,611 | 5,837 | 0,071 |
| | 7-8 | 0,229 | 6,212 | -0,489 | 5,566 | 3,136 | 2,819 | 5,277 | -1,264 | 5,995 | -0,618 |
| I | 9-10 | -0,752 | 6,348 | -1,411 | 5,643 | 2,879 | 3,075 | 5,807 | -0,951 | 6,466 | -0,246 |
| | 10-11 | -0,343 | 6,251 | -1,025 | 5,569 | 2,977 | 2,977 | 5,569 | -1,025 | 6,251 | -0,343 |
| | 11-12 | -0,246 | 6,466 | -0,951 | 5,807 | 3,075 | 2,879 | 5,643 | -1,411 | 6,348 | -0,752 |
| 0 | 13-14 | 4,395 | 4,627 | 3,040 | 3,198 | 4,514 | 4,753 | 3,040 | 3,198 | 4,395 | 4,627 |
| | 14-15 | 4,510 | 4,510 | 3,118 | 3,118 | 4,632 | 4,632 | 3,118 | 3,118 | 4,510 | 4,510 |
| | 15-16 | 4,627 | 4,395 | 3,198 | 3,040 | 4,753 | 4,514 | 3,198 | 3,040 | 4,627 | 4,395 |

Long. Rive

| Solicit. | | $G+P+\vec{S}_I$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+1,2P$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+P+\vec{S}_I$ | |
|----------|-------|-----------------|--------|------------------|-------|----------|-------|------------------|-------|-----------------|-------|
| NIV | trav. | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e |
| III | 1-2 | 4,364 | 6,539 | 2,839 | 4,894 | 5,413 | 5,879 | 4,705 | 3,326 | 6,230 | 4,971 |
| | 2-3 | 4,732 | 6,310 | 3,157 | 4,725 | 5,646 | 5,646 | 4,725 | 3,157 | 6,310 | 4,742 |
| | 3-4 | 4,971 | 6,230 | 3,326 | 4,705 | 5,879 | 5,413 | 4,894 | 2,839 | 6,539 | 4,364 |
| II | 5-6 | 5,495 | 9,923 | 3,051 | 7,520 | 8,000 | 8,254 | 7,617 | 3,786 | 10,061 | 6,189 |
| | 6-7 | 6,050 | 9,784 | 3,627 | 7,361 | 8,127 | 8,127 | 7,361 | 3,627 | 9,784 | 6,050 |
| | 7-8 | 6,189 | 10,061 | 3,786 | 7,617 | 8,254 | 8,000 | 7,520 | 3,051 | 9,923 | 5,495 |
| I | 9-10 | 5,422 | 10,173 | 2,977 | 7,771 | 8,073 | 8,181 | 7,841 | 3,385 | 10,286 | 5,787 |
| | 10-11 | 5,724 | 10,110 | 3,301 | 7,687 | 8,127 | 8,127 | 7,687 | 3,301 | 10,110 | 5,724 |
| | 11-12 | 5,787 | 10,286 | 3,385 | 7,841 | 8,181 | 8,073 | 7,771 | 2,977 | 10,173 | 5,422 |
| 0 | 13-14 | 7,769 | 7,898 | 5,266 | 5,404 | 8,006 | 8,127 | 5,266 | 5,404 | 7,769 | 7,898 |
| | 14-15 | 7,833 | 7,833 | 5,335 | 5,335 | 8,066 | 8,066 | 5,335 | 5,335 | 7,833 | 7,833 |
| | 15-16 | 7,898 | 7,769 | 5,404 | 5,266 | 8,127 | 8,006 | 5,404 | 5,266 | 7,898 | 7,769 |

Efforts tranchants Dans les Poutres

trans. intermediaire

| Sollicit. | | $G + P + \vec{S}_I$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \overleftarrow{S}_I$ | | $G + P + \overleftarrow{S}_I$ | |
|-----------|-------|---------------------|-------|--------------------|-------|------------|-------|------------------------------|--------|-------------------------------|--------|
| Niv. | trav. | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e |
| III | 1-2 | -0,212 | 2,792 | -0,561 | 2,332 | 1,297 | 1,617 | 2,409 | -0,090 | 2,758 | 0,370 |
| | 2-3 | 0,197 | 2,619 | -0,189 | 2,333 | 1,434 | 1,434 | 2,233 | -0,189 | 2,619 | 0,197 |
| | 3-4 | 0,370 | 2,758 | -0,090 | 2,409 | 1,617 | 1,297 | 2,332 | -0,591 | 2,792 | -0,212 |
| II | 5-6 | -2,048 | 4,404 | -2,494 | 3,908 | 1,410 | 1,569 | 4,336 | -1,858 | 4,782 | -1,362 |
| | 6-7 | -1,439 | 4,327 | -1,910 | 3,856 | 1,490 | 1,490 | 3,856 | -1,910 | 4,327 | -1,439 |
| | 7-8 | -1,362 | 4,782 | -1,858 | 4,336 | 1,569 | 1,410 | 3,908 | -2,494 | 4,404 | -2,048 |
| I | 9-10 | -2,212 | 4,789 | -2,668 | 4,302 | 1,441 | 1,539 | 4,550 | -2,292 | 5,006 | -1,805 |
| | 10-11 | -1,793 | 4,801 | -2,324 | 4,270 | 1,562 | 1,562 | 4,270 | -2,324 | 4,801 | -1,793 |
| | 11-12 | -1,805 | 5,006 | -2,292 | 4,550 | 1,539 | 1,441 | 4,302 | -2,668 | 4,789 | -2,212 |
| 0 | 13-14 | 3,964 | 4,369 | 2,403 | 2,544 | 4,156 | 4,606 | 2,403 | 2,544 | 3,964 | 4,368 |
| | 14-15 | 7,392 | 7,392 | 2,474 | 2,474 | 8,252 | 8,252 | 2,474 | 2,474 | 7,392 | 7,392 |
| | 15-16 | 4,368 | 3,964 | 2,544 | 2,403 | 4,606 | 4,156 | 2,544 | 2,403 | 4,368 | 3,964 |

LONG. Intermediaire

| Sollicit. | | $G + P + \vec{S}_I$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \overleftarrow{S}_I$ | | $G + P + \overleftarrow{S}_I$ | |
|-----------|-------|---------------------|--------|--------------------|-------|------------|--------|------------------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Niv. | trav. | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e |
| III | 1-2 | 7,069 | 9,936 | 4,577 | 7,077 | 8,225 | 9,409 | 6,443 | 5,509 | 8,935 | 8,368 |
| | 2-3 | 7,793 | 9,361 | 5,118 | 6,686 | 8,817 | 8,817 | 6,686 | 5,118 | 9,361 | 7,793 |
| | 3-4 | 8,368 | 8,935 | 5,509 | 6,443 | 9,409 | 8,225 | 7,077 | 4,577 | 9,936 | 7,069 |
| II | 5-6 | 6,426 | 10,935 | 3,011 | 7,473 | 9,127 | 9,540 | 7,577 | 3,739 | 10,992 | 7,251 |
| | 6-7 | 7,046 | 10,780 | 3,583 | 7,317 | 9,333 | 9,333 | 7,317 | 3,583 | 10,780 | 7,046 |
| | 7-8 | 7,251 | 10,992 | 3,739 | 7,577 | 9,540 | 9,127 | 7,473 | 3,011 | 10,985 | 6,426 |
| I | 9-10 | 6,378 | 11,209 | 2,935 | 7,727 | 9,230 | 9,436 | 7,799 | 3,341 | 11,242 | 6,823 |
| | 10-11 | 6,720 | 11,106 | 3,257 | 7,643 | 9,333 | 9,333 | 7,643 | 3,257 | 11,106 | 6,720 |
| | 11-12 | 6,823 | 11,242 | 3,341 | 7,799 | 9,436 | 9,230 | 7,727 | 2,935 | 11,209 | 6,378 |
| 0 | 13-14 | 7,871 | 8,449 | 4,776 | 4,915 | 8,251 | 8,910 | 4,776 | 4,915 | 7,871 | 8,449 |
| | 14-15 | 11,659 | 11,659 | 4,846 | 4,846 | 12,779 | 12,779 | 4,846 | 4,846 | 11,659 | 11,659 |
| | 15-16 | 8,449 | 7,871 | 4,915 | 4,776 | 8,910 | 8,251 | 4,915 | 4,776 | 8,449 | 7,871 |

Rive

Moments Dans les Poteaux - Portiques trans.

| sollicit. | | $G + P + 1,2\vec{S}_I$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \overleftarrow{S}_I$ | | $G + P + 1,2\overleftarrow{S}_I$ | |
|-----------|-------|------------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|
| NIV. | POT. | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} |
| III | 1-5 | -3,792 | -2,290 | -3,190 | -1,943 | 0,435 | 0,544 | 3,848 | 2,773 | 4,654 | 3,370 |
| | 2-6 | 5,868 | 4,768 | 4,885 | 3,973 | 0,057 | 0 | -4,801 | -3,973 | -5,756 | -4,768 |
| | 3-7 | -5,756 | -4,768 | -4,801 | -3,973 | 0,057 | 0 | 4,885 | 3,973 | 5,868 | 4,768 |
| | 4-8 | 4,654 | 3,370 | 3,848 | 2,773 | 0,435 | 0,544 | -3,190 | -1,943 | -3,792 | -2,290 |
| II | 5-9 | -6,034 | -5,076 | -5,068 | -4,254 | 0,614 | 0,376 | 6,004 | 4,828 | 7,252 | 5,822 |
| | 6-10 | 9,068 | 9,068 | 7,557 | 7,557 | 0 | 0 | -7,557 | -7,557 | -9,068 | -9,068 |
| | 7-11 | 9,068 | 9,068 | 7,557 | 7,557 | 0 | 0 | -7,557 | -7,557 | -9,068 | -9,068 |
| | 8-12 | 7,252 | 5,822 | 6,004 | 4,828 | 0,614 | 0,376 | -5,068 | -4,254 | -6,034 | -5,076 |
| I | 9-13 | -2,939 | -11,264 | -2,515 | -9,576 | 1,029 | 1,263 | 4,085 | 11,240 | 4,981 | 13,716 |
| | 10-14 | 6,757 | 14,596 | 5,631 | 12,163 | 0 | 0 | -5,631 | -12,163 | -6,757 | -14,596 |
| | 11-15 | 6,757 | 14,596 | 5,631 | 12,163 | 0 | 0 | -5,631 | -12,163 | -6,757 | -14,596 |
| | 12-16 | 4,981 | 13,716 | 4,085 | 11,240 | 1,029 | 1,263 | -2,515 | -9,576 | -2,939 | -11,264 |
| O | 13-17 | -13,823 | -11,156 | -11,314 | -9,502 | 1,374 | 1,374 | 9,502 | 11,314 | 11,156 | 13,823 |
| | 14-18 | 14,596 | 14,596 | 12,163 | 12,163 | 0 | 0 | -12,163 | -12,163 | -14,596 | -14,596 |
| | 15-19 | 14,596 | 14,596 | 12,163 | 12,163 | 0 | 0 | -12,163 | -12,163 | -14,596 | -14,596 |
| | 16-20 | 11,156 | 13,823 | 9,502 | 11,314 | 1,374 | 1,374 | -11,314 | -9,502 | -13,823 | -11,156 |

Intermediaire

| sollicit. | | $G + P + 1,2\vec{S}_I$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \overleftarrow{S}_I$ | | $G + P + 1,2\overleftarrow{S}_I$ | |
|-----------|-------|------------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|
| NIV. | POT. | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} |
| III | 1-5 | -3,807 | -2,566 | -3,217 | -2,180 | 0,424 | 0,272 | 3,821 | 2,536 | 4,639 | 3,094 |
| | 2-6 | 5,866 | 4,768 | 4,882 | 3,973 | 0,055 | 0 | -4,804 | -3,973 | -5,758 | -4,768 |
| | 3-7 | -5,758 | -4,768 | -4,804 | -3,973 | 0,055 | 0 | 4,882 | 3,973 | 5,866 | 4,768 |
| | 4-8 | 4,639 | 3,094 | 3,821 | 2,536 | 0,424 | 0,272 | -3,217 | -2,180 | -3,807 | -2,566 |
| II | 5-9 | -6,346 | -5,267 | -5,336 | -4,419 | 0,306 | 0,188 | 5,736 | 4,663 | 6,940 | 5,631 |
| | 6-10 | 9,068 | 9,068 | 7,557 | 7,557 | 0 | 0 | -7,557 | -7,557 | -9,068 | -9,068 |
| | 7-11 | 9,068 | 9,068 | 7,557 | 7,557 | 0 | 0 | -7,557 | -7,557 | -9,068 | -9,068 |
| | 8-12 | 6,940 | 5,631 | 5,736 | 4,663 | 0,306 | 0,188 | -5,336 | -4,419 | -6,346 | -5,267 |
| I | 9-13 | -3,461 | -11,224 | -2,964 | -9,662 | 0,515 | 1,333 | 3,636 | 11,154 | 4,459 | 13,756 |
| | 10-14 | 6,757 | 13,725 | 5,631 | 12,163 | 0 | 1,045 | -5,631 | -12,163 | -6,567 | -15,467 |
| | 11-15 | 6,757 | 15,467 | 5,631 | 12,163 | 0 | 1,045 | -5,631 | -12,163 | -6,567 | -13,725 |
| | 12-16 | 4,459 | 13,756 | 3,636 | 11,154 | 0,515 | 1,333 | -2,964 | -9,662 | -3,461 | -11,224 |
| O | 13-17 | -13,867 | -11,112 | -11,219 | -9,597 | 1,471 | 1,471 | 9,597 | 11,219 | 11,112 | 13,867 |
| | 14-18 | 15,543 | 13,648 | 12,163 | 12,163 | 1,138 | 1,138 | -12,163 | -12,163 | -13,648 | -15,543 |
| | 15-19 | 13,648 | 15,543 | 12,163 | 12,163 | 1,138 | 1,138 | -12,163 | -12,163 | -15,543 | -13,648 |
| | 16-20 | 11,112 | 13,867 | 9,597 | 11,219 | 1,471 | 1,471 | -11,219 | -9,597 | -13,867 | -11,112 |

Rive:

Moments Dans les Poteaux - Portique Long.

| sollicit. | | $G + P + 1,2 \vec{S}I$ | | $0,8G + \vec{S}I$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \overleftarrow{S}I$ | | $G + P + 1,2 \overleftarrow{S}I$ | |
|-----------|-------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|
| Niv. | Pot. | M _{sup.} | M _{inf.} | M _{sup.} | M _{inf.} | M _{sup.} | M _{inf.} | M _{sup.} | M _{inf.} | M _{sup.} | M _{inf.} |
| III | 1-5 | -3,119 | -2,376 | -2,673 | -1,908 | 0,785 | 0,791 | 3,813 | 3,412 | 4,665 | 4,008 |
| | 2-6 | 5,785 | 4,519 | 4,807 | 3,807 | 0,141 | -0,121 | -4,603 | -3,911 | -5,507 | -4,743 |
| | 3-7 | -5,507 | -4,743 | -4,603 | -3,911 | 0,141 | -0,121 | 4,807 | 3,807 | 5,785 | 4,519 |
| | 4-8 | 4,665 | 4,008 | 3,813 | 3,412 | 0,785 | 0,791 | -2,673 | -1,908 | -3,119 | -2,376 |
| II | 5-9 | -5,600 | -5,037 | -4,586 | -4,146 | 0,893 | 0,567 | 6,282 | 5,224 | 7,442 | 6,207 |
| | 6-10 | -8,683 | -8,729 | -7,283 | -7,299 | 0,138 | 0,086 | 7,401 | 7,385 | 8,937 | 8,891 |
| | 7-11 | 8,937 | 8,891 | 7,401 | 7,385 | 0,138 | 0,086 | -7,283 | -7,299 | -8,683 | -8,729 |
| | 8-12 | 7,442 | 6,207 | 6,282 | 5,224 | 0,893 | 0,567 | -4,586 | -4,146 | -5,600 | -5,037 |
| I | 9-13 | -2,392 | -10,551 | -1,852 | -8,803 | 1,553 | 1,442 | 4,804 | 11,167 | 5,596 | 13,413 |
| | 10-14 | -6,757 | -12,908 | -5,697 | -10,793 | 0,236 | 0,130 | 5,933 | 10,923 | 7,199 | 13,152 |
| | 11-15 | 7,199 | 13,152 | 5,933 | 10,923 | 0,236 | 0,130 | -5,697 | -10,793 | -6,757 | -12,908 |
| | 12-16 | 5,596 | 13,413 | 4,804 | 11,167 | 1,553 | 1,442 | -1,852 | -8,803 | -2,392 | -10,551 |
| O | 13-17 | -13,537 | -10,427 | -11,269 | -8,380 | 1,545 | 1,545 | 8,380 | 11,269 | 10,427 | 13,537 |
| | 14-18 | -13,162 | -12,897 | -10,928 | -10,788 | 0,142 | 0,142 | 10,788 | 10,928 | 12,897 | 13,162 |
| | 15-19 | 12,897 | 13,163 | 10,788 | 10,928 | 0,142 | 0,142 | -10,928 | -10,788 | -13,162 | -12,897 |
| | 16-20 | 10,427 | 13,537 | 8,380 | 11,269 | 1,545 | 1,545 | -11,269 | -8,380 | -13,537 | -10,427 |

Intermediaire :

| sollicit. | | $G + P + 1,2 \vec{S}I$ | | $0,8G + \vec{S}I$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \overleftarrow{S}I$ | | $G + P + 1,2 \overleftarrow{S}I$ | |
|-----------|-------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|
| NIV. | Pot. | M _{sup.} | M _{inf.} | M _{sup.} | M _{inf.} | M _{sup.} | M _{inf.} | M _{sup.} | M _{inf.} | M _{sup.} | M _{inf.} |
| III | 1-5 | -1,946 | -2,130 | -1,919 | -1,919 | 2,004 | 1,089 | 4,567 | 3,401 | 5,838 | 4,254 |
| | 2-6 | 5,994 | 4,524 | 4,942 | 3,806 | 0,358 | -0,115 | -4,468 | -3,912 | -5,298 | -4,738 |
| | 3-7 | -5,298 | -4,738 | -4,468 | -3,912 | 0,358 | -0,115 | 4,942 | 3,806 | 5,994 | 4,524 |
| | 4-8 | 5,838 | 4,255 | 4,567 | 3,401 | 2,004 | 1,089 | -1,919 | -1,919 | -1,946 | -2,130 |
| II | 5-9 | -5,324 | -4,859 | -4,599 | -4,153 | 1,228 | 0,783 | 6,269 | 5,217 | 7,718 | 6,385 |
| | 6-10 | -8,690 | -8,729 | -7,283 | -7,299 | 0,129 | 0,086 | 7,401 | 7,385 | 8,930 | 8,891 |
| | 7-11 | 8,930 | 8,891 | 7,401 | 7,385 | 0,129 | 0,086 | -7,283 | -7,299 | -8,690 | -8,729 |
| | 8-12 | 7,718 | 6,385 | 6,269 | 5,217 | 1,228 | 0,783 | -4,599 | -4,153 | -5,324 | -4,859 |
| I | 9-13 | -1,908 | -10,130 | -1,873 | -8,801 | 2,139 | 1,926 | 4,783 | 11,169 | 6,080 | 13,834 |
| | 10-14 | -6,757 | -10,607 | -5,697 | -10,793 | 0,236 | 2,891 | 5,933 | 10,923 | 7,199 | 15,453 |
| | 11-15 | 7,199 | 15,453 | 5,933 | 10,923 | 0,236 | 2,891 | -5,697 | -10,793 | -6,757 | -10,607 |
| | 12-16 | 6,080 | 13,834 | 4,783 | 11,169 | 2,139 | 1,926 | -1,873 | -8,801 | -1,908 | -10,130 |
| O | 13-17 | -13,997 | -9,967 | -11,273 | -8,697 | 2,087 | 2,087 | 8,697 | 11,273 | 9,967 | 13,997 |
| | 14-18 | -15,665 | -10,394 | -10,928 | -10,788 | 3,146 | 3,146 | 10,788 | 10,928 | 10,394 | 15,665 |
| | 15-19 | 10,394 | 15,665 | 10,788 | 10,928 | 3,146 | 3,146 | -10,928 | -10,788 | -15,665 | -10,394 |
| | 16-20 | 9,967 | 13,997 | 8,697 | 11,273 | 2,087 | 2,087 | -11,273 | -8,697 | -13,997 | -9,967 |

Efforts Normaux Dans les poteaux. Portique: trans rive

| Sollicitation | | $G + P + 1,2\vec{S}_I$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + P + 1,2\vec{S}_I$ | |
|---------------|--------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| Niv. | Poteau | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) |
| III | 1-5 | -0,467 | -0,467 | -0,481 | -0,481 | 1,327 | 1,327 | 2,489 | 2,489 | 3,097 | 3,097 |
| | 2-6 | 3,394 | 3,394 | 2,601 | 2,601 | 3,096 | 3,096 | 2,053 | 2,053 | 2,736 | 2,736 |
| | 3-7 | 2,736 | 2,736 | 2,053 | 2,053 | 3,096 | 3,096 | 2,601 | 2,601 | 3,394 | 3,394 |
| | 4-8 | 3,097 | 3,097 | 2,489 | 2,489 | 1,327 | 1,327 | -0,481 | -0,481 | -0,467 | -0,467 |
| II | 5-9 | -1,301 | -1,768 | -1,264 | -1,745 | 2,819 | 4,146 | 5,566 | 8,055 | 6,895 | 9,992 |
| | 6-10 | 6,704 | 10,098 | 5,198 | 7,799 | 6,113 | 9,209 | 4,134 | 6,187 | 5,428 | 8,164 |
| | 7-11 | 5,428 | 8,164 | 4,134 | 6,187 | 6,113 | 9,209 | 5,198 | 7,799 | 6,704 | 10,098 |
| | 8-12 | 6,895 | 9,992 | 5,566 | 8,055 | 2,819 | 4,146 | -1,264 | -1,745 | -1,301 | -1,768 |
| I | 9-13 | -1,474 | -3,242 | -1,411 | -3,156 | 2,879 | 7,025 | 5,807 | 13,862 | 7,188 | 17,180 |
| | 10-14 | 6,379 | 16,478 | 4,930 | 12,729 | 6,051 | 15,260 | 4,306 | 10,493 | 5,631 | 13,794 |
| | 11-15 | 5,693 | 13,974 | 4,306 | 10,493 | 6,051 | 15,260 | 4,930 | 12,729 | 6,379 | 16,478 |
| | 12-16 | 7,188 | 17,180 | 5,807 | 13,862 | 2,879 | 7,025 | -1,411 | -3,156 | -1,474 | -3,242 |
| O | 13-17 | 4,395 | 1,153 | 3,040 | -0,116 | 4,514 | 11,539 | 3,040 | 16,902 | 4,395 | 21,575 |
| | 14-18 | 9,137 | 25,615 | 6,316 | 19,045 | 9,385 | 24,646 | 6,316 | 16,809 | 9,137 | 22,931 |
| | 15-19 | 9,137 | 22,931 | 6,316 | 16,809 | 9,385 | 24,646 | 6,316 | 19,045 | 9,137 | 25,615 |
| | 16-20 | 4,395 | 21,575 | 3,040 | 16,902 | 4,514 | 11,539 | 3,040 | -0,116 | 4,395 | 1,153 |

77

Efforts Normaux Dans les Poteaux.

Portique: trans. Interm.

| Sollicitation | | $G + P + 1,2 \vec{S}_I$ | | $0,8 G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2 P$ | | $0,8 G + \overleftarrow{S}_I$ | | $G + P + 1,2 \overleftarrow{S}_I$ | |
|---------------|--------|-------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|
| NIV. | Poteau | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) |
| III | 1-5 | -0,509 | -0,509 | -0,561 | -0,561 | 1,297 | 1,297 | 2,409 | 2,409 | 3,055 | 3,055 |
| | 2-6 | 3,318 | 3,318 | 2,417 | 2,417 | 3,051 | 3,051 | 1,869 | 1,869 | 2,660 | 2,660 |
| | 3-7 | 2,660 | 2,660 | 1,869 | 1,869 | 3,051 | 3,051 | 2,417 | 2,417 | 3,318 | 3,318 |
| | 4-8 | 3,055 | 3,055 | 2,409 | 2,409 | 1,297 | 1,297 | -0,561 | -0,561 | -0,509 | -0,509 |
| II | 5-9 | -2,737 | -3,240 | -2,494 | -3,055 | 1,410 | 2,707 | 4,336 | 6,745 | 5,465 | 8,520 |
| | 6-10 | 3,603 | 6,921 | 2,530 | 4,947 | 3,059 | 6,110 | 1,466 | 3,335 | 2,327 | 4,987 |
| | 7-11 | 2,327 | 4,987 | 1,466 | 3,335 | 3,059 | 6,110 | 2,530 | 4,947 | 3,603 | 6,921 |
| | 8-12 | 5,465 | 8,520 | 4,336 | 6,745 | 1,410 | 2,707 | -2,494 | -3,055 | -2,737 | -3,240 |
| I | 9-13 | -2,934 | -6,174 | -2,668 | -5,723 | 1,441 | 4,148 | 4,550 | 11,295 | 5,728 | 14,248 |
| | 10-14 | 3,370 | 10,292 | 2,290 | 7,236 | 3,101 | 9,210 | 1,666 | 5,000 | 2,622 | 7,608 |
| | 11-15 | 2,622 | 7,608 | 1,666 | 5,000 | 3,101 | 9,210 | 2,290 | 7,236 | 3,370 | 10,292 |
| | 12-16 | 5,728 | 14,248 | 4,550 | 11,295 | 1,441 | 4,148 | -2,668 | -5,723 | -2,934 | -6,174 |
| O | 13-17 | 3,964 | -2,210 | 2,403 | -3,32 | 4,156 | 8,304 | 2,403 | 13,698 | 3,964 | 18,212 |
| | 14-18 | 11,760 | 22,052 | 5,018 | 12,254 | 12,858 | 22,068 | 5,018 | 10,018 | 11,760 | 19,368 |
| | 15-19 | 11,760 | 19,368 | 5,018 | 10,018 | 12,858 | 22,068 | 5,018 | 12,254 | 11,760 | 22,052 |
| | 16-20 | 3,964 | 18,212 | 2,403 | 13,698 | 4,156 | 8,304 | 2,403 | -3,320 | 3,964 | -2,210 |

73

Efforts Normaux Dans les poteaux Portique: LONG. Rive

| Sollicitation | | $G + P + 1,2 \vec{S}_I$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \overleftarrow{S}_I$ | | $G + P + 1,2 \overleftarrow{S}_I$ | |
|---------------|---------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|--------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Niv | Poteau. | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) |
| III | 1-5 | 4,177 | 4,177 | 2,839 | 2,839 | 5,413 | 5,413 | 4,705 | 4,705 | 6,417 | 6,417 |
| | 2-6 | 11,460 | 11,460 | 8,199 | 8,199 | 11,525 | 11,525 | 7,901 | 7,901 | 11,102 | 11,102 |
| | 3-7 | 11,102 | 11,102 | 7,901 | 7,901 | 11,525 | 11,525 | 8,199 | 8,199 | 11,460 | 11,460 |
| | 4-8 | 6,417 | 6,417 | 4,705 | 4,705 | 5,413 | 5,413 | 2,839 | 2,839 | 4,177 | 4,177 |
| II | 5-9 | 5,038 | 9,216 | 3,051 | 5,890 | 8,000 | 13,413 | 7,617 | 12,322 | 10,518 | 16,934 |
| | 6-10 | 16,472 | 27,873 | 11,562 | 19,713 | 16,381 | 27,906 | 10,730 | 18,681 | 15,474 | 26,635 |
| | 7-11 | 15,474 | 26,635 | 10,730 | 18,681 | 16,381 | 27,906 | 11,562 | 19,713 | 16,472 | 27,873 |
| | 8-12 | 10,518 | 16,934 | 7,617 | 12,322 | 8,000 | 13,413 | 3,051 | 5,890 | 5,038 | 9,216 |
| I | 9-13 | 4,936 | 14,151 | 2,977 | 8,867 | 8,073 | 21,486 | 7,841 | 20,163 | 10,772 | 27,707 |
| | 10-14 | 16,184 | 44,057 | 11,311 | 31,024 | 16,308 | 44,214 | 10,833 | 29,514 | 15,610 | 42,235 |
| | 11-15 | 15,610 | 42,245 | 10,833 | 29,514 | 16,308 | 44,214 | 11,311 | 31,024 | 16,184 | 44,057 |
| | 12-16 | 10,772 | 27,707 | 7,841 | 20,163 | 8,073 | 21,486 | 2,977 | 8,867 | 4,936 | 14,151 |
| O | 13-17 | 7,769 | 21,920 | 5,266 | 14,133 | 8,006 | 29,492 | 5,266 | 25,429 | 7,769 | 35,476 |
| | 14-18 | 15,731 | 59,788 | 10,739 | 41,763 | 16,192 | 60,406 | 10,739 | 40,253 | 15,731 | 57,966 |
| | 15-19 | 15,731 | 57,966 | 10,739 | 40,253 | 16,192 | 60,406 | 10,739 | 41,763 | 15,731 | 59,788 |
| | 16-20 | 7,769 | 35,496 | 5,266 | 25,429 | 8,006 | 29,492 | 5,266 | 14,133 | 7,769 | 21,920 |

79

Efforts Normaux dans les poteaux

Portique: LONG. Interm.

| Solicitation | | $G + P + 1,2 \overline{SI}$ | | $0,8G + \overline{SI}$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \overleftarrow{SI}$ | | $G + P + 1,2 \overleftarrow{SI}$ | |
|--------------|--------|-----------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|
| Niv. | Poteau | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) | N(t) | N ^c (t) |
| III | 1-5 | 6,882 | 6,882 | 4,577 | 4,577 | 8,225 | 8,225 | 6,443 | 6,443 | 9,122 | 9,122 |
| | 2-6 | 17,908 | 17,908 | 12,343 | 12,343 | 18,226 | 18,226 | 12,045 | 12,045 | 17,550 | 17,550 |
| | 3-7 | 17,550 | 17,550 | 12,045 | 12,045 | 18,226 | 18,226 | 12,343 | 12,343 | 17,908 | 17,908 |
| | 4-8 | 9,122 | 9,122 | 6,443 | 6,443 | 8,225 | 8,225 | 4,577 | 4,577 | 6,882 | 6,882 |
| II | 5-9 | 5,969 | 12,852 | 3,011 | 7,589 | 9,127 | 17,352 | 7,577 | 14,021 | 11,449 | 20,570 |
| | 6-10 | 18,530 | 36,379 | 11,473 | 23,767 | 18,873 | 37,099 | 10,641 | 22,735 | 17,532 | 35,141 |
| | 7-11 | 17,532 | 35,141 | 10,641 | 22,735 | 18,873 | 37,099 | 11,473 | 23,767 | 18,530 | 36,379 |
| | 8-12 | 11,449 | 20,570 | 7,577 | 14,021 | 9,127 | 17,352 | 3,011 | 7,589 | 5,969 | 12,852 |
| I | 9-13 | 5,892 | 18,743 | 2,935 | 10,524 | 9,230 | 26,582 | 7,799 | 21,820 | 11,728 | 32,299 |
| | 10-14 | 18,216 | 54,595 | 11,223 | 34,990 | 18,769 | 55,868 | 10,745 | 33,480 | 17,642 | 52,783 |
| | 11-15 | 17,642 | 52,783 | 10,745 | 33,480 | 18,769 | 55,868 | 11,223 | 34,990 | 18,216 | 54,595 |
| | 12-16 | 11,728 | 32,299 | 7,799 | 21,820 | 9,230 | 26,582 | 2,935 | 10,524 | 5,892 | 18,743 |
| O | 13-17 | 7,871 | 26,614 | 4,776 | 15,300 | 8,251 | 34,833 | 4,776 | 26,596 | 7,871 | 40,170 |
| | 14-18 | 20,108 | 74,703 | 9,761 | 44,751 | 21,689 | 77,557 | 9,761 | 43,241 | 20,108 | 72,891 |
| | 15-19 | 20,108 | 72,891 | 9,761 | 43,241 | 21,689 | 77,557 | 9,761 | 44,751 | 20,108 | 74,703 |
| | 16-20 | 7,871 | 40,170 | 4,776 | 26,596 | 8,251 | 34,833 | 4,776 | 15,300 | 7,871 | 26,614 |

Ferraillage Des Portiques

* Prescription (R.P.A 81)

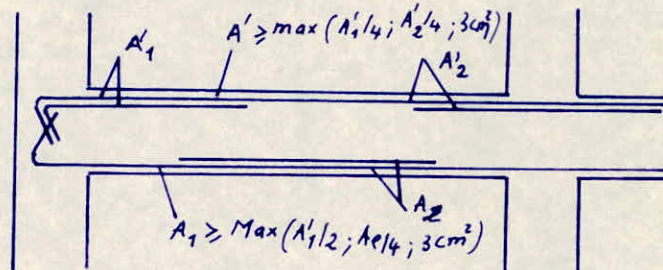
Notre bâtiment étant constitué par une ossature auto-stable, donc toutes les prescriptions relatives à ce type d'ossature en Zone II (Art. A2, R.P.A 81) doivent être respectées.

* Art. 4.2 - R.P.A 81 :

A/ Poutres :

A.1/ Armatures longitudinales :

- le % minimum des aciers longitudinaux sur toute la longueur de la poutre doit être de 0,3% pour les aciers haute adhérence et de 0,5% pour les aciers doux.
- le % total maximum des aciers longitudinaux doivent être de 2,5%.
- les poutres supportant les charges verticales des planchers doivent comporter des armatures filantes supérieures et inférieures d'une section minimale indiquée sur la figure suivante :



- les poutres de faibles charges verticales et sollicitées principalement par les forces latérales sismiques doivent avoir des armatures symétriques avec une section en travée au moins égale à la moitié de la section sur appui.
- les jonctions par recouvrement doivent pouvoir équilibrer la force de traction maximale des barres.

A-2/ Espacement :

l'espacement maximum entre les armatures transversales doit être déterminé comme suit :

- dans la Zone nodale et en travée si les armatures comprimées sont nécessaires $t \leq \min(h/4; 12\phi; 30cm)$
 - En dehors de la Zone nodale : $t \leq h/2$.
- avec ϕ : le plus petit diamètre calculé.

A-3/ Armatures transversales :

les quantité min. doit être de : $A_t = 0,003 . t . b$

B/ poteaux :

B-1/ Armatures longitudinales :

- les armatures longitudinales doivent être des barres à haute adhérence.
- les barres verticales doivent être droites sans crochets.
- le % minimum est de 1% en Zone II, sans toute fois dépasser 4%.
- le diamètre minimum est de : 14 mm en Zones II et III.
- la distance entre les barres verticales dans une face du poteau ne doit pas dépasser 25 cm en Zone II.
- les jonctions par recouvrement doivent être faible, si possible, à l'extérieur des Zones des noeuds.

B-2/ Armatures transversales :

Elles sont calculées avec la formule : $A_t = \frac{1,25 . T . t}{h_i . \sin \alpha}$

où $T = 2$ fois l'effort tranchant de calcul si l'élanement dans la direction considérée est ≥ 15 .

= 3 fois l'effort tranchant de calcul si l'élanement dans la direction considérée est < 15 .

la quantité d'armatures transversales minimale est donnée par :

$$A_t = 0,004 . S . b \text{ en Zone II.}$$

B-3/ Espacement : l'espacement maximum est donné par :

- dans la Zone nodale (y compris la hauteur du noeud)

$$t \leq \min(10 \phi_s, 15 \text{ cm}) \rightarrow \text{en Zone II.}$$

- dans la Zone courante :

$$t \leq 12 \phi_s \rightarrow \text{en Zone II.}$$

ϕ_s : est le plus petit diamètre des armatures longitudinales.

A) Ferrailage des poutres :

conformement à l'art. A15 du C.C.B.A 68 il ne sera pas fait état dans les calculs des efforts normaux dans les poutres, les poutres seront donc ferrillées en flexion simple sous la plus défavorable des combinaisons SP_1 et SP_2 .

pour ce qui est du choix de la sollicitation la plus défavorable, on considèrera la plus grande de $1,5 M(SP_1)$ et $M^{max}(SP_2)$.

$M^{max}(SP_2)$: le moment le plus défavorable des combinaisons du genre gèné.

la mètode de détermination des aciers sera celle de M^r P. CHARRON.

- sous $SP_1 \rightarrow \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 ; \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$.

- sous $SP_2 \rightarrow \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 ; \bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$.

• calcul des armatures longitudinales :

on calcule $\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} \xrightarrow{\text{tab.}} k, \epsilon \rightarrow \sigma'_b = \bar{\sigma}'_b / k$.

- si $\sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_b$ les armatures comprimées ne sont pas nécessaires ($A' = 0$)

la section des armatures tendues est donnée par : $A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h}$

- si $\sigma'_b > \bar{\sigma}'_b$, il est nécessaire de prévoir des armatures comprimées,

on calcule : $k_1 = \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}'_b} , k_2 = \frac{15(h-d') \bar{\sigma}_a}{(h+d') \bar{\sigma}'_b}$

1°/ si $k_1 > k_2$; on prend k_1 et : $\sigma'_b = \bar{\sigma}'_b \xrightarrow{\text{tab.}} \alpha, \mu', \epsilon$

$M_1 = \mu' \cdot \bar{\sigma}'_b \cdot b \cdot h^2 \rightarrow M_2 = M - M_1$

$y = \alpha \cdot h \rightarrow \sigma'_a = \frac{15}{y} (y-d') \bar{\sigma}'_b$

armatures comprimées : $A' = \frac{M_2}{(h-d') \sigma'_a}$

armatures tendues : $A = \frac{M_1}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} + \frac{M_2}{(h-d') \bar{\sigma}_a}$

2°/ si $k_2 > k_1$; on prend k_2 et $\sigma'_b = \bar{\sigma}_a / k_2 , \sigma'_a = \bar{\sigma}'_a, k_2 \rightarrow \epsilon, \mu''$

$M_1 = \mu'' \cdot b \cdot \bar{\sigma}'_b \cdot h^2 \rightarrow M_2 = M - M_1$

armatures comprimées : $A' = \frac{M_2}{(h-d') \bar{\sigma}'_a}$

armatures tendues : $A = \frac{M_1}{\epsilon \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} + \frac{M_2}{\bar{\sigma}_a (h-d)}$

• calcul des armatures transversales :

la quantité minimale est donnée par : $A_t = 0,003 \cdot t \cdot b$

où : t : espacement , b : largeur de la poutre.

a) contrainte de cisaillement max :

$$\bar{\tau}_b = \frac{T}{b \cdot z} \quad / b : \text{largeur de la poutre}, z = \frac{7}{8} \cdot h$$

b) contrainte de cisaillement admissible :

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

si : $\bar{\sigma}'_{b0} < \sigma'_b \leq 2 \bar{\sigma}'_{b0} \rightarrow \bar{\tau}_b = (4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_{b0}}) \bar{\sigma}'_b$

si : $\tau_b \leq \bar{\tau}_b \rightarrow$ on utilise des cadres et étriers droites

si : $\bar{\tau}_b < \tau_b \leq 5 \bar{\tau}_b \rightarrow$ on utilise des cadres et étriers droites plus des barres obliques.

c) contrainte admissible des armatures transversales :

$$\bar{\tau}_{at} = \rho_a \cdot \bar{\sigma}_{en} \quad / \rho_a = \frac{2}{3} \rightarrow \text{si on a reprise de bétonnage.}$$

$$\bar{\tau}_{at} = \begin{cases} (1 - \frac{\tau_b}{9 \bar{\tau}_b}) \cdot \bar{\sigma}_{en} \\ \geq \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{en}. \end{cases} \rightarrow \text{si on a pas reprise de bétonnage.}$$

d) espacement :

$$t = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\tau}_{at}}{T_c}$$

e) Espacement admissible :

$$\bar{t} \leq \min (h/4, 12 \phi, 30 \text{ cm}) \rightarrow \text{en zone nodale ou entravée avec armatures comprimées}$$

$$\bar{t} \leq \frac{h}{2} \rightarrow \text{en dehors de la zone nodale.}$$

Remarque : on disposera les cours d'armatures transversales selon la fig. 8 (R.P.A - p: 47)

• Verification :

1) condition de la flèche : (Art 61.21 c.c.B.A 68)

- $h_t \geq l/16$

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

- $A \leq b \cdot h \cdot 43/\bar{\sigma}_{en}$

on peut disposer de la flèche la verification de la flèche pour les poutres qui satisfassent aux 3 conditions ci-dessus.

2) condition de non fragilité : (Art. 52.2 c.c.B.A 68)

pour les poutres flechies on doit avoir : $A_{min} \geq 0,69 \cdot b h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}}$

3) conditions aux appuis (Art. 35-32, c.c.B.A 68)

• béton : l'effort tranchant crée des efforts de compression dans les bielles de béton inclinées à 45°

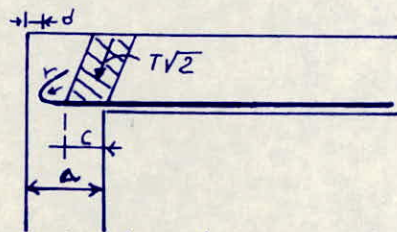
pour que $\sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_{b0}$ on doit avoir $C \geq \frac{2T}{b_0 \cdot \bar{\sigma}'_{b0}} = C_0$

T : effort tranchant max. aux appuis.

C : distance d'un appui au point où commence l'ancrage de l'armature inférieure. $C = a - (d + r)$

a : largeur du poteau

r : rayon de courbure / $r = 5,5 \phi$.



• Armatures inférieures :

la section minimale des armatures de traction inférieures, qui doivent être conduites jusqu'à cet appui et ancrées totalement au delà, doit être susceptible d'équilibrer un effort admissible =

$T + M/3$, c.a.d on doit vérifier que : $A \bar{\sigma}_a \geq T + M/3$.

4) pourcentage des aciers longitudinaux (R.P.A 81)

- poutres longitudinales :

$$0,3\% \leq A \leq 2,5\% \rightarrow 4,5 \text{ cm}^2 \leq A \leq 37,5 \text{ cm}^2 \text{ (Pour notre cas)}$$

- poutres transversales :

$$0,3\% \leq A \leq 2,5\% \rightarrow 3,6 \text{ cm}^2 \leq A \leq 30 \text{ cm}^2 \text{ (Pour notre cas)}$$

5) condition de non entrainement des barres

on doit vérifier que : $\tau_d \leq \bar{\tau}_d$ / $\bar{\tau}_d = 2 \psi_d \cdot \bar{\sigma}_b$ ($\psi_d = 1,5$ acier H.A)

$$\tau_d = \frac{T_{max}}{n \cdot p \cdot z}$$

où T : effort tranchant max ;

p : perimetre de la barre ; n : nbr de barre.

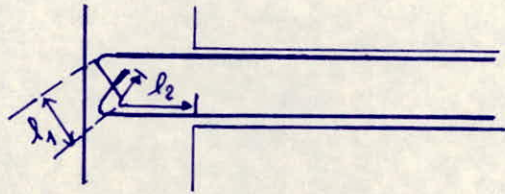
6) condition de non fissuration :

on doit vérifier que : $\max(\sigma_1, \sigma_2) \leq \bar{\sigma}_a$

$$\sigma_1 = \frac{k \cdot \eta \cdot \bar{\omega}_p}{\phi (1 + 10 \bar{\omega}_p)} ; \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\eta \cdot k \cdot \bar{\sigma}_b}$$

7/ Ancrage :

l'ancrage des armatures longitudinales des poutres dans les poteaux de rive et d'angle doit être effectué conformément à la figure (R.P.A 81 - p. 47) : $l_1 \geq 20\phi$; $l_2 \geq \text{Max}(30\phi, 50\text{cm})$



8/ contraintes :

les sections seront vérifiées sous leurs moments maximums les plus défavorables.

* Section sans armatures comprimées :

$$\text{on calcul} : \tilde{\omega} = \frac{100A}{b \cdot h} \xrightarrow{\text{tab.}} \epsilon, k.$$

$$\text{et on doit avoir : } \sigma_a = \frac{M}{A \cdot \epsilon \cdot h} \leq \bar{\sigma}_a ; \sigma_b' = \frac{\sigma_a}{k} \leq \bar{\sigma}_b'$$

* Section avec armatures comprimées :

$$\text{on calcul} : D = \frac{15}{6} (A + A') ; E = \frac{30}{b} (A' d' + Ah)$$

$$y_1 = -D + \sqrt{D^2 + E}$$

$$I = \frac{b y_1^3}{3} + 15 A' (y_1 - d')^2 + 15 A (h - y_1)^2 ; k = \frac{M}{I}$$

on aroit :

$$\sigma_b' = k y_1 \leq \bar{\sigma}_b'$$

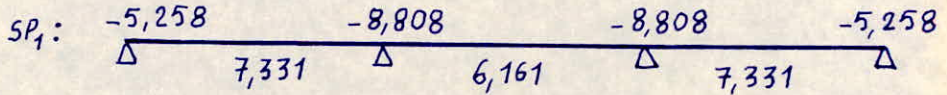
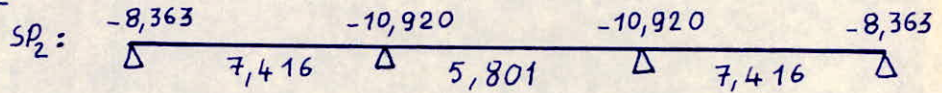
$$\sigma_a' = 15 k (y_1 - d') \leq \bar{\sigma}_a$$

$$\sigma_a = 15 k (h - y_1) \leq \bar{\sigma}_a$$

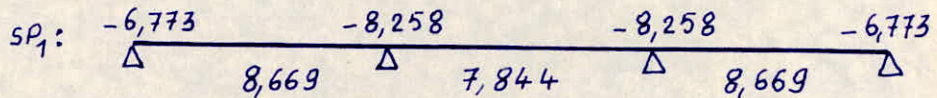
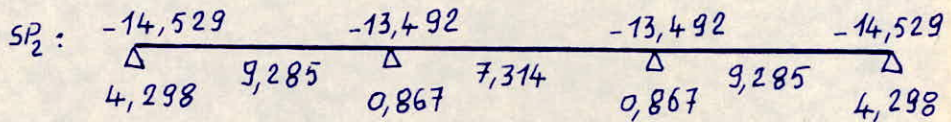
Portique longitudinal Intermediaire

• Presentation des moments :

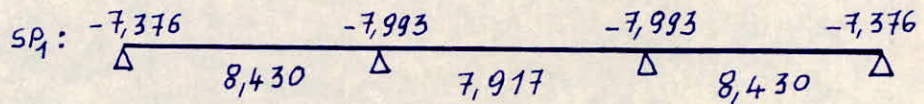
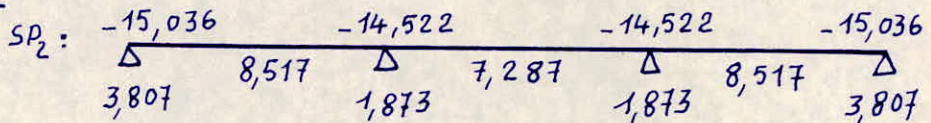
• niv III :



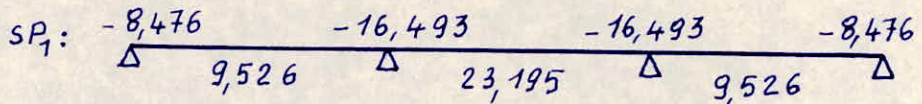
• niv II :



• niv I :



• niv 0 :



• Armatures supérieures et inférieures sur appuis :

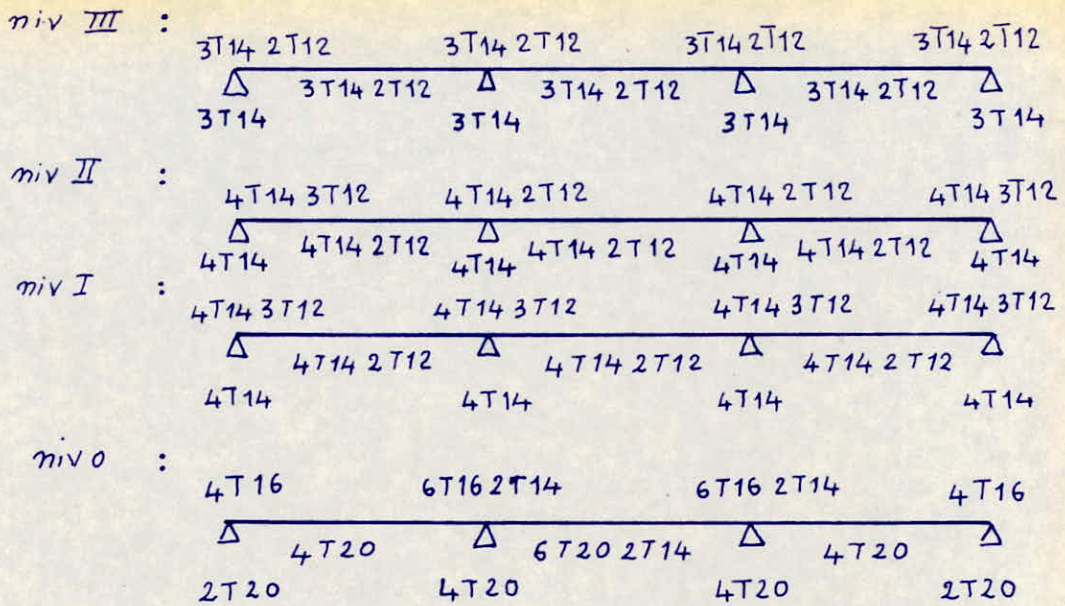
$$b = 30 \text{ cm} ; h_f = 50 \text{ cm} ; d = 3 \text{ cm} ; h = 47 \text{ cm}$$

| NIV. | APP. | SOLL. | $\frac{M_{sup}}{M_{inf}}$ | μ | ϵ | k | σ'_b | A cal. | A adop. | \emptyset |
|------|------|-----------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--|
| III | 1-4 | SP ₂ | 8,363 | 0,04507 | 0,9103 | 40,7 | 103,2 | 4,65 | 6,88 | 3T14 2T12 |
| | 2-3 | SP ₁ | 8,808 | 0,0712 | 0,8907 | 30,75 | 80,7 | 7,51 | 8,01 | 3T14 3T12 |
| II | 1-4 | SP ₂ | $\frac{14,529}{4,298}$ | $\frac{0,0783}{0,0232}$ | $\frac{0,8863}{0,9332}$ | $\frac{28,98}{60,30}$ | $\frac{145}{69,7}$ | $\frac{8,30}{2,33}$ | $\frac{9,54}{6,15}$ | $\frac{3T12}{4T14}$ $\frac{4T14+}{4T14}$ |
| | 2-3 | SP ₂ | $\frac{13,492}{0,867}$ | $\frac{0,0727}{0,00467}$ | $\frac{0,8897}{0,9688}$ | $\frac{30,35}{145}$ | $\frac{138,4}{29}$ | $\frac{7,68}{0,45}$ | $\frac{8,41}{6,15}$ | $\frac{4T14+}{2T12}$ $\frac{4T14+}{4T14}$ |
| I | 1-4 | SP ₂ | $\frac{15,036}{3,807}$ | $\frac{0,08103}{0,02052}$ | $\frac{0,8846}{0,9372}$ | $\frac{28,33}{64,53}$ | $\frac{148,3}{65,1}$ | $\frac{8,61}{2,06}$ | $\frac{9,54}{6,15}$ | $\frac{4T14}{3T12+}$ $\frac{4T14}{4T14}$ |
| | 2-3 | SP ₂ | $\frac{14,522}{1,873}$ | $\frac{0,07826}{0,0101}$ | $\frac{0,8864}{0,9550}$ | $\frac{29,0}{96,0}$ | $\frac{144,8}{43,8}$ | $\frac{8,30}{0,99}$ | $\frac{9,54}{6,15}$ | $\frac{3T12}{4T14}$ $\frac{4T14}{4T14}$ |
| 0 | 1-4 | SP ₁ | 8,476 | 0,0685 | 0,8926 | 31,53 | 88,8 | 7,22 | 8,04 | 4T16 |
| | 2-3 | SP ₁ | 16,493 | 0,1334 | 0,8591 | 20,47 | 136,8 | 14,6 | 15,14 | 6T16 2T14 |

• Armatures en travée :

| NIV. | TRAV. | SOLL. | M | μ | ϵ | k | σ'_b | A cal. | A adop. | \emptyset |
|------|------------|-----------------|--------|--------|------------|-------|-------------|--------|---------|-------------|
| III | 1-2 3-4 | SP ₁ | 7,331 | 0,0593 | 0,8989 | 34,45 | 81,28 | 6,20 | 6,88 | 3T14 2T12 |
| | 2-3 | SP ₁ | 6,161 | 0,0498 | 0,9063 | 38,35 | 73 | 5,17 | 6,88 | 3T14 2T12 |
| II | 1-2 3-4 | SP ₁ | 8,669 | 0,0701 | 0,8914 | 31,05 | 90,2 | 7,39 | 8,41 | 4T14 2T12 |
| | 2-3 | SP ₁ | 7,944 | 0,0642 | 0,8954 | 32,8 | 85,4 | 6,74 | 8,41 | 4T14 2T12 |
| I | 1-2 3-4 | SP ₁ | 8,430 | 0,0681 | 0,8928 | 31,65 | 88,5 | 7,17 | 8,41 | 4T14 2T12 |
| | 2-3 | SP ₁ | 7,917 | 0,0640 | 0,8955 | 32,85 | 85,2 | 6,72 | 8,41 | 4T14 2T12 |
| 0 | 1-2 3-4 | SP ₁ | 9,526 | 0,0770 | 0,8870 | 29,25 | 96 | 8,16 | 12,56 | 4T20 |
| | 2-3 | SP ₁ | 23,195 | 0,1875 | 0,8395 | 16,18 | 173 | 21 | 21,92 | 6T20 2T14 |

Sections d'aciers adoptées :



verifications :

1) verification de la flèche :

- $h_f = 50 \text{ cm} \geq \frac{1}{16} \cdot 600 = 37,5 \rightarrow \text{verifiée}$

- $h_f = 50 \text{ cm} \geq \frac{f}{10} \frac{M_{t \max}}{M_0} = \frac{1}{10} \times \frac{23,195}{29,750} \times 600 = 46,8 \rightarrow \text{verifiée}$

- $A_{\max} < \frac{43 \cdot b \cdot h}{\sigma_{en}} = \frac{43 \cdot 30 \cdot 47}{4200} = 14,44 \text{ cm}^2 \text{ (non verifiée)}$

Il est donc nécessaire de faire un calcul de flèche
(c.c.B.A 68. Art. 61.21)

on considère la section rectangulaire 30x50. (Travée 2-3)

On a : $\begin{cases} M_g = 20,063 \text{ t.m} \\ M_g = 4,39 \text{ t.m} \end{cases}$

- Inertie de la section du béton • $\frac{bh^3}{3} = \frac{30 \times 50^3}{3} = 125.0000 \text{ cm}^4$

- Inertie des aciers • $nA_s h^2 = 15 \times 21,92 \times 47^2 = 726319,2 \text{ cm}^4$

- Pour béton fissuré $v = \frac{W}{S}$

$\begin{cases} W = 50 \cdot 30 \cdot 25 + 21,92 \cdot 15 \cdot 47 = 52953,6 \text{ cm}^3 \\ S = 50 \cdot 30 = 1828,8 \text{ cm}^2 \end{cases} \rightarrow v = 28,96 \text{ cm}$

• $-Wv = -1533536,26 \text{ cm}^4$

$I_t = 442783 \text{ cm}^4$

calcul de λ et μ :

- charge de faible durée λ_i : $\bar{\omega} = \frac{A}{b \cdot h} = \frac{21,92}{30,47} = 0,01555$

$$\lambda_i = \frac{\bar{\sigma}_b}{72 \cdot 5 \cdot \bar{\omega}} = 1,054$$

- charge de longue durée λ_v : $\lambda_v = \frac{\lambda_i}{2,5} = 0,422$

* pour la charge q , la contrainte des armatures tendues est :

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{\sigma}_a &= \frac{Mq}{h \cdot \bar{\sigma}} = \frac{20,063 \cdot 10^5}{0,8395 \cdot 47 \cdot 21,92} = 2320 \text{ kg/cm}^2 \\ \mu &= 1 - \frac{5 \bar{\sigma}_b}{4 \bar{\omega} \bar{\sigma}_a + 3 \bar{\sigma}_b} = 1 - \frac{5 \times 5,9}{4 \cdot 0,01555 \cdot 2320 + 3 \cdot 5,9} = 0,818 \end{aligned} \right.$$

* Pour la charge g : $\left\{ \begin{aligned} \bar{\sigma}_a &= 507,6 \text{ kg/cm}^2 \\ \mu &= 0,401 \end{aligned} \right.$

calcul du module de deformation longitudinal :

$$E_v = 7000 \sqrt{1,2 \bar{\sigma}'_{28}} = 7000 \sqrt{1,2 \cdot 270} = 126000 \text{ bars}$$

$$E_i = 3 E_v = 378.000 \text{ bars.}$$

flèches :

$$f_{g_{\infty}} = \frac{Mg \cdot l^2}{10 E_v \cdot I_{fv}} = 0,33 \text{ cm}$$

$$I_{fv} = \frac{I_t}{1 + \lambda_v \mu} = 378699 \text{ cm}^4$$

$$f_{g_0} = \frac{Mg \cdot l^2}{10 E_i \cdot I_{fi}} = 0,13 \text{ cm}$$

$$I_{fi} = \frac{I_t}{1 + \lambda_i \mu} = 311237 \text{ cm}^4$$

$$f_{q_0} = \frac{Mq \cdot l^2}{10 \cdot E_i \cdot I_{fi}} = 0,80 \text{ cm}$$

$$I_{fi} = \frac{I_t}{1 + \lambda_i \mu} = 237778 \text{ cm}^4$$

$$\Delta f_t = f_{g_{\infty}} + f_{q_0} - f_{g_0} = 0,33 + 0,8 - 0,13 = 1 \text{ cm.}$$

la flèche admissible est $\bar{f} = 0,5 + \frac{l}{1000} = 1,1 \text{ cm}$

$\Delta f_t < \bar{f} \rightarrow$ vérifiée.

2) condition de non fragilité :

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} = 0,69 \cdot \frac{30 \times 47 \times 5,9}{4200} = 1,4 \text{ cm}^2$$

verifiée pour toutes les sections.

3) condition aux appuis :

* beton : on doit vérifier : $c \geq \frac{2T}{b_0 \cdot \bar{\sigma}'_b} = c_0$

$$c = a - (d + r) ; \quad a = 35 \text{ cm} \left. \begin{array}{l} \text{NIV III} \\ \text{NIV II} \end{array} \right\} \quad a = 45 \text{ cm} \left. \begin{array}{l} \text{NIV I} \\ \text{NIV 0} \end{array} \right\}$$

$$d = 3 \text{ cm} ; \quad r = 5\phi \div 5,5\phi$$

on a le même ferrailage aux appuis, on vérifie avec T_{\max} :

| NIV. | III | II | I | 0 |
|-------|-------|--------|--------|-------|
| T | 8,935 | 10,992 | 11,242 | 8,251 |
| c_0 | 5,8 | 7,13 | 7,29 | 5,35 |
| C | 24,3 | 24,3 | 34,3 | 33,2 |

$c > c_0 \rightarrow$ vérifiée.

* armatures inférieures :

$$\text{on doit vérifier : } A \cdot \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{3} \text{ ou } A \geq \frac{T}{\bar{\sigma}_a} + \frac{M}{3\bar{\sigma}_a}$$

| NIV. | III | | II | | I | | 0 | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Appuis | 1 | 2 | 5 | 6 | 9 | 10 | 13 | 14 |
| M(t.m) | -8,363 | -8,808 | 4,298 | 0,867 | 3,807 | 1,873 | -8,476 | -16,493 |
| T(t) | 8,935 | 9,936 | 10,992 | 10,985 | 11,242 | 11,209 | 8,251 | 12,779 |
| $(T + \frac{M}{3}) / \bar{\sigma}_a$ | < 0 | < 0 | 5,11 | 3,12 | 4,88 | 3,75 | < 0 | < 0 |
| A | 4,62 | 4,62 | 6,15 | 6,15 | 6,15 | 6,15 | 6,28 | 12,56 |

4) pourcentage d'aciers :

les sections d'armatures sont comprises dans l'intervalle :

$$(4,5 ; 37,5) \text{ cm}^2 \rightarrow \text{vérifiée.}$$

5) condition de non entrainement des barres :

on doit verifier $\sigma_d \leq \bar{\sigma}_d = 2 \psi_d \cdot \bar{\sigma}_b = 17,7 \text{ kg/cm}^2$
(sous SP_1)

| Niv. | App. | T | np | T/npz | $\bar{\sigma}_d$ |
|------|------|--------|-------|-------|------------------|
| III | 1 | 8,225 | 13,19 | 15,16 | 17,7 |
| | 2 | 9,409 | 13,19 | 17 | 17,7 |
| II | 5 | 9,127 | 17,6 | 12,6 | 17,7 |
| | 6 | 9,540 | 17,6 | 13,18 | 17,7 |
| I | 9 | 9,230 | 17,6 | 12,75 | 17,7 |
| | 10 | 9,436 | 17,6 | 13,04 | 17,7 |
| 0 | 13 | 8,251 | 12,57 | 15,6 | 17,7 |
| | 14 | 12,779 | 25,13 | 12,37 | 17,7 |

6) fissuration :

elle sera verifiée pour la plus petite section tendue dans toutes les poutres.

$$A^{\min} = 4,62 \text{ cm}^2 (3T14) \rightarrow \tilde{\omega}_f = \frac{4,62}{6 \times 30} = 0,0257$$

$$\sigma_1 = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0257}{14 (1 + 10 \cdot 0,0257)} = 3505 > \bar{\sigma}_a$$

verifiée

7/ verification des contraintes :

| Niv. | Sect. | M(-) M(+) | A | $\bar{\omega}$ | ε | k | σ_a | σ'_b |
|------|-------|--------------|-------|----------------|---------------|-------|------------|-------------|
| III | 1 | 8,363 | 6,88 | 0,488 | 0,8945 | 32,4 | 2891 | 89,2 |
| | 2 | 8,808 | 8,01 | 0,568 | 0,8879 | 29,6 | 2635 | 89 |
| II | 5 | 14,529 | 9,54 | 0,677 | 0,8799 | 26,64 | 3683 | 138,2 |
| | | 4,298 | 6,15 | 0,436 | 0,8991 | 34,55 | 1653,8 | 47,9 |
| | 6 | 13,492 | 8,41 | 0,596 | 0,8857 | 28,77 | 3853,9 | 134 |
| | | 0,867 | 6,15 | 0,436 | 0,8991 | 34,55 | 334,4 | 10 |
| I | 9 | 15,036 | 9,54 | 0,677 | 0,8799 | 26,64 | 3811 | 143,1 |
| | | 3,807 | 6,15 | 0,436 | 0,8991 | 34,55 | 1464,9 | 42,5 |
| | 10 | 14,522 | 9,54 | 0,677 | 0,8799 | 26,64 | 3681 | 138,2 |
| | | 1,873 | 6,15 | 0,436 | 0,8991 | 34,55 | 721 | 21 |
| 0 | 13 | 8,476 | 8,04 | 0,570 | 0,8876 | 29,5 | 2527,1 | 86 |
| | 14 | 16,493 | 15,14 | 1,074 | 0,8569 | 19,98 | 2705 | 135,4 |

$\bar{\sigma}_a < \bar{\sigma}_a$, $\bar{\sigma}'_b < \bar{\sigma}'_b$ → vérifiée.

8/ Armatures transversales :

on utilise 1 cadre + 2 étriers → $A_t = 3,01 \text{ cm}^2$

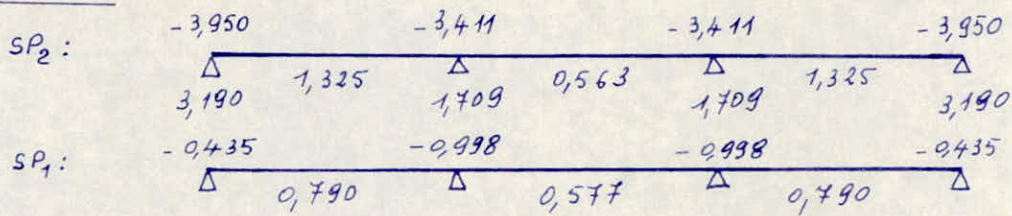
| Niv. | trav. | Soll. | T^{\max} | σ'_b | σ_b | $\bar{\sigma}_b$ | $\bar{\sigma}_{at}$ | A_t | t_{cal} | t adopté. | |
|------|----------------|-----------------|------------|-------------|------------|------------------|---------------------|-------|-----------|-----------|---------|
| | | | | | | | | | | Z.nod. | Z.cour. |
| III | 1-2 3-4 | SP ₁ | 8,225 | 59,5 | 6,7 | 20,65 | 1600 | 3,01 | 24,1 | 11 | 20 |
| | 2-3 | SP ₁ | 9,409 | 89 | 7,6 | 18,88 | 1600 | 3,01 | 21 | 11 | 20 |
| II | 5-6 7-8 | SP ₁ | 9,127 | 92,13 | 7,4 | 18,61 | 1600 | 3,01 | 21,7 | 11 | 20 |
| | 6-7 | SP ₁ | 9,540 | 89,33 | 7,7 | 18,86 | 1600 | 3,01 | 20,8 | 11 | 20 |
| I | 9-10 11-12 | SP ₁ | 9,230 | 95,40 | 7,5 | 18,33 | 1600 | 3,01 | 21,5 | 11 | 20 |
| | 10-11 | SP ₁ | 9,436 | 92,13 | 7,6 | 18,61 | 1600 | 3,01 | 21 | 11 | 20 |
| 0 | 13-14 15-16 | SP ₁ | 8,251 | 86 | 6,7 | 19,14 | 1600 | 3,01 | 24 | 11 | 15 |
| | 16-17 | SP ₁ | 12,779 | 135,4 | 10,4 | 14,89 | 1600 | 3,01 | 15,5 | 11 | 15 |

$\left\{ \begin{array}{l} t \text{ (en zone nodale)} \leq 11,75 \text{ cm} = \bar{t} \\ t \text{ (en zone courante)} \leq 23,5 \text{ cm} = \bar{t} \end{array} \right.$

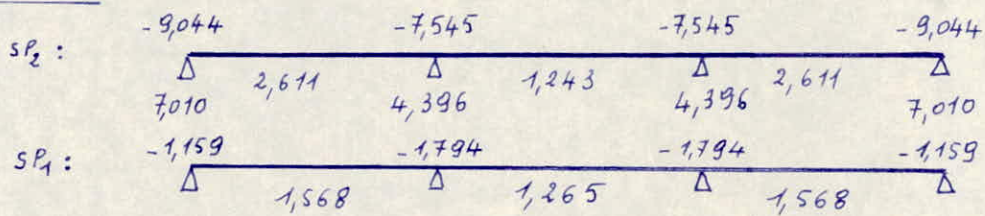
Portique transversal Rive

Presentation des moments :

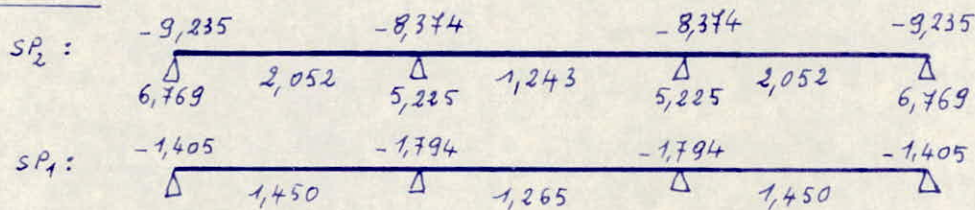
• Niveau III :



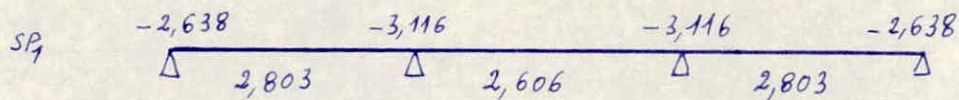
• Niveau II :



• Niveau I :



• Niveau 0 :



Etant donné que les poutres transversales ne sont pas porteuses des charges verticales et elles ne sont sollicitées principalement que par les forces laterales sismiques, donc elles doivent avoir des armatures symetriques. Ainsi que les moments en travée sont très faibles par rapport aux moments sur appuis donc on optera pour une section en travée égale ou moins à la moitié des armatures sur appuis (R.P.A 81 - Art 4.2.3.2).

Sections d'aciers aux appuis

$b = 30 \text{ cm}$; $h_f = 40 \text{ cm}$; $d = d' = 3 \text{ cm}$; $h = 37 \text{ cm}$.

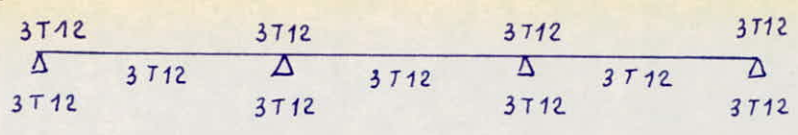
| NIV. | App. | Soll. | M_{sup} M _{int} | μ | ϵ | k | σ'_b | A cal. | A adopté | \emptyset |
|------|------|-----------------|-------------------------------|------------------|------------------|---------------|----------------|----------------|--------------|------------------------|
| III | 1-4 | SP ₂ | 3,950 3,190 | 0,0343 0,0277 | 0,9205 0,9277 | 47,9 54,5 | 87,7 77,1 | 2,761 2,210 | 3,39 3,39 | 3T12 3T12 |
| | 2-3 | SP ₂ | 3,411 1,709 | 0,0297 0,0149 | 0,9256 0,9458 | 52,2 77,25 | 80,5 54,4 | 2,37 1,16 | 3,39 3,39 | 3T12 3T12 |
| II | 1-4 | SP ₂ | 9,044 7,010 | 0,0786 0,0610 | 0,8861 0,8976 | 28,9 33,85 | 145,3 124,7 | 6,57 5,03 | 6,88 6,88 | 3T14 2T12 3T14 2T12 |
| | 2-3 | SP ₂ | 7,545 4,396 | 0,0656 0,0382 | 0,8944 0,9167 | 32,35 45 | 129,8 93,3 | 5,43 3,09 | 6,88 6,88 | 3T14 3T14 2T12 |
| I | 1-4 | SP ₂ | 9,235 6,769 | 0,0803 0,0589 | 0,8851 0,8992 | 28,5 34,6 | 147,4 121,4 | 6,71 4,84 | 6,88 6,88 | 3T14 3T14 2T12 |
| | 2-3 | SP ₂ | 8,374 5,225 | 0,0728 0,0454 | 0,8897 0,9101 | 30,32 40,6 | 138,8 103,4 | 6,06 3,7 | 6,88 6,88 | 3T14 3T14 2T12 |
| 0 | 1-4 | SP ₄ | 2,638 | 0,0344 | 0,9205 | 47,9 | 58,5 | 2,77 | 4,62 | 3T14 |
| | 2-3 | SP ₄ | 3,116 | 0,0406 | 0,9144 | 43,4 | 64,5 | 3,29 | 4,62 | 3T14 |

Armatures en travée.

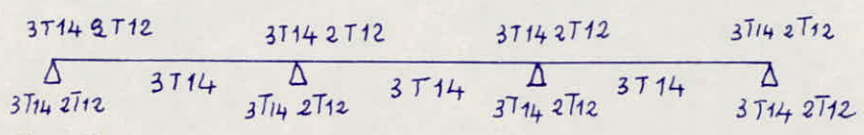
| NIV. | trav. | Soll. | M | μ | ϵ | k | σ'_b | A cal. | A adop. | \emptyset |
|------|------------|-----------------|-------|--------|------------|-------|-------------|--------|---------|-------------|
| III | 1-2 3-4 | SP ₂ | 1,325 | 0,0115 | 0,9521 | 89,25 | 47,1 | 0,90 | 3,39 | 3T12 |
| | 2-3 | SP ₁ | 0,563 | 0,0073 | 0,9613 | 114,5 | 24,5 | 0,57 | 3,39 | 3T12 |
| II | 1-2 3-4 | SP ₂ | 2,611 | 0,0227 | 0,9342 | 61 | 68,9 | 1,80 | 4,62 | 3T14 |
| | 2-3 | SP ₁ | 1,243 | 0,0162 | 0,9437 | 73,7 | 38 | 1,27 | 4,62 | 3T14 |
| I | 1-2 3-4 | SP ₁ | 1,450 | 0,0189 | 0,9396 | 67,7 | 41,4 | 1,49 | 4,62 | 3T14 |
| | 2-3 | SP ₁ | 1,265 | 0,0165 | 0,9432 | 73 | 38,4 | 1,29 | 4,62 | 3T14 |
| 0 | 1-2 3-4 | SP ₁ | 2,803 | 0,0306 | 0,9182 | 46,1 | 60,7 | 2,95 | 4,62 | 3T14 |
| | 2-3 | SP ₁ | 2,606 | 0,0340 | 0,9209 | 48,2 | 58,1 | 2,73 | 4,62 | 3T14 |

Sections d'aciers adoptées

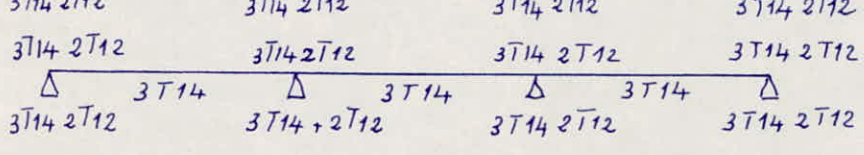
Niv III :



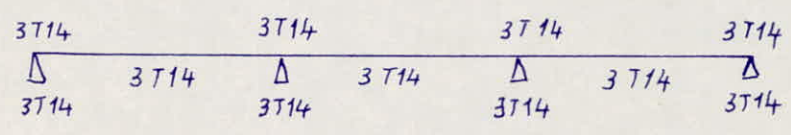
Niv II :



Niv I :



niv: 0



• verifications:

1) verification de la fleche:

- $h_t = 40 \text{ cm} \geq \frac{l}{16} = \frac{400}{16} = 25 \rightarrow \text{verifiée}$

- $h_t = 40 \text{ cm} > \frac{l}{10} \cdot \frac{M_1^{max}}{M_0} = \frac{400}{10} \cdot \frac{2,803}{5,172} = 21,7 \rightarrow \text{verifiée}$

- $A_{max} \leq b \cdot h \cdot \frac{43}{\sqrt{v_{en}}} = \frac{43 \cdot 30 \cdot 37}{4200} = 11,4 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{verifiée (pour toutes les sections)}$

Donc aucune justification de la fleche n'est necessaire.

2) condition de non fragilité:

$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sqrt{v_{en}}} = 0,69 \cdot 30 \cdot 37 \cdot \frac{5,9}{4200} = 1,10 \text{ cm}^2$

verifiée pour toutes les sections.

3) condition aux appuis:

* béton : on doit avoir $c \geq \frac{2T}{b_0 \bar{\sigma}'_b} = c_0$

$c = a - (d+r)$; $a = 35 \text{ cm}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{niv III} \\ \text{niv II} \end{array} \right.$ $a = 45 \text{ cm}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{Niv I} \\ \text{Niv 0} \end{array} \right.$

$d = 3 \text{ cm}$; $r = 5\phi \div 5,5\phi$

on a le même ferailage aux appuis, on verifie donc pour l'appui ou Test max

| Niv | III | II | I | 0 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| T (t) | 2,800 | 6,212 | 6,466 | 4,514 |
| C ₀ (cm) | 1,82 | 4,03 | 4,2 | 4,4 |
| C (cm) | 25,4 | 24,3 | 34 | 34 |

* Armatures inférieures :

on doit vérifier : $A \cdot \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{\delta}$ ou $A \geq \frac{T}{\bar{\sigma}_a} + \frac{M}{\delta \bar{\sigma}_a}$.

| Niv. | III | | II | | I | | 0 | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Appuis | 1 | 2 | 5 | 6 | 9 | 10 | 13 | 14 |
| M(t.m) | 3,190 | 1,709 | 7,010 | 4,396 | 6,769 | 5,225 | -2,638 | -3,116 |
| T(t) | 2,800 | 2,804 | 6,212 | 5,995 | 6,466 | 6,348 | 4,514 | 4,753 |
| $(T + \frac{M}{\delta}) / \bar{\sigma}_a$ | 3,01 | 1,92 | 6,63 | 4,66 | 6,52 | 5,35 | < 0 | < 0 |
| A | 3,39 | 3,39 | 6,88 | 6,88 | 6,88 | 6,88 | 4,62 | 4,62 |

4) pourcentage d'acier :

les sections d'armatures utilisées sont comprises dans l'intervalle $(3,6 \text{ cm}^2 ; 30 \text{ cm}^2) \rightarrow$ vérifiée

5) condition de non entrainement des barres :

on doit avoir : $\bar{\sigma}_d \leq \bar{\sigma}_d = 2 \cdot \psi_d \cdot \bar{\sigma}_b = 17,7 \text{ kg/cm}^2$ (sous SP1).

| Niv. | App. | T | ηP | $T/\eta P \delta$ | $\bar{\sigma}_d$ |
|------|------|-------|----------|-------------------|------------------|
| III | 1 | 1,327 | 11,31 | 3,62 | 17,7 |
| | 2 | 1,607 | 11,31 | 4,39 | 17,7 |
| II | 5 | 2,819 | 20,73 | 4,20 | 17,7 |
| | 6 | 3,136 | 20,73 | 4,67 | 17,7 |
| I | 9 | 2,879 | 20,73 | 4,29 | 17,7 |
| | 10 | 3,075 | 20,73 | 4,6 | 17,7 |
| 0 | 13 | 4,514 | 13,19 | 10,6 | 17,7 |
| | 14 | 4,753 | 13,19 | 11,13 | 17,7 |

6) fissuration :

on la vérifiera seulement pour la plus petite section tendue dans toutes les poutres car si elle est vérifiée, elle l'est pour les autres.

$A^{\min} = 3 T 12 = 3,39 \text{ cm}^2 \rightarrow \tilde{\omega}_f = \frac{3,39}{6 \cdot 30} = 0,0188$.

$\bar{\sigma}_1 = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0188}{12(1 + 10 \cdot 0,0188)} = 3165 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$

7/ verification des contraintes :

| Niv. | Sect. | M(-) M(+) | A | $\bar{\omega}$ | ϵ | k | $\bar{\sigma}_a$ | $\bar{\sigma}'_b$ |
|------|-------|--------------|------|----------------|------------|------|------------------|-------------------|
| III | 1 | 3,950 | 3,39 | 0,305 | 0,9133 | 42,7 | 3448,12 | 80,75 |
| | | 3,190 | 3,39 | 0,305 | 0,9133 | 42,7 | 2784,7 | 65,2 |
| | 2 | 3,411 | 3,39 | 0,305 | 0,9133 | 42,7 | 2977,60 | 69,7 |
| | | 1,709 | 3,39 | 0,305 | 0,9133 | 42,7 | 1491,9 | 34,9 |
| II | 5 | 9,044 | 6,88 | 0,620 | 0,8839 | 28,1 | 4019,5 | 143,04 |
| | | 7,010 | 6,88 | 0,620 | 0,8839 | 28,1 | 3115,5 | 110,9 |
| | 6 | 7,545 | 6,88 | 0,620 | 0,8839 | 28,1 | 3353,3 | 119,33 |
| | | 4,396 | 6,88 | 0,620 | 0,8839 | 28,1 | 1953,7 | 69,5 |
| I | 9 | 9,235 | 6,88 | 0,620 | 0,8839 | 28,1 | 4104,3 | 146,06 |
| | | 6,769 | 6,88 | 0,620 | 0,8839 | 28,1 | 3008,4 | 107,1 |
| | 10 | 8,374 | 6,88 | 0,620 | 0,8839 | 28,1 | 3721,7 | 132,4 |
| | | 5,225 | 6,88 | 0,620 | 0,8839 | 28,1 | 2322,2 | 82,6 |
| 0 | 13 | 2,638 | 4,62 | 0,416 | 0,9012 | 35,6 | 1712,4 | 48,1 |
| | 14 | 3,116 | 4,62 | 0,416 | 0,9012 | 35,6 | 2022,7 | 56,8 |

$\bar{\sigma}_a < \bar{\sigma}_a$, $\bar{\sigma}'_b < \bar{\sigma}'_b$ → verifiée

8/ Armatures transversales :

on utilise 1 cadre + 1 étricot → $A_t = 2,01 \text{ cm}^2$

$t(z.n) \leq 9,25 = \bar{t}$
 (cm)
 $t(z.c) \leq 18,5 \text{ cm} = \bar{t}$

| NIV | trav. | Soll. | T ^{max} | $\bar{\sigma}'_b$ | $\bar{\sigma}_b$ | $\bar{\sigma}_b$ | $\bar{\sigma}_{at}$ | A _t | t _{cal} | t adopte | |
|-----|----------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------|----------------|------------------|----------|---------|
| | | | | | | | | | | Znod. | Z.cour. |
| III | 1-2 3-4 | SP ₂ | 2,804 | 80,75 | 2,9 | 30,98 | 2400 | 2,01 | 55,70 | 9 | 18 |
| | 2-3 | SP ₂ | 2,683 | 69,70 | 2,8 | 30,98 | 2400 | 2,01 | 58,21 | 9 | 18 |
| II | 5-6 7-8 | SP ₂ | 6,212 | 143,04 | 6,39 | 27,50 | 2400 | 2,01 | 25,14 | 9 | 18 |
| | 6-7 | SP ₂ | 5,837 | 119,33 | 6,00 | 29,50 | 2400 | 2,01 | 26,76 | 9 | 18 |
| I | 9-10 11-12 | SP ₂ | 6,466 | 146,06 | 6,7 | 27,20 | 2400 | 2,01 | 24,15 | 9 | 18 |
| | 10-11 | SP ₂ | 6,251 | 132,40 | 6,44 | 28,40 | 2400 | 2,01 | 24,98 | 9 | 18 |
| 0 | 13-14 15-16 | SP ₁ | 4,753 | 48,10 | 4,9 | 20,65 | 1600 | 2,01 | 21,91 | 9 | 18 |
| | 16-17 | SP ₁ | 4,632 | 56,80 | 4,8 | 20,65 | 1600 | 2,01 | 22,48 | 9 | 18 |

$A_{t \min} = 0,003 \cdot s.b = 0,003 \cdot 18 \cdot 30 = 1,62 < 2,01 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{verifiée}$

B) Ferraillage des poteaux :

les poteaux sont soumis à des efforts normaux et à des moments en tête et à la base, dans le sens transversal et le sens longitudinal. Ils seront donc calculés en flexion composée.

on fera le calcul sous (SP1) et sous la plus défavorable des combinaisons du second genre, et on optera pour la plus grande section d'acier.

- on distingue 3 types d'efforts :

* N_{min} ; M_{corr} → pour le calcul des armatures tendues.

* N_{max} ; M_{corr} }
* N_{corr} ; M_{max} } → pour le calcul du béton comprimé et éventuellement pour le calcul des armatures comprimées.

Méthode de calcul :

on a opté pour la méthode de "P. CHARRON"

contrainte admissible du béton :

$$* \bar{\sigma}'_b = 2 \bar{\sigma}'_{b_0} \quad \text{si} \quad e_0 = \frac{M}{N} > \frac{ht}{2}$$

$$* \bar{\sigma}'_b = \left(1 + \frac{e_0}{3e_1}\right) \bar{\sigma}'_{b_0} \quad \text{si} \quad e_0 < \frac{ht}{2} ; \quad e_1 = \frac{ht}{6}$$

1) $e_0 > e_1$ → section partiellement comprimée.

2) $e_0 \leq e_1$ → section entièrement comprimée (si N est un effort de comp.)
→ " " tendue (si N est une traction).

3) $e_0 \approx 0$ → on a une compression simple.

Restrictions dues au flambement :

• pièce chargée axialement ($N \neq 0$; $M_{G_0} = 0$)

* $\lambda \leq 50$ → calcul en compression simple

• charge excentrée (N ; M_{G_0} ; e_0)

* $\lambda \leq 35$ → calcul en flexion composée avec N ; e_0

Vérification au flambement :

niv. III, II : $S = 35 \times 35 \text{ cm}^2$; $l_0 = 324 \text{ cm}$; $l_c = 0,7 l_0 = 226,8 \text{ cm}$

$$i = 10,1 \text{ cm} \rightarrow \lambda = 22,46 < 35$$

niv. I : $S = 45 \times 45 \text{ cm}^2$; $l_0 = 324 \text{ cm}$; $l_c = 0,9 l_0 = 291,6 \text{ cm}$

$$i = 13 \text{ cm} \rightarrow \lambda = 22,45 < 35$$

niv. 0 : $S = 45 \times 45 \text{ cm}^2$; $l_0 = 297 \text{ cm}$ → $l_c = 0,9 l_0 = 267,3 \text{ cm}$

$$i = 13 \text{ cm} \rightarrow \lambda = 20,56 < 35$$

Donc on ne tient pas compte du flambement.

- SP₁ -

- SP₂ -

Sens Longitudinal:

Poteau A1

| NIV | N(t) | M(t.m) | e ₀ (cm) | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{max} _(t) | M ^{corr} _(t.m) | e ₀ | SOLL | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{min} _(t) | M ^{corr} _(t.m) | e ₀ (cm) | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ |
|-----|--------|--------|---------------------|--------|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------|------|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|--------|-------------------|
| III | 5,413 | 0,791 | 15 | P.C | 127,6 | 6,417 | 4,665 | 72,7 | P.C | 205,5 | 2,839 | 2,673 | 94,2 | P.C | 205,5 |
| II | 13,413 | 0,893 | 6,7 | P.C | 94,6 | 16,934 | 7,442 | 43,9 | P.C | 205,5 | 5,890 | 4,586 | 77,9 | P.C | 205,5 |
| I | 21,486 | 1,553 | 7,2 | E.C | 90,42 | 27,707 | 13,413 | 48,4 | P.C | 205,5 | 8,867 | 8,803 | 99,3 | P.C | 205,5 |
| 0 | 29,482 | 1,545 | 5,2 | E.C | 84,33 | 35,476 | 13,537 | 38,2 | P.C | 205,5 | 14,133 | 11,269 | 79,7 | P.C | 205,5 |

Sens transversal:

| NIV | N(t) | M(t.m) | e ₀ (cm) | Solli | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{max} | M | e ₀ | Soll. | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{min} | M | e ₀ | Soll. | $\bar{\sigma}'_b$ |
|-----|--------|--------|---------------------|-------|-------------------|------------------|--------|----------------|-------|-------------------|------------------|--------|----------------|-------|-------------------|
| III | 1,327 | 0,544 | 41 | P.C | 137 | 3,097 | 4,654 | 15,03 | P.C | 205,5 | -0,481 | 3,19 | 663 | P.T | 205,5 |
| II | 4,146 | 0,614 | 15 | P.C | 127,6 | 9,992 | 7,252 | 72,6 | P.C | 205,5 | -1,768 | 6,034 | 341 | P.T | 205,5 |
| I | 7,025 | 1,263 | 18 | P.C | 123,3 | 17,18 | 13,716 | 79,8 | P.C | 205,5 | -3,242 | 11,264 | 347 | P.T | 205,5 |
| 0 | 11,539 | 1,374 | 12 | P.C | 105 | 21,575 | 13,823 | 64,1 | P.C | 205,5 | -0,116 | 11,314 | 975 | P.T | 205,5 |

S.P.C : Section partiellement comprimée $\rightarrow e_0 > e_1$; $e_1 = \frac{h_t}{6}$

S.E.C : section entièrement comprimée $\rightarrow e_0 < e_1$

C.S : compression simple $\rightarrow e_0 = 0$

$$\begin{cases} e_1 = 5,8 \text{ cm} & \text{niv III-II} \\ e_1 = 7,5 \text{ cm} & \text{niv I,0} \end{cases}$$

100

- SP₁ -- SP₂ -Sens Longitudinal:

Poteau-A2-

| Niv. | N(t) | M(t.m) | e _o (cm) | Solli. | \bar{v}'_b | N ^{max} | M ^{corr} | e _o | Solli. | \bar{v}'_b | N ^{min} | M ^{corr} | e _o | Solli. | \bar{v}'_b | N ^{corr} | M ^{max} | e _o | Solli. | \bar{v}'_b |
|------|--------|--------|---------------------|--------|--------------|------------------|-------------------|----------------|--------|--------------|------------------|-------------------|----------------|--------|--------------|-------------------|------------------|----------------|--------|--------------|
| III | 11,525 | 0,141 | 1,2 | E.C | 73,22 | 11,460 | 5,785 | 50,5 | P.C | 205,5 | 7,901 | 4,603 | 58,3 | P.C | 205,5 | 11,460 | 5,785 | 50,4 | P.C | 205,5 |
| II | 27,906 | 0,138 | 0,49 | E.C | 70,43 | 27,873 | 8,729 | 31,3 | P.C | 205,5 | 18,681 | 7,401 | 40 | P.C | 205,5 | 26,635 | 8,937 | 33,6 | P.C | 205,5 |
| I | 44,214 | 0,236 | 0,53 | E.C | 70,11 | 44,057 | 12,908 | 29,3 | P.C | 205,5 | 29,514 | 10,923 | 37 | P.C | 205,5 | 42,235 | 13,152 | 31,1 | P.C | 205,5 |
| O | 60,406 | 0,142 | 0,24 | E.C | 69,23 | 59,162 | 13,162 | 22 | P.C | 203,22 | 40,253 | 10,928 | 27,1 | P.C | 205,5 | 59,788 | 13,162 | 22 | P.C | 203,22 |

sens transversal:

| Niv. | N(t) | M(t.m) | e _o (cm) | Solli. | \bar{v}'_b | N ^{max} | M ^{corr} | e _o | Solli. | \bar{v}'_b | N ^{min} | M ^{corr} | e _o | Solli. | \bar{v}'_b | N ^{corr} | M ^{max} | e _o | Solli. | \bar{v}'_b |
|------|-------|--------|---------------------|--------|--------------|------------------|-------------------|----------------|--------|--------------|------------------|-------------------|----------------|--------|--------------|-------------------|------------------|----------------|--------|--------------|
| III | 1,297 | 0,424 | 33 | P.C | 137 | 3,055 | 4,639 | 152 | P.C | 205,5 | -0,561 | 3,217 | 570 | P.T | 205,5 | 3,055 | 4,639 | 152 | P.C | 205,5 |
| II | 2,707 | 0,306 | 11 | P.C | 111,8 | 8,520 | 6,940 | 81 | P.C | 205,5 | -3,240 | 6,346 | 196 | P.T | 205,5 | 8,520 | 6,940 | 81 | P.C | 205,5 |
| I | 4,148 | 0,515 | 12 | P.C | 105 | 14,248 | 13,756 | 96,5 | P.C | 205,5 | -6,174 | 11,224 | 182 | P.T | 205,5 | 14,248 | 13,756 | 96,5 | P.C | 205,5 |
| O | 8,304 | 1,471 | 18 | P.C | 123,3 | 18,212 | 13,867 | 76,1 | P.C | 205,5 | -3,32 | 11,219 | 338 | P.T | 205,5 | 18,212 | 13,867 | 76,1 | P.C | 205,5 |

| - SP ₁ - | | | | | | | | | | - SP ₂ - | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------|--------|---------------------|--------|-------------------|------------------|-------------------|----------------|--------|---------------------|------------------|-------------------|----------------|--------|-------------------|-------------------|------------------|----------------|--------|-------------------|--|
| sens longitudinal : | | | | | | | | | | Poteau-B2. | | | | | | | | | | | |
| Niv. | N(t) | M(t.m) | e _o (cm) | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{max} | M ^{corr} | e _o | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{min} | M ^{corr} | e _o | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{corr} | M ^{max} | e _o | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | |
| III | 18,226 | 0,358 | 2 | E.C | 76,37 | 17,908 | 5,997 | 33,5 | P.C | 205,5 | 12,045 | 4,468 | 37,1 | P.C | 205,5 | 17,908 | 5,994 | 33,5 | P.C | 205,5 | |
| II | 37,099 | 0,129 | 0,35 | E.C | 69,88 | 36,379 | 8,729 | 23,4 | P.C | 205,5 | 22,735 | 7,401 | 32,5 | P.C | 205,5 | 35,141 | 8,930 | 25,4 | P.C | 205,5 | |
| I | 55,868 | 2,891 | 5,2 | E.C | 84,33 | 54,595 | 10,607 | 19,4 | P.C | 191 | 33,480 | 10,923 | 32,6 | P.C | 205,5 | 52,783 | 15,453 | 29 | P.C | 205,5 | |
| O | 77,557 | 3,146 | 4,1 | E.C | 80,98 | 74,703 | 15,665 | 20,97 | P.C | 198,5 | 43,241 | 10,928 | 25,3 | P.C | 205,5 | 74,703 | 15,665 | 20,97 | P.C | 198,5 | |
| sens transversal : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Niv. | N(t) | M(t.m) | e _o (cm) | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{max} | M ^{corr} | e _o | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{min} | M ^{corr} | e _o | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{corr} | M ^{max} | e _o | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | |
| III | 3,051 | 0,055 | 1,8 | E.C | 75,59 | 3,318 | 5,866 | 177 | P.C | 205,5 | 1,869 | 4,804 | 257 | P.C | 205,5 | 3,318 | 5,866 | 177 | P.C | 205,5 | |
| II | 6,110 | 0 | 0 | C.S | 137 | 6,921 | 9,068 | 131 | P.C | 205,5 | 3,335 | 7,557 | 227 | P.C | 205,5 | 4,987 | 9,068 | 182 | P.C | 205,5 | |
| I | 9,210 | 1,045 | 11,3 | P.C | 102,9 | 10,292 | 13,725 | 133 | P.C | 205,5 | 5,000 | 12,163 | 243 | P.C | 205,5 | 10,292 | 15,467 | 150 | P.C | 205,5 | |
| O | 22,068 | 1,138 | 5,2 | E.C | 84,33 | 22,052 | 15,543 | 70,5 | P.C | 205,5 | 10,018 | 12,163 | 121,4 | P.C | 205,5 | 22,052 | 15,543 | 70,5 | P.C | 205,5 | |

- SP₁ -

- SP₂ -

Sens longitudinal:

Poteau_B1.

| NIV. | N(t) | M(t.m) | e _o (cm) | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{max} _(t) | M(t.m) | e _o | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{min} _(t) | M(t.m) | e _o | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ |
|------|--------|--------|---------------------|--------|-------------------|---------------------------------|--------|----------------|--------|-------------------|---------------------------------|--------|----------------|--------|-------------------|
| III | 8,225 | 2,004 | 24,4 | P.C | 137 | 9,122 | 5,838 | 64 | P.C | 205,5 | 4,577 | 1,919 | 42 | P.C | 205,5 |
| II | 13,352 | 1,228 | 7,1 | P.C | 96,45 | 20,570 | 7,718 | 37,5 | P.C | 205,5 | 7,589 | 4,599 | 60,6 | P.C | 205,5 |
| I | 26,582 | 2,139 | 8 | P.C | 92,86 | 32,299 | 13,834 | 43 | P.C | 205,5 | 10,524 | 8,801 | 83,6 | P.C | 205,5 |
| O | 34,833 | 2,087 | 6 | E.C | 86,77 | 40,170 | 13,997 | 34,8 | P.C | 205,5 | 15,3 | 11,273 | 73,7 | P.C | 205,5 |

Sens transversal:

| NIV. | N(t) | M(t.m) | e _o (cm) | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{max} _(t) | M(t.m) | e _o | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ | N ^{min} _(t) | M(t.m) | e _o | Solli. | $\bar{\sigma}'_b$ |
|------|--------|--------|---------------------|--------|-------------------|---------------------------------|--------|----------------|--------|-------------------|---------------------------------|--------|----------------|--------|-------------------|
| III | 3,096 | 0,057 | 1,8 | E.C | 75,6 | 3,394 | 5,868 | 17,3 | P.C | 205,5 | 2,053 | 4,801 | 23,4 | P.C | 205,5 |
| II | 9,209 | 0 | 0 | C.S | 137 | 10,098 | 9,068 | 89,8 | P.C | 205,5 | 6,187 | 7,557 | 122 | P.C | 205,5 |
| I | 15,260 | 0 | 0 | C.S | 137 | 16,478 | 14,596 | 88,6 | P.C | 205,5 | 10,493 | 12,163 | 116 | P.C | 205,5 |
| O | 24,646 | 0 | 0 | C.S | 137 | 25,615 | 14,596 | 57 | P.C | 205,5 | 16,809 | 12,163 | 72,4 | P.C | 205,5 |

calcul des armatures minimales sous $S.P_1$

| S.P.C : $A_s^{min} = \frac{1,25 \theta_1 \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 \cdot \sigma'_m \cdot B}{1000 \sigma'_{b_0}}$ | | | | | | | | | S.E.C et C.S : $A_{s^{min}} = \frac{1,25 \theta_1 \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 \cdot N}{1000 \sigma'_{b_0}}$ | | | | | | | |
|--|--------|------|--------|-------------------|------------|-------------|------------|-------------|---|--------|--------|-------|--------|--------|------------|-------------|
| Pot. | Sens | Niv | N(t) | $\bar{\sigma}'_b$ | y_1 (cm) | σ'_m | θ_2 | A_s^{min} | | Pot. | Sens | Soll. | Niv | N(t) | θ_2 | A_s^{min} |
| A1 | Long | III | 5,413 | 127,6 | 12,59 | 12,28 | 2,67 | 2,01 | $\theta_1 = \begin{cases} 1,8 \rightarrow \text{poteau d'angle} \\ 1,4 \rightarrow \text{poteau de rive} \\ 1 \rightarrow \text{poteau central} \end{cases}$ $\theta_2 = 1 + \frac{l_c}{4a - 2c} = \begin{cases} 2,67 \text{ niv III, II} \\ 2,66 \text{ niv I} \\ 2,52 \text{ niv 0} \end{cases}$ $\theta_3 = 1 + \frac{2160}{\sigma_{en}} = 1,52$ $\sigma'_m = \frac{N}{b y_1}$ $y_1 = \frac{15 \bar{\sigma}'_b}{15 \bar{\sigma}'_b + \bar{\sigma}'_a} \cdot h$ | A1 | Long. | E.C | I | 21,486 | 2,66 | 2,85 |
| | | 0 | 29,482 | 2,52 | 3,71 | | | | | | | | | | | |
| | trans | III | 1,327 | 137 | 13,12 | 2,89 | 2,67 | 0,47 | | A2 | Long. | E.C | III | 11,525 | 2,67 | 0,96 |
| | | II | 4,146 | 127,6 | 12,59 | 9,41 | 2,67 | 1,54 | | | | | II | 27,906 | 2,67 | 2,31 |
| | | I | 7,025 | 123,3 | 16,31 | 9,57 | 2,66 | 2,57 | | | | | I | 44,214 | 2,66 | 3,65 |
| | | 0 | 11,539 | 105 | 14,76 | 17,37 | 2,52 | 4,43 | | | | | 0 | 60,406 | 2,52 | 4,73 |
| A2 | trans | III | 1,297 | 137 | 13,12 | 2,82 | 2,67 | 0,36 | | B2 | Long. | E.C | III | 18,226 | 2,67 | 1,35 |
| | | II | 2,707 | 111,8 | 11,61 | 6,66 | 2,67 | 0,85 | | | | | II | 37,099 | 2,67 | 2,75 |
| | | I | 4,148 | 105 | 14,76 | 6,25 | 2,66 | 1,31 | | | | | I | 55,868 | 2,66 | 4,12 |
| | | 0 | 8,304 | 123,3 | 16,31 | 11,31 | 2,52 | 2,24 | | | | | 0 | 77,557 | 2,52 | 5,42 |
| B2 | trans. | I | 9,210 | 102,9 | 14,55 | 14,06 | 2,66 | 2,10 | | B2 | trans. | E.C | III | 3,051 | 2,67 | 0,23 |
| B1 | Long. | III | 8,225 | 137 | 13,12 | 17,91 | 2,67 | 2,27 | | | | | B1 | Long. | E.C | 0 |
| | | II | 13,352 | 96,45 | 10,56 | 36,13 | 2,67 | 4,59 | II | 6,110 | 2,67 | 0,45 | | | | |
| | | I | 26,582 | 92,86 | 13,62 | 43,37 | 2,66 | 9,07 | B1 | trans. | C.S | 0 | 34,833 | 2,52 | 2,95 | |
| | | | III | 3,096 | 2,67 | 0,32 | | | | | | | | | | |
| | | | II | 9,209 | 2,67 | 0,95 | | | | | | | | | | |
| | | | I | 15,260 | 2,66 | 1,58 | | | | | | | | | | |
| 0 | 24,646 | 2,52 | 2,41 | | | | | | | | | | | | | |

104

Pot. A1

| Niv | $N^{max} ; M^{corr}$ | | | | | | | | $N^{min} ; M^{corr}$ | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Long | | | | trans | | | | Long | | | | trans | | | |
| | III | II | I | 0 | III | II | I | 0 | III | II | I | 0 | III | II | I | 0 |
| N | 6,417 | 16,934 | 27,707 | 35,476 | 3,097 | 9,992 | 17,180 | 21,575 | 2,839 | 5,890 | 8,867 | 14,133 | -0,481 | -1,768 | -3,242 | -0,116 |
| M | 4,665 | 7,442 | 13,413 | 13,537 | 4,654 | 7,252 | 13,716 | 13,823 | 2,673 | 4,586 | 8,803 | 11,269 | 3,19 | 6,034 | 11,264 | 11,314 |
| e_0 | 0,727 | 0,439 | 0,484 | 0,382 | 1,503 | 0,726 | 0,798 | 0,641 | 0,942 | 0,779 | 0,993 | 0,797 | 6,630 | 3,410 | 3,470 | 9,750 |
| $\bar{\sigma}_b'$ | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 |
| f | 0,860 | 0,570 | 0,670 | 0,567 | 1,640 | 0,860 | 0,930 | 0,826 | 1,080 | 0,910 | 1,180 | 0,982 | 6,800 | 3,540 | 3,650 | 9,77 |
| M_f | 5,519 | 9,652 | 18,564 | 20,110 | 5,079 | 8,593 | 15,977 | 17,821 | 3,066 | 5,360 | 10,463 | 13,879 | 3,271 | 6,259 | 11,833 | 11,333 |
| μ | 0,0586 | 0,1025 | 0,0876 | 0,0949 | 0,0539 | 0,0912 | 0,0754 | 0,0841 | 0,0326 | 0,0569 | 0,0494 | 0,0655 | 0,0347 | 0,0665 | 0,0559 | 0,0535 |
| K | 34,70 | 24,35 | 28,80 | 25,60 | 36,55 | 26,28 | 29,68 | 27,70 | 49,40 | 35,30 | 38,50 | 32,40 | 47,60 | 32,10 | 35,75 | 36,70 |
| ϵ | 0,8994 | 0,8730 | 0,8809 | 0,8768 | 0,9030 | 0,8788 | 0,8880 | 0,8829 | 0,9224 | 0,9007 | 0,9066 | 0,8945 | 0,9201 | 0,8938 | 0,9014 | 0,9033 |
| σ_b' | 121,04 | 172,48 | 156,70 | 164,06 | 114,90 | 159,80 | 141,51 | 151,62 | 85,02 | 119 | 109,1 | 129,63 | 88,24 | 130,84 | 117,5 | 114,44 |
| K | | | | | | | | | | | | | | | | |
| α | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ϵ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| μ' | | | | | | | | | | | | | | | | |
| γ_1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| σ_a' | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M_1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ΔM | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A' | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A_{fs} | 4,710 | 8,490 | 12,240 | 13,320 | 4,320 | 7,510 | 10,450 | 11,720 | 2,550 | 4,570 | 6,700 | 9,010 | 2,730 | 5,380 | 7,620 | 7,290 |
| A_{fc} | 3,180 | 4,460 | 5,640 | 4,87 | 3,580 | 5,130 | 6,360 | 6,580 | 1,870 | 3,170 | 4,590 | 5,645 | 2,840 | 5,800 | 8,390 | 7,320 |

Pot. A2

| | N ^{max} ; M ^{corr} | | | | | | | | N ^{min} ; M ^{corr} | | | | | | | |
|------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NIV | Long | | | | trans | | | | Long | | | | trans | | | |
| NIV | III | II | I | 0 | III | II | I | 0 | III | II | I | 0 | III | II | I | 0 |
| N | 11,460 | 27,873 | 44,057 | 59,788 | 3,055 | 8,520 | 14,248 | 18,212 | 7,901 | 18,681 | 29,514 | 40,253 | -0,561 | -3,240 | -0,174 | -3,320 |
| M | 5,785 | 8,729 | 12,908 | 13,162 | 4,639 | 6,940 | 13,756 | 13,867 | 4,603 | 7,401 | 10,923 | 10,928 | 3,217 | 6,346 | 11,224 | 11,219 |
| C ₀ | 0,505 | 0,313 | 0,293 | 0,220 | 1,52 | 0,810 | 0,965 | 0,721 | 0,583 | 0,400 | 0,370 | 0,271 | 5,700 | 1,960 | 1,820 | 3,380 |
| σ ₀ ' | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 203,22 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 |
| f | 0,640 | 0,448 | 0,478 | 0,405 | 1,655 | 0,945 | 1,150 | 0,906 | 0,718 | 0,535 | 0,555 | 0,456 | 5,835 | 2,095 | 2,005 | 3,565 |
| M _f | 7,334 | 12,487 | 21,059 | 24,21 | 5,056 | 8,051 | 16,385 | 16,50 | 5,673 | 9,994 | 16,380 | 18,355 | 3,273 | 6,788 | 12,379 | 11,836 |
| μ | 0,0779 | 0,1326 | 0,0994 | 0,1143 | 0,0537 | 0,0855 | 0,0774 | 0,0779 | 0,0602 | 0,1061 | 0,0773 | 0,0866 | 0,0347 | 0,0721 | 0,0584 | 0,0530 |
| k | 29,07 | 20,48 | 24,87 | 22,68 | 36,65 | 27,38 | 29,19 | 29,08 | 34,18 | 23,80 | 29,20 | 27,18 | 47,60 | 30,5 | 34,8 | 37 |
| ε | 0,8865 | 0,8590 | 0,8746 | 0,8672 | 0,9032 | 0,8820 | 0,8868 | 0,8865 | 0,8983 | 0,8711 | 0,8869 | 0,8814 | 0,9201 | 0,8901 | 0,8996 | 0,9036 |
| σ ₀ ' | 144,5 | 205 | 168,9 | 185,19 | 114,6 | 153,4 | 143,9 | 144,43 | 122,9 | 176,5 | 143,8 | 157,53 | 88,24 | 137,7 | 120,7 | 113,51 |
| k̄ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| α | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ε | | | | | | | | | | | | | | | | |
| μ' | | | | | | | | | | | | | | | | |
| γ ₁ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| σ ₀ ' | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M ₁ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ΔM | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A' | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A _{f,0} | 6,350 | 11,460 | 13,980 | 16,210 | 4,300 | 7,01 | 10,730 | 10,810 | 4,850 | 8,810 | 10,730 | 12,09 | 2,730 | 5,860 | 7,990 | 7,610 |
| A _{f,c} | 3,620 | 4,520 | 3,490 | 1,975 | 3,570 | 4,98 | 7,340 | 6,470 | 2,970 | 4,450 | 7,030 | 2,510 | 2,860 | 6,630 | 9,460 | 8,400 |

106

Pot. B2

| Soil | $N^{max} ; M^{corr}$ | | | | | | | | $N^{min} ; M^{corr}$ | | | | | | | |
|-------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Long | | | | trans | | | | Long | | | | trans | | | |
| NIV | III | II | I | 0 | III | II | I | 0 | III | II | I | 0 | III | II | I | 0 |
| N | 17,908 | 36,379 | 54,596 | 74,703 | 3,318 | 6,921 | 10,292 | 22,052 | 12,045 | 22,735 | 33,480 | 43,241 | 1,869 | 3,335 | 5,000 | 10,018 |
| M | 5,994 | 8,729 | 10,607 | 15,665 | 5,866 | 9,068 | 13,725 | 15,543 | 4,468 | 7,401 | 10,923 | 10,928 | 4,804 | 7,557 | 12,163 | 12,163 |
| c_0 | 0,335 | 0,234 | 0,194 | 0,210 | 1,77 | 1,31 | 1,33 | 0,705 | 0,371 | 0,325 | 0,326 | 0,253 | 2,570 | 2,27 | 2,430 | 1,214 |
| $\bar{\sigma}_b'$ | 205,5 | 205,5 | 191,0 | 198,7 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 |
| f | 0,470 | 0,369 | 0,379 | 0,395 | 1,905 | 1,445 | 1,515 | 0,890 | 0,506 | 0,460 | 0,511 | 0,438 | 2,705 | 2,405 | 2,615 | 1,399 |
| M_f | 8,417 | 13,424 | 20,692 | 29,510 | 6,321 | 10,000 | 15,592 | 19,826 | 6,095 | 10,458 | 17,108 | 18,940 | 5,056 | 8,021 | 10,825 | 14,015 |
| μ | 0,0894 | 0,1425 | 0,0977 | 0,1393 | 0,0671 | 0,1062 | 0,0736 | 0,0927 | 0,0647 | 0,1110 | 0,0808 | 0,0894 | 0,0537 | 0,0852 | 0,0511 | 0,0662 |
| K | 26,60 | 19,55 | 25,15 | 19,87 | 31,92 | 23,78 | 30,10 | 26,00 | 32,68 | 23,10 | 28,40 | 26,60 | 36,65 | 27,45 | 37,80 | 32,20 |
| ϵ | 0,8798 | 0,8553 | 0,8754 | 0,8566 | 0,8935 | 0,8710 | 0,8891 | 0,8780 | 0,8951 | 0,8692 | 0,8848 | 0,8798 | 0,9032 | 0,8822 | 0,9053 | 0,8941 |
| $\bar{\sigma}_b$ | 157,90 | 214,80 | 167 | 211 | 131,6 | 176,60 | 139,50 | 161,54 | 128,50 | 181,80 | 147,90 | 157,9 | 114,60 | 153,00 | 111,00 | 130,43 |
| \bar{k} | 20,44 | 20,44 | 21,99 | | 20,44 | 20,44 | 20,44 | | 20,44 | 20,44 | 20,44 | | 20,44 | 20,44 | 20,44 | |
| α | | 0,4235 | | | | | | | | | | | | | | |
| ϵ | | 0,8590 | | | | | | | | | | | | | | |
| μ | | 0,1817 | | | | | | | | | | | | | | |
| γ_s | | 13,13 | | | | | | | | | | | | | | |
| σ_a' | | 2143,4 | | | | | | | | | | | | | | |
| M_1 | | 12,559 | | | | | | | | | | | | | | |
| ΔM | | 0,865 | | | | | | | | | | | | | | |
| A' | | 1,49 | | | | | | | | | | | | | | |
| A_{fs} | 7,34 | 11,49 | 13,73 | 20 | 5,43 | 8,82 | 10,18 | 12,98 | 5,23 | 9,24 | 11,23 | 14,5 | 4,30 | 6,98 | 6,94 | 9,10 |
| A_{fc} | 3,08 | 3,33 | 0,73 | 2,21 | 4,64 | 7,17 | 7,73 | 7,73 | 2,36 | 3,83 | 3,26 | 2,20 | 3,86 | 6,19 | 5,75 | 6,71 |

Pot. B1

| Soll | N ^{max} ; M ^{corr} | | | | | | | | N ^{min} M ^{corr} | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Long | | | | trans | | | | Long | | | | trans | | | |
| | III | II | I | 0 | III | II | I | 0 | III | II | I | 0 | III | II | I | 0 |
| N | 9,122 | 20,570 | 32,299 | 40,170 | 3,394 | 10,098 | 16,478 | 26,615 | 4,577 | 7,589 | 10,524 | 15,30 | 2,053 | 6,187 | 10,493 | 16,809 |
| M | 5,838 | 7,118 | 13,834 | 13,997 | 5,868 | 9,068 | 14,596 | 14,596 | 1,949 | 4,599 | 8,801 | 11,273 | 4,801 | 7,557 | 12,163 | 12,163 |
| e ₀ | 0,640 | 0,375 | 0,430 | 0,348 | 1,730 | 0,898 | 0,886 | 0,570 | 0,420 | 0,606 | 0,836 | 0,737 | 2,340 | 1,220 | 1,160 | 0,724 |
| σ _b | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 |
| f | 0,775 | 0,510 | 0,615 | 0,533 | 1,865 | 1,033 | 1,071 | 0,755 | 0,555 | 0,741 | 1,210 | 0,922 | 2,475 | 1,355 | 1,345 | 0,910 |
| M _f | 7,070 | 10,491 | 19,864 | 21,410 | 6,330 | 10,431 | 17,688 | 19,335 | 2,540 | 5,623 | 10,745 | 14,107 | 5,081 | 8,383 | 14,113 | 15,300 |
| μ | 0,0751 | 0,1114 | 0,0938 | 0,1011 | 0,0672 | 0,1108 | 0,0833 | 0,0913 | 0,0270 | 0,0597 | 0,0507 | 0,0666 | 0,0539 | 0,0890 | 0,0666 | 0,0722 |
| K | 29,75 | 23,15 | 25,80 | 24,55 | 31,90 | 23,13 | 27,84 | 26,25 | 55,15 | 34,33 | 38,20 | 31,10 | 36,57 | 26,68 | 32,08 | 30,50 |
| ε | 0,8883 | 0,8686 | 0,8774 | 0,8735 | 0,8934 | 0,8689 | 0,8833 | 0,8787 | 0,9287 | 0,8987 | 0,9056 | 0,8938 | 0,9030 | 0,8800 | 0,8937 | 0,8901 |
| σ _b | 141,2 | 181,4 | 162,80 | 171,08 | 131,7 | 181,6 | 150,9 | 160,0 | 76,20 | 122,3 | 110,0 | 135,05 | 114,85 | 157,4 | 131,0 | 137,70 |
| K | | | | | | | | | | | | | | | | |
| α | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ε | | | | | | | | | | | | | | | | |
| μ' | | | | | | | | | | | | | | | | |
| γ ₁ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| σ _a | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ΔM | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A' | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A _{fs} | 6,11 | 9,28 | 13,15 | 14,23 | 5,44 | 9,22 | 11,60 | 12,78 | 2,10 | 4,81 | 6,89 | 9,17 | 4,32 | 7,32 | 9,17 | 9,98 |
| A _{fc} | 3,94 | 4,38 | 5,46 | 4,67 | 4,63 | 6,82 | 7,68 | 6,68 | 1,01 | 3,00 | 4,38 | 5,53 | 3,83 | 5,85 | 6,67 | 5,98 |

10x3

calcul des armatures longitudinales (sous sP_2)

(M^{max}, N^{corr})

| Pot. | A2 | | B2 | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | LONG. | | LONG. | | trans | |
| Niv. | II | I | II | I | II | I |
| N | 26,635 | 42,235 | 35,141 | 52,783 | 4,987 | 10,292 |
| M | 8,937 | 13,152 | 8,930 | 15,453 | 9,068 | 15,467 |
| e_0 | 0,336 | 0,311 | 0,254 | 0,29 | 1,82 | 1,50 |
| $\bar{\sigma}_b'$ | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 | 205,5 |
| f | 0,471 | 0,496 | 0,389 | 0,475 | 1,955 | 1,685 |
| M_f | 12,545 | 20,949 | 13,670 | 25,072 | 9,750 | 17,342 |
| μ | 0,1332 | 0,0989 | 0,1452 | 0,1184 | 0,1035 | 0,0819 |
| k | 20,46 | 24,84 | 19,29 | 22,15 | 24,19 | 28,14 |
| E | 0,8590 | 0,8748 | 0,8541 | 0,8654 | 0,8724 | 0,8841 |
| $\bar{\sigma}_b'$ | 205,3 | 169,9 | 217,73 | 189,6 | 173,6 | 149,3 |
| \bar{k} | | | 20,44 | | | |
| α | | | 0,4235 | | | |
| E | | | 0,8590 | | | |
| μ' | | | 0,1817 | | | |
| $\bar{\sigma}_t$ | | | 13,13 | | | |
| $\bar{\sigma}_a'$ | | | 2143,4 | | | |
| M_1 | | | 12,559 | | | |
| ΔM | | | 1,111 | | | |
| A' | | | 1,92 | | | |
| A_{fs} | 11,22 | 13,91 | 12,21 | 16,82 | 8,58 | 11,39 |
| A_{fc} | 4,88 | 3,85 | 3,84 | 4,25 | 7,39 | 8,94 |

Tableau récapitulatif

| Pot. \ Niv. | | SP ₁ | | SP ₂ | | Section adoptée A=A' | |
|-------------|-----|------------------|----------|-----------------|----------|----------------------|-------------|
| | | A _{min} | | A=A' | | Sens Long. | Sens trans. |
| | | S.Long. | S.trans. | S.Long. | S.trans. | | |
| A1 | III | 2,01 | 0,47 | 3,18 | 3,58 | (3T14) | (3T14) |
| | II | 6 | 1,54 | 4,46 | 5,80 | (3T16) | (3T16) |
| | I | 2,85 | 2,57 | 5,64 | 8,39 | (2T20+2T14) | (2T20+2T14) |
| | 0 | 3,71 | 4,43 | 5,65 | 7,32 | (2T20+2T14) | (2T20+2T14) |
| A2 | III | 0,96 | 0,36 | 3,62 | 3,57 | (3T14) | (3T14) |
| | II | 2,31 | 0,85 | 4,88 | 6,63 | (2T20+1T14) | (2T20+1T14) |
| | I | 3,65 | 1,31 | 7,03 | 9,46 | (2T20+2T14) | (2T20+2T16) |
| | 0 | 4,73 | 2,24 | 2,51 | 8,40 | (2T20+2T14) | (2T20+2T16) |
| B2 | III | 1,35 | 0,23 | 3,08 | 4,64 | (3T14) | (2T14+1T16) |
| | II | 2,75 | 0,45 | 3,84 | 7,39 | (2T20+1T14) | (2T20+1T14) |
| | I | 4,12 | 2,10 | 4,25 | 8,94 | (2T20+2T14) | (2T20+2T14) |
| | 0 | 5,42 | 1,54 | 2,21 | 7,73 | (2T20+2T14) | (2T20+2T14) |
| B1 | III | 2,27 | 0,32 | 3,94 | 4,63 | (3T14) | (2T14+1T16) |
| | II | 4,59 | 0,95 | 4,38 | 6,82 | (2T20+1T14) | (2T20+1T14) |
| | I | 9,07 | 1,58 | 5,46 | 7,68 | (2T20+2T14) | (2T20+2T14) |
| | 0 | 2,95 | 2,41 | 5,53 | 6,68 | (2T20+2T14) | (2T20+2T14) |

NB: les poteaux de l'infrastructure sont ferrillés de même que l'étage au dessus.

$$\min R.P.A \begin{cases} 12,25 \text{ cm}^2 \text{ niv III, II} \\ 20,25 \text{ cm}^2 \text{ niv I, 0} \end{cases} \quad (1\%)$$

$$\max R.P.A \begin{cases} 49 \text{ cm}^2 \text{ niv III, II} \\ 81 \text{ cm}^2 \text{ niv I, 0} \end{cases} \quad (4\%)$$

Armatures transversales :

• verification de la resistance à l'effort tranchant :

$$\sigma_b = \frac{\eta T}{b_3} < \bar{\sigma}_b = 0,15 \cdot \sqrt{f_{28}}$$

T - effort tranchant de calcul

$$\eta = \begin{cases} 2 & \rightarrow \text{si } \lambda \geq 15 \\ 3 & \rightarrow \text{si } \lambda < 15 \end{cases}$$

| Pot. | NIV | l_c (cm) | I (m ⁴) | B (m ²) | λ | λ | η | T (t) | \bar{z} (cm) | σ_b | $\bar{\sigma}_b$ kg/cm ² |
|------|--------|------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------|--------|---------|----------------|------------|-------------------------------------|
| A1 | III-II | 2,268 | $125 \cdot 10^5$ | 0,1225 | $1,01 \cdot 10^4$ | 22,46 | 2 | 3,123 | 27,13 | 6,57 | 40,5 |
| | I | 2,916 | $341,7 \cdot 10^5$ | 0,2025 | $1,3 \cdot 10^4$ | 22,43 | 2 | 4,231 | 35,87 | 5,24 | -" |
| | 0 | 2,673 | $341,7 \cdot 10^5$ | -" | -" | 20,56 | 2 | -" | -" | -" | -" |
| A2 | III-II | 2,268 | $125 \cdot 10^5$ | 0,1225 | $1,01 \cdot 10^4$ | 22,46 | 2 | 4,532 | 27,13 | 9,54 | -" |
| | I | 2,916 | $341,7 \cdot 10^5$ | 0,2025 | $1,3 \cdot 10^4$ | 22,43 | 2 | 5,146 | 35,87 | 6,38 | -" |
| | 0 | 2,673 | -" | -" | -" | 20,56 | 2 | -" | -" | -" | -" |
| B2 | III-II | 2,268 | $125 \cdot 10^5$ | 0,1225 | $1,01 \cdot 10^4$ | 22,46 | 2 | 4,347 | 27,13 | 8,94 | -" |
| | I | 2,916 | $341,7 \cdot 10^5$ | 0,2025 | $1,3 \cdot 10^4$ | 22,43 | 2 | 4,857 | 35,87 | 6,02 | -" |
| | 0 | 2,673 | -" | -" | -" | 20,56 | 2 | -" | -" | -" | -" |
| B1 | III-II | 2,268 | $125 \cdot 10^5$ | 0,1225 | $1,01 \cdot 10^4$ | 22,46 | 2 | 4,665 | 27,13 | 9,81 | -" |
| | I | 2,916 | $341,7 \cdot 10^5$ | 0,2025 | $1,3 \cdot 10^4$ | 22,43 | 2 | 5,214 | 35,87 | 6,50 | -" |
| | 0 | 2,673 | -" | -" | -" | 20,56 | 2 | -" | -" | -" | -" |

• Ecartement des armatures transversales :

| Pot. | NIV | $2 \times T$ | \bar{z} | A_t | nbr de cadre et étriers | t | Zone courante | | Zone nodale | |
|------|-----|--------------|-----------|-------|-------------------------|-------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | | | | | \bar{E} | $t_{adop.}$ | \bar{E} | $t_{adop.}$ |
| A1 | III | 3,644 | 27,13 | 2,01 | 1 cadre + 1 étrier | 35,9 | 16,8 | 14 | 14 | 12 |
| | II | 6,246 | -" | -" | 1 cadre + 1 étrier | 20,95 | 19,2 | 12 | 15 | 12 |
| | I | 8,462 | 35,87 | -" | 2 cadres | 20,45 | 16,8 | 12 | 14 | 12 |
| | 0 | -" | -" | -" | 2 cadres | -" | 16,8 | 12 | 14 | 12 |
| A2 | III | 5,286 | 27,13 | 2,01 | 1 cadre + 1 étrier | 24,76 | 16,8 | 10 | 14 | 10 |
| | II | 9,064 | -" | -" | 2 cadres | 14,44 | -" | 10 | 14 | 10 |
| | I | 10,292 | 35,87 | -" | 2 cadres | 16,81 | -" | 10 | 14 | 10 |
| | 0 | -" | -" | -" | 2 cadres | -" | -" | 10 | 14 | 10 |
| B2 | III | 5,07 | 27,13 | 2,01 | 1 cadre + 1 étrier | 25,8 | 16,8 | 10 | 14 | 10 |
| | II | 8,694 | -" | -" | -" | 15,05 | -" | 10 | 14 | 10 |
| | I | 9,714 | 35,87 | -" | 2 cadres | 17,81 | -" | 10 | 14 | 10 |
| | 0 | -" | -" | -" | -" | -" | -" | 10 | 14 | 10 |
| B1 | III | 5,442 | 27,13 | 2,01 | 1 cadre + 1 étrier | 24,05 | 16,8 | 10 | 14 | 10 |
| | II | 9,33 | -" | -" | -" | 14,03 | -" | 10 | 14 | 10 |
| | I | 10,428 | 35,87 | -" | 2 cadres | 16,6 | -" | 10 | 14 | 10 |
| | 0 | -" | -" | -" | -" | -" | -" | 10 | 14 | 10 |

Fondations

les fondations que nous allons étudier sont des fondations superficielles "Semelles isolées".

les semelles seront posées sur une couche de béton de propreté de 10 cm d'épaisseur.

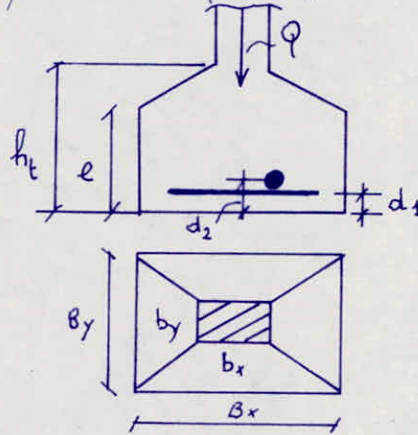
la contrainte du sol est 3 bars à 1,5 m de profondeur.

le calcul sera fait sous SP_1 , puis une vérification sous SP_2 .

φ : charge transmise au sol

$$e \geq (6\phi + 6)$$

$$h \geq \frac{B-b}{4}$$



Méthode utilisée :

Méthode des bielles où la section est donnée : $A = \frac{F}{\bar{\sigma}_a}$

F étant la force de traction totale dans les aciers qui est donnée par : $F = \varphi \frac{B-b}{8h}$

on a $b_x = b_y = 50 \text{ cm} \Rightarrow B_x = B_y = B$.

condition de résistance du sol :

$$\text{on doit avoir } B^2 \geq \frac{\varphi}{\bar{\sigma}_s}$$

$\bar{\sigma}_s$ - étant la contrainte du sol, d'après R.P.A 81 $\bar{\sigma}_s$ doit être majorée de 30% pour la sollicitation du second genre.

Vérification au poinçonnement :

$$\text{on utilise la formule du c.c.B.A : } 1,2 \bar{\sigma}_b \geq \frac{1,5P}{P_c \cdot h_f}$$

P_c - périmètre du contour à considérer après diffusion.

$$P = \varphi - P_1 \quad \text{ou} \quad P_1 = \bar{\sigma}_s (a + h_t)^2$$

Semelle S₁ (sous poteau derive)

$$Q = 41,021 \text{ t}$$

$$B_x = B_y = B \rightarrow B \geq \sqrt{\frac{Q}{\bar{\sigma}_s}} = \sqrt{\frac{41,021 \cdot 10^3}{3,06}} = 116 \text{ cm.}$$

$$\text{soit } B = 150 \text{ cm}$$

$$h \geq \frac{B-b}{4} = \frac{150-45}{4} = 26,25 \text{ cm} \text{ on prends } h=30\text{cm}; h_f=35\text{cm}$$

épaisseur de la semelle $e \geq 6\phi + 6 = 6 \times 1,2 + 6 = 13,2 \text{ cm}$

$$\text{soit } e = 15 \text{ cm.}$$

vérification de la contrainte du sol:

on calcul l'effort normal de compression en tenant compte du poids propre de la semelle et des poids des terres.

- poids propre de la semelle: $Q_s = 2,5 \times B \left[B \times h_f - \frac{B-b}{2} (h_f - e) \right]$
 $Q_s = 1,58 \text{ t}$

- poids des terres: $Q_t = \gamma B (B-b) \left[(h_{anc} - h_f) + \frac{h_f - e}{2} \right]$
 $Q_t = 3,54 \text{ t.}$

$$Q_{Tot} = 46,141 \text{ t}$$

$$\sigma_s = \frac{Q_{Tot}}{S} = \frac{46,141 \cdot 10^3}{150^2} = 2,05 < \bar{\sigma}_s$$

calcul des armatures:

$$A_x = A_y = \frac{46,141 \cdot 10^3 (150-45)}{8 \times 30 \times 2800} = 7,21 \text{ cm}^2 \text{ soit } 7T12 (7,92 \text{ cm}^2)$$

vérification de la condition de non poinçonnement:

$$\begin{cases} P_c = 320 \text{ cm} \\ P_1 = 13120 \text{ cm} \end{cases} \quad 1,2 \bar{\sigma}_b \geq 4,42 \text{ kg/cm}^2 \quad (\bar{\sigma}_b = 5,9 \text{ kg/cm}^2)$$


vérification sous S_{R2}

$$Q = 57,055 + 1,58 + 3,54 = 62,175 \text{ t.}$$

$$\frac{Q_T}{B^2} = 2,76 < 1,3 \bar{\sigma}_s.$$

Nb: pour le calcul des autres semelles on donnera le calcul dans un tableau.

Tableau - Ferrailage des semelles.

|  | S ₂ | S ₃ | S ₄ |
|---|--------------------------------------|---------------------------------|--|
| $Q_{SP_1}(t)$ | 68,71 | 99,625 | 59,479 |
| $B \geq \sqrt{\frac{Q}{\sigma_s}}$ | 151,3 | 182,2 | 140,8 |
| B _{adopté} (cm) | 180 | 200 | 160 |
| $h \geq \frac{B-b}{4}$ | 33,8 | 38,75 | 28,75 |
| h _{adopté} (cm) | 40 | 45 | 35 |
| $Q_{Tot} = Q_s + Q_{ter} + Q$ | 76,13 | 109,89 | 65,55 |
| $\sigma_s = \frac{Q_{Tot}}{B^2} < 3,06$ | 2,35 | 2,75 | 2,56 |
| $A_x = A_y = \frac{Q(B-b)}{8h\sigma_a}$ | 11,47 (A=12,44) 11 T12 (e=16,5cm) | 16,9 (16,96) 15 T12 (e=13cm) | 9,62 (10,18cm ²) 9 T12 (e=17,5) |
| $\frac{1,2\sigma_s}{1,5P/P_e h t} \geq$ | 5,3 | 4,47 | 5,19 |
| $Q_{SP_2}(t)$ | 78 | 96,755 | 65,785 |
| $Q_{Tot}(SP_2)$ | 86,02 | 107,01 | 71,86 |
| $\sigma_s = \frac{Q(SP_2)}{B^2}$ | 2,65 | 2,7 | 2,57 |

- S₂ - semelle sous poteau (trans. inter.) (Poteau de façade)
 S₄ - " " (Long. rive) (Poteau de façade)
 S₃ - semelle sous poteau central

Longrines

Les longrines seront calculées conformément à l'article (4.2.2.3 R.P.A 81)
Elles doivent pouvoir équilibrer une force axiale de compression
ou de traction au moins égale à 10% de la plus grande charge verticale.

Dans notre cas la plus grande charge verticale est : $N^{\max} = 99,62 \text{ t}$

On prendra des longrines de (40x40).

* en compression

$$N = 10\% \times 99,62 = 9,96 \text{ t} ; \bar{\sigma}_b = \frac{N}{40^2} = \frac{9,96 \times 10^3}{40^2} = 6,23 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b^{\max} = 68,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_e = \left(\frac{9,96 \cdot 10^3}{68,5} - 40 \times 40 \right) \frac{1}{15} = < 0$$

* en traction :

$$A_e \geq \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = \frac{9,96 \times 10^3}{2800} = 3,56 \text{ cm}^2$$

on prendra 4T12 ($A = 4,52 \text{ cm}^2$) avec un espacement de 16cm.

voiles périphériques

le voile périphérique reprend les efforts sismiques et assure une stabilité à l'ensemble de l'ouvrage. Nous le calculerons comme une dalle qui s'appuie sur les poteaux, les poutres du RDC et encastré dans la fondation.

En plus de la poussée des terres nous prenons en compte une surcharge éventuelle de 500 kg/m^2

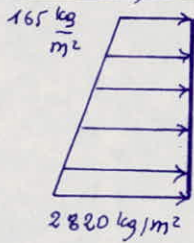
La poussée des terres :

$$\bar{\sigma}_z = K_a (\gamma z + q)$$

$$K_a = \tan^2\left(\frac{\alpha}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) = 0,33 \text{ coef. de poussée}$$

$$\begin{cases} \bar{\sigma}(0) = 0,33 \times 500 = 165 \text{ kg/m}^2 \\ \bar{\sigma}(H) = 2820 \text{ kg/m}^2 \end{cases}$$

distribution de la poussée :



pour le calcul nous prendrons une charge uniformément répartie $q = 2820 \text{ kg/m}^2$.

Soit le panneau $\begin{cases} l_x = 4,22 \text{ m.} \\ l_y = 5,55 \text{ m.} \end{cases}$

$$f = 0,76 \rightarrow \begin{cases} \mu_x = 0,0658 \\ \mu_y = 0,625 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} M_x = 3,30 \text{ t.m} \\ M_y = 2,07 \text{ t.m} \end{cases}$$

$$M_{e_x} = 0,85 \cdot 3,30 = 2,81 \text{ t.m} \rightarrow A = 8,77 \text{ cm}^2. (6T14/mL)$$

$$6T14 (A = 9,23 \text{ cm}^2)$$

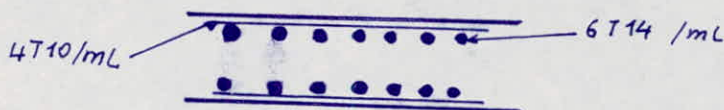
Armatures de répartition $A_r = \frac{A}{4} = 2,2 \text{ cm}^2$ on adopte 4T10 (3,14 cm²)

Remarque d'après R.P.A

$$(A_{min})_1 \text{ (filantes sup et inf.)} \geq 0,2\% b h_f = 3 \text{ cm}^2.$$

$$(A_{min})_2 \text{ Armatures de peau} \geq 2 \text{ cm}^2/ml$$

A adopté > A_{min} exigé par R.P.A.



BLOC 2 A

USAGE

INDUSTRIEL

(CENTRALE TELEPHONIQUE)

Prédimensionnement

- poutrelles : Terrasse : $b_0 \times h_t = (20 \times 40) \text{ cm}^2$.
courant : $b_0 \times h_t = (25 \times 50) \text{ cm}^2$.
RDC : $b_0 \times h_t = (25 \times 50) \text{ cm}^2$.

dalle : pour tous les planchers ($h_0 = 10 \text{ cm}$).

poutres :

sens longitudinal : $b_0 \times h_t = 35 \times 90$

sens transversal : $b_0 \times h_t = 35 \times 70$

poteaux :

poteaux de la File centrale dans le sens longitudinal :

Pour le poteau le plus chargé $N(G+1, 2P) = 280 \text{ t}$.

$$bh \geq K \frac{N}{\sigma_{28}}$$

$$N = 280 \text{ t} \quad \sigma_{28} = 275 \text{ Kg/cm}^2$$

$K = 4$ en Zone II.

d'où le choix d'une section 65×65 pour le sous sol

- R.D.C, 1^{er} étage

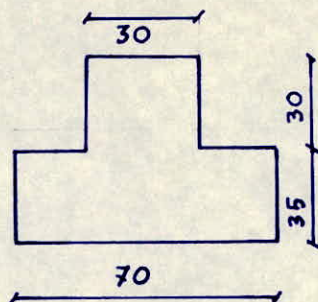
Pour le 2^{ème} et 3^{ème} étage : les poteaux ont une section de 55×55 .

poteaux de la File de rive

On a des poteaux de section en T :

$$N(G+1, 2P) = 192 \text{ t}$$

$$A = bh \geq K \frac{N}{\sigma_{28}} = 2782 \text{ cm}^2 \text{ ce qui donne pour un choix de section :}$$



charges et surcharges :

1. plancher terrasse :

a/ charges permanentes :

| | |
|--|-----------------------|
| - Gravier de protection 5cm (1700. 0.05) = | 85 KG/m ² |
| - Forme de pente | 110 KG/m ² |
| - isolation phonique (liège) 0.04 x 400 = | 16 KG/m ² |
| - Etanchéité, | 20 KG/m ² |
| - dalle de Béton (h ₀ = 10cm) | 250 KG/m ² |
| - Enduit + plâtre (1,5 cm) | 27 KG/m ² |

Poids propre

$$G = 508 \text{ KG/cm}^2$$

b/ surcharges :

la Terrasse est conçue non accessible (sauf entretien)

$$P = 100 \text{ KG/m}^2.$$

2. plancher courant

a/ charges permanentes :

| | |
|--|-----------------------|
| - carrelage (15mm) 0,015 x 2200 = | 33 KG/m ² |
| - Mortier de pose (1cm) 0,01 x 2000 = | 20 KG/m ² |
| - sable (3cm) 0,03 x 1800 = | 54 KG/m ² |
| - dalle de Béton (h ₀ = 10cm) | 250 KG/m ² |
| - Enduit 1,5 cm | 27 KG/m ² |

Poids propre

$$G = 384 \text{ KG/m}^2.$$

b/ les surcharges d'exploitation :

$$P = 600 \text{ KG/m}^2.$$

3. plancher RDC :

a/ charges permanentes :

| | |
|--|-----------------------|
| - carrelage 15mm | 33 KG/m ² |
| - mortier de pose | 20 KG/m ² |
| - sable | 54 KG/m ² |
| - dalle de Béton (h ₀ = 10cm) | 250 KG/m ² |
| - cloisons | 75 KG/m ² |
| - enduit | 27 KG/m ² |

Poids propre

$$G = 459 \text{ KG/m}^2$$

b/ surcharges :

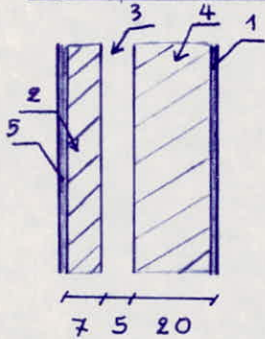
les surcharges sont variables

$$P_1 = 2000 \text{ Kg/m}^2 \quad P_2 = 800 \text{ KG/m}^2 \quad P_3 = 600 \text{ Kg/m}^2$$

Remarque:

les planchers des Etages courants ne comportent pas de cloisons, le R.D.C comporte des cloisons.

4. Murs Extérieures:

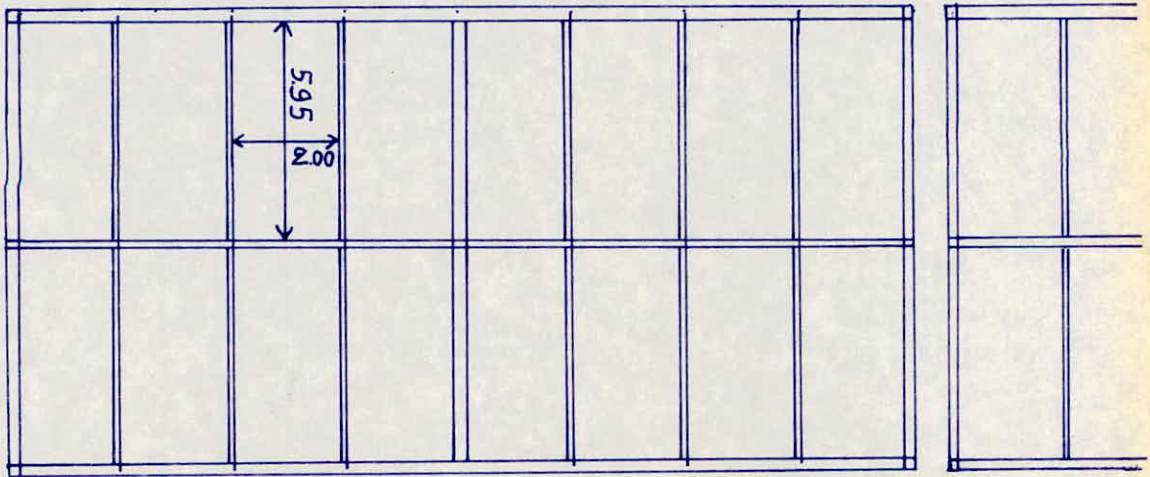


| | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. Enduit extérieur (2cm) | 40 KG/m ² |
| 2. Briques creuses (7cm) | 98 KG/m ² |
| 3. Vide d'air (5cm) | |
| 4. Briques creuses (20cm) | 280 KG/m ² |
| 5. Enduit intérieur (1cm) | 20 KG/m ² |
| <u>Poids propre</u> | <u>G = 438 Kg/m²</u> |

Calcul des dalles

1. dalle du plancher courant:

a) Présentation du plancher:



b) calcul d'un panneau de dalle:

- coffrage : épaisseur $h_0 = 10 \text{ cm}$.

$l_x = 200 \text{ cm}$ (petite portée entre nus d'appuis)

$l_y = 595 \text{ cm}$ (Grande portée = = =)

- poids propre $G = 384 \text{ KG/m}^2$

- surcharges $P = 600 \text{ KG/m}^2$

soit $\ell = l_x / l_y = 0,336 < 0,4$

alors la dalle travaille dans 1 seul sens (sens des petites portées)

la sollicitation pondérée du 1^{er} genre soit :

$$S_1 = G + 1,2 P = 384 + 1,2 \cdot 600 = 1104 \text{ KG/m}^2$$

la sollicitation pondérée du 2^{ème} genre soit :

$$S_2 = G + 1,5 P = 384 + 1,5 \cdot 600 = 1284 \text{ KG/m}^2$$

Dans ce cas, les contraintes admissibles sont majorées de 50%

soit le rapport $S_2 / S_1 = 1,16 < 1,5$.

la sollicitation S_1 est plus défavorable, donc il est inutile d'envisager S_2 .

c) détermination des sollicitations:

dans un premier cas, le panneau est supposé articulé sur son contour

les moments fléchissants isostatiques au centre du panneau sont donnés par :

$$\text{Dans le sens de } l_x : M_{0x} = (M_1 + U M_2) P$$

$$\text{Dans le sens de } l_y : M_{0y} = (M_2 + U M_1) P$$

$$\text{avec } P = q l_x \cdot l_y \quad q = q + 1,2 P \quad U = 0,15$$

M_1, M_2 sans dimensions, sont lus à partir du rapport l_x/l_y d'après les résultats de pigeaud on a :

$$l = 0,336 \rightarrow M_1 = 0,0415 \quad l' = 1/l = 2,976 \rightarrow M_2 = 0,003$$

d'où les moments sont :

$$M_{0x} = 551,12 \text{ Kgm/ml} \quad M_{0y} = 121,2 \text{ Kgm/ml}$$

Dans un 2^{iem} cas, on suppose une dalle encastree, donc on va répartir les moments.

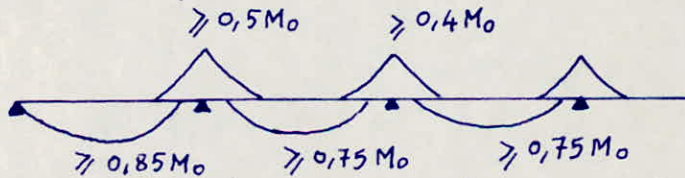
dalle continue - répartition des moments :

les moments sont choisis avec cet inégalité :

$$M_E + \frac{M_w + M_e}{2} \geq 1,25 M_0$$

de plus, on doit tenir compte de ce que les moments d'encastrement sur les petits côtés atteignent des valeurs de même ordre que sur les grands côtés.

dans le cas de plusieurs travées, on doit satisfaire



ce qui correspond dans notre cas ; à prendre $M_E = 0,9 M_0$ en travée et $M_a = 0,6 M_0$ sur appui.

calcul des aciers

dispositions constructives :

le diamètre des barres utilisées est au plus égal à ϕ_{max}

qui correspond $h_0/10 = 10/10 = 1 \text{ cm}$

l'encrobage e doit être tel que :

$$e \geq \begin{cases} \phi \text{ diamètre des barres ; } 1 \text{ cm local couvert} \\ \Rightarrow e = 1 \text{ cm.} \end{cases}$$

les hauteurs utiles h_x et h_y .

$$h_x = h_0 - e - \phi l_x/2 = 10 - 1 - 0,8/2 = 8,6 \text{ cm}$$

$$h_y = h_x - \phi l_y = 8,6 - 0,8 = 7,8 \text{ cm}$$

armatures inférieures dans le sens de l_x :

$$M_{tx} = 0,9 M_{0x} = 496 \text{ Kg m/ml}$$

le Ferrailage d'après la méthode de P. Charbon:

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h_x^2} = 0,0359 \quad \left| \begin{array}{l} \epsilon = 0,9188 \\ K = 46,6 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{46,6} = 60 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow A' = 0$$

$$A_{tx} = \frac{M_{tx}}{\epsilon h_x \bar{\sigma}_a} = \frac{496 \cdot 10^2 \text{ Kg cm}}{0,9188 \cdot 8,6 \cdot 2800} = 2,24 \text{ cm}^2.$$

On adopte 5T8 / e = 20 cm $A_{choisi} = 2,51 \text{ cm}^2$.

dans le sens perpendiculaire, On arme avec une section minimum $A_y = A_{tx}/4 = 2,51/4 = 0,58 / 4T6, e = 25 \text{ cm}$.

Vérifications:

• vérification de la condition de non fragilité:

armatures inférieures disposés suivant l_x ou l_y doit être au moins égale à:

$$A = \max (A_0, \min (A_1, A_2)).$$

A_0 : section d'armatures suffisante pour résister aux sollicitations $G + 1,2P$ soit $A_0 = 2,51 \text{ cm}^2$

A_1 : section d'armatures nécessaire pour résister aux mêmes sollicitations majorés de 20% soit $A_1 = 3,012 \text{ cm}^2$.

A_2 : section d'armatures équilibrant les efforts de fissuration est $A_2 = b h_x \cdot 0,69 \frac{2 - \rho}{2} \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} = 100 \cdot 8,6 \cdot 0,69 \frac{2 - 0,336}{2} \frac{5,9}{4200}$
 $A_2 = 0,69 \text{ cm}^2$.

En définitif, $A_{adoptée} = 2,51 \text{ cm}^2 = \max (A_0, \min (A_1, A_2))$.

de plus, on doit vérifier:

$$A/bh_0 > \frac{1,2}{\bar{\sigma}_{en} - 2200} \Leftrightarrow \frac{2,51}{100 \cdot 10} = 2,51 \cdot 10^{-3} > \frac{1,2}{4200 - 2200}$$

condition qui est vérifiée.

Dans le sens de l_y , la condition de non fragilité est aussi vérifiée.

• vérification des espacements:

Dans la direction la plus sollicitée (l_x) dans le cas d'une charge répartie, l'espacement admissible \bar{E} est:

$$\bar{E} = \min (3h_t, 33 \text{ cm}) = \min (30, 33) = 30 \text{ cm}.$$

$$t_{\text{adopté}} = 20 \text{ cm} < \bar{E} = 30 \text{ cm}$$

Dans la direction perpendiculaire, l'espacement admissible $\bar{E} = \min(4h_t, 45 \text{ cm}) = \min(40; 45)$

$$t_{\text{adopté}} = 25 \text{ cm} < \bar{E} = 40 \text{ cm}$$

calcul des Armatures sur appui:

sens de l_x : $M_{\text{appui}} = 0,6 M_0 = 330,67 \text{ Kg m/mL}$

Ferraillage d'après P. Charron:

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a b h_x^2} = 0,0239 \quad \left| \begin{array}{l} \xi = 0,9324 \\ K = 59 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}'_b = \bar{\sigma}_a / K = 2800 / 59 = 47 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\xi h_x \bar{\sigma}_a} = \frac{330,67 \cdot 100}{0,9324 \cdot 8,6 \cdot 2800} = 1,47 \text{ cm}^2$$

On choisit T6 / $e = 16 \text{ cm}$.

Dans le sens de l_y : T6 / $e = 16 \text{ cm}$.

Arrêt des Armatures inférieurs:

les aciers inférieurs dans chaque sens peuvent être arrêtés par moitié.

la longueur du lit arrêté en travée est $0,8 l_x$ pour le sens principal ($0,8 l_x = 160 \text{ cm}$) et $l_y - 0,2 l_x$ pour le sens secondaire ($595 - 0,2 \cdot 200 = 5,55 \text{ cm}$), l'autre moitié étant totalement ancrée au delà de la ligne d'appui.

les armatures supérieures (chapeaux) ont une longueur égale au $\text{Max}(l'd, l_x/5)$

$$l'd = \frac{\bar{\sigma}_a \cdot \phi}{\bar{\sigma}'_d \cdot 4} = \frac{2800 \cdot 0,6}{16,59 \cdot 4} = 25,31 \text{ cm}$$

avec $\bar{\sigma}'_d = 1,25 \psi_d^2 \bar{\sigma}_b$

$$l_x/5 = 200/5 = 40 \text{ cm}$$

d'où $l = 45 \text{ cm}$.

En effet, vu que suivant l_x , la portée est petite donc on pourra laisser filer les barres ($l_x = 2,00 \text{ m}$) par contre, suivant $l_y = 5,95 \text{ m}$, ce n'est pas économique de laisser filer les barres, donc on procédera à un arrêt suivant l_y .

vérification à l'effort Tranchant:

l'effort tranchant sous l'effet des charges uniformément réparties est T:

la charge totale au m² est $q = q + 1,2P = 1104 \text{ Kg/cm}^2$
soit une charge totale sur le panneau $P = q l_x l_y$

$$P = 1104 \cdot 2,00 \cdot 5,95 = 13137,6 \text{ Kg.}$$

l'effort tranchant par unité de longueur est max au milieu du grand côté et a pour valeur;

$$T = \frac{P}{2 l_y + l_x} = \frac{13137,6 \text{ Kg}}{2 \cdot 5,95 + 2,00} = 945,15 \text{ Kg./ml.}$$

la contrainte $\tau_b = \frac{T}{b_0 z} = \frac{945,15 \text{ Kg}}{100 \cdot 7,525} = 1,25 \text{ Kg/cm}^2/\text{ml.}$
le bras de levier

$$z = 7/8 h = 7/8 \cdot 8,6 = 7,525 \text{ cm.}$$

la contrainte admissible $\bar{\tau}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b = 1,15 \cdot 5,9 = 6,785 \text{ Kg/cm}^2$
 $\tau_b < \bar{\tau}_b \Rightarrow A_t = 0$ (Pas d'armatures transversales)

fissuration:

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

Acier HA $\eta = 1,6$ $\phi = 8 \text{ mm.}$

$$\tilde{w}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{2,51}{2 \cdot 1,4 \cdot 100} = 8,96 \cdot 10^{-3}$$

$$\sigma_1 = K \eta / \phi \frac{\tilde{w}_f}{1 + 10 \tilde{w}_f} = 2646,44 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K \eta \bar{\sigma}_b}{\phi}} = 3193 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 \leq \text{Max} (\sigma_1, \sigma_2)$$

donc la fissuration est vérifiée.

Vérification de la flèche (CCBA 68 art 61.22)

On peut admettre qu'il n'est pas utile de donner une justification de la flèche si les 2 conditions sont vérifiées

1. $h_0 / l_x \geq \frac{1}{20} \frac{M_t}{M_x}$ avec $M_t \geq 0,75 M_{ox}$.

2. $A / bh < 20 / \sigma_{en}$

$$1. h_0/l_x = \frac{10}{200} > \frac{0,9 M_{0x}}{20 M_{0x}} = 0,045 \text{ (v\u00e9rifi\u00e9e)}$$

$$2. A/bh = \frac{2,51}{100 \cdot 8,6} = 2,91 \cdot 10^{-3} < \frac{20}{6 \text{ cm}} = \frac{20}{4200} = 4,76 \cdot 10^{-3}$$

les 2 conditions sont v\u00e9rifi\u00e9es d'o\u00f9 la fl\u00e8che est v\u00e9rifi\u00e9e.

Dalle plancher terrasse : $G = 508 \text{ Kg/m}^2$ $P = 100 \text{ Kg/m}^2$

la M\u00e9thode de calcul reste la m\u00eame, donc nous \u00e9tions amen\u00e9s \u00e0 donner que les r\u00e9sultats de calcul.

souffrage $h_0 = 10 \text{ cm}$, $l_x = 205 \text{ cm}$ $l_y = 595 \text{ cm}$.

la dalle travaille dans 1 seul sens (petites port\u00e9es)

les moments fl\u00e9chissants isostatiques au centre du panneau sont : $M_{0x} = 314 \text{ Kgcm/ml}$ $M_{0y} = 69,5 \text{ Kgcm/ml}$.

les moments en trav\u00e9e $M_{tx} = 0,9 M_{0x} = 282,6 \text{ Kgcm/ml}$.

$M_{ty} = 0,9 M_{0y} = 62,55 \text{ Kgcm/ml}$.

les armatures inf\u00e9rieures : A_{xt} (calcul\u00e9 avec M_{tx}) = $1,25 \text{ cm}^2$

On adopte TB / e = 20 cm. dans le sens porteur.

dans l'autre sens, on adopte T6 / e = 25 cm.

V\u00e9rifications :

condition de non fragilit\u00e9 :

$$A = \max (A_0, \min (A_1, A_2))$$

$$A_0 = 2,51 \text{ cm}^2, \quad A_1 = 3,012 \text{ cm}^2 \quad A_2 = 0,69 \text{ cm}^2.$$

donc $A_{\text{adopt\u00e9}} = 2,51 \text{ cm}^2$ v\u00e9rifie la condition.

Espacements :

$$\text{sens de } l_x : \bar{E} = \min (3h_t, 33) = 30 \text{ cm}$$

$$t_{\text{adopt\u00e9}} = 20 \text{ cm} < 30 \text{ cm}$$

$$\text{sens de } l_y : \bar{E} = \min (4h_t, 45) = 40 \text{ cm}$$

$$t_{\text{adopt\u00e9}} = 25 \text{ cm} < \bar{E} = 40 \text{ cm}$$

les moments sur appui

$$M_{\text{appui}} = 0,6 M_{0x} = 0,6 \cdot 314 = 188,4 \text{ Kgcm/ml}$$

la section d'acier sur appui est $A = 0,83 \text{ cm}^2$

On adopte T6 / e = 20 cm.

arrêt des armatures inférieures:

la longueur du lit arrêté dans le sens principal est 164 cm.
et pour le sens secondaire $l_y = 5,54$ cm.

l'autre moitié étant totalement ancrée au delà de la ligne d'appui.

pour les armatures supérieures (chapeaux) ont une longueur égale au max ($l'd, l_x/5$) soit $l = 45$ cm.

Vérification de la flèche:

$$h_0/l_x = \frac{10}{205} = 0,0487 > \frac{0,9 M_{0x}}{20 M_{0x}} = 0,045. \quad \text{Vérfiée.}$$

$$A/bh = \frac{2,51}{100 \cdot 8,6} = 2,91 \cdot 10^{-3} < \frac{20}{\sigma_{en}} = \frac{20}{4200} = 4,76 \cdot 10^{-3}$$

les 2 conditions sont vérifiées, inutile de faire un calcul justifié de la flèche:

Vérification à l'effort tranchant:

$$\text{l'effort tranchant } T = \frac{P}{2l_y + l_x} = \frac{7660 \text{ Kg/ml}}{2 \cdot 5,95 + 2,05} = 549,1 \text{ Kg.}$$

$$\text{avec } P = q \cdot l_x \cdot l_y = 628 \cdot 2,05 \cdot 5,95 = 7660,03 \text{ Kg}$$

$$\text{la contrainte } \tau_b = \frac{T}{b_0 z} = \frac{549,1}{100 \cdot 7/8 \cdot 8,6} = 0,73 \text{ Kg/cm}^2 / \text{ml}$$

$$\bar{\tau}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b = 1,15 \cdot 5,9 = 6,785 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\tau_b < \bar{\tau}_b \Rightarrow A_t = 0 \quad (\text{Pas d'armatures transversales})$$

Fissuration:

fissuration peu Nuisible, Acier HA, $\phi = 8$ mm. $\bar{w}_f = 8,96 \cdot 10^{-3}$

$$\bar{\sigma}_1 = 2246,5 \text{ Kg/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_2 = 3193 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 < \max(\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2).$$

Vérfiée.

Dalle du R.D.C

coffrage $h_0 = 10 \text{ cm}$, $l_x = 200 \text{ cm}$ $l_y = 298 \text{ cm}$

Poids propre : $G = 459 \text{ Kg/m}^2$.

Surcharge $P = 2000 \text{ Kg/m}^2$.

$$P = \frac{l_x}{l_y} = 0,671 > 0,4 \text{ la dalle travaille dans les } 2 \text{ sens.}$$

les moments développés au centre du panneau dans la direction des 2 bandes ont pour expression :

- dans le sens de la petite portée l_x :

$$M_{0x} = \mu_x q l_x^2$$

- dans le sens de la grande portée l_y :

$$M_{0y} = \mu_y M_x.$$

les valeurs de μ_x et μ_y sont donnés en fonction de

$$\rho = l_x / l_y$$

$$\rho = 0,671 \rightarrow \mu_x = 0,0764 \quad \mu_y = 0,516.$$

$$q = g + 1,2 p = 2859 \text{ Kg/m}^2.$$

d'où

$$M_{0x} = 874 \text{ Kgm/ml} \quad M_{0y} = 451 \text{ Kgm/ml}.$$

Armatures inférieures dans le sens de l_x :

$$M_{tx} = 0,9 M_{0x} = 787 \text{ Kgm/ml}.$$

Ferraillage d'après P. Charron :

$$\mu = \frac{15 \cdot M}{\bar{\sigma}_a b h_x^2} = \frac{15 \cdot 787 \cdot 100}{2800 \cdot 100 \cdot 8,5^2} = 0,0584 \quad \left| \begin{array}{l} \epsilon = 0,8996 \\ K = 34,8 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{34,8} = 80,5 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow A' = 0.$$

$$A_{tx} = \frac{M}{\epsilon \cdot h_x \bar{\sigma}_a} = \frac{787 \cdot 10^2}{0,8996 \cdot 8,5 \cdot 2800} = 3,7 \text{ cm}^2$$

On adopte T8 / $e = 13,5 \text{ cm}$ soit $A = 3,72 \text{ cm}^2$.

Armatures inférieures dans le sens de l_y :

$$M_{ty} = 0,9 M_{0y} = 0,9 \cdot 451 = 406 \text{ Kgm/ml}.$$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h_y^2} = \frac{15 \cdot 406 \cdot 100}{2800 \cdot 100 \cdot 7,5^2} = 0,0387 \quad \left| \begin{array}{l} K = 44,7 \\ \epsilon = 0,9162 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}'_b = \bar{\sigma}_a / K = 2800 / 44,7 = 63 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2.$$

$$A_{ty} = \frac{406 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9162 \cdot 7,5} = 2,11 \text{ cm}^2$$

On adopte TB / e = 20 cm soit A = 2,51 cm².

Vérification de la condition de non fragilité:

Adoptée = 3,72 cm² = max (3,72, min (4,46, 0,55))
condition vérifiée dans le sens de lx.

Adoptée = 2,51 cm² = max (2,51, min (3,012 ; 0,304)).
vérifiée dans le sens de ly.

Vérification des espacements:

sens lx : $\bar{e} = \min (3ht, 33) = 30 \text{ cm}$.

$$t = 13,5 \text{ cm} < \bar{e} = 30 \text{ cm}.$$

sens ly : $\bar{e} = \min (4ht, 45) = 40 \text{ cm}$.

$$t = 20 \text{ cm} < \bar{e} = 40 \text{ cm}.$$

calcul des Armatures sur appui:

les moments sont choisis d'une manière tel que Max = May.

d'où M_{appui} = 0,6 M_{ox} = 0,6 · 874 = 524 Kg/m.

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h_x^2} = \frac{15 \cdot 524 \cdot 100}{2800 \cdot 100 \cdot 8,5^2} = 0,0388 \quad \left| \begin{array}{l} K = 44,6 \\ \varepsilon = 0,9161 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}'_b = \bar{\sigma}_a / K = 2800 / 44,6 = 63 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\varepsilon h \bar{\sigma}_a} = \frac{524 \cdot 100}{0,9161 \cdot 8,5 \cdot 2800} = 2,4 \text{ cm}^2.$$

On adopte TB / e = 20 cm.

Vérification de la flèche:

$$h_0 / l_x = \frac{10}{200} = 0,05 > 0,045 = \frac{1 M_{ox} \cdot 0,9}{20 M_{ox}}$$

$$A / bh = 3,72 / 100 \cdot 8,5 < \frac{20}{\bar{\sigma}_{en}} = \frac{20}{4200} = 4,76 \cdot 10^{-3}$$

donc la flèche est vérifiée.

vérification à l'effort tranchant:

l'effort tranchant $T = \frac{P}{2ly + lx}$ avec $P = qlx \cdot ly$.

$$P = 17039,6 \text{ Kg d'où } T = \frac{17039,6}{2 \cdot 2,98 + 2 \cdot 0,00} = 2140,7 \text{ kg.}$$

$$\tau_b = \frac{T}{b_0 z} = \frac{2140,7}{100 \cdot \frac{7}{8} \cdot 8,5} = 2,9 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\bar{\tau}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,8 \text{ kg/cm}^2 \quad \tau_b < \bar{\tau}_b \Rightarrow A_t = 0.$$

fissuration:

fissuration peu nuisible, HA, $\phi = 8 \text{ mm}$. $\bar{w}_f = 0,0133$. $\eta = 1,6$.

$$\sigma_1 = 3938 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_2 = 3193 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \leq \max(\sigma_1, \sigma_2).$$

d'où la fissuration est vérifiée.

Panneau du RDC (2^{ème} type de dalle).

coffrage $h_0 = 10 \text{ cm}$ $l_x = 200 \text{ cm}$ $l_y = 5,95 \text{ m}$.

Poids propre $G = 459 \text{ Kg/m}^2$ surcharge $P = 800 \text{ Kg/m}^2$.

$\rho = l_x/l_y = 0,336 < 0,4$ (dalle travaille dans 1 seul sens). donc la dalle se calcule comme une poutre :

le moment fléchissant isostatique $M_{ox} = q l_x^2/8 = 709,5 \text{ Kgm}$.

Pour tenir compte de l'encastrement aux appuis, on va repartir le moment.

$M_{tx} = 0,9 M_{ox} = 638,6$ (en travée)

$M_{ax} = 0,6 M_{ox} = 426 \text{ Kgm/ml}$.

détermination des armatures en travée :

$M_{tx} = 638,6 \text{ Kgm/ml}$.

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h x^2} = \frac{15 \cdot 638,6 \cdot 100}{2800 \cdot 100 \cdot 8,5^2} = 0,0474 \quad \left| \begin{array}{l} \xi = 0,9083 \\ K = 39,5. \end{array} \right.$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{39,5} = 71 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A_{tx} = \frac{-M}{\xi h x \bar{\sigma}_a} = \frac{638,6 \cdot 10^2}{0,9083 \cdot 8,5 \cdot 2800} = 2,95 \text{ cm}^2$$

On adopte T8 / e = 17 cm soit $A = 2,96 \text{ cm}^2$.

Pour les armatures dans le sens de l_y , on prend une quantité minimum $A_{ty} = A_{tx}/4 = 0,74 \text{ cm}^2$.

On adopte T6 / e = 20 cm. (soit $A = 1,41 \text{ cm}^2$).

Vérifications :

• condition de non fragilité :

$A_{\text{adopté}} = 2,96 \text{ cm}^2 = \max (A_0 \cdot \min (A_1, A_2))$.

soit $A_1 = 3,6 \text{ cm}^2$ $A_0 = 2,96 \text{ cm}^2$ $A_2 = 0,7 \text{ cm}^2$.

condition vérifiée.

• Vérification des Espacements :

$$\bar{t} = \min (3h_t, 33 \text{ cm}) = 30 \text{ cm}.$$

$$t_{\text{adoptée}} = 17 \text{ cm} < 30 \text{ cm}.$$

détermination des armatures sur appui

$$M_{appui} = 426 \text{ kgm/ml.}$$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a \cdot h \cdot x^2} = \frac{15 \cdot 426 \cdot 10^2}{2800 \cdot 100 \cdot 8,5^2} = 0,0316 \quad \left| \begin{array}{l} K = 50,5 \\ \xi = 0,9233 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{50,5} = 55,44 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0.$$

$$A = \frac{M}{\xi \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} = \frac{426 \cdot 10^2}{0,9233 \cdot 8,5 \cdot 2800} = 1,94 \text{ cm}^2.$$

On adopte T6 / e = 14,5 cm.

dans les 2 sens.

vérification à l'effort tranchant:

$$\text{l'effort tranchant } T = \frac{P}{2l_y + l_x} = \frac{q l_x \cdot l_y}{2l_y + l_x} = \frac{1419 \cdot 2 \cdot 5,95}{2 \cdot 5,95 + 2 \cdot 0,0} = 1215 \text{ kg.}$$

$$\text{la contrainte } \tau_b = \frac{T}{b_0 z} = \frac{1215}{100 \cdot 7/8 \cdot 8,5} = 1,63 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\bar{\tau}_b = 1,15 \cdot \bar{\sigma}_b = 1,15 \cdot 5,9 = 6,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{donc } \tau_b < \bar{\tau}_b \Rightarrow A_t = 0.$$

Fissuration:

fissuration peu nuisible, aciers HA, $\bar{w}_f = 0,0106$. $\phi = 8 \text{ mm}$
d'où $\sigma_1 = 3147 \text{ kg/cm}^2$; $\sigma_2 = 3193 \text{ kg/cm}^2$.

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 < \max(\sigma_1, \sigma_2)$$

donc la fissuration est vérifiée.

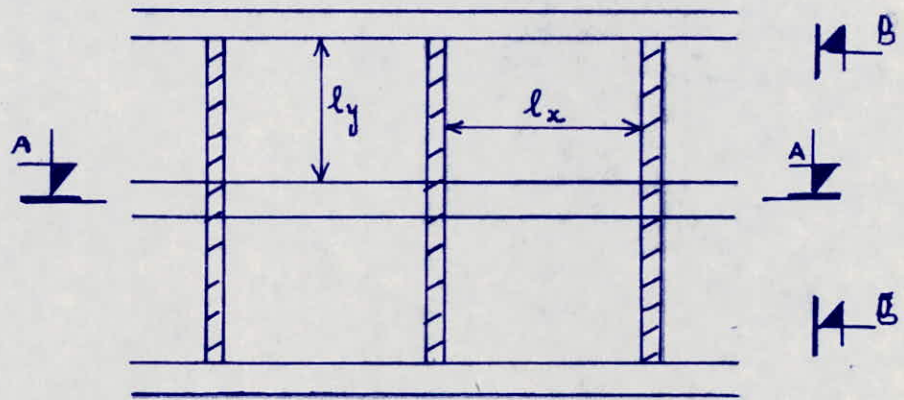
Vérification de la flèche:

$$h_0/l_x = \frac{10}{200} = 0,05 > \frac{M_t}{20 M_{ox}} = \frac{0,9 M_{ox}}{20 M_{ox}} = 0,045.$$

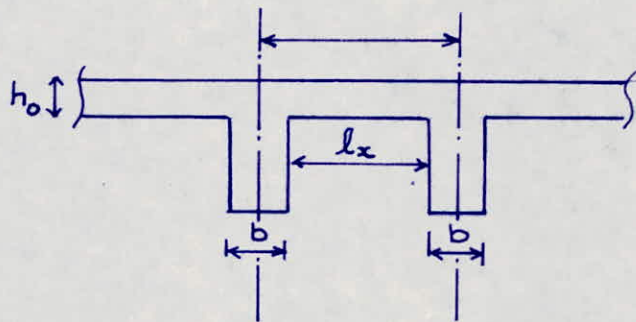
$$A/bh = \frac{2,96}{100 \cdot 8,5} = 3,5 \cdot 10^{-3} < \frac{20}{\sigma_{eh}} = \frac{20}{4200} = 4,76 \cdot 10^{-3}.$$

CALCUL DES POUTRELLES

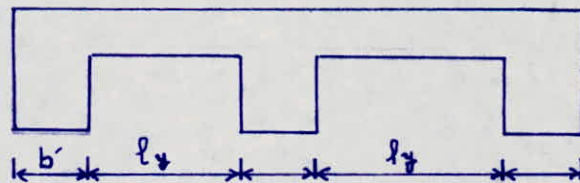
VUE EN PLAN



COUPE A-A



COUPE B-B



Poutrelles du plancher courant :

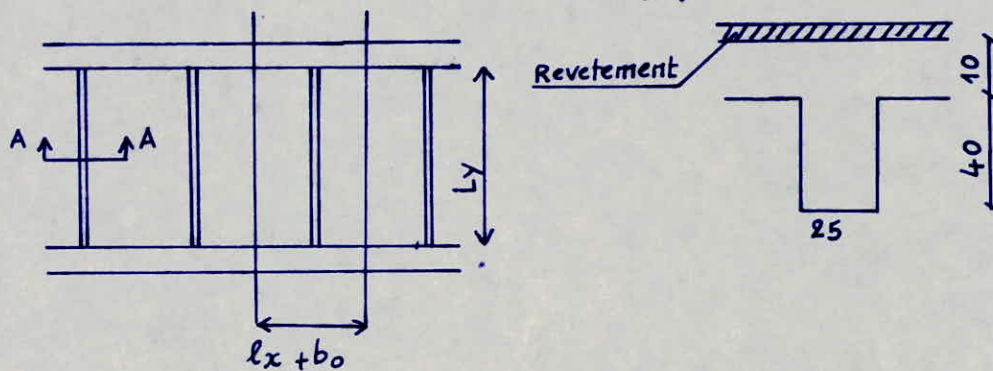
coffrage bo. ht = 25.50

dalle associé à la poutrelle a les dimensions suivantes :

$h_0 = 10 \text{ cm}$ $l_x = 2.00 \text{ m}$ $l_y = 5.95 \text{ m}$ $l_x/l_y = 0,336 < 0,4$

dans ce cas, on suppose que les charges (permanentes et d'exploitation) des panneaux de dalle se transmettent aux poutrelles lesquelles les transmettent à leur tour aux poutres sous forme de charges concentrées.

les poutrelles supportent alors les charges transmises par les dalles sur une largeur correspondant à un entre axe de poutrelles tel que le montre la figure suivante :



$l_y = 5,95 \text{ m}$ $l_x + b_0 = 2,00 + 0,25 = 2,25 \text{ m}$.

calcul des charges :

. charges permanentes :

dalle + revetement : $384 \cdot \text{Kg/m}^2 \cdot 2,25 \text{ m} = 864 \text{ Kg/ml}$.

retombée des poutrelles : $2500 \cdot 0,25 \cdot 0,4 = 250 \text{ Kg/ml}$.

$$G = 1114 \text{ Kg/ml}$$

. surcharges :

la surcharge au m^2 de dalle est 600 kg/m^2 que l'on pondère par 1,2 soit $P = 720 \text{ kg/m}^2$

la surcharge par ml est $P = 720 \cdot 2,25 = 1620 \text{ Kg/ml}$.

. sollicitations dans la poutrelle supposé isostatique.

soit $M_0 = q l^2 / 8$ et $T = q l / 2$ avec $l = 5,95 \text{ m}$.

| sollicitations | M_0 (KG.M) | T_0 (KG) |
|-----------------|--------------|------------|
| déchargé G | 4928,8 | 3314,15 |
| surcharge seule | 7169 | 4819,5 |
| chargé | 12098,8 | 8133,65 |

$$\frac{T_{0p}}{T_{0g}} = \frac{4016,25}{3314,15} = 1,2 < 1,5$$

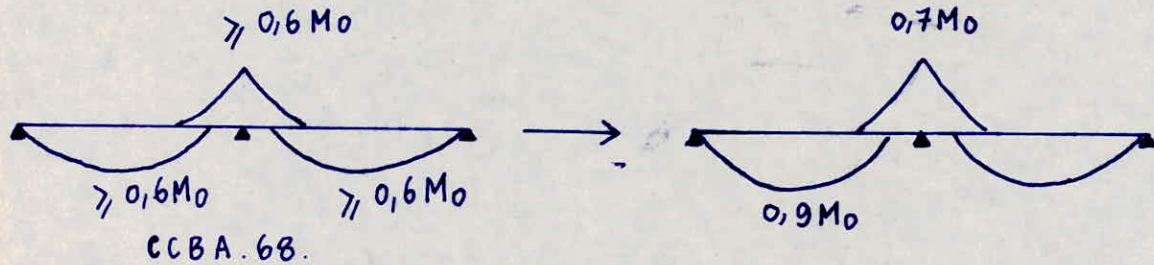
· Top: effort tranchant sans pondération.
· Tog: effort tranchant dû à G

la somme des surcharges d'exploitation est inférieure à 1,5 fois la somme des surcharges variables, donc on applique la méthode forfaitaire pour le calcul de la poutrelle. (art 55 CCBA 68).

les règles CCBA 68 prescrivent la formule suivante:

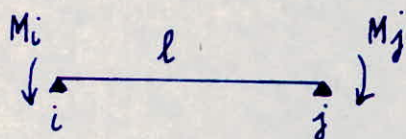
$$M_t + \left| \frac{M_{i-1} + M_i}{2} \right| \geq 1,15 M_0$$

ce qui correspond à :



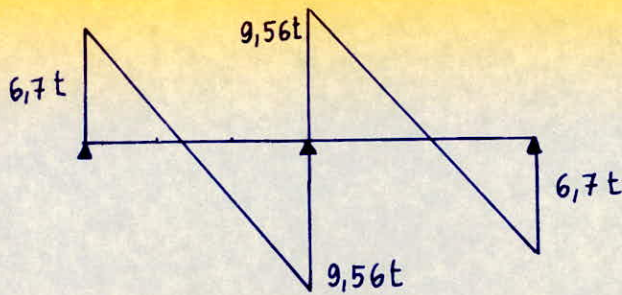
les moments en : travée $M_t = 0,9 M_0 = 0,9 \cdot 12098,8 = 10,89 \text{ tm}$.
en appui $M_a = 0,7 M_0 = 0,7 \cdot 12098,8 = 8,5 \text{ tm}$.

· les efforts tranchants :



$$T_{id} = \frac{ql}{2} + \frac{M_i - M_j}{l}$$

$$T_{jg} = -\frac{ql}{2} + \frac{M_j - M_i}{l}$$



$$T_{id} = 2734 \frac{5,95}{2} + \frac{0 - 8,5 \text{ tm}}{5,95 \text{ m}}$$

$$= 6,7 \text{ t}$$

$$T_{jg} = 2734 \frac{5,95}{2} + \frac{8,5 \text{ tm}}{5,95 \text{ m}}$$

$$T_{jg} = 9,56 \text{ t}$$

dispositions et choix des Barres :

le nombre de files de Barres que l'on peut disposer dans une largeur b_0 (cm) peut être donné par la formule empirique suivante $n = b_0 / \varnothing = 25 / \varnothing = 3$.

détermination de l'envrobage :

$$e = \max (1 \text{ cm locaux couverts}, \varnothing_{\max} = 2 \text{ cm})$$

le granulats utilisé est concassé, la distance horizontale entre 2 armatures doit être au moins égale :

$$w' \gg \begin{cases} \varnothing_{\max} = 2 \text{ cm} \\ 8/5 c_g = 4 \text{ cm} \end{cases}$$

distance verticale :

$$v \gg \begin{cases} \varnothing_{\max} = 2 \text{ cm} \\ c_g = 2,5 \text{ cm} \end{cases} \text{ soit } v = 2,5 \text{ cm}$$

détermination des armatures :

sur appui : l'appui le plus sollicité est l'appui B dont le moment fléchissant $M = 8,5 \text{ tm}$, le moment est négatif donc la section est rectangulaire 25/50.

ferailage d'après P. Charron :

$$\text{On prend } d = 5 \text{ cm} \rightarrow h = 45 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 8,5 \cdot 10^5}{2800 \cdot 25 \cdot 45^2} = 0,0899 \quad \left| \begin{array}{l} \varepsilon = 0,8795 \\ K = 26,5 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}'_b = \bar{\sigma}_a / K = \frac{2800}{26,5} = 105 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm} \rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} = \frac{8,5 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8795 \cdot 45} = 7,67 \text{ cm}^2$$

On adopte 3T20 ($A = 9,42 \text{ cm}^2$)

appui A: pour l'appui de rive, le moment théorique est nul mais en pratique, on suppose un encastrement faible soit $M_a = 0,10 M_0 = 0,1 \cdot 12,098 \text{ tm} = 1,21 \text{ tm}$.

$$\text{soit } \mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \cdot 1,21 \cdot 10^5}{2800 \cdot 25 \cdot 45^2} = 0,0128 \quad \left| \begin{array}{l} \epsilon = 0,9495 \\ K = 84 \end{array} \right.$$

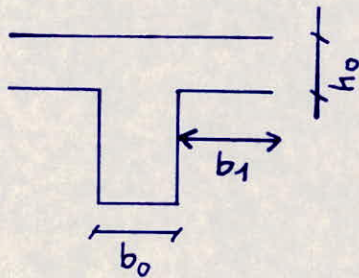
$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{84} = 33,34 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2.$$

$$A = \frac{M}{\epsilon \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} = \frac{1,21 \cdot 10^5}{0,9495 \cdot 45 \cdot 2800} = 1,011 \text{ cm}^2.$$

On choisit 3T10 soit $A = 2,35 \text{ cm}^2$.

En travée:

le moment fléchissant $M_t = 10,89 \text{ tm}$ qui est positif donc la section à considérer est une section en T
largeur de la table à associer à la nervure (CCBA 68 art 23.31).



$$h_0 = 10 \text{ cm}$$

$$h_t = 50 \text{ cm}$$

$$b_0 = 25 \text{ cm}$$

$$b_1 = \min \left(\frac{l}{10} ; \frac{l x}{2} ; \frac{2}{3} x \right).$$

l = portée libre de la poutrelle

$l x$ = distance entre 2 faces voisines de 2 poutrelles consécutives

x = distance entre 2 points de Moment nul sur la poutrelle

$$b_1 = \min \left(\frac{595}{10} ; \frac{200}{2} ; \frac{2}{3} \cdot 363 \right) = 59,5 \text{ cm}.$$

d'où la largeur de la table à associer est

$$b = 2 b_1 + b_0 = 2 \cdot 59,5 + 25 = 144 \text{ cm}.$$

Ferraillage:

• calcul de M_T :

$$K_T = \frac{\bar{\sigma}_a}{211} \frac{(h - h_0/3)}{(h - h_0)} = \frac{2800 \cdot (45 - 10/3)}{2 \cdot 15 \cdot (45 - 10)} = 111,11.$$

$$M_T = K_T \cdot b \cdot h_0^2 = 111,11 \cdot 144 \cdot 10^2 = 16 \text{ tm}.$$

$M_{\text{extérieure}} = 10,89 \text{ tm}$ est inférieure à $M_T = 16 \text{ tm}$.
 donc l'axe neutre tombe dans la Table, et le calcul de la section se fait comme si la section est rectangulaire.

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \cdot 10,89 \cdot 10^5}{2800 \cdot 144 \cdot 45^2} = 0,02 \quad \left| \begin{array}{l} K = 65,5 \\ \xi = 0,9379 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{65,5} = 42,7 < 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{10,89 \cdot 10^5}{0,9379 \cdot 45 \cdot 2800} = 9,2 \text{ cm}^2 \text{ soit } 3T20 (A = 9,42 \text{ cm}^2).$$

Armatures transversales:

l'appui le plus sollicité étant l'appui intermédiaire

$$T_{\text{max}} = 9,56 \text{ t et } M_a = 8,5 \text{ tm.}$$

$$M_a = 8,5 \text{ tm} \Rightarrow \bar{\sigma}'_b = \bar{\sigma}_a / K = 119 > \bar{\sigma}'_{b0} = 68,5 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\bar{w} = \frac{100A}{bh} = \frac{100 \cdot 9,42}{25 \cdot 45} = 0,837 \quad | K = 23,4.$$

$$\bar{\sigma}'_{b0} < \bar{\sigma}'_b < 2 \bar{\sigma}'_{b0} \Rightarrow \bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}'_{b0}} \right) \bar{\sigma}_b$$

$$\bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{119}{68,5} \right) 5,9 = 16,3 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\tau_b = \frac{T}{b_0 z} = \frac{9,56 \cdot 10^3}{25 \cdot 8/7 \cdot 45} = 9,71 \text{ kg/cm}^2.$$

$\tau_b < \bar{\tau}_b$ (Armatures d'âmes droites h à la ligne moyenne.

contraintes admissibles des armatures transversales:

$$\bar{\sigma}_{at} = \max \left(\frac{2}{3}; 1 - \frac{\tau_b}{3\bar{\sigma}_b} \right) \bar{\sigma}_{en} = \max (0,817; 0,667) \bar{\sigma}_{en}.$$

$$\bar{\sigma}_{at} = 0,817 \cdot 4200 = 3431,4 \text{ Kg/cm}^2.$$

l'espacement des cours successifs d'armatures transversales.

$$\bar{t} = \sup (\bar{t}_1; \bar{t}_2) \text{ avec: } \bar{t}_1 = h \left(1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b} \right) = 22,7 \text{ cm.}$$

$$\bar{t}_2 = 0,2 h = 9 \text{ cm.}$$

d'où l'espacement admissible $\bar{t} = 22,7 \text{ cm}$.

t : espacement est donnée par: $t < \frac{3 \bar{\sigma}_{at} A_t}{T}$

pour A_t : on choisit un cadre + 1 étrier T6 soit $A_t = 1,12 \text{ cm}^2$.

$$t < \frac{1,12 \cdot 3431,4 \cdot 0,875 \cdot 45}{9,56 \cdot 10^3 \text{ Kg}} = 15,82 \text{ cm.}$$

on prend $t = 15 \text{ cm}$ à partir de l'appui B.

à l'appui A et D:

$$T = 6,7 \text{ t}, \quad M_a = 0 \Rightarrow \bar{\sigma}'_b < \bar{\sigma}'_{b_0}.$$

$$\bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b = 3,5 \cdot 5,9 = 20,65 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\tau_b = \frac{T}{b_0 z} = \frac{6,7 \cdot 10^3}{25 \cdot 0,875 \cdot 45} = 6,8 \text{ kg/cm}^2.$$

$\tau_b < \bar{\tau}_b.$

$$t < \frac{1,12 \cdot 0,875 \cdot 45 \cdot 3662,4}{6,7 \cdot 10^3} = 24 \text{ cm}.$$

on prend $t = 24 \text{ cm}$ à partir de l'appui A et D.

Vérifications diverses:

1. Transmission des efforts sur appui de rive:

On laisse filer les 2 T20 soit $A = 6,28 \text{ cm}^2$.

$$A_L > \frac{T}{\bar{\sigma}_a} = \frac{6700}{2800} = 2,39 \text{ cm}^2.$$

condition vérifiée.

2. calcul du crochet:

$$\bar{\sigma}_a = \frac{T}{A_L} = \frac{6700}{6,28} = 1067 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\bar{\tau}_d = 16,59 \text{ kg/cm}^2.$$

$$l_d = \frac{\phi \bar{\sigma}_a}{4 \bar{\tau}_d} = \frac{2 \cdot 1067}{4 \cdot 16,59} = 32,15 \text{ cm}.$$

$$l_d = 32,15 \text{ cm} < 35 \text{ cm (largeur d'appui)}.$$

donc l'utilisation du crochet n'est pas nécessaire.

3. compression de la bielle:

$$c \gg \frac{2T}{b_0 \bar{\sigma}'_{b_0}} = \frac{2 \cdot 6700}{35 \cdot 68,5} = 5,58 \text{ cm. soit } c = 6 \text{ cm}.$$

4. vérification pour l'appui intermédiaire:

$$T + \frac{M}{z} = 9560 - \frac{8,5 \cdot 10^5}{0,875 \cdot 45} = -12027,3 \text{ kg} < 0.$$

5. vérification de flèche:

$$\cdot \frac{ht}{\ell} = \frac{50}{595} = 0,084 > \frac{1}{16} = 0,0625.$$

$$\cdot \frac{ht}{\ell} = 0,084 \gg \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} = \frac{1 \cdot 0,9 M_0}{10 \cdot M_0} = 0,09.$$

$$\cdot \frac{A}{bh} = \frac{9,42}{25 \cdot 45} = 8,37 \cdot 10^{-3} < \frac{43}{6 \text{ en}} = 0,01.$$

la 2^{ème} condition n'est pas vérifiée, donc il est nécessaire de faire une vérification de flèches.

On a fait un calcul exact de la flèche, il était inférieur à la flèche admissible $\bar{f} = 0,51 \text{ cm}$.

Poutrelles du plancher terrasse:

coffrage $b_0 \times h_t = 20 \times 40$.

épaisseur de la dalle $h_0 = 10 \text{ cm}$.

charge permanente : $G = 1293 \text{ kg/ml}$.

surcharge : $P = 270 \text{ Kg/ml}$.

Diagramme des Moments: (tm)

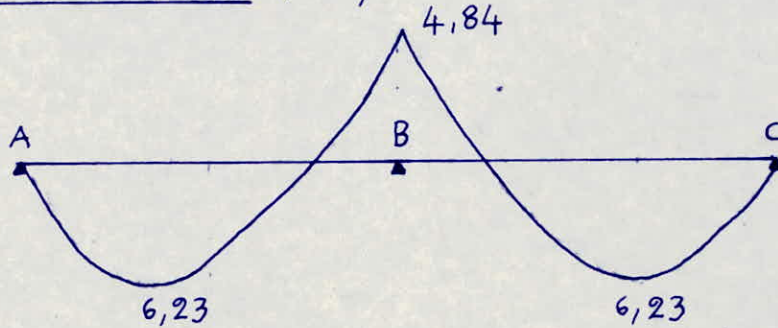
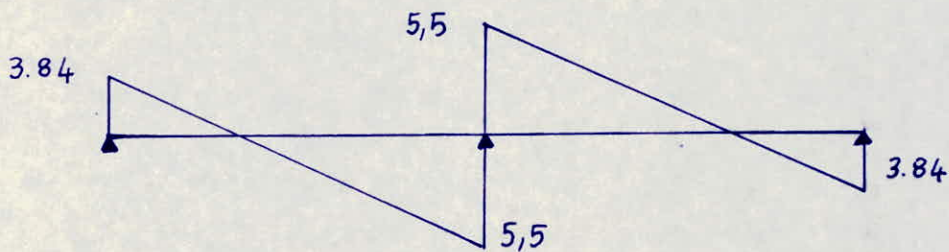


Diagramme des Efforts tranchants: (t)



Ferraillage:

1. sur appuis:

B: $A_{\text{calculé}} = 4,9 \text{ cm}^2$ $A_{\text{adopté}} = 4 \text{ T14 } (A = 6,15 \text{ cm}^2)$.

A: $A_{\text{calculé}} = 0,7 \text{ cm}^2$ $A_{\text{adopté}} = 2 \text{ T10 } (A = 1,57 \text{ cm}^2)$.

2. en travée:

$M_t = 6,23 \text{ tm}$. $A_{\text{calculé}} = 6,8 \text{ cm}^2$ $A_{\text{adopté}} = 2 \text{ T14} + 2 \text{ T16}$

3. Armatures Transversales:

a- $T_{\text{max}} = 5,5 \text{ t}$, $M_a = 4,84 \text{ tm}$, $A_t = 1 \text{ cadre T6 } = 0,56 \text{ cm}^2$.

$\bar{\tau}_b = 9 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 16 \text{ Kg/cm}^2$.

$t_{\text{calculé}} = 11 \text{ cm}$ $\bar{t} = 19 \text{ cm}$ $t_{\text{adopté}} = 11 \text{ cm à partir de B}$.

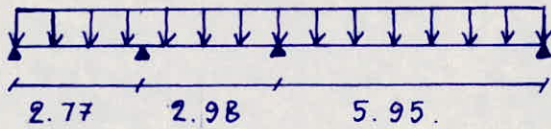
b- $T = 3,84 \text{ t}$ $M_a = 0$. $A_t = 1 \text{ cadre T6}$

$\bar{\tau}_b = 4,77 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 20,65 \text{ Kg/cm}^2$.

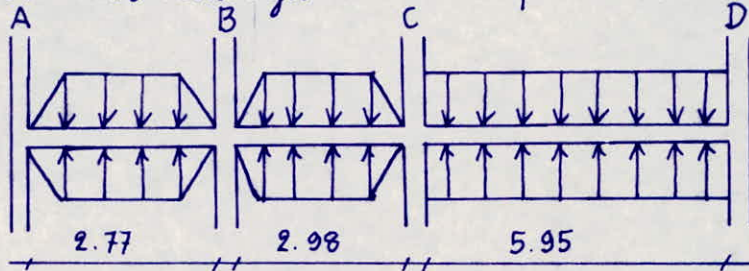
$t_{\text{calculé}} = 17,07 \text{ cm}$ $\bar{t} = 26,5 \text{ cm}$ $t_{\text{adopté}} = 17 \text{ cm à partir (A,C)}$

Poutrelles du R.D.C :

coffrage $l_0 \cdot h_t = 25 \cdot 50$. $G = 459 \text{ Kg/m}^2$ $P = 800 \text{ Kg/m}^2$
la poutrelle repose sur 4 appuis suivant le schéma ci après



Répartition des charges sur la poutrelle :



Poutrelle CD ($l < 0,4$)

charges permanentes :

dalle + revêtement : $459 \cdot 2,25 = 1032,75 \text{ Kg/mL}$

retombée : $2500 \cdot 0,25 \cdot 0,4 = 250 \text{ Kg/mL}$

$$G = 1282,75 \text{ Kg/mL}$$

surcharges :

la surcharge au m^2 de dalle est 800 Kg/m^2 . d'où

$$P (\text{Kg/mL}) = 1,2 \cdot 800 \cdot (l_x + l_0) = 1,2 \cdot 800 \cdot 2,25 = 2160 \text{ Kg/mL}$$

Poutrelle AB ($l > 0,4$)

$l > 0,4$ Répartition trapézoïdale des charges et surcharges.

la charge apportée par m^2 de dalle est 459 kg/m^2 .

les charges et surcharges se distribuent sur la poutrelle suivant le schéma ci dessus.

Désignons par M_T , le moment fléchissant maximal dans une poutre sur 2 appuis soumise à l'action d'une charge trapézoïdale.

On peut trouver une charge q_m uniformément répartie équivalente tel que $M_T = q_m l^2 / 8$.

le développement de ce calcul conduit à la formule suivante $q_m = k_M q l_x$ avec $k_M = \frac{1}{2} (1 - l^2/3)$.

q : charge par m^2 de dalle.
de même manière pour l'effort tranchant

$$q_T = K_T q l x \text{ avec } K_T = \frac{1}{2} (1 - l/a)$$

charges permanentes:

$$l = 0,722 \quad K_M = 0,413 \quad K_T = 0,3195$$

| | cas de M | cas de T |
|---|-------------------------|-------------------------|
| 2 Trappèzes $2 \cdot 459 \cdot 2 = 1836 \text{ Kg/ml}$ | $\times 0,413 = 758,27$ | $\times 0,3195 = 586,6$ |
| Dalle + Revêtement 459.0,25 | 114,75 Kg/ml | 114,75 Kg/ml |
| retombée 2500.0,25.0,4 | 250 Kg/ml | 250 Kg/ml |
| Poutrelle | | |
| Total | $g_M = 1123,02$ | $g_T = 951,35$ |

Surcharges: la surcharge au m^2 de dalle est 800 Kg/m^2
 $\times 1,2 = 960 \text{ Kg/m}^2$.

| | cas de M | cas de T |
|---|----------------------------|----------------------------|
| 2 Trappèzes $\cdot 2 \cdot 960 \cdot 2$ | $\times 0,413 = 1585,9$ | $\times 0,3195 = 1227$ |
| Dalle sur poutrelle $960 \cdot 0,25$ | 240 | 240 |
| total | $P_M = 1826 \text{ Kg/ml}$ | $P_T = 1467 \text{ Kg/ml}$ |

Poutrelle BC:

charges permanentes:

$$l = 0,671 \quad K_M = 0,425 \quad K_T = 0,332$$

$$g_M = 1145 \text{ Kg/ml} \quad g_T = 974,3 \text{ Kg/ml}$$

surcharges: $P_M = 1872 \text{ Kg/ml} \quad P_T = 1515 \text{ Kg/ml}$

Remarque: COBA 68 art 53.32

$$s < 2G$$

le rapport de portées entre 2 travées successives n'est pas compris entre 0,8 et 1,25 donc on ne peut pas appliquer la Méthode forfaitaire; mais on peut appliquer la méthode de calcul applicable aux planchers à fortes surcharges. à condition de réduire les valeurs absolues des Moments sur appui sous l'effet des charges permanentes (au $2/3$) - de celles trouvées,

les moments en travée, étant majorés.

les calculs se présentent de la manière suivante :

On remplace les portées réelles par des portées fictives.

$l' = 0,8l$ si la travée est intermédiaire.

$l' = l$ si la travée est de rive.

On calcule les moments d'encastrement parfaits :

$$M'_w = \frac{q_w l_w'^2}{8,5} \quad \text{et} \quad M'_e = \frac{q_e l_e'^2}{8,5}$$

le moment de continuité sur appui

$$M_a = \frac{M'_w l'_w + M'_e l'_e}{l'_w + l'_e}$$

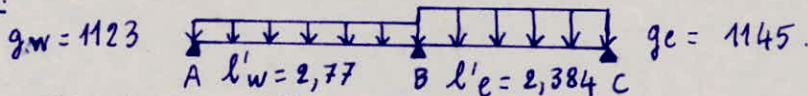
Poutrelle AB :

appui A : $M_a = 0,10 M_0 = 283 \text{ Kgm.}$ avec $M_0 = (g_M + p_M) \frac{l_0^2}{8}$
 $M_0 = (1123 + 1826) \frac{2,77^2}{8}$

appui B :

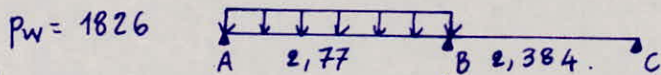
3 cas de charges à considérer

1 cas :



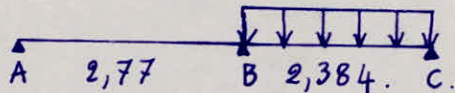
$$M'_w = 1014 \text{ Kgm} \quad M'_e = 766 \text{ Kgm} \quad \Rightarrow M_{B_1} = 599,54 \text{ Kgm.}$$

2 cas :



$$M'_w = 1648,32 \text{ Kgm} \quad , \quad M'_e = 0 \quad \Rightarrow M_{B_2} = 886 \text{ Kgm.}$$

3 cas :



$$M'_w = 0 \quad M'_e = 1252 \text{ Kgm} \quad \Rightarrow M_{B_3} = 579 \text{ Kgm.}$$

Pour obtenir les efforts maximaux, nous allons envisager les cas suivantes :

A: Moments maximaux :

a) max à l'appui B : $M_B = M_{B_1} + M_{B_2} + M_{B_3} = 2064,54 \text{ Kgm.}$

b) max en travée:

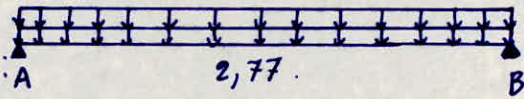
$$M_a = 0, \quad M_B = M_{B_1} + M_{B_2} = 1485,54 \text{ kgm.}$$

$$M_t = M_0 (q + 1,2P) - \frac{M_a + M_B}{2} = 2085,63 \text{ Kg.}$$

en effet, le moment n'est pas max à mi travée, mais à une distance x de l'appui A.

$$q_T = 951,35 \text{ Kg}$$

$$P_T = 1467 \text{ Kg.}$$



$$T(x) = T_0 + M_B/l =$$

$$T(x) = 3349,42 - 2418,35x - \frac{1485,54}{2,77}$$

$$T(x) = 0 \Rightarrow x = 1,163$$

$$M(x) = 4084,56x - 2949x^2/2 - \frac{1485,54}{2,77}x$$

$$M(1,16) = 2132,3 \text{ Kg.}$$

c) Min en travée:

$$M_a = 0 \quad M_B = M_{B_1} + M_{B_3} = 1178,54 \text{ Kg.}$$

$$M_t = M_0q - \frac{M_B}{l} = 1123 \cdot \frac{2,77^2}{8} - \frac{1178,54}{2} = 488 \text{ Kg.}$$

B: efforts tranchants max:

a) max sur appui A:

$$M_a = 0, \quad M_B = M_{B_1} + M_{B_2} = 1485,54 \text{ Kg.}$$

$$T(x) = 3349,42 - 2418,35x - \frac{1485,44}{2,77}$$

$$T(A) = T(x=0) = 2813 \text{ Kg.}$$

$$T(B) = T(x=2,77) = -3885,7 \text{ Kg.}$$

b) Max sur appui B:

$$M_a = 0 \quad M_B = 2064,54.$$

$$T(x) = 3349,42 - 2418,35x - \frac{2064,54}{2,77}$$

$$T(x=0) = T_A = 2604 \text{ Kg.}$$

$$T(x=2,77) = T_B = -4095 \text{ Kg.}$$

c) En travée:

$$M_a = 0, \quad M_B = 1178,54 \text{ Kg.}$$

$$T(x) = 1317,62 - 951,35x - \frac{1178,54}{2,77}$$

$$T_A = 892,15 \text{ Kg.}$$

$$T_B = -1743,08 \text{ Kg.}$$

Poutrelle BC

appui B : voir AB.

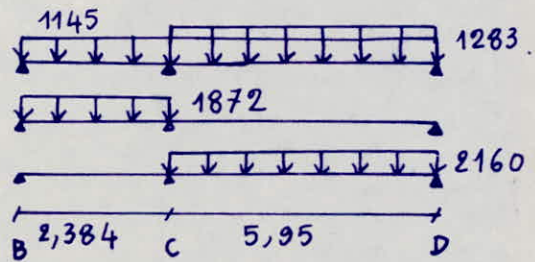
appui C : avec le même cheminement de calcul que AB

On a :

1^{er} cas : $M_{c1} = 2689,6 \text{ Kgm}$.

2 cas : $M_{c2} = 358 \text{ Kgm}$.

3 cas : $M_{c3} = 6423 \text{ Kgm}$



Moments Max :

a) Max à l'appui C : $M_c = M_{c1} + M_{c2} + M_{c3} = 9470,6 \text{ Kgm}$.

b) Max en travée :

$$M_B = M_{B1} + M_{B3} = 1178,54 \text{ Kgm}$$

$$M_c = M_{c1} + M_{c2} = 3047,6 \text{ Kgm}$$

$$M_T = M_0 - M_B + M_c/2 =$$

$$M_0 = (q_m + p_m) l_0^2/8 = (1145 + 1872) \frac{2,98^2}{8} = 3349 \text{ Kgm}$$

d'où $M_T = 1236 \text{ Kgm}$.

le moment max à une distance x de l'appui B est

$$M_T = 1298,21 \text{ Kgm}$$

c) Min en travée :

$$M_c = M_{c1} + M_{c3} = 9112,6 \text{ Kgm} \quad M_B = M_{B1} + M_{B2} = 1485,54 \text{ Kgm}$$

d'où $M_t = M_{06} - M_B + M_c/2 = -3920,8 \text{ Kgm}$.

Efforts Tranchants :

Max à l'appui B :

$$T_B = 3379,17 \text{ Kg} \quad T_c = -4039 \text{ Kg}$$

max à l'appui C :

$$T_B = 926,5 \text{ Kg} \quad T_c = -6492 \text{ Kg}$$

en travée :

$$T_B = -1107,72 \text{ Kg} \quad T_c = -4011,13 \text{ Kg}$$

Poutrelle CD :

Moments Max :

a. appui C (voir BC)

b) en travée : $M_t = 11605,5 \text{ Kgm}$.

c) min en travée $M_t = 4154 \text{ Kgm}$.

B) efforts tranchants (CD)

a) Max à l'appui c :

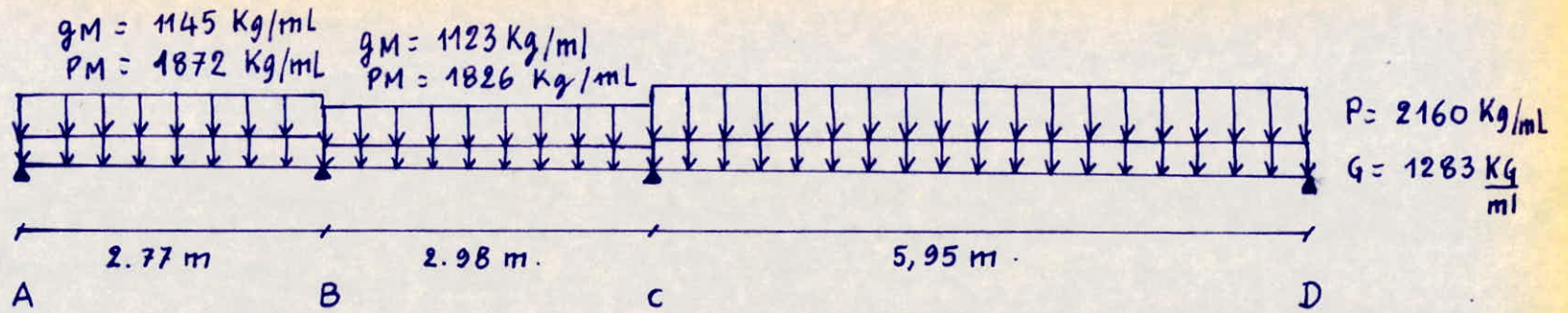
$$T_c = 11834,6 \text{ Kg} \quad T_D = -8651,23 \text{ Kg}.$$

b) Max à l'appui D :

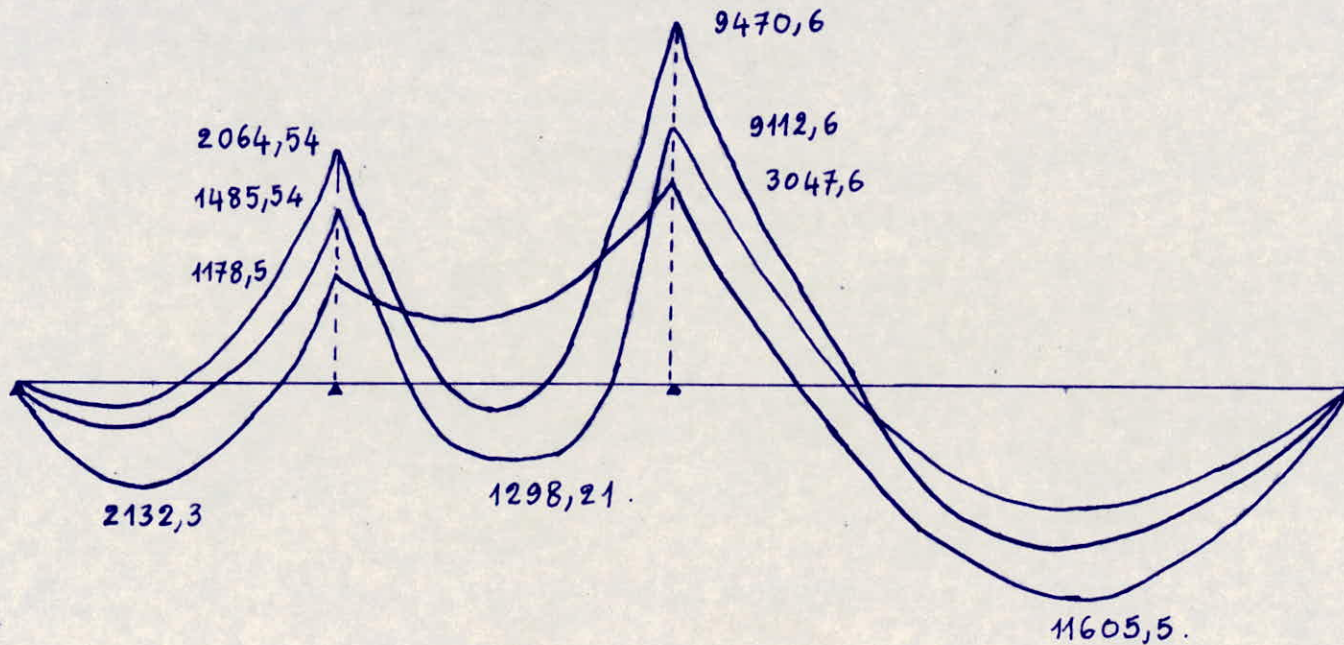
$$T_c = 11774,5 \text{ Kg} \quad T_D = -8711,4 \text{ Kg}.$$

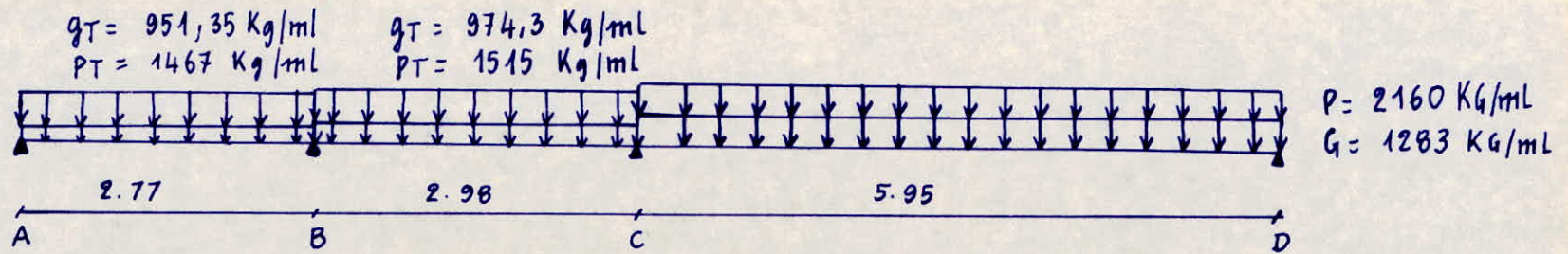
c) en travée :

$$T_c = 4329,13 \text{ Kg} \quad T_D = -3304,7 \text{ Kg}.$$

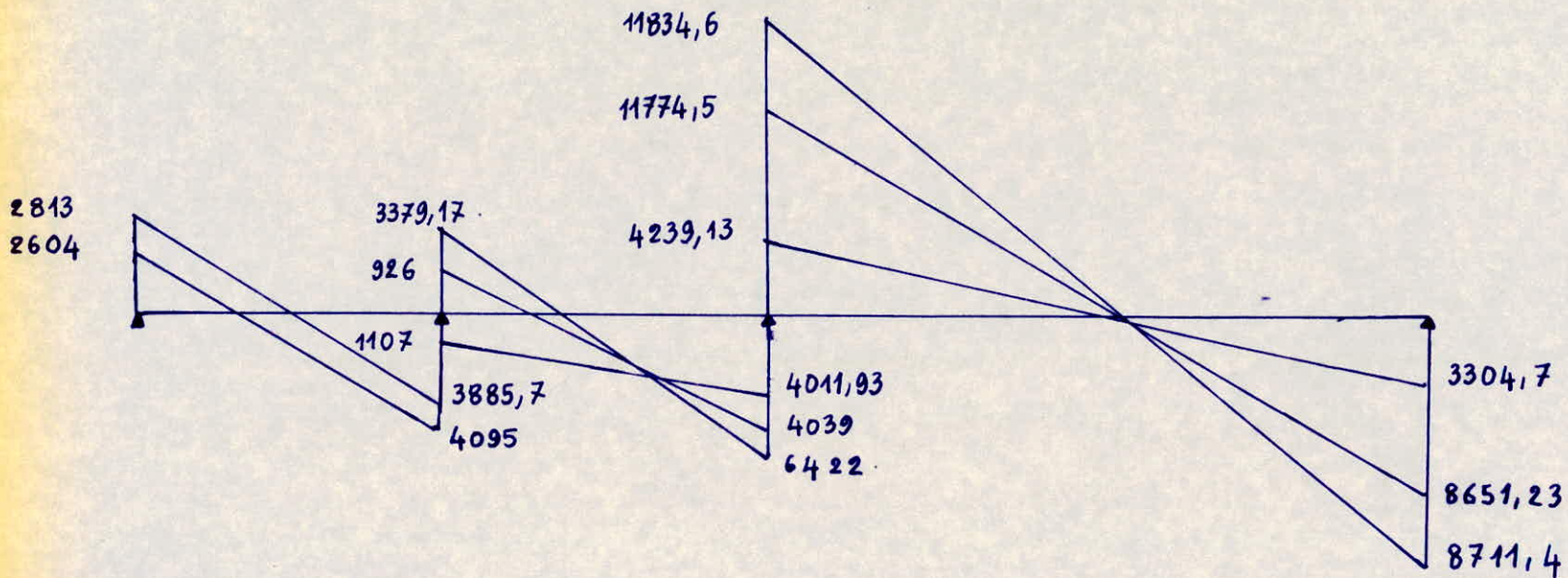


L'allure de la courbe des Moments : (Moments en Kgm).





L'allure de la courbe des Efforts tranchants: (en KG).



Ferraillage:armatures sur appui:

1. appui c: le plus sollicité: ($M = -9470,6 \text{ Kgm}$).

calcul en section rectangulaire $b \cdot h_t = 25 \cdot 50$.

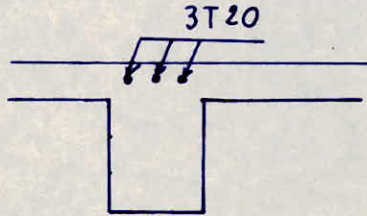
$d = 5 \text{ cm}$ comme enrobage.

$$\mu = 15M / \bar{\sigma}_a b h^2 = 15 \cdot 9470,6 \cdot 10^2 / 2800 \cdot 25 \cdot 46,6^2 = 0,0934 \quad \left| \begin{array}{l} K = 0,8777 \\ \epsilon = 25,9 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}'_b = \bar{\sigma}_a / K = 2800 / 25,9 = 108 < \bar{\sigma}'_b = 137 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = M / \epsilon h \bar{\sigma}_a = 9470,6 \cdot 10^2 / 0,8777 \cdot 46,6 \cdot 2800 = 8,27 \text{ cm}^2.$$

soit 3T20 ($A = 9,42 \text{ cm}^2$).



2. appui B:

$$M_B = -2064,54 \text{ Kgm}$$

$$A_{\text{calculé}} = 1,68 \text{ cm}^2 \quad A_{\text{adopté}} = 3T14 \quad (A = 4,62 \text{ cm}^2).$$

3. appui A $M_a = 0,10 M_0 = 283 \text{ Kgm}$.

$$A_{\text{calculé}} = 0,22 \text{ cm}^2 \quad A_{\text{adopté}} = 3T10 \quad (A = 2,35 \text{ cm}^2).$$

4. appui D $M_D = 0,10 M_0 = 1524 \text{ Kgm}$.

$$A_{\text{calculé}} = 1,23 \text{ cm}^2 \quad A_{\text{adopté}} = 3T10 \quad (A = 2,35 \text{ cm}^2).$$

Sections en travée:

1. section la plus sollicitée en travée se trouve dans la travée CD.

soit $M_t = 11605,5 \text{ Kgm}$.

$$A_{\text{calculé}} = 9,84 \text{ cm}^2 \quad A_{\text{adopté}} = 3T16 + 3T14 \quad (A_{\text{adopté}} = 10,65 \text{ cm}^2)$$

2. Autres sections en travée:

a. travée BC ($M_t = 1298,2 \cdot 10^2 \text{ Kg/cm}$).

$$A_{\text{calculé}} = 1,06 \text{ cm}^2 \quad A_{\text{adopté}} = 3T12 \quad (A \approx 3,39 \text{ cm}^2).$$

b. travée AB ($M_t = 2132,3 \cdot 10^2 \text{ Kg/cm}$).

$$A_{\text{calculé}} = 1,75 \text{ cm}^2 \quad A_{\text{adopté}} = 3T12 \quad (A = 3,39 \text{ cm}^2)$$

Armatures transversales:

. appui c: le plus sollicité $T = 11834,6 \text{ Kg}$, $M = -9470,6 \text{ Kgm}$.

$$\tau_b = T / b_0 z = 11834,6 \text{ Kg} / 25 \cdot 0,875 \cdot 45 = 12 \text{ Kg/cm}^2.$$

Pour pouvoir utiliser les cadres h à la ligne moyenne.

il faut que $\tau_b < \bar{\tau}_b$.

avec $\bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_{b0}}\right) \bar{\sigma}_b$ car $\bar{\sigma}'_{b0} < \sigma'_b < 2\bar{\sigma}'_{b0}$.

dans notre cas, $\bar{\tau}_b = 16,4 \text{ kg/cm}^2$.

$$\bar{\sigma}_{at} = 3251 \text{ kg/cm}^2 \quad \bar{t} = 17,5 \text{ cm.}$$

calcul de t:

On choisit pour A_t (1 cadre + étrier T6) soit $A_t = 1,13 \text{ cm}^2$.

$$t < \frac{\gamma \cdot A_t \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = \frac{39,375 \cdot 1,13 \cdot 3251}{11834,6} = 12,22 \text{ cm.}$$

On prend $t = 12 \text{ cm}$ à partir de l'appui c.

Espacement des cadres (suivant la série de caquot)

$$6 + 3 \cdot 12 + 3 \cdot 14 + 3 \cdot 17 + 3 \cdot 22 + 3 \cdot 29 + 42 + 11 + 42 + 3 \cdot 29 + 3 \cdot 22 + 3 \cdot 17 + 1 \cdot 8 \quad (\text{sur toute la travée CD}).$$

appui D: $T = 8711,4 \text{ Kg.} \quad M_D = 0$

$$\tau_b = 8,85 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\bar{\sigma}_{at} = 3500 \text{ kg/cm}^2. \quad \bar{t} = 24,75 \text{ cm.}$$

t calculé = 17 cm. (voir espacement des cadres sur CD).

Travée BC:

1. appui B: $T = 3379 \text{ Kg.} \quad M = 2064,54 \text{ Kg.m.}$

$$\tau_b = 3,43 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\bar{\sigma}_{at} = 3929 \text{ kg/cm}^2. \quad \bar{t} = 37 \text{ cm.}$$

t calculé = 52 cm on prend $t = 33 \text{ cm.}$

2. appui C: $T = 6422 \text{ Kg.} \quad M = 9470,6 \text{ Kg.m.}$

$$\tau_b = 6,52 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b$$

$$\bar{\sigma}_{at} = 3684 \text{ kg/cm}^2 \quad \bar{t} = 30 \text{ cm.}$$

$$t_{\text{calculé}} = 25 \text{ cm} \quad t_{\text{adopté}} = 20 \text{ cm.}$$

Espacement des cadres sur BC:

$$1 \times 10 + 3 \times 25 + 1 \times 35 + 1 \times 60 + 1 \times 60 + 3 \times 33 + 1 \times 16.$$

Travée AB:

1. appui A: $T = 2813 \text{ Kg.} \quad M_A = 0 \quad \tau_b = 2,85 \text{ kg/cm}^2.$

$$\bar{\sigma}_{at} = 3974 \text{ kg/cm}^2. \quad \bar{t} = 38 \text{ cm}$$

$$t_{\text{calculé}} = 63 \text{ cm.} \quad t_{\text{adopté}} = 33 \text{ cm.}$$

appui B: $T = 4095 \text{ Kg}$ $M = 2064,54 \text{ Kgm}$
 $\tau_b = 4,16 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 20,65 \text{ Kg/cm}^2$
 $\bar{\sigma}_{at} = 3870 \text{ Kg/cm}^2$ $\bar{E} = 35 \text{ cm}$
 $t_{\text{calculé}} = 42 \text{ cm}$ $t_{\text{adopté}} = 33 \text{ cm}$.

Espacement des cadres sur AB :

$$1 \times 16 + 3 \times 33 + 47 + 3 \times 33 + 1 \times 16$$

verifications divers :

1. Transmission des efforts sur appui :

appui de rive A :

l'effort tranchant max sur l'appui de rive est $T = 2813 \text{ Kg}$.

On doit vérifier que $AL > T/\bar{\sigma}_a$.

$$T/\bar{\sigma}_a = \frac{2813 \text{ Kg}}{2800} = 1 \text{ cm}^2$$

comme on a laissé filer jusqu'à l'appui A ($3T12 = 3,39 \text{ cm}^2$)
condition vérifiée.

2. crochet :

les armatures inférieures qui sont laissés filer doivent être ancrés pour résister à l'effort tranchant ($T = 2813 \text{ Kg}$).

la contrainte qui correspond à cet effort est $\sigma_a = T/AL$

$$\sigma_a = 2813 \text{ Kg} / 3,39 = 830 \text{ Kg/cm}^2$$

la contrainte d'adhérence dans une zone d'ancrage normale est $\bar{\tau}_d = 1,25 \psi_d^2 \bar{\sigma}_b = 16,59 \text{ Kg/cm}^2$.

la longueur de scellement droit est :

$$l_d = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_a}{\bar{\tau}_d} = \frac{1,2}{4} \cdot \frac{830}{16,59} = 15 \text{ cm} < \text{largeur d'appui} = 35 \text{ cm}$$

donc il n'a pas nécessité de faire un crochet.

Appui de rive D : $T = 8711,4 \text{ Kg}$.

On laisse filer les 3T16 ($A = 6,03 \text{ cm}^2$).

les mêmes vérifications ont été faites, toutes les conditions ont été vérifiées.

Appuis intermédiaires : B, C

la section minimale d'armatures tendues en travée, conduits jusqu'aux appuis; doit équilibrer un effort égal à $T + M/z$

appui B : $T + M/z = 4095 - \frac{2604,54}{0,875 \cdot 45} < 0$

appui C : $T + M/z = 11834,6 - \frac{9470,6}{0,875 \cdot 45} < 0$

dans les 2 cas, aucune vérification n'est pas nécessaire.

2. condition de non fragilité :

$$A_2 = b \cdot h \cdot 0,69 \cdot \bar{\sigma}_b / \bar{\sigma}_{cm} = 25 \cdot 45 \cdot 0,69 \cdot 5,9 / 4200 = 1,09 \text{ cm}^2$$

quelque soit la quantité d'aciers supérieure à $1,09 \text{ cm}^2$, la condition de non fragilité est vérifiée, ce qui est vérifié pour toutes les appuis et travées.

3. fissuration :

fissuration peut nuisible $K = 1,5 \cdot 10^6$ acier HA $\eta = 1,6$. $W_f = \frac{A}{B \cdot f}$
 $\bar{\sigma}_a = \min(\bar{\sigma}_a, \max(\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2))$. $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2$.

$$\bar{\sigma}_1 = K \cdot \eta / \phi \cdot \frac{W_f}{1 + 10W_f}$$

condition vérifiée pour toutes

$$\bar{\sigma}_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K \cdot \eta \cdot \bar{\sigma}_b}{\phi}}$$

les sections en appui et en travée

appui C :

$$A = 9,42 \text{ cm}^2 \quad \bar{W}_f = \frac{9,42}{2,4 \cdot 25} = 0,1605 \quad \bar{\sigma}_1 = 3843 \text{ Kg/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_2 = 2019,4 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$
$$\phi = 20 \text{ mm}$$

Appui B :

$$A = 4,62 \text{ cm}^2 \quad \bar{W}_f = 0,0231 \quad \bar{\sigma}_1 = 3217 \text{ Kg/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_2 = 2413,67 \text{ Kg/cm}^2$$
$$\phi = 14 \text{ mm}$$

Appui A, D :

$$A = 2,35 \text{ cm}^2 \quad \bar{W}_f = 0,01175 \quad \bar{\sigma}_1 = 2523,5 \text{ Kg/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_2 = 2856 \text{ Kg/cm}^2$$
$$\phi = 10 \text{ mm}$$

en travée:

CD: $A = 10,65 \text{ cm}^2$ $\phi = 16 \text{ mm}$ $W_f = 0,071$ $\sigma_1 = 6228 \text{ Kg/cm}^2$
 $\sigma_2 = 2258 \text{ Kg/cm}^2$

AB, BC: $A = 3,39 \text{ cm}^2$ $\phi = 12 \text{ mm}$ $W_f = 0,0226$ $\sigma_1 = 4420$; $\sigma_2 = 2607$
la condition est vérifiée pour toutes les travées.

4. Vérification de flèches:

$\frac{ht}{l} = \frac{50}{595} = 0,084 > \frac{1}{16}$

$\frac{ht}{l} = 0,084 > \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} = \frac{11605,5}{10 \cdot 15236,35} = 0,076.$

$\frac{A}{b_0 h} = \frac{10,65}{25 \cdot 45} = 0,009 < \frac{43}{\sigma_{en}} = 0,01.$

vérifié pour la travée CD.

$\frac{50}{277} = 0,18 > \frac{1}{16} = 0,0625.$

$\frac{50}{277} = 0,18 > \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} = \frac{1}{10} \cdot \frac{2132,3}{2828,4} = 0,075.$

$\frac{3,39}{25 \cdot 45} = 0,003 < \frac{43}{\sigma_{en}} = 0,01.$

vérifié pour la travée AB.

$\frac{50}{298} = 0,167 > \frac{1}{16} = 0,0625.$; $\frac{50}{298} > \frac{1}{10} \frac{1298,2}{3349} = 0,038$

$\frac{3,39}{25 \cdot 45} = 0,003 < \frac{43}{\sigma_{en}} = 0,01$

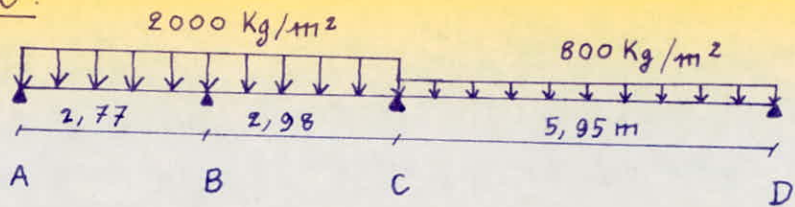
vérifiée pour la travée BC.

pour la Poutrelle du RDC (type 2):

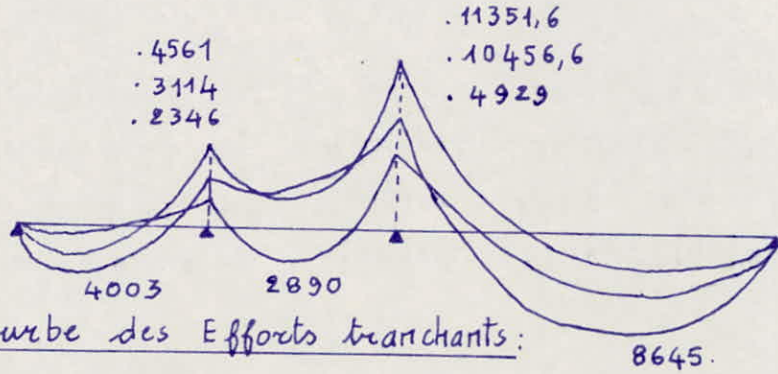
Nous donnerons uniquement les Résultats de calcul.

(caquot, Ferrailage, Vérifications divers).

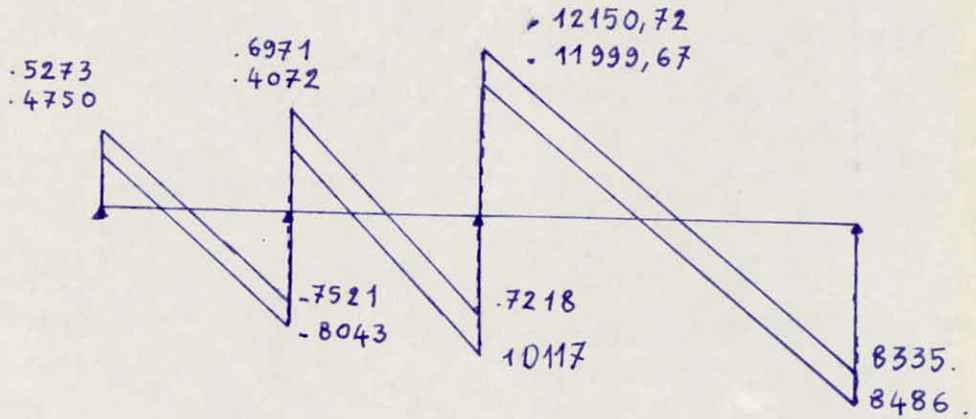
schéma statique.



Allure de la courbe des Moments: (Kg.m)



Allure de la courbe des Efforts tranchants:



Ferraillage:

1. les appuis:

- appui C: $A_{calculé} = 10,42 \text{ cm}^2$ $A_{adopté} = 3T16 + 3T14 (A = 10,65 \text{ cm}^2)$
- appui B: $A_{calculé} = 3,99 \text{ cm}^2$ $A_{adopté} = 2T16 (A = 4,02 \text{ cm}^2)$
- appui A: $A_{calculé} = 0,45 \text{ cm}^2$ $A_{adopté} = 3T10 (A = 2,35 \text{ cm}^2)$
- appui D: $A_{calculé} = 1,28 \text{ cm}^2$ $A_{adopté} = 3T10 (A = 2,35 \text{ cm}^2)$

2. En travées:

- AB: $A_{calculé} = 3,35 \text{ cm}^2$ $A_{adopté} = 3T12 (A = 3,39 \text{ cm}^2)$
- BC: $A_{calculé} = 2,4 \text{ cm}^2$ $A_{adopté} = 3T12 (A = 3,39 \text{ cm}^2)$
- CD: $A_{calculé} = 7,3 \text{ cm}^2$ $A_{adopté} = 3T14 + 3T12 (A = 8,01 \text{ cm}^2)$

Armatures Transversales :

A_t adopté = 1 cadre + 1 étrier $\phi 6 \Rightarrow (A = 1,13 \text{ cm}^2)$.

sur AB :

$t_{\text{calculé}} = 22 \text{ cm}$ $\bar{E} = 29 \text{ cm}$ pour l'appui B.

$t_{\text{calculé}} = 36 \text{ cm}$ $\bar{E} = 36 \text{ cm}$ pour l'appui A.

sur BC :

$t_{\text{calculé}} = 25 \text{ cm}$ $\bar{E} = 32 \text{ cm}$ pour l'appui B

$t_{\text{calculé}} = 14 \text{ cm}$ $\bar{E} = 21 \text{ cm}$ pour l'appui C

sur CD :

$t_{\text{calculé}} = 12 \text{ cm}$ $\bar{E} = 16 \text{ cm}$ pour l'appui C

$t_{\text{calculé}} = 21 \text{ cm}$ $\bar{E} = 29 \text{ cm}$ pour l'appui D

dispositions des cours successifs sur la poutre.



sur AB : $1 \times 16 + 3 \times 33 + 1 \times 55 + 1 \times 29 + 3 \cdot 22 + 1 \times 11$.

sur BC : $1 \times 11 + 3 \times 22 + 1 \cdot 29 + 1 \cdot 42 + 1 \cdot 25 + 2 \cdot 20 + 1 \cdot 16 + 3 \cdot 13 + 1 \times 6$

sur CD : $1 \times 6 + 3 \times 12 + 3 \times 14 + 3 \cdot 17 + 3 \cdot 22 + 3 \cdot 29 + 1 \cdot 57 + 3 \cdot 35 + 3 \cdot 25$
 $+ 3 \cdot 20 + 1 \cdot 10$

calcul des masses sismiques:

Plancher terrasse (niveau 4)

- 1- plancher : $508 \text{ Kg/m}^2 \quad 17,95 \times 12,25 = 111,7 \text{ t}$
- 2- poutrelles (Retombées) : $150 \times 11,9 \times 6 = 10,71 \text{ t}$
- 3- poutres longitudinales : $700 [8,45 \times 4 + 8,6 \times 2] = 35,7 \text{ t}$
- 4- poutres transversales : $525 \times 5,85 \times 6 = 18,43 \text{ t}$
- 5- Acrotère : $169 \text{ Kg/ml} : (17,95 \times 2 + 12,95) = 8,26 \text{ t}$
- 6- Murs extérieurs ($1/2$) : $363 \times \frac{4,86}{2} [8,45 \times 2 \times 2 + 5,85 \times 2] = 40,13 \text{ t}$
- 7- Poteaux ($1/2$) :
- $0,335 \times 4,86/2 \times 2500 \times 6 = 12,21 \text{ t}$
- $0,3025 \times 4,86/2 \times 2500 \times 3 = 5,51 \text{ t}$
 $G = 242,65 \text{ t}$

SURCHARGES : $P = 100 \text{ Kg/m}^2 \times 17,95 \times 12,25 = 21,99 \text{ t}$

charge soumise à l'action sismique:

$$G + P/5 = 242,65 \text{ t} + \frac{21,99 \text{ t}}{5} = 247 \text{ t}$$

Plancher courant (niveau 3)

- 1- plancher $384 \times 17,95 \times 12,25 = 84,44 \text{ t}$
- 2- poutrelles (retombées) $250 \times 11,9 \times 6 = 17,85 \text{ t}$
- 3- poutres longitudinales $700 \times (8,45 \times 4 + 8,6 \times 2) = 35,7 \text{ t}$
- 4- poutres Transversales $525 \times 5,85 \times 6 = 18,43 \text{ t}$
- 5- Murs $363 \times 4,86 \times (8,45 \times 4 + 5,85 \times 2) = 80,27 \text{ t}$
- 6- Poteaux - $0,335 \times 4,86 \times 2500 \times 6 = 24,42 \text{ t}$
- $0,3025 \times 4,86 \times 2500 \times 3 = 11,02 \text{ t}$
 $G = 272,13 \text{ t}$

SURCHARGES : $P = 600 \text{ Kg/m}^2 \quad 17,95 \times 12,25 = 131,93 \text{ t}$

charge soumise à l'action sismique:

$$G + P = 272,13 \text{ t} + 131,93 \text{ t} = 404 \text{ t}$$

Plancher courant (niveau 2)

$$G = 236,69t \text{ (sans poteaux)}$$

$$\text{Poteaux : } - 0,335 \times 4,86 \times 2500 \times 6 = 24,42t$$

$$- 1/2 \times 0,3025 \times 4,86 \times 2500 \times 3 = 5,513t \text{ (55x55)}$$

$$- 1/2 \times 0,4225 \times 4,86 \times 2500 \times 3 = 7,7t \text{ (65x65)}$$

$$- G = 274,33t \quad P = 131,93t \text{ (surcharges)}$$

charge soumise à l'action sismique:

$$G + P = 406,26t = 407t$$

Plancher courant (niveau 1)

$$G = 156,42t \text{ (sans murs et poteaux)}$$

$$- \text{Poteaux : } 0,335 \times (4,86 + 3,24)/2 \times 2500 \times 6 = 20,4t$$

$$- \text{Poteaux : } 0,4225 \times (4,86 + 3,24)/2 \times 2500 \times 3 = 12,84t$$

$$- \text{Murs extérieurs : } 363 \times [(4,86 + 3,24)/2] \times (8,45 \times 4 + 5,85 \times 2) = 77t$$

$$G = 266,66 \approx 267t$$

$$G + P = 266,66 + 131,93 = 398,59t = 399t$$

calcul des masses sismiques

Plancher terrasse (niveau 4)

$$1- \text{plancher : } 508 \times 12,25 \times 8,8 = 54,76t$$

$$2- \text{poutrelles (retombées) : } 150 \times 11,9 \times 3 = 5,4t$$

$$3- \text{poutres longitudinales : } 700 \times (8,45 \times 2 + 8,6) = 17,85t$$

$$4- \text{poutres Transversales : } 525 \times (5,85 \times 4) = 12,28t.$$

$$5- \text{Acrotère } 169 \times (12,95 + 2 \times 9,5) = 5,4t.$$

$$6- \text{Murs extérieurs } 363 \times \frac{4,86}{2} \times (8,45 \times 2 + 5,85 \times 2) = 25,3t$$

$$7- \text{Poteaux (1/2) : } - 0,335 \times \frac{4,86}{2} \times 2500 \times 4 = 8,15t.$$

$$- 0,3025 \times \frac{4,86}{2} \times 2500 \times 2 = 3,7t$$

$$\text{Poids Propre : } G = 132,84t$$

$$\text{SURCHARGES : } P = 100 \times 12,25 \times 8,8 = 10,78t$$

$$\text{ACTION-SISMIQUE : } G + P/5 = 132,84 + 10,78/5 \approx 135t$$

Plancher courant (niveau 3)

- 1- plancher $384 \times 12,25 \times 8,8 = 41,4 \text{ t}$
- 2- poutrelles (retombées) $250 \times 11,9 \times 3 = 8,93 \text{ t}$
- 3- poutres longitudinales $700 \times (8,45 \times 2 + 8,6) = 17,85 \text{ t}$
- 4- poutres Transversales $525 \times 5,85 \times 4 = 12,28 \text{ t}$
- 5- Murs extérieurs : $363 \times 4,86 \times (8,45 \times 2 + 5,85 \times 2) = 50,6 \text{ t}$
- 6- Poteaux
- $0,335 \times 4,86 \times 2500 \times 4 = 16,3 \text{ t}$
- $0,3025 \times 4,86 \times 2500 \times 2 = 7,4 \text{ t}$

Poids ProPre: $G = 154,76 \text{ t}$.

SURCHARGES: $P = 600 \times 12,25 \times 8,8 = 64,68 \text{ t}$

Action sismique: $G + P = 154,76 + 64,68 \approx 220 \text{ t}$.

Plancher courant (niveau 2)

- $G = 131,06 \text{ t}$ (sans poteaux)
- $0,335 \times 4,86 \times 2500 \times 4 = 16,3 \text{ t}$
 - $\frac{1}{2} \times 0,3025 \times 4,86 \times 2500 \times 2 = 3,675 \text{ t}$
 - $\frac{1}{2} \times 0,4225 \times 4,86 \times 2500 \times 2 = 5,133 \text{ t}$

Poids ProPre: $G = 156,17 \text{ t} \approx 157 \text{ t}$.

Action sismique: $G + P = 156,17 + 64,68 \approx 221 \text{ t}$.

Plancher courant (niveau 1)

$G = 80,46 \text{ t}$ (sans poteaux et Murs extérieurs)

- Poteaux :
- $0,335 \times (4,86 + 3,24) / 2 \times 2500 \times 4 = 13,567 \text{ t}$
 - $0,4225 \times (4,86 + 3,24) / 2 \times 2500 \times 2 = 8,555 \text{ t}$

Murs extérieurs : $363 \times \frac{(4,86 + 3,24)}{2} \times [8,45 \times 2 + 5,85 \times 2] = 42,046 \text{ t}$
 $G = 144,63 \text{ t}$

Action sismique: $G + P = 144,63 \text{ t} + 64,68 \text{ t} \approx 210 \text{ t}$

calcul de la période du mode Fondamental

Pour le calcul de la période du mode Fondamental, on utilisera la méthode Holzer - transformé.

la déformé dynamique est donnée par l'expression suivante

$$\phi_K = \phi_{K+1} - \frac{\omega_i^2}{R_{K+1, K}} \sum_{z=K+1}^n m_z \phi_z$$

ϕ_K : représente l'ordonnée principal au niveau k , à l'aide de cette relation, on peut calculer par des essais successifs, la pulsation ω_i et la forme propre de n'importe quel mode de vibration.

l'ordonnée principale pour le dernier étage est arbitraire ($\phi_{ni} = 1$, dans notre cas).

l'ordonnée à la base doit être nulle. ($\phi_0 = 0$).

En effet, toutes les ordonnées (ϕ_i) du 1^{er} mode de vibration doivent être positives

Pour le 2^{ème} mode, on aura un seul changement de signe.

Pour le 3^{ème} mode, on aura 2 changements de signe.

Pour le n mode, on aura $(n-1)$ changements de signe.

Notations:

ψ_i : caractéristique de pulsation.

$\omega_i^2 = \psi_i \frac{R_0}{m_0}$: pulsation.

$R_0 = 12 E I_0 / l_0^3$ (I_0, l_0 : valeurs de référence choisies arbitrairement)

$I_{jk}^{(s)} = k_{jk}^{(s)} I_0$ moment d'inertie fictif du poteau (s) se trouvant entre les niveaux j et k .

$K_{jk}^{(s)}(\infty)$: rigidité relative du poteau (s)

$l_{jk} = \lambda_{jk} l_0$: distance entre les niveaux j et k .

$\beta_{jk} = \frac{K_{jk}^{(s)}}{l_{jk}^{(s)}}$: rigidité conventionnelle du poteau (s) entre les niveaux j et k .

$R_{kj}^{(s)}(\infty) = \frac{12 E I_{jk}^{(s)}}{l_{jk}^3} = \frac{12 E \cdot K_{jk} \cdot I_0}{l_{jk}^3} = \frac{\beta_{jk}}{\lambda_{jk}^2} R_0$

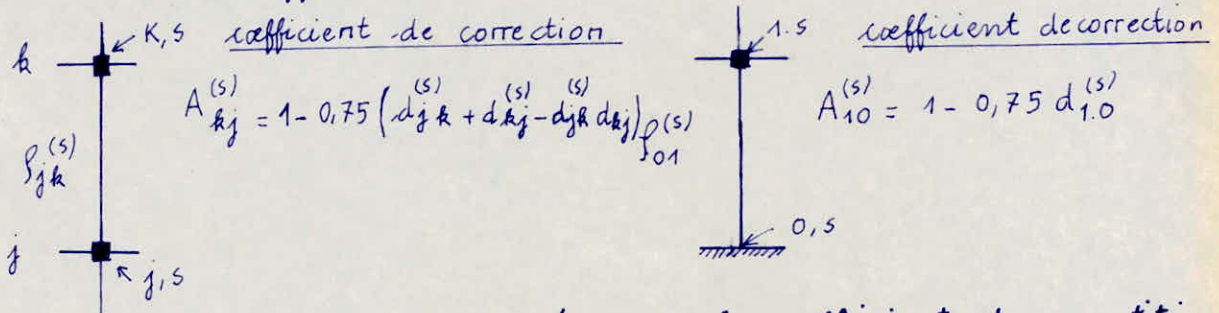
On introduit les coefficients de correction $A_{kj}^{(s)}$ due à l'influence de la rotation des nœuds (K_s) et (j_s).

$$R_{jk}^{(s)} = A_{kj}^{(s)} R_{jk}^{(s)}(\infty) = \eta_{kj}^{(s)} R_0 \text{ avec } \eta_{kj}^{(s)} = \frac{\beta_{jk}^{(s)}}{\lambda_{jk}^{(s)}} A_{kj}^{(s)}$$

la rigidité totale de niveau, pour tous les niveaux situés entre les niveaux j et k .

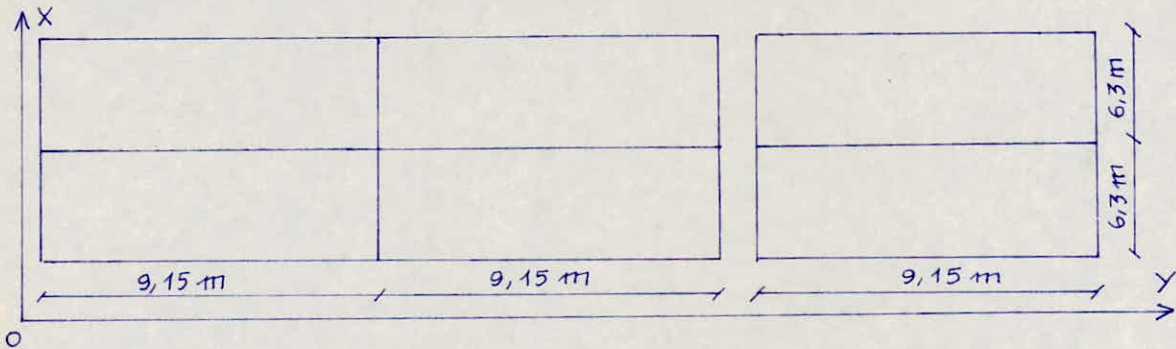
$$R_{kj} = \sum_{s=1}^m R_{kj}^{(s)} = \eta_{kj} R_0.$$

calcul des coefficients de correction

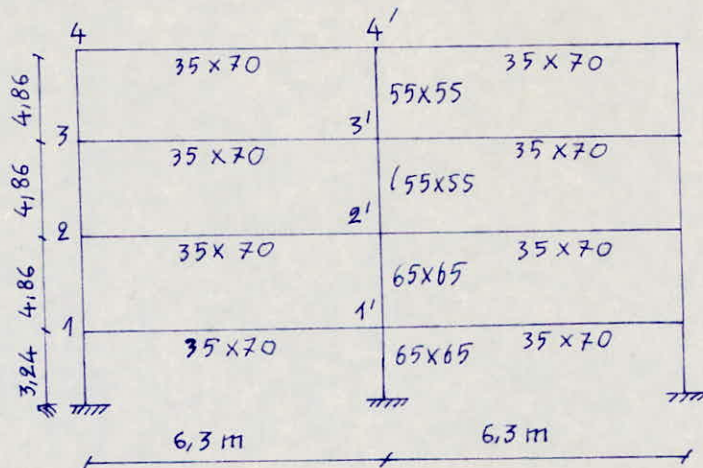


les facteurs d_{jk} représentent les coefficients de repartition de cross. $d_{kj} = R_{kj} / \sum R_{kj} = \rho / \sum \rho$

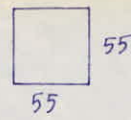
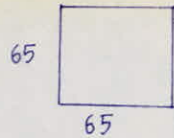
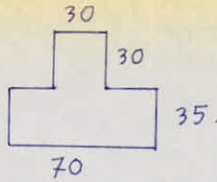
Présentation des portiques en plan:



Portique transversal:



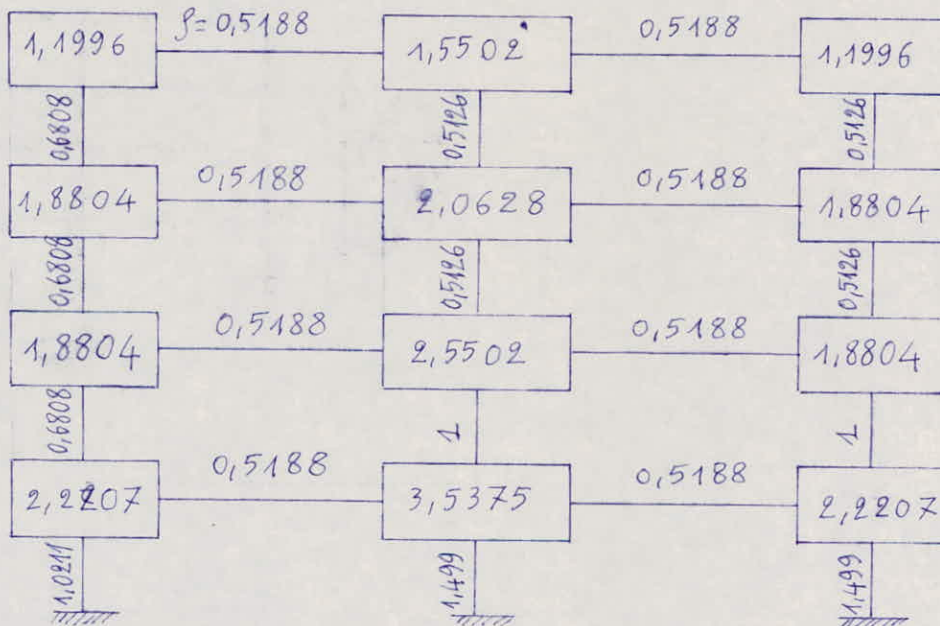
les poteaux de rive ont la forme suivante :



$$l_0 = 4,86 \text{ m}$$

$$I_0 = \frac{6,5^4}{12} = 148,76 \text{ dm}^4$$

| | Barre | I (dm ⁴) | l (dm) | $\kappa = I/I_0$ | $\kappa = l/l_0$ | $\beta = \kappa/\lambda$ |
|--------------|-------|----------------------|--------|------------------|------------------|--------------------------|
| Poutres | 4-4' | 100,042 | 63 | 0,6725 | 1,2963 | 0,5188 |
| | 3-3' | 100,042 | 63 | 0,6725 | 1,2963 | 0,5188 |
| | 2-2' | 100,042 | 63 | 0,6725 | 1,2963 | 0,5188 |
| | 1-1' | 100,042 | 63 | 0,6725 | 1,2963 | 0,5188 |
| poteaux en T | 4-3 | 101,28 | 48,6 | 0,6808 | 1 | 0,6808 |
| | 3-2 | 101,28 | 48,6 | 0,6808 | 1 | 0,6808 |
| | 2-1 | 101,28 | 48,6 | 0,6808 | 1 | 0,6808 |
| | 1-0 | 101,28 | 32,4 | 0,6808 | 0,6667 | 1,0211 |
| Poteaux | 4'-3' | 76,25 | 48,6 | 0,5126 | 1 | 0,5126 |
| | 3'-2' | 76,25 | 48,6 | 0,5126 | 1 | 0,5126 |
| | 2'-1' | 148,76 | 48,6 | 1 | 1 | 1 |
| | 1'-0' | 148,76 | 32,4 | 1 | 0,6667 | 1,4999 |



coefficients de correction :

pot en T: $A_{34} = 0,4569$ $A_{23} = 0,5553$ $A_{12} = 0,5817$ $A_{01} = 0,6551$

Poteaux carrés: $A'_{34} = 0,6271$ $A'_{23} = 0,7003$, $A'_{12} = 0,577$ $A'_{01} = 0,682$
 avec les coefficients de correction, et les valeurs de β et λ , on calcule la rigidité de niveau.

| Niv | coefficients A_{jk} | | Rég rela | | K_{jk} | coeff Rigidité π_{jk} | | Rég tot $2\pi + \pi'$ | Rég. (t/m) Rela de niveau |
|-----|-----------------------|--------|-------------|----------|----------|---------------------------|--------|-----------------------|---------------------------|
| | A (T) | A' | β (T) | β' | | π (T) | π' | | |
| 4 | 0,4569 | 0,6271 | 0,6808 | 0,5126 | 1 | 0,311 | 0,3214 | 0,9434 | 5545,59 |
| 3 | 0,5553 | 0,7003 | 0,6808 | 0,5126 | 1 | 0,378 | 0,3589 | 1,1149 | 6553,72 |
| 2 | 0,5817 | 0,577 | 0,6808 | 1 | 1 | 0,396 | 0,577 | 1,369 | 8047,39 |
| 1 | 0,6551 | 0,682 | 1,0211 | 1,4999 | 0,6667 | 1,5049 | 2,3013 | 5,3111 | 31220,24 |

$$\pi_{jk} = \frac{\beta_{jk} A_{jk}}{\lambda_{jk}^2}$$

la rigidité totale de niveau, pour tous les poteaux situés entre j et k s'obtiendra par la relation suivante

$$R_{kj} = \sum_{s=1}^m R_{ks}$$

m : nombre de rangées de poteaux dans le sens considéré

| BLOC A 1 $m=3$ | | | BLOC A 2 $m=2$ | |
|----------------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| Niv | R_{kj} (t/m) | Masse (t) | R_{kj} (t/m) | Masse (t) |
| 4 | 16636,77 | 247 | 11091,18 | 135 |
| 3 | 19661,16 | 404 | 13107,44 | 220 |
| 2 | 24142,17 | 407 | 16094,78 | 221 |
| 1 | 93660,72 | 399 | 62440,48 | 210 |

d'après la relation $\phi_k = \phi_{k+1} - \frac{w_i^2}{R_{k+1,k}} \sum_{r=k+1}^n m_r \phi_r$

BLOC A 1 $w_1^2 = 115,05$

$$\phi_4 = 1$$

$$\phi_3 = 0,18258$$

$$\phi_2 = 0,4794$$

$$\phi_1 = 0,1025$$

$$\phi_0 = 0,0002$$

$$\rightarrow T_x = \frac{2\pi}{\omega} = 0,5860$$

Bloc A2 $\omega_1^2 = 140,5$

$$\phi_4 = 1$$

$$\phi_3 = 0,8256$$

$$\phi_2 = 0,4796$$

$$\phi_1 = 0,1035$$

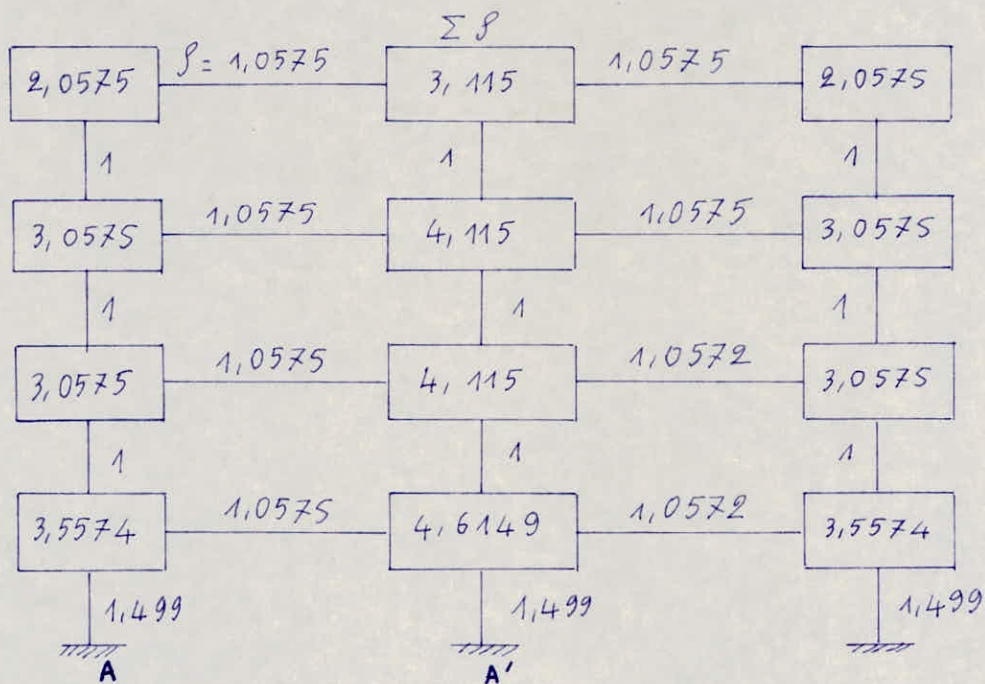
$$\phi_0 = 0,0015$$

$$\rightarrow T_x = \frac{2\pi}{\omega} = 0,53 \text{ s}$$

Dans lesensy: Bloc A1

a/ portique longitudinal de rive: $l_0 = 4,86 \text{ m}$ $I_0 = 106,79 \text{ dm}^4$

| | Barre | I dm ⁴ | l (dm) | K = I/I ₀ | $\lambda = l/l_0$ | $\beta = K/\lambda$ |
|---------|-------|-------------------|--------|----------------------|-------------------|---------------------|
| Poutres | 4-4' | 212,63 | 91,5 | 1,9911 | 1,8827 | 1,0575 |
| | 3-3' | 212,63 | 91,5 | 1,9911 | 1,8827 | 1,0575 |
| | 2-2' | 212,63 | 91,5 | 1,9911 | 1,8827 | 1,0575 |
| | 1-1' | 212,63 | 91,5 | 1,9911 | 1,8827 | 1,0575 |
| Poteaux | 4-3 | 106,79 | 48,6 | 1 | 1 | 1 |
| | 3-2 | 106,79 | 48,6 | 1 | 1 | 1 |
| | 2-1 | 106,79 | 48,6 | 1 | 1 | 1 |
| | 1-0 | 106,79 | 32,4 | 1 | 0,6667 | 1,4999 |



les coefficients de correction:

$$A_{34} = 0,5094 \quad A_{23} = 0,5896 \quad A_{12} = 0,6128 \quad A_{01} = 0,6838$$

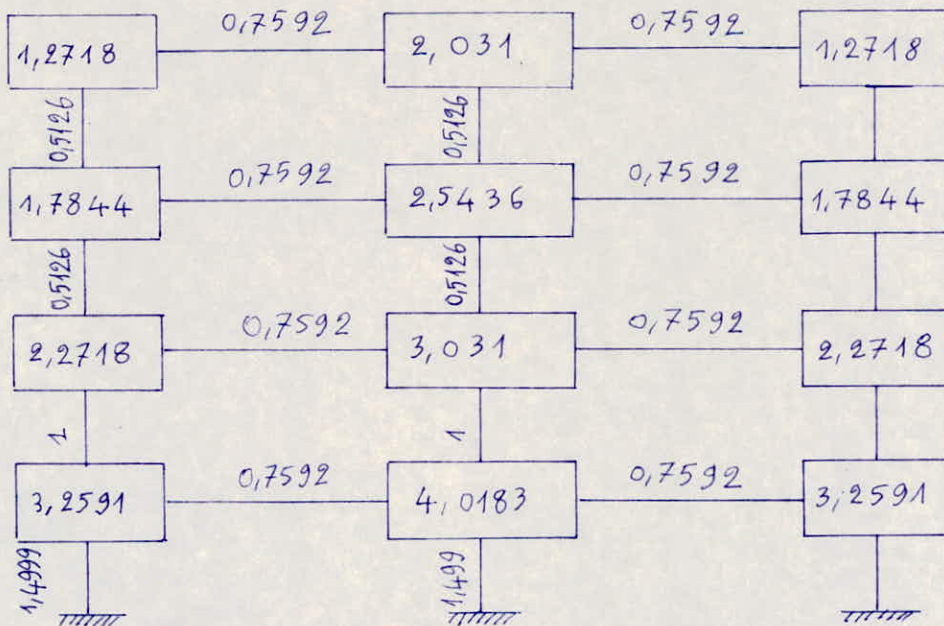
$$A'_{34} = 0,6355 \quad A'_{23} = 0,6797 \quad A'_{12} = 0,6947 \quad A'_{01} = 0,7562$$

Réigidité de niveau:

| Niv | coefficient A_{jk} | | Réglrel | - | coeffi rigidité π_{jk} | | η_k | Régit/m rel'at de niveau |
|-----|----------------------|--------|-------------|----------------|----------------------------|--------|----------|--------------------------|
| | A | A' | ρ_{jk} | λ_{jk} | π | π' | | |
| 4 | 0,5094 | 0,6355 | 1 | 1 | 0,5094 | 0,6355 | 1,6543 | 6980,86 |
| 3 | 0,5896 | 0,6797 | 1 | 1 | 0,5896 | 0,6797 | 1,8589 | 7844,24 |
| 2 | 0,6128 | 0,6947 | 1 | 1 | 0,6128 | 0,6947 | 1,9203 | 8103,34 |
| 1 | 0,6838 | 0,7562 | 1,4999 | 0,6667 | 2,3074 | 2,5517 | 7,1665 | 30241,41 |

b/ Portique longitudinal central : Bloc A1 $I_0 = 148,76 \text{ dm}^4$.

| | Barre | $I (\text{dm}^4)$ | $l (\text{dm})$ | $K = I/I_0$ | $k = l/l_0$ | $\rho = K/\lambda$ |
|---------|-------|-------------------|-----------------|-------------|-------------|--------------------|
| Poutres | 4-4' | 212,63 | 91,5 | 1,4293 | 1,8827 | 0,7592 |
| | 3-3' | 212,63 | 91,5 | 1,4293 | 1,8827 | 0,7592 |
| | 2-2' | 212,63 | 91,5 | 1,4293 | 1,8827 | 0,7592 |
| | 1-1' | 212,63 | 91,5 | 1,4293 | 1,8827 | 0,7592 |
| poteaux | 4-3 | 76,25 | 48,6 | 0,5126 | 1 | 0,5126 |
| | 3-2 | 76,25 | 48,6 | 0,5126 | 1 | 0,5126 |
| | 2-1 | 148,76 | 48,6 | 1 | 1 | 1 |
| | 1-0 | 148,76 | 32,4 | 1 | 0,6667 | 1,4999 |



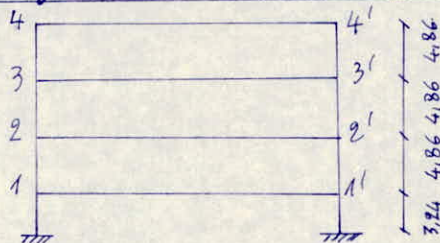
les coefficients de correction:

$$A_{34} = 0,5691 \quad A_{23} = 0,664 \quad A_{12} = 0,5411 \quad A_{01} = 0,6550.$$

$$A'_{34} = 0,6977 \quad A'_{23} = 0,7475 \quad A'_{12} = 0,6275 \quad A'_{01} = 0,7201$$

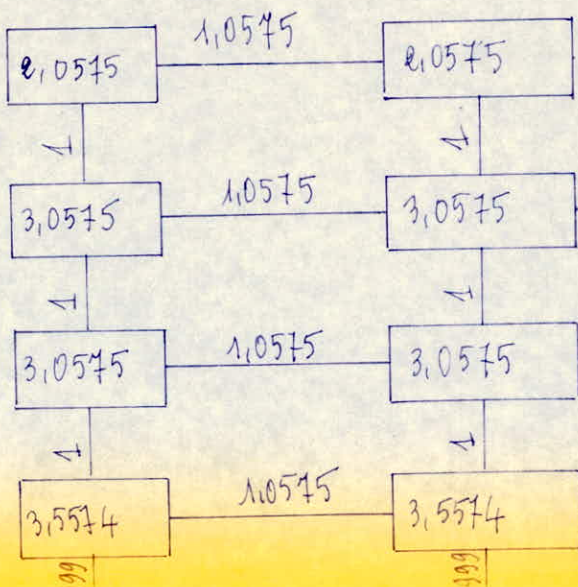
| Niv | A _{jk} | | Régl rel | - | coeff rigidité | | reg tot | Régl (t/m) rel de niveau |
|-----|-----------------|--------|----------|-----------------|----------------|---------|----------|--------------------------------|
| | A | A' | S | K _{jk} | η | η' | η_K | |
| 4 | 0,5691 | 0,6977 | 0,5126 | 1 | 0,2914 | 0,3576 | 0,941 | 5531,48 |
| 3 | 0,664 | 0,7475 | 0,5126 | 1 | 0,3403 | 0,3831 | 1,0637 | 6252,75 |
| 2 | 0,5411 | 0,6275 | 1 | 1 | 0,5411 | 0,6275 | 1,07097 | 6295,48 |
| 1 | 0,655 | 0,7201 | 1,4999 | 0,6667 | 2,210 | 2,4299 | 6,8499 | 40265,77 |

c/ Portique longitudinal de rive (sens y.y) Bloc A2 :



$$l_0 = 4,86 \text{ m} \quad I_0 = 106,79$$

| Barre | I (dm ⁴) | l (dm) | K = I/I ₀ | k = l/l ₀ | s = K/λ |
|-------|----------------------|--------|----------------------|----------------------|---------|
| 4-4' | 212,63 | 91,5 | 1,9911 | 1,8827 | 1,0575 |
| 3-3' | 212,63 | 91,5 | 1,9911 | 1,8827 | 1,0575 |
| 2-2' | 212,63 | 91,5 | 1,9911 | 1,8827 | 1,0575 |
| 1-1' | 212,63 | 91,5 | 1,9911 | 1,8827 | 1,0575 |
| 4-3 | 106,79 | 48,6 | 1 | 1 | 1 |
| 3-2 | 106,79 | 48,6 | 1 | 1 | 1 |
| 2-1 | 106,79 | 48,6 | 1 | 1 | 1 |
| 1-0 | 106,79 | 32,4 | 1 | 0,6667 | 1,4999 |



les coefficients de correction:

$$A_{34} = 0,5094$$

$$A_{23} = 0,5896$$

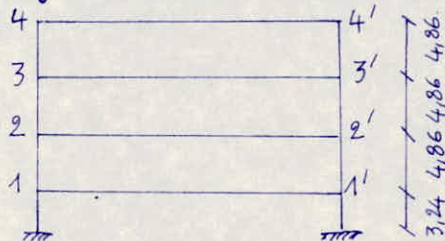
$$A_{12} = 0,6128$$

$$A_{01} = 0,6838$$

Réglité de Niveau

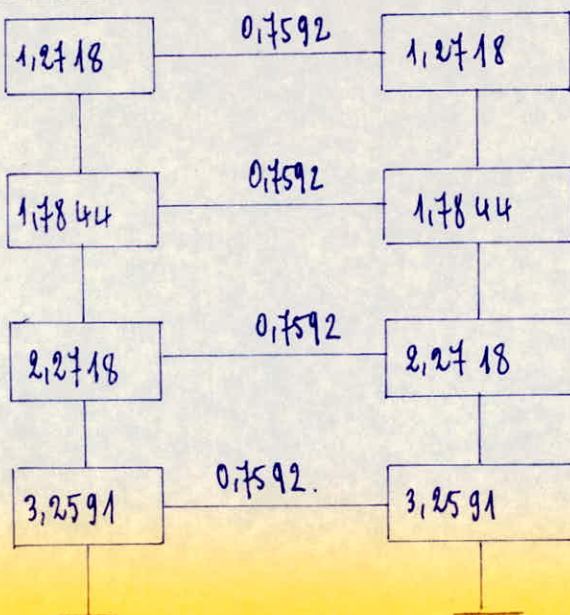
| Niv | - | regi relat | - | - | reg tot | Reg (cm rel de niveau) |
|-----|----------|-------------|----------|--------|----------|------------------------|
| | A_{jk} | ρ_{jk} | k_{jk} | η | η_K | |
| 4 | 0,5094 | 1 | 1 | 0,5094 | 1,0188 | 4299,16 |
| 3 | 0,5896 | 1 | 1 | 0,5896 | 1,1792 | 4976,02 |
| 2 | 0,6128 | 1 | 1 | 0,6128 | 1,2256 | 5171,82 |
| 1 | 0,6838 | 1,4999 | 0,6667 | 2,3074 | 4,6148 | 19473,67 |

d/ Portique longitudinal central (sens y.y) Bloc A2



$$l_0 = 4,86 \text{ m} \quad I_0 = 148,76 \text{ dm}^4$$

| Barre | $I \text{ (dm}^4)$ | $l \text{ (dm)}$ | $K = I/I_0$ | $k = l/l_0$ | $\rho = K/\lambda$ |
|-------|--------------------|------------------|-------------|-------------|--------------------|
| 4-4' | 212,63 | 91,5 | 1,4293 | 1,8827 | 0,7592 |
| 3-3' | 212,63 | 91,5 | 1,4293 | 1,8827 | 0,7592 |
| 2-2' | 212,63 | 91,5 | 1,4293 | 1,8827 | 0,7592 |
| 1-1' | 212,63 | 91,5 | 1,4293 | 1,8827 | 0,7592 |
| 4-3 | 76,25 | 48,6 | 0,5126 | 1 | 0,5126 |
| 3-2 | 76,25 | 48,6 | 0,5126 | 1 | 0,5126 |
| 2-1 | 148,76 | 48,6 | 1 | 1 | 1 |
| 1-0 | 148,76 | 32,4 | 1 | 0,6667 | 1,4999 |



les coefficients de correction

$$A_{34} = 0,5691 \quad A_{23} = 0,664 \quad A_{12} = 0,5411 \quad A_0 = 0,655.$$

| Niv | A _{jk} | regi relat | | | η | Régi de niveau (t/m) |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|----------------------|
| | | β _{jk} | λ _{jk} | μ _{jk} | | |
| 4 | 0,5691 | 0,5126 | 1 | 0,2917 | 0,5834 | 3429,4 |
| 3 | 0,664 | 0,5126 | 1 | 0,3403 | 0,6808 | 4000,77 |
| 2 | 0,5411 | 1 | 1 | 0,5411 | 1,0822 | 6361,5 |
| 1 | 0,655 | 1,4999 | 0,6667 | 2,21 | 4,42 | 25982,08 |

la rigidité de niveau (totale) pour tous les poteaux situés entre j et k est $R_{kj} = \sum_{l=1}^3 R_{kj}^{(l)}$

| Bloc A1 | | | Bloc A2 | |
|---------|------------|-----------|------------|-----------|
| Niv | Régi (t/m) | Masse (t) | Régi (t/m) | Masse (t) |
| 4 | 19493,2 | 247 | 12027,72 | 135 |
| 3 | 21941,23 | 404 | 13952,81 | 220 |
| 2 | 22502,16 | 407 | 16705,14 | 221 |
| 1 | 100748,59 | 399 | 64929,42 | 210 |

Bloc A1

$$\omega_1^2 = 118.$$

$$\phi_4 = 1$$

$$\phi_3 = 0,8476$$

$$\phi_2 = 0,5245$$

$$\phi_1 = 0,0953$$

$$\phi_0 = -0,005$$

$$\Rightarrow T_y = \frac{2\pi}{\omega} = 0,578 \text{ s}$$

Bloc A2

$$\omega_1^2 = 150$$

$$\phi_4 = 1$$

$$\phi_3 = 0,8316$$

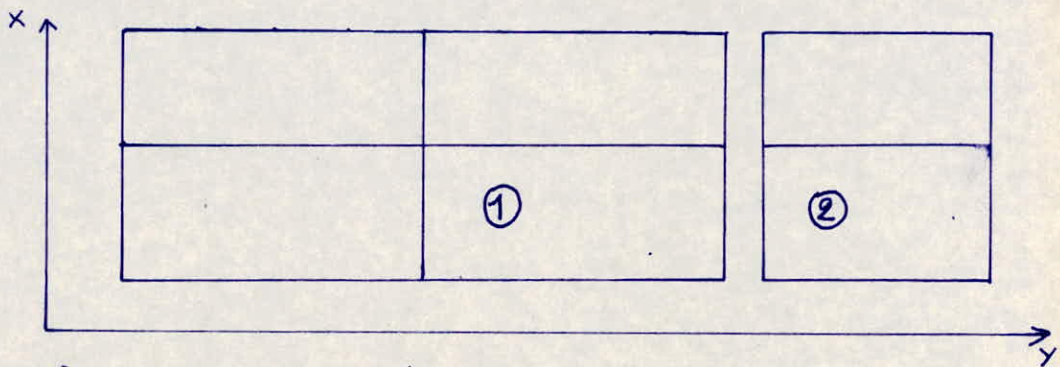
$$\phi_2 = 0,4898$$

$$\phi_1 = 0,1071$$

$$\phi_0 = 0,003$$

$$\Rightarrow T_y = \frac{2\pi}{\omega} = 0,513 \text{ s}$$

Récapitulatif



Bloc A1 •

$$T_x = 0,586 \text{ s}$$

$$T_y = 0,578 \text{ s}$$

BLOC A2

$$T_x = 0,53 \text{ s}$$

$$T_y = 0,513 \text{ s}$$

dans tous les cas, la période est inférieure à 0,7 s
donc on n'a négligé l'incidence du 2^{ème} et 3^{ème} mode.
et on a tenu compte que du 1^{er} mode.

la période forfaitaire $T = 0,4 \text{ s}$ donne $D = 2$.

la plus petite période $T = 0,513 \text{ s}$ donne $D = 1,97$

la plus grande période $T = 0,586 \text{ s}$ donne $D = 1,85$

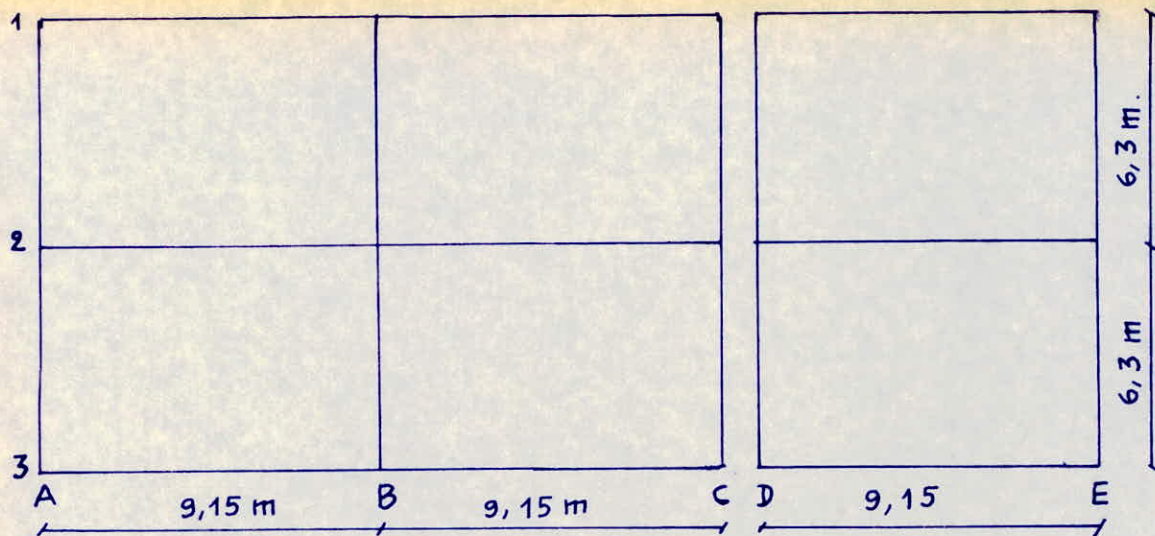
dans les 2 cas, la variation sur D est inférieure à
20% (RPA)

c'est pourquoi, on travaille avec la Période.

Forfaitaire ($T = 0,4 \text{ s}$) en prenant $D = 2$ dans tous les
cas.

Notation des portiques :

calcul des Régidités (d'après Muto)



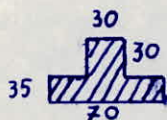
1. Portiques transversaux : A. B. C. D. E :

Poutres : $b \cdot h_f = 35 \cdot 70$

poteaux de rive : section en T :

= centraux : section carré : Niv 1,2 : 65×65

Niv 3.4 : 55×55



| Niv | h_0 (cm) | l_0 (cm) | $\frac{a}{2}$ $\frac{cm}{cm}$ | $\frac{h_p}{2}$ $\frac{cm}{cm}$ | (cm) $h_0 + \frac{a}{2}$ | (cm) $l_0 + \frac{h_p}{2}$ | I_{10^6} (m^4) Poutre | I_{10^6} (m^4) Pot Riv | I_{10^6} m^4 Pot cent | K 10^6 Poutre | K 10^6 P de Rive | K 10^6 Pot Central |
|-----|---------------|---------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| 4 | 416 | 585 | 45 22,5 | 70 35 | 438,5 | 620 | 10004,16 | 10128,31 | 7625,52 | 1613,57 | 2309,76 | 1739,00 |
| 3 | 416 | 585 | 45 22,5 | 70 35 | 438,5 | 620 | = | 10128,31 | 7625,52 | 1613,57 | 2309,76 | 1739,00 |
| 2 | 416 | 580 | 50 25 | 70 35 | 441 | 615 | = | 10128,31 | 14875,5 | 1626,69 | 2296,67 | 3373,13 |
| 1 | 254 | 580 | 50 25 | 70 35 | 279 | 615 | = | 10128,31 | 14875,5 | 1626,69 | 3630,22 | 5331,73 |

2. Portiques longitudinaux : (1.3) : poutres 35x90

| Niv | h_0 cm. | l_0 cm | $\frac{a}{2}$ $\frac{cm}{cm}$ | $\frac{h_p}{2}$ $\frac{cm}{cm}$ | (cm) $h_0 + \frac{a}{2}$ | $l_0 + \frac{h_p}{2}$ | I_{10^6} (m^4) Poutre | I_{10^6} Pot | K 10^6 Poutre | K 10^6 Pot |
|-----|--------------|-------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| 4 | 396 | 845 | 70 35 | 90 45 | 431 | 890 | 21262,5 | 10679,16 | 2389,04 | 2477,76 |
| 3 | 396 | 845 | 70 35 | 90 45 | 431 | 890 | = | = | = | = |
| 2 | 396 | 845 | 70 35 | 90 45 | 431 | 890 | = | = | = | = |
| 1 | 234 | 845 | 70 35 | 90 45 | 269 | 890 | = | = | = | 3969,95 |

Portique longitudinal : 2.

| Niv | l_0 cm | h_0 cm | a (cm) a/2 (cm) | h_p cm h _p /2 | (cm) $h_0 + a/2$ | (cm) $l_0 + h_p$ | $I 10^6$ (m ⁴) Poutre | $I 10^6$ (m ⁴) Pot | $K 10^6$ Poutre | $K 10^6$ Pot |
|-----|-------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|---|--------------------------------------|--------------------|-----------------|
| 4 | 860 | 396 | 55 27,5 | 90 45 | 423,5 | 905 | 21262,5 | 7625,52 | 2349,45 | 1800,59 |
| 3 | 860 | 396 | 55 27,5 | 90 45 | 423,5 | 905 | = | 7625,52 | 2349,45 | 1800,59 |
| 2 | 850 | 396 | 65 32,5 | 90 45 | 428,5 | 895 | = | 14875,52 | 2375,69 | 3471,53 |
| 1 | 850 | 234 | 65 32,5 | 90 45 | 266,5 | 895 | = | 14875,52 | 2375,69 | 5581,81 |

3. calcul des Rigidités de niveau des portiques:

A. Portique transversal:

| Niv | Pot | h(cm) | $I 10^6$ pot | $K 10^6$ | \bar{k} | a_j | $a_j K_p$ | r_j (t/m) | R_j (t/m) |
|-----|-----|-------|--------------|----------|-----------|--------|-----------|-------------|-------------|
| 4.3 | 1.3 | 438,5 | 10128,31 | 2309,76 | 0.6986 | 0.2588 | 597,76 | 1423,2 | 4.839,15 |
| | 2 | 438,5 | 7625,52 | 1739,00 | 1.8557 | 0.4813 | 836,98 | 1992,75 | |
| 3.2 | 1.3 | 438,5 | 10128,31 | 2309,76 | 0.7014 | 0.2596 | 599,61 | 1427,59 | 4852,06 |
| | 2 | 438,5 | 7625,52 | 1739,00 | 1.8633 | 0.4823 | 838,72 | 1996,88 | |
| 2.1 | 1.3 | 441 | 10128,52 | 2296,67 | 0.7082 | 0.2615 | 600,579 | 1413,74 | 5412,02 |
| | 2 | 441 | 14875,52 | 3373,13 | 0.9645 | 0.3255 | 1097,954 | 2584,54 | |
| 1.0 | 1.3 | 279 | 10128,31 | 3630,22 | 0.4481 | 0.3873 | 1405,984 | 8268,9 | 29872,58 |
| | 2 | 279 | 14875,52 | 5331,73 | 0.6102 | 0.4253 | 2267,35 | 13334,78 | |

B. Portique longitudinal de rive:

B. Portique longitudinal de RIVE:

| Niv | Pot | h(cm) | $I \cdot 10^6 (m^4)$ | $K \cdot 10^6$ _{Pot} | \bar{K} | a_j | $a_j K_p$ | $r_j (t/m)$ | $R_j (t/m)$ |
|-----|-----|-------|----------------------|-------------------------------|-----------|--------|-----------|-------------|-------------|
| 4-3 | A-C | 431 | 10679,16 | 2477,76 | 0.9642 | 0.3253 | 806.0 | 1986,35 | 6969,67 |
| | B | 431 | 10679,16 | = | 1.9283 | 0.4908 | 1216,08 | 2996,97 | |
| | D-E | 431 | = | = | 0.9642 | 0.3253 | 806.0 | 1986,35 | 3972,7 |
| 3-2 | A-C | 431 | = | = | 0.9642 | 0.3253 | 806.0 | 1986,35 | 6969,67 |
| | B | 431 | = | = | 1.9283 | 0.4908 | 1216,08 | 2996,97 | |
| | D-E | 431 | = | = | 0.9642 | 0.3253 | 806.0 | 1986,35 | 3972,7 |
| 2-1 | A-C | 431 | = | = | 0.9642 | 0.3253 | 806.0 | 1986,35 | 6969,67 |
| | B | 431 | = | = | 1.9283 | 0.4908 | 1216,08 | 2996,97 | |
| | D-E | 431 | = | = | 0.9642 | 0.3253 | 806.0 | 1986,35 | 3972,7 |
| 1-0 | A-C | 269 | = | 3969,95 | 0.6017 | 0.4234 | 1680.87 | 10634,21 | 34622,76 |
| | B | 269 | = | 3969,95 | 1.2035 | 0.5317 | 2110.82 | 13354,34 | |
| | D-E | 269 | = | 3969,95 | 0.6017 | 0.4234 | 1680.87 | 10634,21 | 21268,42 |

C. Portique longitudinal central:

| Niv | Pot | h(cm) | $I \cdot 10^6 (m^4)$ | $\bar{K} \cdot 10^6$ | $K \cdot 10^6$ _{Pot} | a_j | $a_j K_p$ | $r_j (t/m)$ | $R_j (t/m)$ |
|-----|-----|-------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------|-----------|-------------|-------------|
| 4-3 | A-C | 423,5 | 7625,52 | 1.3048 | 1800.59 | 0.3948 | 710,87 | 1814,51 | 6230,85 |
| | B | 423,5 | 7625,52 | 2.6096 | 1800.59 | 0.5661 | 1019,32 | 2601,83 | |
| | D-E | 423,5 | 7625,52 | 1.3048 | 1800.59 | 0.3948 | 710,87 | 1814,51 | 3629,02 |
| 3-2 | A-C | 423,5 | 7625,52 | 1.3048 | 1800.59 | 0.3948 | 710,87 | 1814,51 | 6230,85 |
| | B | 423,5 | 7625,52 | 2.6096 | 1800.59 | 0.5661 | 1019,32 | 2601,83 | |
| | D-E | 423,5 | 7625,52 | 1.3048 | 1800.59 | 0.3948 | 710,87 | 1814,51 | 3629,02 |
| 2-1 | A-C | 428,5 | 14875,52 | 0.6767 | 3471,53 | 0.2528 | 877,60 | 2188,12 | 7869,62 |
| | B | 428,5 | 14875,52 | 1.3535 | 3471,53 | 0.4036 | 1401,11 | 3493,38 | |
| | D-E | 428,5 | 14875,52 | 0.6767 | 3471,53 | 0.2528 | 877,6 | 2188,12 | 4376,24 |
| 1-0 | A-C | 266,5 | 14875,52 | 0.4209 | 5581,81 | 0.3804 | 2123,60 | 13686,64 | 44359,23 |
| | B | 266,5 | 14875,52 | 0.8418 | 5581,81 | 0.4721 | 2635,17 | 16985,95 | |
| | D-E | 266,5 | 14875,52 | 0.4209 | 5581,81 | 0.3804 | 2123,32 | 13686,64 | 27373,28 |

calcul des rigidités relatives d'étage (R_j).

Rigidité transversale (R_j^t).

| $R_j^{(t)}$ (Bloc A1) | Niveaux | Bloc A2 $R_j^{(t)}$ (t/m) |
|--------------------------------|---------|--------------------------------|
| $3 \times 4839,15 = 14517,45$ | 4 | $2 \times 4839,15 = 9678,3$ |
| $3 \times 4852,06 = 14556,18$ | 3 | $2 \times 4852,06 = 9704,12$ |
| $3 \times 5412,02 = 16236,06$ | 2 | $2 \times 5412,02 = 10824,04$ |
| $3 \times 29872,58 = 89617,74$ | 1 | $2 \times 29872,58 = 59745,16$ |

Rigidité longitudinale (R_j^l).

| $R_j^{(l)}$ Bloc A1 t/m | Niveaux | $R_j^{(l)}$ Bloc A2 t/m. |
|--|---------|--|
| $2 \times 6969,67 = 20170,19$ $+ 1 \times 6230,85$ | 4 | $2 \times 3972,7 + 3629,09 =$ $11574,42$ |
| $2 \times 6969,67 = 20170,19$ $1 \times 6230,85$ | 3 | $2 \times 3972,7 + 3629,29 =$ $11574,42$ |
| $2 \times 6969,67 = 21808,96$ $1 \times 7869,62$ | 2 | $2 \times 3972,7 + 4376,24 =$ $12321,64$ |
| $2 \times 34622,76 = 113604,75$ $1 \times 44359,23$ | 1 | $2 \times 21268,42 + 27373,28 =$ $69910,12$ |

calcul des Régidités de Torsion $R_{j\theta}$ de niveau:

a. Détermination du centre de torsion:

comme l'édifice présente une symétrie dans les 2 sens, il est inutile de calculer les coordonnées du centre de Torsion car il se trouve confondu avec le centre de Masse, on admet alors une excentricité théorique (accidentelle) de 5% de la plus grande dimension soit:

$$\text{Bloc A}_1 - e = \frac{5 \cdot 18,30}{100} = 0,915 \text{ m.}$$

$$\text{Bloc A}_2 - e = \frac{5 \cdot 12,60}{100} = 0,63 \text{ m.}$$

b. calcul de la régidité:

elle est donnée par la formule suivante:

$$R_{j\theta} = \sum_{t=1}^{t=k} R_{jy}^{(t)} [x_j^t]^2 + \sum_{l=1}^{l=3} R_{jx}^{(l)} [y_j^{(l)}]^2$$

Bloc A₁

| Niv | $R_{1y}^{(t)}$ | $R_{1.3x}^{(l)}$ | $R_{2x}^{(l)}$ | $\sum x_j^2$ | y_1^2 | y_2^2 | y_3^2 | $R_{j\theta} (t/m)$ |
|-----|----------------|------------------|----------------|--------------|---------|---------|---------|---------------------|
| 4 | 4839,15 | 6969,67 | 6230,85 | 169,95 | 28,998 | 0,8372 | 52,056 | $1,39 \cdot 10^6$ |
| 3 | 4852,06 | 6969,67 | 6230,85 | 169,95 | 28,998 | 0,8372 | 52,056 | $1,39 \cdot 10^6$ |
| 2 | 5412,02 | 6967,67 | 7869,62 | 169,95 | 28,998 | 0,8372 | 52,056 | $1,49 \cdot 10^6$ |
| 1 | 29872,58 | 34622,76 | 44359,23 | 169,95 | 28,998 | 0,8372 | 52,056 | $7,92 \cdot 10^6$ |

Bloc A₂

| Niv | $R_{1y}^{(t)}$ | $R_{1.3x}^{(l)}$ | $R_{2x}^{(l)}$ | $\sum x_j^2$ | y_1^2 | y_2^2 | y_3^2 | $R_{j\theta} (t/m)$ |
|-----|----------------|------------------|----------------|--------------|---------|---------|---------|---------------------|
| 4 | 4839,15 | 3972,7 | 3629,02 | 42,655 | 32,15 | 0,4 | 48,025 | $0,53 \cdot 10^6$ |
| 3 | 4852,06 | 3972,7 | 3629,02 | 42,655 | 32,15 | 0,4 | 48,025 | $0,53 \cdot 10^6$ |
| 2 | 5412,02 | 3972,7 | 4376,24 | 42,655 | 32,15 | 0,4 | 48,025 | $0,55 \cdot 10^6$ |
| 1 | 29872,58 | 21268,4 | 27373,28 | 42,655 | 32,15 | 0,4 | 48,025 | $2,99 \cdot 10^6$ |

calcul sismique :

Force sismique $V = A.B.D.Q.W$

calcul des coefficients :

$A = 0,25$ (Zone II, Groupe d'usage 1).

$B = 0,25$ (contreventement assuré par des portiques).

$Q = 1,4$ (Facteur de qualité, donné par la Formule

$Q = 1 + \sum Pq$. où Pq est la pénalité qui dépend de l'observation ou non du critère de qualité q).

$D = 2$ (Facteur d'amplification dynamique Moyen, ~~est~~ déterminé d'après le type du sol en fonction de la période T).

la période T est déterminé par la Formule Forçitaire

$$T = 0,01 N = 0,01 \cdot 4 = 0,4 s$$

$T = 0,4 s$, sol meuble $\Rightarrow D = 2$.

calcul du poids W :

$W = 1457 t$ (Poids de la structure soumise à l'action sismique).

Pour le calcul de w (voir le calcul des Masses sismiques).

distribution des Forces latérales :

la distribution en Hauteur est la suivante :

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i \quad F_t = 0 \quad (T < 0,7 s).$$

l'effort Horizontal V doit être distribué sur la hauteur suivant la formule suivante :

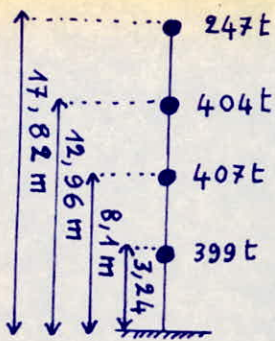
$$F_k = (V - F_t) \frac{w_k h_k}{\sum w_i h_i}$$

F_k = effort Horizontal au niveau K .

$w_{i,k}$ = Partie de w qui se trouve au niveau i, K respectivement.

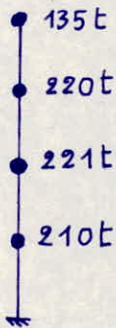
Modélisation sous forme de console :

* $V = 254,97 \text{ t.}$ (Bloc 1. A).



| Niv | h(m) | $W_k(t)$ | $W_k h_k$ | $\sum w_i h_i$ | $F_k(t)$ | $F_k^{(c)}$ |
|-----|-------|----------|-----------|----------------|----------|-------------|
| 4 | 17,82 | 247 | 4401,54 | = | 78,88 | 78,88 |
| 3 | 12,96 | 404 | 5235,84 | 14226,84 | 93,84 | 172,72 |
| 2 | 8,1 | 407 | 3296,7 | = | 59,08 | 231,8 |
| 1 | 3,24 | 399 | 1292,76 | = | 23,17 | 254,97 |

* $W = 786 \text{ t} \Rightarrow V = 137,55 \text{ t.}$ (Bloc 2. A)



| Niv | h(m) | $W_k(t)$ | $W_k h_k$ | $\sum w_i h_i$ | $F_k(t)$ | $F_k^{(c)}$ |
|-----|-------|----------|-----------|----------------|----------|-------------|
| 4 | 17,82 | 135 | 2405,7 | = | 42,82 | 42,82 |
| 3 | 12,96 | 220 | 2851,2 | 7727,4 | 50,75 | 93,57 |
| 2 | 8,1 | 221 | 1790,1 | = | 31,86 | 125,43 |
| 1 | 3,24 | 210 | 680,4 | = | 12,11 | 137,54 |

Détermination de l'effort tranchant (τ_j) revenant à chaque Portique.

L'effort tranchant de niveau (τ_j) s'applique au centre de Gravité G. mais comme on a une rotation du plancher autour du centre de Torsion T. alors τ_j appliqué en G est équivalent à τ_j appliqué en T plus un couple de Torsion $M_j = \tau_j \cdot e$.
d'où l'effort tranchant revenant à chaque portique :

Portiques Transversaux:

$$T_{jy} = \tau_{jy} \frac{R_{jy}^{(t)}}{R_{jy}} + \tau_{jy} \frac{R_{jy}^{(t)}}{R_{j\theta}} X_j X_G$$

Portiques longitudinaux:

$$T_{jx} = \tau_{jx} \frac{R_{jx}^{(l)}}{R_{jx}} + \tau_{jx} \frac{R_{jx}^{(l)}}{R_{j\theta}} Y_i Y_G$$

- $R_{j,y,x}$ = Régidité du portique considéré.
- $R_{j,y,x}$ = " d'étage dans le sens considéré.
- $R_{j\theta}$ = " à la Torsion.

sens longitudinal:

| Portiques | | 1 | 2 | 3 | 1' | 2' | 3' |
|-----------|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | $y_i y_g$ | -4,93 | +0,84 | +6,6 | -3,57 | +0,397 | +4,366 |
| | $R_{jx}^{(e)} / R_{jx}$ | 0,3455 | 0,3089 | 0,3455 | 0,3432 | 0,3135 | 0,3432 |
| Niv 4 | $R_{jx}^{(e)} / R_{j\theta}$ | $5 \cdot 10^{-3}$ | $4,48 \cdot 10^{-3}$ | $5 \cdot 10^{-3}$ | $7,55 \cdot 10^{-3}$ | $6,89 \cdot 10^{-3}$ | $7,55 \cdot 10^{-3}$ |
| | T_{4x} | | 78,88 t | | | 42,82 t | |
| | T_{4x} | 27,25 t | 24,66 t | 29,85 t | 14,69 t | 13,54 t | 16,11 t |
| Niv 3 | $R_{jx}^{(e)} / R_{j\theta}$ | $5 \cdot 10^{-3}$ | $4,48 \cdot 10^{-3}$ | $5 \cdot 10^{-3}$ | $7,54 \cdot 10^{-3}$ | $6,88 \cdot 10^{-3}$ | $7,54 \cdot 10^{-3}$ |
| | T_{3x} | | 172,72 t | | | 93,57 t | |
| | T_{4x} | 59,67 t | 54 t | 65,37 t | 32,11 t | 29,59 t | 35,19 t |
| Niv 2 | $R_{jx}^{(e)} / R_{j\theta}$ | $4,68 \cdot 10^{-3}$ | $5,28 \cdot 10^{-3}$ | $4,68 \cdot 10^{-3}$ | $7,21 \cdot 10^{-3}$ | $7,94 \cdot 10^{-3}$ | $7,21 \cdot 10^{-3}$ |
| | T_{2x} | | 231,8 t | | | 125,43 t | |
| | T_{2y} | 74,08 t | 84,66 t | 81,24 t | 40,44 t | 44,95 t | 44,38 t |
| Niv 1 | $R_{jx}^{(e)} / R_{j\theta}$ | $4,37 \cdot 10^{-3}$ | $5,6 \cdot 10^{-3}$ | $4,37 \cdot 10^{-3}$ | $7,11 \cdot 10^{-3}$ | $9,15 \cdot 10^{-3}$ | $7,11 \cdot 10^{-3}$ |
| | T_{1x} | | 254,97 t | | | 137,54 t | |
| | T_{1x} | 77,69 t | 100,74 t | 85,04 t | 41,84 t | 54,35 t | 46,11 t |

sens transversal:

| Portiques | | A | B | C | D | E |
|-----------|------------------------------------|----------------|---------|---------|----------------|---------|
| | $X_j X_G$ | + 9,21 | + 0,84 | - 7,54 | + 3,28 | - 2,485 |
| | $R_{jy}^{(t)} / R_{j\theta}^{(t)}$ | 0,333 | 0,333 | 0,333 | 0,5 | 0,5 |
| Niv 4 | $R_{jy}^{(t)} / R_{j\theta}$ | 3,48 10^{-3} | | | 9,2 10^{-3} | |
| | τ_{4y} | 78,88 t | | | 42,82 t | |
| | T_{4y} | 28,82 t | 26,53 t | 26,29 t | 22,7 t | 21,41 t |
| Niv 3 | $R_{jy}^{(t)} / R_{j\theta}$ | 3,49 10^{-3} | | | 9,2 10^{-3} | |
| | τ_{3y} | 172,72 t | | | 93,57 t | |
| | T_{3y} | 63,12 t | 58,08 t | 57,57 t | 49,61 t | 46,78 t |
| Niv 2 | $R_{jy}^{(t)} / R_{j\theta}$ | 3,63 10^{-3} | | | 9,82 10^{-3} | |
| | τ_{2y} | 231,8 t | | | 125,43 t | |
| | T_{3y} | 85,01 t | 77,97 t | 77,27 t | 66,75 t | 62,71 t |
| Niv 1 | $R_{jy}^{(t)} / R_{j\theta}$ | 3,77 10^{-3} | | | 9,99 10^{-3} | |
| | τ_{1y} | 254,97 t | | | 137,54 t | |
| | T_{1y} | 93,84 t | 85,79 t | 84,99 t | 73,28 t | 68,77 t |

calcul de l'effort tranchant revenant à chaque poteau:
 Théorie idem que celle du Bloc 1 : A-Portiques transversaux:

| A - A | | | Pot | 1 | 2 | 3 |
|-------|----------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| Niv | $T_j(t)$ | D_j | | | | |
| 4 | 28,82 | 2032,51 | $a_j K_j$ | 597,766 | 836,98 | 597,76 |
| | | | $t_j(t)$ | 8,47 | 11,88 | 8,47 |
| 3 | 63,12 | 2037,94 | $a_j K_j$ | 599,61 | 838,72 | 599,61 |
| | | | $t_j(t)$ | 18,57 | 25,98 | 18,57 |
| 2 | 85,01 | 2299,11 | $a_j K_j$ | 600,58 | 1097,95 | 600,58 |
| | | | $t_j(t)$ | 22,2 | 40,61 | 22,2 |
| 1 | 93,84 | 5079,32 | $a_j K_j$ | 1405,98 | 2267,35 | 1405,98 |
| | | | $t_j(t)$ | 25,97 | 41,9 | 25,97 |

| D - D | | | Pot | 1 | 2 | 3 |
|-------|----------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| Niv | $T_j(t)$ | D_j | | | | |
| 4 | 22,7 | 2032,51 | $a_j K_j$ | 597,76 | 836,98 | 597,76 |
| | | | $t_j(t)$ | 6,67 | 9,35 | 6,67 |
| 3 | 49,61 | 2037,94 | $a_j K_j$ | 599,61 | 838,72 | 599,61 |
| | | | $t_j(t)$ | 14,59 | 20,42 | 14,59 |
| 2 | 66,75 | 2299,11 | $a_j K_j$ | 600,58 | 1097,95 | 600,58 |
| | | | $t_j(t)$ | 17,44 | 31,88 | 17,44 |
| 1 | 73,28 | 5079,32 | $a_j K_j$ | 1405,98 | 2267,35 | 1405,98 |
| | | | $t_j(t)$ | 20,28 | 32,71 | 20,28 |

Portiques longitudinaux :

| 2 - 2' | | central | Pot | A | B | C | D | E | | |
|--------|--------------------|----------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|--------------------|
| Niv | T _j (t) | D _j | | | | | | | D _j | T _j (t) |
| 4 | 24,66 | 2441,06 | a _j K _j | 710,87 | 1019,32 | 710,87 | 710,87 | 710,87 | 1421,74 | 13,54 |
| | | | t _j (t) | 7,18 | 10,3 | 7,18 | 6,77 | 6,77 | | |
| 3 | 54 | 2441,06 | a _j K _j | 710,87 | 1092,32 | 710,87 | 710,87 | 710,87 | 1421,74 | 29,59 |
| | | | t _j (t) | 15,73 | 22,54 | 15,73 | 14,79 | 14,79 | | |
| 2 | 84,66 | 3156,31 | a _j K _j | 877,6 | 1401,11 | 877,6 | 877,6 | 877,6 | 1755,2 | 44,95 |
| | | | t _j (t) | 23,54 | 37,58 | 23,54 | 22,47 | 22,47 | | |
| 1 | 100,74 | 6881,81 | a _j K _j | 2123,32 | 2653,17 | 2123,32 | 2123,32 | 2123,32 | 4246,64 | 54,35 |
| | | | t _j (t) | 31,08 | 38,58 | 31,08 | 27,17 | 27,17 | | |

| 3-3' (Rive) | | | Pot | A | B | C | D | E | | |
|-------------|--------------------|----------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|--------------------|
| Niv | T _j (t) | D _j | | | | | | | D _j | T _j (t) |
| 4 | 29,85 | 2828,08 | a _j K _j | 806 | 1216,08 | 806 | 806 | 806 | 1612 | 16,11 |
| | | | t _j (t) | 8,5 | 12,84 | 8,5 | 8,05 | 8,05 | | |
| 3 | 65,37 | 2828,08 | a _j K _j | 806 | 1216,08 | 806 | 806 | 806 | 1612 | 35,19 |
| | | | t _j (t) | 18,63 | 28,11 | 18,63 | 17,59 | 17,59 | | |
| 2 | 81,24 | 2828,08 | a _j K _j | 806 | 1216,08 | 806 | 806 | 806 | 1612 | 44,38 |
| | | | t _j (t) | 23,15 | 34,94 | 23,15 | 22,19 | 22,19 | | |
| 1 | 85,04 | 5472,56 | a _j K _j | 1680,87 | 2110,82 | 1680,87 | 1680,87 | 1680,87 | 3361,74 | 46,11 |
| | | | t _j (t) | 26,19 | 32,8 | 26,19 | 23,05 | 23,05 | | |

calcul des Moments dans les poteaux :

Portique A. A.

| Niv | File | \bar{K} | γ_0 | γ_1 | γ_2 | γ_3 | γ | $\gamma h = z$ | $h - z$ | $t_x(t)$ | M_{sup} | M_{inf} |
|-----|------|-----------|------------|------------|------------|------------|----------|----------------|---------|----------|-----------|-----------|
| 4 | 1-3 | 0.698 | 0.35 | / | / | / | 0,35 | 1,701 | 3.159 | 8.47 | 26.75 | 14,41 |
| | 2 | 1.856 | 0.44 | / | / | / | 0.44 | 2,153 | 2.707 | 11.88 | 32.16 | 25,57 |
| 3 | 1-3 | 0.701 | 0.4 | / | / | / | 0.4 | 1.944 | 2.916 | 18.57 | 54,15 | 36,1 |
| | 2 | 1.863 | 0.45 | / | / | / | 0,45 | 2.187 | 2.673 | 25.98 | 69.44 | 56.82 |
| 2 | 1-3 | 0.708 | 0.5 | / | / | / | 0,5 | 2,43 | 2.43 | 22.2 | 53.95 | 53.95 |
| | 2 | 0.9645 | 0.5 | / | / | / | 0,5 | 2,43 | 2.43 | 40.61 | 98,68 | 98.68 |
| 1 | 1-3 | 0.448 | 0.75 | / | / | / | 0,75 | 2,43 | 0.81 | 25.97 | 21.04 | 63.11 |
| | 2 | 0.610 | 0.7 | / | / | / | 0,7 | 2,27 | 0.972 | 41.9. | 40.73 | 95.03 |

Portique D. D

| Niv | File | \bar{K} | γ_0 | γ_1 | γ_2 | γ_3 | γ | $z = \gamma h$ | $h - z$ | $t_x(t)$ | M_{sup} | M_{inf} |
|-----|------|-----------|------------|------------|------------|------------|----------|----------------|---------|----------|-----------|-----------|
| 4 | 1-3 | 0.698 | 0.35 | / | / | / | 0.35 | 1.701 | 3.159 | 6.67 | 21.09 | 11.35 |
| | 2 | 1.856 | 0.44 | / | / | / | 0.44 | 2.153 | 2.707 | 9.35 | 25.3 | 20.13 |
| 3 | 1-3 | 0.701 | 0.4 | / | / | / | 0.4 | 1.944 | 2.916 | 14.59 | 42.56 | 28.37 |
| | 2 | 1.863 | 0.45 | / | / | / | 0.45 | 2.187 | 2.673 | 20.42 | 54.57 | 44.65 |
| 2 | 1-3 | 0.708 | 0.5 | / | / | / | 0.5 | 2.43 | 2.43 | 17.44 | 42.37 | 42.37 |
| | 2 | 0.9645 | 0.5 | / | / | / | 0.5 | 2.43 | 2.43 | 31.88 | 77.46 | 77.46 |
| 1 | 1-3 | 0.448 | 0.75 | / | / | / | 0.75 | 2.43 | 0.81 | 20.28 | 16.43 | 49.29 |
| | 2 | 0.610 | 0.7 | / | / | / | 0.7 | 2.27 | 0.972 | 32.71 | 31.79 | 74.19. |

Portique longitudinal central (2.2'):

| Niv | File | \bar{K} | Y_0 | Y | $Z=yh$ | $h-Z$ | $T_y(t)$ | $t_y(t)$ | M_{sup} | M_{inf} | M_{sup} | M_{inf} | $t_y(t)$ | $T_y(t)$ | File |
|-----|------|-----------|-------|-------|--------|-------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|------|
| 4 | A-C | 1,3048 | 0.415 | 0.415 | 2.017 | 2.843 | 24,66 | 7,18 | 20.41 | 11.48 | 19.25 | 13.66 | 6.77 | 13.54 | D |
| | B | 2,6096 | 0.45 | 0.45 | 2.187 | 2.673 | = | 10,3 | 27.54 | 22,53 | 19.25 | 13.66 | 6.77 | = | E |
| 3 | A-C | 1.3048 | 0.45 | 0.45 | 2.187 | 2.673 | 54 | 15,73 | 42.05 | 34.4 | 39.55 | 32.36 | 14.79 | 29.59 | D |
| | B | 2.6096 | 0.48 | 0.48 | 2.333 | 2.527 | = | 22,54 | 56.96 | 52.59 | 39.55 | 32.36 | 14.79 | = | E |
| 2 | A-C | 0.6767 | 0.5 | 0.5 | 2.43 | 2.43 | 84.66 | 23.54 | 57,2 | 57.2 | 54.62 | 54.62 | 22.47 | 44.95 | D |
| | B | 1.3535 | 0.5 | 0.5 | 2.43 | 2.43 | = | 37.58 | 91.32 | 91.32 | 54.62 | 54.62 | 22.47 | = | E |
| 1 | A-C | 0.4209 | 0.78 | 0.78 | 2.524 | 0.716 | 100.74 | 31.08 | 22.25 | 78.46 | 19.46 | 68.59 | 27.17 | 54.35 | D |
| | B | 0.8418 | 0.68 | 0.68 | 2.199 | 1.041 | = | 38.58 | 40.16 | 84.84 | 19.46 | 68.59 | 27.17 | = | E |

Portique longitudinal de rive (3.3'):

| Niv | File | \bar{K} | Y_0 | Y | $Z=yh$ | $h-Z$ | $T_y(t)$ | $t_y(t)$ | M_{sup} | M_{inf} | M_{sup} | M_{inf} | $T_y(t)$ | $T_y(t)$ | File |
|-----|------|-----------|-------|-------|--------|-------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|------|
| 4 | A-C | 0.9642 | 0.382 | 0.382 | 1.856 | 3,004 | 29,85 | 8,51 | 25,56 | 15,79 | 24,2 | 14.95 | 8.05 | 16,11 | D |
| | B | 1.9283 | 0.446 | 0.446 | 2.167 | 2.693 | = | 12,84 | 34,57 | 27,82 | 24,2 | 14.95 | 8.05 | = | E |
| 3 | A-C | 0.9642 | 0.45 | 0.45 | 2.187 | 2.673 | 65,37 | 18,63 | 49,8 | 40,75 | 47,03 | 38,48 | 17.59 | 35,19 | D |
| | B | 1.9283 | 0.45 | 0.45 | 2.187 | 2.673 | = | 28,11 | 75,14 | 61,48 | 47,03 | 38,48 | 17.59 | = | E |
| 2 | A-C | 0.9642 | 0.5 | 0.5 | 2.43 | 2.43 | 81,24 | 23,15 | 56,25 | 56,25 | 53,93 | 53.93 | 22.19 | 44,38 | D |
| | B | 1.9283 | 0.5 | 0.5 | 2.43 | 2.43 | = | 34,94 | 84,9 | 84,9 | 53,93 | 53.93 | 22.19 | = | E |
| 1 | A-C | 0.6017 | 0.7 | 0.7 | 2.268 | 0.972 | 85,04 | 26,12 | 25,39 | 59,24 | 22,41 | 52.29 | 23.05 | 46,11 | D |
| | B | 1.2035 | 0.63 | 0.63 | 2.038 | 1.202 | = | 32,8 | 39,43 | 66,85 | 22,41 | 52.29 | 23.05 | = | E |

Moments et efforts tranchants dans les poutres :

Portique transversal D.D :

| Niv | Nœud | M _a | M _b | M ₁ | M ₂ | M _w | M _e | M _t | T(t) |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 4 | 1 | 0 | 21.09 | 0 | 21.09 | 21.09 | 12.65 | +4.22 | -5,35 |
| | 2 | 0 | 25,3 | 12.65 | 12.65 | | | | |
| | 3 | 0 | 21,09 | 21.09 | 0 | 12.65 | 21.09 | -4.22 | -5,35 |
| 3 | 4 | 11,35 | 42.56 | 0 | 53.91 | 53.91 | 37.35 | +8,3 | -14,49 |
| | 5 | 20.13 | 54.57 | 37.35 | 37.35 | | | | |
| | 6 | 11.35 | 42.56 | 53.91 | 0 | 37,35 | 53.91 | -8,3 | -14,49 |
| 2 | 7 | 28.37 | 42.37 | 0 | 70.74 | 70.74 | 61.05 | +4,85 | -20,92 |
| | 8 | 44.65 | 77.46 | 61,05 | 61.05 | | | | |
| | 9 | 28.37 | 42.37 | 70.74 | 0 | 61.05 | 70.74 | -4,85 | -20,92 |
| 1 | 10 | 42.37 | 16.43 | 0 | 58.8 | 58,8 | 54,63 | +2.08 | -18 |
| | 11 | 77.46 | 31.79 | 54,63 | 54,63 | | | | |
| | 12 | 42.37 | 16.43 | 58,8 | 0 | 54.63 | 58.8 | -2.08 | -18 |

Portique transversal A-A :

| Niv | Nœud | M _a | M _b | M ₁ | M ₂ | M _w | M _e | M _t | T(t) |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 4 | 1 | 0 | 26,75 | 0 | 26,75 | 26,75 | 16,08 | +5,34 | -6,8 |
| | 2 | 0 | 32,16 | 16,08 | 16,08 | | | | |
| | 3 | 0 | 26,75 | 26,75 | 0 | 16,08 | 26,75 | -5,34 | -6,8 |
| 3 | 4 | 14,41 | 54,15 | 0 | 68,56 | 68,56 | 47,5 | +10,53 | -18,42 |
| | 5 | 25,57 | 69,44 | 47,5 | 47,5 | | | | |
| | 6 | 14,41 | 54,15 | 68,56 | 0 | 47,5 | 68,56 | -10,53 | -18,42 |
| 2 | 7 | 36,1 | 53,95 | 0 | 90,05 | 90,05 | 77,75 | +6,15 | -26,64 |
| | 8 | 56,82 | 98,68 | 77,75 | 77,75 | | | | |
| | 9 | 36,1 | 53,95 | 90,05 | 0 | 77,75 | 90,05 | -6,15 | -26,64 |
| 1 | 10 | 53,95 | 21,04 | 0 | 74,99 | 74,99 | 69,7 | +2,65 | -22,96 |
| | 11 | 98,68 | 40,73 | 69,7 | 69,7 | | | | |
| | 12 | 53,95 | 21,04 | 74,99 | 0 | 69,7 | 74,99 | -2,65 | -22,96 |

NB: les Efforts tranchants dans les poutres, ça représente les efforts normaux :

portique longitudinal central : Moments et efforts tranchants dans les poutres :

| Niv | Nœud | M _a | M _b | M ₁ | M ₂ | M _w | M _e | M _t | T | T | M _t | M _e | M _w | M _e | M ₁ | M _b | M _a | Nœud |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|
| 4 | 1 | 0 | 20,41 | 0 | 20,41 | 20,41 | 13,77 | +3,32 | -3,73 | -4,2 | 0 | 19,25 | 19,25 | 19,25 | 0 | 19,25 | 0 | 1' |
| | 2 | 0 | 27,54 | 13,77 | 13,77 | 13,77 | 20,41 | -3,32 | -3,73 | | | | | 0 | 19,25 | 19,25 | 0 | 3' |
| | 3 | 0 | 20,41 | 20,41 | 0 | | | | | | | | | 0 | 19,25 | 19,25 | 0 | 3' |
| 3 | 4 | 14,48 | 42,05 | 0 | 56,53 | 56,53 | 39,75 | +8,39 | -10,52 | -11,63 | 0 | 53,21 | 53,21 | 53,21 | 0 | 39,55 | 13,66 | 4' |
| | 5 | 22,53 | 56,96 | 39,75 | 39,75 | 39,75 | 56,53 | -8,39 | -10,52 | | | | | 0 | 53,21 | 39,55 | 13,66 | 6' |
| | 6 | 14,48 | 42,05 | 56,53 | 0 | | | | | | | | | 0 | 53,21 | 39,55 | 13,66 | 6' |
| 2 | 7 | 34,4 | 57,2 | 0 | 91,6 | 91,6 | 71,95 | +9,83 | -17,88 | -19 | 0 | 86,98 | 86,98 | 86,98 | 0 | 54,62 | 32,36 | 7' |
| | 8 | 52,59 | 91,32 | 71,95 | 71,95 | 71,95 | 91,6 | -9,83 | -17,88 | | | | | 0 | 86,98 | 54,62 | 32,36 | 9' |
| | 9 | 34,4 | 57,2 | 91,6 | 0 | | | | | | | | | 0 | 86,98 | 54,62 | 32,36 | 9' |
| 1 | 10 | 57,2 | 22,25 | 0 | 79,45 | 79,45 | 65,74 | -6,85 | -15,87 | -16,19 | 0 | 74,08 | 74,08 | 74,08 | 0 | 19,46 | 54,62 | 10' |
| | 11 | 91,32 | 40,16 | 65,74 | 65,74 | 65,74 | 79,45 | -6,85 | -15,87 | | | | | 0 | 74,08 | 19,46 | 54,62 | 12' |
| | 12 | 57,2 | 22,25 | 79,45 | 0 | | | | | | | | | 0 | 74,08 | 19,46 | 54,62 | 12' |

Efforts Normaux dans les poteaux :

| Niv | 4 | 3 | 2 | 1 |
|-----|-----------|------------|------------|-------------|
| | -3,73 (1) | -10,52 (4) | -17,88 (7) | -15,87 (10) |
| | 0 (2) | 0 (5) | 0 (8) | 0 (11) |
| | +3,73 (3) | +10,52 (6) | +17,88 (9) | +15,87 (12) |

| Niv | 4 | 3 | 2 | 1 |
|-----|-----------|-------------|----------|--------------|
| | -4,2 (1') | -11,63 (4') | -19 (7') | -16,19 (10') |
| | +4,2 (3') | +11,63 (6') | +19 (9') | +16,19 (12') |

Portique longitudinal de Rive: Moments et efforts tranchants dans les poutres.

| Niv | Nœud | M _a | M _b | M ₁ | M ₂ | M _w | M _e | M _t | T(t) | T(t) | M _t | M _e | M _w | M ₂ | M ₁ | M _b | M _a | Nœud |
|-----|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| 4 | 1 | 0 | 25,56 | 0 | 25,56 | 25,56 | 17,28 | +4,14 | -4,68 | -5,29 | 0 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 0 | 24,2 | 0 | 1' |
| | 2 | 0 | 34,57 | 17,28 | 17,28 | | | | | | | | | 0 | 24,2 | 24,2 | 0 | 24,2 |
| | 3 | 0 | 25,56 | 25,56 | 0 | 17,28 | 25,56 | -4,14 | -4,68 | | | | | 0 | 24,2 | 24,2 | 0 | 3' |
| 3 | 4 | 15,79 | 49,8 | 0 | 65,59 | 65,59 | 51,48 | 7,05 | -12,79 | -13,55 | 0 | 61,98 | 61,98 | 61,98 | 0 | 47,03 | 14,95 | 4' |
| | 5 | 27,82 | 75,14 | 51,48 | 51,48 | | | | | | | | | 0 | 61,98 | 61,98 | 0 | 61,98 |
| | 6 | 15,79 | 49,8 | 65,59 | 0 | 51,48 | 65,59 | -7,05 | -12,79 | | | | | 0 | 61,98 | 47,03 | 14,95 | 6' |
| 2 | 7 | 40,75 | 56,25 | 0 | 97 | 97 | 73,19 | +11,9 | -18,6 | -20,19 | 0 | 92,41 | 92,41 | 92,41 | 0 | 53,93 | 38,48 | 7' |
| | 8 | 61,48 | 84,9 | 73,19 | 73,19 | | | | | | | | | 0 | 92,41 | 92,41 | 0 | 92,41 |
| | 9 | 40,75 | 56,25 | 97 | 0 | 73,19 | 97 | -11,9 | -18,6 | | | | | 0 | 92,41 | 53,93 | 38,48 | 9' |
| 1 | 10 | 56,25 | 25,39 | 0 | 81,64 | 81,64 | 62,16 | +9,74 | -15,72 | -16,68 | 0 | 76,34 | 76,34 | 76,34 | 0 | 22,41 | 53,93 | 10' |
| | 11 | 84,9 | 39,43 | 62,16 | 62,16 | | | | | | | | | 0 | 76,34 | 76,34 | 0 | 76,34 |
| | 12 | 56,25 | 25,39 | 81,64 | 0 | 62,16 | 81,64 | -9,74 | -15,72 | | | | | 0 | 76,34 | 22,41 | 53,93 | 12' |

EFFORTS Normaux dans les poteaux:

| Niv | 4 | 3 | 2 | 1 |
|-----------|-----------|------------|-----------|-------------|
| ○ Nœud | -4,68 (1) | -12,79 (4) | -18,6 (7) | -15,72 (10) |
| | 0 (2) | 0 (5) | 0 (8) | 0 (11) |
| | +4,68 (3) | +12,79 (6) | +18,6 (9) | +15,72 (12) |

| Niv | 4 | 3 | 2 | 1 |
|------|-----------|------------|------------|-------------|
| ○ | -5,29 (1) | -13,55 (4) | -20,19 (7) | -16,68 (10) |
| Nœud | +5,29 (3) | +13,55 (6) | +20,19 (9) | +16,68 (12) |

calcul des déplacements de niveau : déformations
sens transversal : horizontales :

| Niv | $F_j^{(c)}$ | $R_j(t/m)$ | δ_j^{cm} | $\delta_j^{(c)}$ |
|-----|-------------|------------|-----------------|------------------|
| 4 | 78,88 | 14517,45 | 1,08 | 6,86 |
| 3 | 172,72 | 14556,18 | 2,36 | 5,78 |
| 2 | 231,80 | 16256,06 | 2,86 | 3,42 |
| 1 | 254,97 | 89617,74 | 0,56 | 0,56 |

Bloc A1

| Niv | $F_j^{(c)}$ | $R_j(t/m)$ | δ_j | $\delta_j^{(c)}$ |
|-----|-------------|------------|------------|------------------|
| 4 | 42,82 | 9678,3 | 0,88 | 5,58 |
| 3 | 93,57 | 9704,12 | 1,92 | 4,7 |
| 2 | 125,43 | 10824,04 | 2,32 | 2,78 |
| 1 | 137,54 | 59745,16 | 0,46 | 0,46 |

Bloc A2

sens longitudinal :

| Niv | $F_j^{(c)}$ | $R_j(t/m)$ | $\delta_j^{(cm)}$ | $\delta_j^{(c)}$ |
|-----|-------------|------------|-------------------|------------------|
| 4 | 78,88 | 20170,19 | 0,78 | 5,066 |
| 3 | 172,72 | 20170,19 | 1,712 | 4,286 |
| 2 | 231,8 | 21808,96 | 2,126 | 2,574 |
| 1 | 254,97 | 113604,35 | 0,448 | 0,448 |

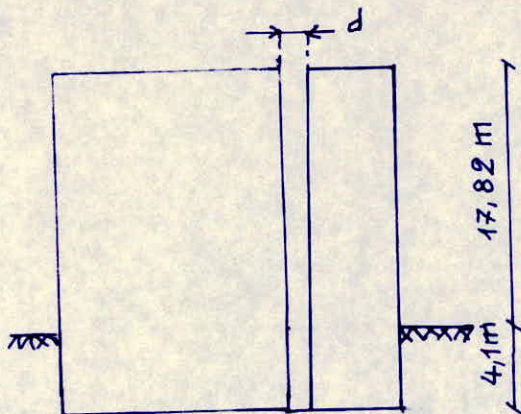
Bloc A1

| Niv | $F_j^{(c)}$ | $R_j(t/m)$ | $\delta_j^{(cm)}$ | $\delta_j^{(c)}$ |
|-----|-------------|------------|-------------------|------------------|
| 4 | 42,82 | 11574,42 | 0,74 | 4,79 |
| 3 | 93,57 | 11574,42 | 1,62 | 4,05 |
| 2 | 125,43 | 12321,64 | 2,036 | 2,43 |
| 1 | 137,54 | 69910,12 | 0,394 | 0,394 |

Bloc A2

Dimensionnement du joint de dilatation :

largeur du joint : d'après le RPA 81, le joint entre 2 Blocs, aura une largeur supérieure à $H_1/300$ ou H_1 représente la Hauteur du Bloc le moins élevé



$$H_1 = 1782 \text{ cm}$$

$$d = 5,94 \text{ cm (RPA)}$$

le calcul statique donne
 $d = 5,06 \text{ cm}$

conclusion :

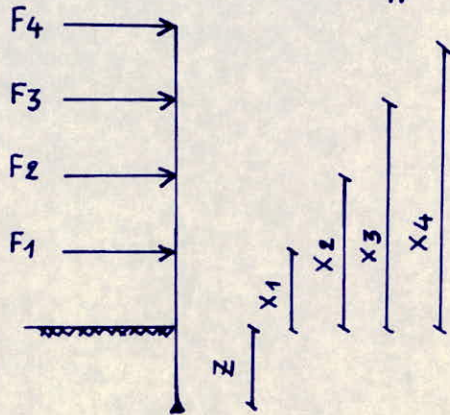
On prend $d = 7 \text{ cm}$ (proposé par l'architecte)

le joint de dilatation est une coupure destinée à parer à l'action normale des variations thermiques, du retrait, de durcissement ou de l'expansion du Béton, le remplissage se fait, par des plaques de liège, mastic d'asphalte, matière plastique.

verification au renversement:

chaque structure doit être calculé afin de résister aux effets de renversement qui peuvent être causés par les efforts sismiques.

Moment de renversement = Moment extérieur en consôle + effort tranchant à la base $\times z$.



Moment en consôle: $M = \sum_{i=1}^4 F_i x_i$.

Moment dû à l'effort tranchant à la base:

$$M_1 = z \sum_{i=1}^4 F_i$$

Moment résistant $M' = b \sum W_i$ avec $b = L/2$.

sens longitudinal

$$L = 27,45 \text{ m} \Rightarrow b = 13,72 \text{ m} \Rightarrow M' = 13,72 \cdot 2243 = 30774 \text{ tm.}$$

$$M_1 = z \sum F_i = 4,5 \cdot 392,51 = 1766,3 \text{ tm.}$$

$$M = \sum F_i x_i = 121,7 \cdot 17,82 + 144,59 \cdot 12,96 + 90,84 \cdot 8,1 + 35,28 \cdot 3,24 \\ = 4892,7 \text{ tm.}$$

Moment de renversement : $M_1 + M = 6659 \text{ tm.}$

$$\eta = \frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} = 4,62 > 1,5.$$

sens transversal:

$$L = 12,6 \text{ m} \Rightarrow b = L/2 = 6,3 \Rightarrow M' = 6,3 \cdot 2243 = 14131 \text{ tm.}$$

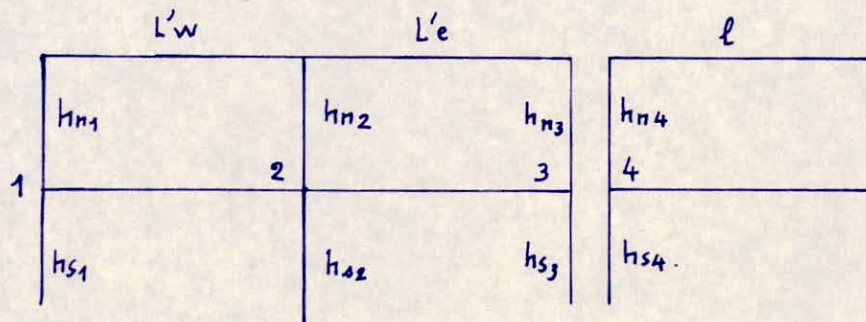
$$M_1 = 4,5 \cdot 392,51 = 1766,3 \text{ tm} \quad M = \sum F_i x_i = 4892,7 \text{ tm}$$

$$\eta = 2,12 > 1,5.$$

donc la structure est stable dans les 2 sens.

Efforts dans les portiques engendrés par les Forces verticales:

Le calcul des portiques sous les charges verticales sera fait par la Méthode de Caquot (Exposé en annexe C0BA68) Application à notre cas (travées de rive sans console).



Nœud 1:

$$\begin{array}{l} K_{w1} = 0 \\ M_{w1} = 0 \\ L'_{w1} = 0 \end{array} \left| \rightarrow \begin{array}{l} M_{e1} = M'_{e1} \left(1 - \frac{K_e}{D_1} \right) \\ M_{s1} = M'_{e1} \frac{K_{s1}}{D_1} \\ M_{n1} = M'_{e1} \frac{K_{n1}}{D_1} \end{array} \right.$$

avec $M'_{e1} = \left(\frac{q_e l'_{e1}{}^2}{8,5} \right)_{\text{Nœud 1}} + (l'_{e1} \sum K_e Q_e)_{\text{Nœud 1}}$

$$K_{s1} = \frac{I_{s1}}{h'_{s1}}, \quad K_{n1} = \frac{I_{n1}}{h'_{n1}}, \quad K_{e1} = \frac{I_{e1}}{l'_{e1}} \quad D_1 = K_{s1} + K_{n1} + K_{e1}$$

$l'_{e1} = 0,8 l_{e1}$; $h'_{s1} = 0,8 h_{s1}$; $h'_{n1} = 0,9 h_{n1}$ (Avant dernier plancher)
 $h'_{n1} = 0,8 h_{n1}$ (dans les autres cas).

Nœud 3:

$$\begin{array}{l} K_{e3} = 0 \\ l'_{e3} = 0 \\ M_{e3} = 0 \end{array} \left| \rightarrow \begin{array}{l} M_{w3} = M'_{w3} \left(1 - \frac{K_{w3}}{D_3} \right) \\ M_{s3} = M'_{w3} \frac{K_{s3}}{D_3} \\ M_{n3} = M'_{w3} \frac{K_{n3}}{D_3} \end{array} \right.$$

avec $M'_{w3} = \left(\frac{q_w l'_{w3}{}^2}{8,5} \right)_{\text{Nœud 3}} + (l'_{w3} \sum K_w Q_w)_{\text{Nœud 3}}$.

$$K_{s3} = \frac{I_{s3}}{h'_{s3}} ; \quad K_{n3} = \frac{I_{n3}}{h'_{n3}} ; \quad K_{w3} = \frac{I_{w3}}{l'_{w3}} \quad D_3 = K_{s3} + K_{n3} + K_{w3}$$

$l'_{w3} = 0,8 l_{w3}$; $h'_{s3} = 0,8 h_{s3}$; $h'_{n3} = 0,9 h_{n3}$ (Avant dernier plancher).

$h'_{n3} = 0,8 h_{n3}$ (dans les autres cas).

Nœud 2:

$$l'w_2 = \chi_1 l w_2 \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \chi_1 = 0,8 & \text{si } K_{s1} + K_{n1} > 1,5 K_{e1} \\ \chi_1 = 1 - \frac{K_{s1} + K_{n1}}{7,5 K_{e1}} & \text{si } K_{s1} + K_{n1} < 1,5 K_{e1} \end{cases}$$

K_{s1} ; K_{n1} ; K_{e1} relatif au nœud 1.

$$l'e_2 = \chi_3 l e_2 \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \chi_3 = 0,8 & \text{si } K_{s3} + K_{n3} > 1,5 K_{w3} \\ \chi_3 = 1 - \frac{K_{s3} + K_{n3}}{7,5 K_{w3}} & \text{si } K_{s3} + K_{n3} < 1,5 K_{w3} \end{cases}$$

K_{s3} ; K_{n3} ; K_{w3} relatif au Nœud 3.

Moments:

$$M_{w2} = M'_{e2} \frac{K_{w2}}{D_2} + M'_{w2} \left(1 - \frac{K_{w2}}{D_2}\right)$$

$$M_{e2} = M'_{e2} \left(1 - \frac{K_{e2}}{D_2}\right) + M'_{w2} \cdot \frac{K_{e2}}{D_2}$$

$$M_{s2} = \frac{K_{s2}}{D_2} (M'_{e2} - M'_{w2})$$

avec:

$$K_{w2} = \frac{I_{w2}}{l'w_2}; \quad K_{e2} = \frac{I_{e2}}{l'e_2}, \quad K_{s2} = \frac{I_{s2}}{h'_{s2}}, \quad K_{n2} = \frac{I_{n2}}{h'_{n2}}$$

$$D_2 = K_{w2} + K_{e2} + K_{s2} + K_{n2}$$

$$M'_{w2} = \left(\frac{q_w l'w}{8,5}\right)_{\text{Nœud 2}} + \left(l'w \sum k_w Q_w\right)_{\text{Nœud 2}}$$

Cas d'une seule travée:

soit q : la charge uniformément répartie

l : portée de la poutre entre nus intérieurs des appuis.

I son moment d'inertie supposé constant.

I_s, I_n : Moments d'inertie des poteaux respectivement inférieur et supérieur.

Q : charge concentrée appliquée à la distance "a" de l'appui sur lequel on calcule le Moment.

$$K = I/l \quad K_s = \frac{I_s}{h'_{s2}} \quad K_n = \frac{I_n}{h'_{n2}}$$

$h'_{n2} = 0,9 h_n$: avant dernier plancher.

$h'_{n2} = 0,8 h_n$: dans les autres cas.

$h'_{s2} = 0,8 h_s$ dans tous les cas.

Moments:

$$M' = \frac{q l^2}{8,5} + l \sum k Q$$

les Moments dans les sections dangereuses sont en valeur absolue :

. Au nu intérieur de l'appui ; dans la poutre :

$$M = M' \frac{K_s + K_n}{K + 1,56 (K_s + K_n)}$$

. Au nu inférieur de la poutre , dans le poteau inférieur :

$$M_s = M' \frac{K_s}{K + 1,56 (K_s + K_n)}$$

. Au nu supérieur du plancher, dans le poteau supérieur :

$$M_n = M' \frac{K_n}{K + 1,56 (K_s + K_n)}$$

avec $D_1 = K + 1,56 (K_s + K_n)$.

Efforts tranchants :

$T_e = T_w = \frac{q l}{2}$ dans le cas d'une seule travée :

$T_w = \frac{q l}{2} + \frac{M_e - M_w}{l}$ dans le cas de plusieurs travées.

$$T_e = -\frac{q l}{2} + \frac{M_w - M_e}{l}$$

Caractéristiques géométriques : Portique de rive (1 seule travée)

| Niv | Noeud | l | h_n | h_s | I | I_n | I_s | h'_n | h'_s | K | K_n | K_s | D_1 |
|-----|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 4 | 1-2 | 8,45 | / | 3,96 | 2,13 | / | 1,07 | / | 3,17 | 0,252 | / | 0,3377 | 0,7788 |
| 3 | 3-4 | 8,45 | 3,96 | 3,96 | 2,13 | 1,07 | 1,07 | 3,564 | 3,17 | 0,252 | 0,3002 | 0,3377 | 1,247 |
| 2 | 5-6 | 8,45 | 3,96 | 3,96 | 2,13 | 1,07 | 1,07 | 3,168 | 3,17 | 0,252 | 0,3377 | 0,3377 | 1,3056 |
| 1 | 7-8 | 8,45 | 3,96 | 2,34 | 2,13 | 1,07 | 1,07 | 3,168 | 1,872 | 0,252 | 0,3377 | 0,572 | 1,6711 |
| 0 | 9-10 | 8,45 | 2,34 | 3,1 | 2,91 | 1,07 | 1,07 | 1,872 | 2,48 | 0,344 | 0,572 | 0,4314 | 1,9097 |

caracteristiques géométriques : Portique central (1 seule travée)

| Niv | Noeud | l | h_n | h_s | I | I_n | I_s | h'_n | h'_s | K | K_n | K_s | D_1 |
|-----|-------|-----|-------|-------|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 4 | 1-2 | 8,6 | / | 3,96 | 2,13 | / | 0,763 | / | 3,17 | 0,2476 | | 0,241 | 0,624 |
| 3 | 3-4 | 8,6 | 3,96 | 3,96 | 2,13 | 0,763 | 0,763 | 3,564 | 3,17 | 0,2476 | 0,214 | 0,241 | 0,9574 |
| 2 | 5-6 | 8,5 | 3,96 | 3,96 | 2,13 | 0,763 | 1,487 | 3,168 | 3,168 | 0,2506 | 0,241 | 0,469 | 1,3582 |
| 1 | 7-8 | 8,5 | 3,96 | 2,34 | 2,13 | 1,487 | 1,487 | 3,168 | 1,872 | 0,2506 | 0,469 | 0,794 | 2,221 |
| 0 | 9-10 | 8,5 | 2,34 | 3,1 | 2,91 | 1,487 | 1,487 | 1,872 | 2,48 | 0,3423 | 0,794 | 0,599 | 2,515 |

Portique de Rive (1 seule travée)

Moments et efforts tranchants dans les poutres;
Moments dans les poteaux.

| Niv | Nœud | q (t/m) | M' (tm) | M (tm) | M _n (tm) | M _s (tm) | T _w (t) | T _e (t) |
|-----|--------|---------|---------|--------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 4 | 1 - 2 | 2,7 | 22,68 | 9,83 | / | 9,43 | 11,41 | 11,41 |
| 3 | 3 - 4 | 4,43 | 37,21 | 19,03 | 8,96 | 10,07 | 18,71 | 18,71 |
| 2 | 5 - 6 | 4,43 | 37,21 | 19,25 | 9,62 | 9,62 | 18,71 | 18,71 |
| 1 | 7 - 8 | 4,43 | 37,21 | 20,25 | 7,52 | 12,73 | 18,71 | 18,71 |
| 0 | 9 - 10 | 3,84 | 32,26 | 16,95 | 9,66 | 7,29 | 16,25 | 16,25 |

Sous G

Portique de Rive (1 seule travée)

| Niv | Nœud | q (t/m) | M' (tm) | M (tm) | M _n (tm) | M _s (tm) | T _w (t) | T _e (t) |
|-----|--------|---------|---------|--------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 4 | 1 - 2 | 0,3 | 2,52 | 1,09 | / | 1,09 | 1,26 | 1,26 |
| 3 | 3 - 4 | 1,76 | 14,78 | 7,56 | 3,56 | 4,00 | 7,436 | 7,436 |
| 2 | 5 - 6 | 1,76 | 14,78 | 7,65 | 3,82 | 3,82 | 7,436 | 7,436 |
| 1 | 7 - 8 | 1,76 | 14,78 | 8,04 | 2,98 | 5,06 | 7,436 | 7,436 |
| 0 | 9 - 10 | 1,74 | 14,61 | 7,67 | 4,37 | 3,3 | 7,35 | 7,35 |

Sous P

Portique central (1 seule travée): Moments et Efforts tranchants dans les poutres, Moments dans les poteaux.

| Niv | Nœud | q (t/m) | M'(tm) | M (tm) | M _n (tm) | M _s (tm) | T _w (t) | T _e (t) |
|-----|--------|---------|--------|--------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 4 | 1 - 2 | 4,3 | 37,41 | 14,45 | | 14,45 | 18,49 | 18,49 |
| 3 | 3 - 4 | 3,81 | 33,15 | 15,75 | 7,41 | 8,34 | 16,38 | 16,38 |
| 2 | 5 - 6 | 3,81 | 32,385 | 16,92 | 5,74 | 11,18 | 16,19 | 16,19 |
| 1 | 7 - 8 | 3,81 | 32,385 | 18,42 | 6,84 | 11,58 | 16,19 | 16,19 |
| 0 | 9 - 10 | 3,93 | 33,405 | 18,50 | 10,54 | 7,95 | 16,7 | 16,7 |

sous G

| Niv | Nœud | q (t/m) | M'(tm) | M (tm) | M _n (tm) | M _s (tm) | T _w (t) | T _e (t) |
|-----|--------|---------|--------|--------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 4 | 1 - 2 | 0,62 | 5,39 | 2,08 | | 2,08 | 2,67 | 2,67 |
| 3 | 3 - 4 | 3,72 | 32,37 | 15,38 | 7,23 | 8,15 | 15,99 | 15,99 |
| 2 | 5 - 6 | 3,72 | 31,62 | 16,53 | 5,61 | 10,92 | 15,81 | 15,81 |
| 1 | 7 - 8 | 3,72 | 31,62 | 17,98 | 6,67 | 11,31 | 15,81 | 15,81 |
| 0 | 9 - 10 | 3,69 | 31,36 | 17,37 | 9,9 | 7,77 | 15,68 | 15,68 |

sous P

EFForts Normaux dans les poteaux

A. Portique de rive (1 seule travée):

| | | Sous G | | | | Sous P | | | |
|-----|-----|--------------------|--------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------|-------|---------------------|
| Niv | Pot | T _w (t) | T _e (t) | N(t) | N _{cumulé} | T _w (t) | T _e (t) | N(t) | N _{cumulé} |
| 4 | 1 | / | 11,41 | 11,41 | 11,41 | / | 1,26 | 1,26 | 1,26 |
| | 2 | 11,41 | / | 11,41 | = | 1,26 | / | 1,26 | = |
| 3 | 1 | / | 18,71 | 18,71 | 30,12 | / | 7,436 | 7,436 | 8,7 |
| | 2 | 18,71 | / | 18,71 | = | 7,436 | / | 7,436 | = |
| 2 | 1 | / | 18,71 | 18,71 | 48,83 | / | 7,436 | 7,436 | 16,14 |
| | 2 | 18,71 | / | 18,71 | = | 7,436 | / | 7,436 | = |
| 1 | 1 | / | 18,71 | 18,71 | 67,54 | / | 7,436 | 7,436 | 23,57 |
| | 2 | 18,71 | / | 18,71 | = | 7,436 | / | 7,436 | = |
| 0 | 1 | / | 16,23 | 16,23 | 83,77 | / | 7,35 | 7,35 | 30,93 |
| | 2 | 16,23 | / | 16,23 | = | 7,35 | / | 7,35 | = |

B. Portique central (1 seule travée):

| | | Sous G | | | | Sous P | | | |
|-----|-----|--------------------|--------------------|-------|------------------|--------------------|--------------------|-------|------------------|
| Niv | Pot | T _w (t) | T _e (t) | N(t) | N _{cum} | T _w (t) | T _e (t) | N(t) | N _{cum} |
| 4 | 1 | / | 18,49 | 18,49 | 18,49 | / | 2,67 | 2,67 | 2,67 |
| | 2 | 18,49 | / | = | = | 2,67 | / | = | = |
| 3 | 1 | / | 16,38 | 16,38 | 34,87 | / | 15,99 | 15,99 | 18,66 |
| | 2 | 16,38 | / | = | = | 15,99 | / | = | = |
| 2 | 1 | / | 16,19 | 16,19 | 51,06 | / | 15,81 | 15,81 | 34,47 |
| | 2 | 16,19 | / | = | = | 15,81 | / | = | = |
| 1 | 1 | / | 16,19 | 16,19 | 67,25 | / | 15,81 | 15,81 | 50,28 |
| | 2 | 16,19 | / | = | = | 15,81 | / | = | = |
| 0 | 1 | / | 16,7 | 16,7 | 83,95 | / | 15,68 | 15,68 | 65,96 |
| | 2 | 16,7 | / | = | = | 15,68 | / | = | = |

caracteristiques géométriques : Portique longitudinal de Rive :

| Niv | Nœud | l_w | l_e | h_n | h_s | I_w | I_e | I_n | I_s | l'_w | l'_e | h'_n | h'_s | K_w | K_e | K_n | K_s | D |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 4 | 1 | / | 8,45 | / | 3,96 | / | 2,13 | / | 1,07 | / | 6,76 | / | 3,168 | / | 0,315 | / | 0,3377 | 0,6527 |
| | 2 | 8,45 | 8,45 | / | 3,96 | 2,13 | 2,13 | / | 1,07 | 7,24 | 7,24 | / | 3,168 | 0,294 | 0,294 | / | 0,3377 | 0,9257 |
| | 3 | 8,45 | / | / | 3,96 | 2,13 | / | / | 1,07 | 6,76 | / | / | 3,168 | 0,315 | / | / | 0,3377 | 0,6527 |
| 3 | 4 | / | 8,45 | 3,96 | 3,96 | / | 2,13 | 1,07 | 1,07 | / | 6,76 | 3,564 | 3,168 | / | 0,315 | 0,3002 | 0,3377 | 0,9529 |
| | 5 | 8,45 | 8,45 | 3,96 | 3,96 | 2,13 | 2,13 | 1,07 | 1,07 | 6,76 | 6,76 | 3,564 | 3,168 | 0,315 | 0,315 | 0,3002 | 0,3377 | 1,2679 |
| | 6 | 8,45 | / | 3,96 | 3,96 | 2,13 | / | 1,07 | 1,07 | 6,76 | / | 3,564 | 3,168 | 0,315 | / | 0,3002 | 0,3377 | 0,9529 |
| 2 | 7 | / | 8,45 | 3,96 | 3,96 | / | 2,13 | 1,07 | 1,07 | / | 6,76 | 3,168 | 3,168 | / | 0,315 | 0,3377 | 0,3377 | 0,9905 |
| | 8 | 8,45 | 8,45 | 3,96 | 3,96 | 2,13 | 2,13 | 1,07 | 1,07 | 6,76 | 6,76 | 3,168 | 3,168 | 0,315 | 0,315 | 0,3377 | 0,3377 | 1,3054 |
| | 9 | 8,45 | / | 3,96 | 3,96 | 2,13 | / | 1,07 | 1,07 | 6,76 | / | 3,168 | 3,168 | 0,315 | / | 0,3377 | 0,3377 | 0,9905 |
| 1 | 10 | / | 8,45 | 3,96 | 2,34 | / | 2,13 | 1,07 | 1,07 | / | 6,76 | 3,168 | 1,872 | / | 0,315 | 0,3377 | 0,572 | 1,2247 |
| | 11 | 8,45 | 8,45 | 3,96 | 2,34 | 2,13 | 2,13 | 1,07 | 1,07 | 6,76 | 6,76 | 3,168 | 1,872 | 0,315 | 0,315 | 0,3377 | 0,572 | 1,5397 |
| | 12 | 8,45 | / | 3,96 | 2,34 | 2,13 | / | 1,07 | 1,07 | 6,76 | / | 3,168 | 1,872 | 0,315 | / | 0,3377 | 0,572 | 1,2247 |
| 0 | 13 | / | 8,45 | 2,34 | 3,1 | / | 2,91 | 1,07 | 1,07 | / | 6,76 | 1,872 | 2,48 | / | 0,4305 | 0,572 | 0,4314 | 1,4339 |
| | 14 | 8,45 | 8,45 | 2,34 | 3,1 | 2,91 | 2,91 | 1,07 | 1,07 | 6,76 | 6,76 | 1,872 | 2,48 | 0,430 | 0,430 | 0,572 | 0,4314 | 1,8644 |
| | 15 | 8,45 | / | 2,34 | 3,1 | 2,91 | / | 1,07 | 1,07 | 6,76 | / | 1,872 | 2,48 | 0,430 | / | 0,572 | 0,4314 | 1,4339 |

Portique longitudinal de Rive : Moments aux Nœuds

| Niv | Nœud | q _w | q _e | M' _w | M' _e | M _w | M _e | M _n | M _s |
|-----|------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1 | / | 2,7 | / | 14,51 | / | 7,5 | / | 7,5 |
| | 2 | 2,7 | 2,7 | 16,65 | 16,65 | 16,65 | 16,65 | / | 0 |
| | 3 | 2,7 | / | 14,51 | / | 7,5 | / | / | 7,5 |
| 3 | 4 | / | 4,43 | / | 23,81 | / | 15,94 | 7,5 | 8,44 |
| | 5 | 4,43 | 4,43 | 23,81 | 23,81 | 23,81 | 23,81 | 0 | 0 |
| | 6 | 4,43 | / | 23,81 | / | 15,94 | / | 7,5 | 8,44 |
| 2 | 7 | / | 4,43 | / | 23,81 | / | 16,24 | 8,12 | 8,12 |
| | 8 | 4,43 | 4,43 | 23,81 | 23,81 | 23,81 | 23,81 | 0 | 0 |
| | 9 | 4,43 | / | 23,81 | / | 16,24 | / | 8,12 | 8,12 |
| 1 | 10 | / | 4,43 | / | 23,81 | / | 17,68 | 6,56 | 11,12 |
| | 11 | 4,43 | 4,43 | 23,81 | 23,81 | 23,81 | 23,81 | 0 | 0 |
| | 12 | 4,43 | / | 23,81 | / | 17,68 | / | 6,56 | 11,12 |
| 0 | 13 | / | 3,84 | / | 20,64 | / | 14,44 | 8,23 | 6,21 |
| | 14 | 3,84 | 3,84 | 20,64 | 20,64 | 20,64 | 20,64 | 0 | 0 |
| | 15 | 3,84 | / | 20,64 | / | 14,44 | / | 8,23 | 6,21 |

sous G

| Niv | Nœud | q _w | q _e | M' _w | M' _e | M _w | M _e | M _n | M _s |
|-----|------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1 | / | 0,3 | / | 1,61 | / | 0,83 | / | 0,83 |
| | 2 | 0,3 | 0,3 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | / | 0 |
| | 3 | 0,3 | / | 1,61 | / | 0,83 | / | / | 0,83 |
| 3 | 4 | / | 1,76 | / | 9,46 | / | 6,33 | 2,98 | 3,35 |
| | 5 | 1,76 | 1,76 | 9,46 | 9,46 | 9,46 | 9,46 | 0 | 0 |
| | 6 | 1,76 | / | 9,46 | / | 6,33 | / | 2,98 | 3,35 |
| 2 | 7 | / | 1,76 | / | 9,46 | / | 6,45 | 3,22 | 3,22 |
| | 8 | 1,76 | 1,76 | 9,46 | 9,46 | 9,46 | 9,46 | 0 | 0 |
| | 9 | 1,76 | / | 9,46 | / | 6,45 | / | 3,22 | 3,22 |
| 1 | 10 | / | 1,76 | / | 9,46 | / | 7,02 | 2,61 | 4,41 |
| | 11 | 1,76 | 1,76 | 9,46 | 9,46 | 9,46 | 9,46 | 0 | 0 |
| | 12 | 1,76 | / | 9,46 | / | 7,02 | / | 2,61 | 4,41 |
| 0 | 13 | / | 1,74 | / | 9,35 | / | 6,54 | 3,72 | 2,81 |
| | 14 | 1,74 | 1,74 | 9,35 | 9,35 | 9,35 | 9,35 | 0 | 0 |
| | 15 | 1,74 | / | 9,35 | / | 6,54 | / | 3,72 | 2,81 |

sous P

Portique longitudinal de Rive : Moments et efforts tranchants dans les poutres:

| Niv | trav | l | q(t/m) | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1-2 | 8,45 | 2,7 | 7,51 | 16,65 | 10,32 | 12,49 |
| | 2-3 | 8,45 | 2,7 | 16,65 | 7,51 | 12,49 | 10,32 |
| 3 | 4-5 | 8,45 | 4,43 | 15,94 | 23,81 | 17,78 | 19,65 |
| | 5-6 | 8,45 | 4,43 | 23,81 | 15,94 | 19,65 | 17,78 |
| 2 | 7-8 | 8,45 | 4,43 | 16,24 | 23,81 | 17,82 | 19,61 |
| | 8-9 | 8,45 | 4,43 | 23,81 | 16,24 | 19,61 | 17,82 |
| 1 | 10-11 | 8,45 | 4,43 | 17,68 | 23,81 | 17,99 | 19,44 |
| | 11-12 | 8,45 | 4,43 | 23,81 | 17,68 | 19,44 | 17,99 |
| 0 | 13-14 | 8,45 | 3,84 | 14,44 | 20,64 | 15,49 | 16,96 |
| | 14-15 | 8,45 | 3,84 | 20,64 | 14,44 | 16,96 | 15,49 |

sous G

| Niv | trav | l | q(t/m) | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1-2 | 8,45 | 0,3 | 0,83 | 1,85 | 1,16 | 1,4 |
| | 2-3 | 8,45 | 0,3 | 1,85 | 0,83 | 1,4 | 1,16 |
| 3 | 4-5 | 8,45 | 1,76 | 6,33 | 9,46 | 7,06 | 7,81 |
| | 5-6 | 8,45 | 1,76 | 9,46 | 6,33 | 7,81 | 7,06 |
| 2 | 7-8 | 8,45 | 1,76 | 6,45 | 9,46 | 7,08 | 7,79 |
| | 8-9 | 8,45 | 1,76 | 9,46 | 6,45 | 7,79 | 7,08 |
| 1 | 10-11 | 8,45 | 1,76 | 7,02 | 9,46 | 7,14 | 7,72 |
| | 11-12 | 8,45 | 1,76 | 9,46 | 7,02 | 7,72 | 7,14 |
| 0 | 13-14 | 8,45 | 1,74 | 6,54 | 9,35 | 7,02 | 7,68 |
| | 14-15 | 8,45 | 1,74 | 9,35 | 6,54 | 7,68 | 7,02 |

sous P

Efforts Normaux dans les poteaux: Portique longitudinal de Rive

| Niv | Pot | T _w | T _e | N | N ^c |
|-----|-----|----------------|----------------|-------|----------------|
| 4 | 1 | / | 10,32 | 10,32 | 10,32 |
| | 2 | 12,49 | 12,49 | 24,98 | 24,98 |
| | 3 | 10,32 | / | 10,32 | 10,32 |
| 3 | 1 | / | 17,78 | 17,78 | 28,1 |
| | 2 | 19,65 | 19,65 | 39,3 | 64,28 |
| | 3 | 17,78 | / | 17,78 | 28,1 |
| 2 | 1 | / | 17,82 | 17,82 | 45,92 |
| | 2 | 19,61 | 19,61 | 39,22 | 103,5 |
| | 3 | 17,82 | / | 17,82 | 45,92 |
| 1 | 1 | / | 17,99 | 17,99 | 63,91 |
| | 2 | 19,44 | 19,44 | 38,88 | 142,38 |
| | 3 | 17,99 | / | 17,99 | 63,91 |
| 0 | 1 | / | 15,49 | 15,49 | 79,4 |
| | 2 | 16,96 | 16,96 | 33,92 | 176,3 |
| | 3 | 15,49 | / | 15,49 | 79,4 |

Sous G

| Niv | Pot | T _w | T _e | N | N ^c |
|-----|-----|----------------|----------------|-------|----------------|
| 4 | 1 | / | 1,16 | 1,16 | 1,16 |
| | 2 | 1,4 | 1,4 | 2,8 | 2,8 |
| | 3 | 1,16 | / | 1,16 | 1,16 |
| 3 | 1 | / | 7,06 | 7,06 | 8,22 |
| | 2 | 7,81 | 7,81 | 15,62 | 18,42 |
| | 3 | 7,06 | / | 7,06 | 8,22 |
| 2 | 1 | / | 7,08 | 7,08 | 15,3 |
| | 2 | 7,79 | 7,79 | 15,58 | 34 |
| | 3 | 7,08 | / | 7,08 | 15,3 |
| 1 | 1 | / | 7,14 | 7,14 | 22,44 |
| | 2 | 7,72 | 7,72 | 15,44 | 49,44 |
| | 3 | 7,14 | / | 7,14 | 22,44 |
| 0 | 1 | / | 7,02 | 7,02 | 29,46 |
| | 2 | 7,68 | 7,68 | 15,36 | 64,8 |
| | 3 | 7,02 | / | 7,02 | 29,46 |

Sous P

caracteristiques géométriques : Portique longitudinal central :

| NiV | Nœud | l_w | l_e | h_n | h_s | I_w | I_e | I_n | I_s | l'_w | l'_e | h'_n | h'_s | K_w | K_e | K_n | K_s | D |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 4 | 1 | / | 8,6 | / | 3,96 | / | 2,13 | / | 0,763 | / | 6,88 | / | 3,168 | / | 0,309 | / | 0,241 | 0,55 |
| | 2 | 8,6 | 8,6 | / | 3,96 | 2,13 | 2,13 | / | 0,763 | 7,706 | 7,706 | / | 3,168 | 0,276 | 0,276 | / | 0,241 | 0,793 |
| | 3 | 8,6 | / | / | 3,96 | 2,13 | / | / | 0,763 | 6,88 | / | / | 3,168 | 0,309 | / | / | 0,241 | 0,55 |
| 3 | 4 | / | 8,6 | 3,96 | 3,96 | / | 2,13 | 0,763 | 0,763 | / | 6,88 | 3,564 | 3,168 | / | 0,309 | 0,214 | 0,241 | 0,764 |
| | 5 | 8,6 | 8,6 | 3,96 | 3,96 | 2,13 | 2,13 | 0,763 | 0,763 | 6,91 | 6,91 | 3,564 | 3,168 | 0,308 | 0,308 | 0,214 | 0,241 | 1,071 |
| | 6 | 8,6 | / | 3,96 | 3,96 | 2,13 | / | 0,763 | 0,763 | 6,88 | / | 3,564 | 3,168 | 0,309 | / | 0,214 | 0,241 | 0,764 |
| 2 | 7 | / | 8,5 | 3,96 | 3,96 | / | 2,13 | 0,763 | 1,487 | / | 6,8 | 3,168 | 3,168 | / | 0,313 | 0,241 | 0,469 | 1,023 |
| | 8 | 8,5 | 8,5 | 3,96 | 3,96 | 2,13 | 2,13 | 0,763 | 1,487 | 6,8 | 6,8 | 3,168 | 3,168 | 0,313 | 0,313 | 0,241 | 0,469 | 1,33 |
| | 9 | 8,5 | / | 3,96 | 3,96 | 2,13 | / | 0,763 | 1,487 | 6,8 | / | 3,168 | 3,168 | 0,313 | / | 0,241 | 0,469 | 1,023 |
| 1 | 10 | / | 8,5 | 3,96 | 2,34 | / | 2,13 | 1,487 | 1,487 | / | 6,8 | 3,168 | 1,872 | / | 0,313 | 0,469 | 0,794 | 1,576 |
| | 11 | 8,5 | 8,5 | 3,96 | 2,34 | 2,13 | 2,13 | 1,487 | 1,487 | 6,8 | 6,8 | 3,168 | 1,872 | 0,313 | 0,313 | 0,469 | 0,794 | 1,889 |
| | 12 | 8,5 | / | 3,96 | 2,34 | 2,13 | / | 1,487 | 1,487 | 6,8 | / | 3,168 | 1,872 | 0,313 | / | 0,469 | 0,794 | 1,576 |
| 0 | 13 | / | 8,5 | 2,34 | 3,1 | / | 2,91 | 1,487 | 1,487 | / | 6,8 | 1,872 | 2,48 | / | 0,428 | 0,794 | 0,599 | 1,821 |
| | 14 | 8,5 | 8,5 | 2,34 | 3,1 | 2,91 | 2,91 | 1,487 | 1,487 | 6,8 | 6,8 | 1,872 | 2,48 | 0,428 | 0,428 | 0,794 | 0,599 | 2,249 |
| | 15 | 8,5 | / | 2,34 | 3,1 | 2,91 | / | 1,487 | 1,487 | 6,8 | / | 1,872 | 2,48 | 0,428 | / | 0,794 | 0,599 | 1,821 |

Portique longitudinal central : Moments aux Nœuds (tm)

| Niv | Nœud | q _e | q _w | M' _w | M' _e | M _w | M _e | M _n | M _d |
|-----|------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1 | / | 4,3 | / | 23,94 | / | 10,49 | / | 10,49 |
| | 2 | 4,3 | 4,3 | 30,04 | 30,04 | 30,04 | 30,04 | / | 0 |
| | 3 | 4,3 | / | 23,94 | / | 10,49 | / | / | 10,49 |
| 3 | 4 | / | 3,81 | / | 21,22 | / | 12,64 | 5,94 | 6,69 |
| | 5 | 3,81 | 3,81 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 0 | 0 |
| | 6 | 3,81 | / | 21,22 | / | 12,64 | / | 5,94 | 6,69 |
| 2 | 7 | / | 3,81 | / | 20,73 | / | 14,38 | 4,88 | 9,5 |
| | 8 | 3,81 | 3,81 | 20,73 | 20,73 | 20,73 | 20,73 | 0 | 0 |
| | 9 | 3,81 | / | 20,73 | / | 14,38 | / | 4,88 | 9,5 |
| 1 | 10 | / | 3,81 | / | 20,73 | / | 16,61 | 6,17 | 10,44 |
| | 11 | 3,81 | 3,81 | 20,73 | 20,73 | 20,73 | 20,73 | 0 | 0 |
| | 12 | 3,81 | / | 20,73 | / | 16,61 | / | 6,17 | 10,44 |
| 0 | 13 | / | 3,93 | / | 21,38 | / | 16,35 | 9,32 | 7,03 |
| | 14 | 3,93 | 3,93 | 21,38 | 21,38 | 21,38 | 21,38 | 0 | 0 |
| | 15 | 3,93 | / | 21,38 | / | 16,35 | / | 9,32 | 7,03 |

sous G

| Niv | Nœud | q _e | q _w | M' _w | M' _e | M _w | M _e | M _n | M _d |
|-----|------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1 | / | 0,62 | / | 3,45 | / | 1,51 | / | 1,51 |
| | 2 | 0,62 | 0,62 | 4,33 | 4,33 | 4,33 | 4,33 | / | 0 |
| | 3 | 0,62 | / | 3,45 | / | 1,51 | / | / | 1,51 |
| 3 | 4 | / | 3,72 | / | 20,71 | / | 12,33 | 5,8 | 6,53 |
| | 5 | 3,72 | 3,72 | 20,89 | 20,89 | 20,89 | 20,89 | 0 | 0 |
| | 6 | 3,72 | / | 20,71 | / | 12,33 | / | 5,8 | 6,53 |
| 2 | 7 | / | 3,72 | / | 20,24 | / | 14,05 | 4,77 | 9,28 |
| | 8 | 3,72 | 3,72 | 20,24 | 20,24 | 20,24 | 20,24 | 0 | 0 |
| | 9 | 3,72 | / | 20,24 | / | 14,05 | / | 4,77 | 9,28 |
| 1 | 10 | / | 3,72 | / | 20,24 | / | 16,22 | 6,02 | 10,19 |
| | 11 | 3,72 | 3,72 | 20,24 | 20,24 | 20,24 | 20,24 | 0 | 0 |
| | 12 | 3,72 | / | 20,24 | / | 16,22 | / | 6,02 | 10,19 |
| 0 | 13 | / | 3,99 | / | 20,07 | / | 15,35 | 8,75 | 6,6 |
| | 14 | 3,99 | 3,99 | 20,07 | 20,07 | 20,07 | 20,07 | 0 | 0 |
| | 15 | 3,99 | / | 20,07 | / | 15,35 | / | 8,75 | 6,6 |

sous P

Portique longitudinal : Moments et efforts tranchants dans les poutres (central)

| Niv | trav | l | q (t/m) | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|-----|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1-2 | 8,6 | 4,3 | 10,49 | 30,04 | 16,21 | 20,76 |
| | 2-3 | 8,6 | 4,3 | 30,04 | 10,49 | 20,76 | 16,21 |
| 3 | 4-5 | 8,6 | 3,81 | 12,64 | 21,4 | 15,36 | 17,4 |
| | 5-6 | 8,6 | 3,81 | 21,4 | 12,64 | 17,4 | 15,36 |
| 2 | 7-8 | 8,5 | 3,81 | 14,38 | 20,73 | 15,45 | 16,94 |
| | 8-9 | 8,5 | 3,81 | 20,73 | 14,38 | 16,94 | 15,45 |
| 1 | 10-11 | 8,5 | 3,81 | 16,61 | 20,73 | 15,7 | 16,68 |
| | 11-12 | 8,5 | 3,81 | 20,73 | 16,61 | 16,68 | 15,7 |
| 0 | 13-14 | 8,5 | 3,93 | 16,35 | 21,38 | 16,11 | 17,29 |
| | 14-15 | 8,5 | 3,93 | 21,38 | 16,35 | 17,29 | 16,11 |

sous G

| Niv | trav | l | q (t/m) | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|-----|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1-2 | 8,6 | 0,62 | 1,51 | 4,33 | 2,34 | 2,99 |
| | 2-3 | 8,6 | 0,62 | 4,33 | 1,51 | 2,99 | 2,34 |
| 3 | 4-5 | 8,6 | 3,72 | 12,33 | 20,89 | 15 | 16,99 |
| | 5-6 | 8,6 | 3,72 | 20,89 | 12,33 | 16,99 | 15 |
| 2 | 7-8 | 8,5 | 3,72 | 14,05 | 20,24 | 15,08 | 16,54 |
| | 8-9 | 8,5 | 3,72 | 20,24 | 14,05 | 16,54 | 15,08 |
| 1 | 10-11 | 8,5 | 3,72 | 16,22 | 20,24 | 15,33 | 16,28 |
| | 11-12 | 8,5 | 3,72 | 20,24 | 16,22 | 16,28 | 15,33 |
| 0 | 13-14 | 8,5 | 3,69 | 15,35 | 20,07 | 15,13 | 16,24 |
| | 14-15 | 8,5 | 3,69 | 20,07 | 15,35 | 16,24 | 15,13 |

sous P

Efforts Normaux dans les poteaux: Portique longitudinal central

| NIV | Pot | T_w | T_e | N | N^c |
|-----|-----|-------|-------|-------|--------|
| 4 | 1 | / | 16,21 | 16,21 | 16,21 |
| | 2 | 20,76 | 20,76 | 41,52 | 41,52 |
| | 3 | 16,21 | / | 16,21 | 16,21 |
| 3 | 1 | / | 15,36 | 15,36 | 31,57 |
| | 2 | 17,4 | 17,4 | 34,8 | 76,32 |
| | 3 | 15,36 | / | 15,36 | 31,57 |
| 2 | 1 | / | 15,45 | 15,45 | 47,02 |
| | 2 | 16,94 | 16,94 | 33,88 | 110,2 |
| | 3 | 15,45 | / | 15,45 | 47,02 |
| 1 | 1 | / | 15,7 | 15,7 | 62,72 |
| | 2 | 16,68 | 16,68 | 33,36 | 143,56 |
| | 3 | 15,7 | / | 15,7 | 62,72 |
| 0 | 1 | / | 16,11 | 16,11 | 78,83 |
| | 2 | 17,29 | 17,29 | 34,58 | 178,14 |
| | 3 | 16,11 | / | 16,11 | 78,83 |

SOUS G

| NIV | Pot | T_w | T_e | N | N^c |
|-----|-----|-------|-------|-------|--------|
| 4 | 1 | / | 2,34 | 2,34 | 2,34 |
| | 2 | 2,99 | 2,99 | 5,98 | 5,98 |
| | 3 | 2,34 | / | 2,34 | 2,34 |
| 3 | 1 | / | 15 | 15 | 17,34 |
| | 2 | 16,99 | 16,99 | 33,98 | 39,96 |
| | 3 | 15 | / | 15 | 17,34 |
| 2 | 1 | / | 15,08 | 15,08 | 32,42 |
| | 2 | 16,54 | 16,54 | 33,08 | 73,04 |
| | 3 | 15,08 | / | 15,08 | 32,42 |
| 1 | 1 | / | 15,33 | 15,33 | 47,75 |
| | 2 | 16,28 | 16,28 | 32,56 | 105,6 |
| | 3 | 15,33 | / | 15,33 | 47,75 |
| 0 | 1 | / | 15,13 | 15,13 | 62,88 |
| | 2 | 16,24 | 16,24 | 32,48 | 138,08 |
| | 3 | 15,13 | / | 15,13 | 62,88 |

SOUS P

| Niv | Noeud | l_w | l_e | h_n | h_s | I_w | I_e | I_n | I_s | l'_w | l'_e | h'_n | h'_s | K_w | K_e | K_n | K_s | D |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 4 | 1 | / | 5,85 | / | 4,16 | / | 1 | / | 1,012 | / | 4,68 | / | 3,328 | / | 0,214 | / | 0,304 | 0,518 |
| | 2 | 5,85 | 5,85 | / | 4,16 | 1 | 1 | / | 0,77 | 4,74 | 4,74 | / | 3,328 | 0,211 | 0,211 | / | 0,231 | 0,653 |
| | 3 | 5,85 | / | / | 4,16 | 1 | / | / | 1,012 | 4,68 | / | / | 3,328 | 0,214 | / | / | 0,304 | 0,518 |
| 3 | 4 | / | 5,85 | 4,16 | 4,16 | / | 1 | 1,012 | 1,012 | / | 4,68 | 3,744 | 3,328 | / | 0,214 | 0,27 | 0,304 | 0,788 |
| | 5 | 5,85 | 5,85 | 4,16 | 4,16 | 1 | 1 | 0,77 | 0,77 | 4,68 | 4,68 | 3,744 | 3,328 | 0,214 | 0,214 | 0,21 | 0,231 | 0,869 |
| | 6 | 5,85 | / | 4,16 | 4,16 | 1 | / | 1,012 | 1,012 | 4,68 | / | 3,744 | 3,328 | 0,214 | / | 0,27 | 0,304 | 0,788 |
| 2 | 7 | / | 5,80 | 4,16 | 4,16 | / | 1 | 1,012 | 1,012 | / | 4,64 | 3,328 | 3,328 | / | 0,2155 | 0,304 | 0,304 | 0,8235 |
| | 8 | 5,80 | 5,80 | 4,16 | 4,16 | 1 | 1 | 0,77 | 1,49 | 4,64 | 4,64 | 3,328 | 3,328 | 0,2155 | 0,2155 | 0,231 | 0,4477 | 1,1097 |
| | 9 | 5,80 | / | 4,16 | 4,16 | 1 | / | 1,012 | 1,012 | 4,64 | / | 3,328 | 3,328 | 0,2155 | / | 0,304 | 0,304 | 0,8235 |
| 1 | 10 | / | 5,80 | 4,16 | 2,54 | / | 1 | 1,012 | 1,012 | / | 4,64 | 3,328 | 2,032 | / | 0,2155 | 0,304 | 0,498 | 1,0175 |
| | 11 | 5,80 | 5,80 | 4,16 | 2,54 | 1 | 1 | 1,49 | 1,49 | 4,64 | 4,64 | 3,328 | 2,032 | 0,2155 | 0,2155 | 0,4477 | 0,733 | 1,6117 |
| | 12 | 5,80 | / | 4,16 | 2,54 | 1 | / | 1,012 | 1,012 | 4,64 | / | 3,328 | 2,032 | 0,2155 | / | 0,304 | 0,498 | 1,0175 |
| 0 | 13 | / | 5,80 | 2,54 | 3,2 | / | 2,13 | 1,012 | 1,012 | / | 4,64 | 2,032 | 2,56 | / | 0,459 | 0,498 | 0,395 | 1,352 |
| | 14 | 5,80 | 5,80 | 2,54 | 3,2 | 2,13 | 2,13 | 1,49 | 1,49 | 4,64 | 4,96 | 2,032 | 2,56 | 0,459 | 0,429 | 0,733 | 0,582 | 2,203 |
| | 15 | 5,80 | / | 2,54 | 3,2 | 2,13 | / | 1,012 | 1,012 | 4,64 | / | 2,032 | 2,56 | 0,459 | / | 0,498 | 0,395 | 1,352 |

Caractéristiques géométriques : Portique transversal

Portique transversal de Rive : Moments aux Nœuds :

| Niv | Nœud | q _w | q _e | M' _w | M' _e | M _w | M _e | M _n | M _s |
|-----|------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1 | / | 1,25 | / | 3,22 | / | 1,89 | / | 1,89 |
| | 2 | 1,25 | 1,25 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | 3,3 | / | 0 |
| | 3 | 1,25 | / | 3,22 | / | 1,89 | / | / | 1,89 |
| 3 | 4 | / | 3,1 | / | 7,99 | / | 5,82 | 2,73 | 3,08 |
| | 5 | 3,1 | 3,1 | 7,99 | 7,99 | 7,99 | 7,99 | 0 | 0 |
| | 6 | 3,1 | / | 7,99 | / | 5,82 | / | 2,73 | 3,08 |
| 2 | 7 | / | 3,1 | / | 7,85 | / | 5,79 | 2,89 | 2,89 |
| | 8 | 3,1 | 3,1 | 7,85 | 7,85 | 7,85 | 7,85 | 0 | 0 |
| | 9 | 3,1 | / | 7,85 | / | 5,79 | / | 2,89 | 2,89 |
| 1 | 10 | / | 3,1 | / | 7,85 | / | 6,18 | 2,34 | 3,84 |
| | 11 | 3,1 | 3,1 | 7,85 | 7,85 | 7,85 | 7,85 | 0 | 0 |
| | 12 | 3,1 | / | 7,85 | / | 6,18 | / | 2,34 | 3,84 |
| 0 | 13 | / | 2,65 | / | 6,7 | / | 4,43 | 2,47 | 1,96 |
| | 14 | 2,65 | 2,65 | 6,7 | 7,67 | 6,9 | 7,48 | 0,32 | 0,25 |
| | 15 | 2,65 | / | 6,7 | / | 4,43 | / | 2,47 | 1,96 |

SOUS G

| Niv | Nœud | q _w | q _e | M' _w | M' _e | M _w | M _e | M _n | M _s |
|-----|------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1 | / | 0,103 | / | 0,265 | / | 0,156 | / | 0,156 |
| | 2 | 0,103 | 0,103 | 0,273 | 0,273 | 0,273 | 0,273 | / | 0 |
| | 3 | 0,103 | / | 0,265 | / | 0,156 | / | / | 0,156 |
| 3 | 4 | / | 0,6 | / | 1,55 | / | 1,13 | 0,531 | 0,598 |
| | 5 | 0,6 | 0,6 | 1,55 | 1,55 | 1,55 | 1,55 | 0 | 0 |
| | 6 | 0,6 | / | 1,55 | / | 1,13 | / | 0,531 | 0,598 |
| 2 | 7 | / | 0,6 | / | 1,52 | / | 1,122 | 0,561 | 0,561 |
| | 8 | 0,6 | 0,6 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 0 | 0 |
| | 9 | 0,6 | / | 1,52 | / | 1,122 | / | 0,561 | 0,561 |
| 1 | 10 | / | 0,6 | / | 1,52 | / | 1,198 | 0,454 | 0,744 |
| | 11 | 0,6 | 0,6 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 0 | 0 |
| | 12 | 0,6 | / | 1,52 | / | 1,198 | / | 0,454 | 0,744 |
| 0 | 13 | / | 2 | / | 5,066 | / | 3,35 | 1,866 | 1,48 |
| | 14 | 2 | 0,8 | 5,066 | 2,32 | 4,494 | 2,855 | -0,913 | -0,725 |
| | 15 | 0,8 | / | 2,08 | / | 1,37 | / | 0,766 | 0,607 |

SOUS P

Portique transversal de Rive : Moments et efforts tranchants dans les poutres

| Niv | Nœud | l | q(t/m) | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1-2 | 5,85 | 1,25 | 1,89 | 3,3 | 3,4 | 3,89 |
| | 2-3 | 5,85 | 1,25 | 3,3 | 1,89 | 3,89 | 3,4 |
| 3 | 4-5 | 5,85 | 3,1 | 5,82 | 7,99 | 8,69 | 9,44 |
| | 5-6 | 5,85 | 3,1 | 7,99 | 5,82 | 9,44 | 8,69 |
| 2 | 7-8 | 5,8 | 3,1 | 5,79 | 7,85 | 8,63 | 9,35 |
| | 8-9 | 5,8 | 3,1 | 7,85 | 5,79 | 9,35 | 8,63 |
| 1 | 10-11 | 5,8 | 3,1 | 6,18 | 7,85 | 8,7 | 9,28 |
| | 11-12 | 5,8 | 3,1 | 7,85 | 6,18 | 9,28 | 8,7 |
| 0 | 13-14 | 5,8 | 2,65 | 4,43 | 6,9 | 7,26 | 8,11 |
| | 14-15 | 5,8 | 2,65 | 7,48 | 4,43 | 8,37 | 7,16 |

sous G

| Niv | trav | l | q(t/m) | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1-2 | 5,85 | 0,103 | 0,156 | 0,273 | 0,28 | 0,32 |
| | 2-3 | 5,85 | 0,103 | 0,273 | 0,156 | 0,32 | 0,28 |
| 3 | 4-5 | 5,85 | 0,6 | 1,13 | 1,55 | 1,68 | 1,83 |
| | 5-6 | 5,85 | 0,6 | 1,55 | 1,13 | 1,83 | 1,68 |
| 2 | 7-8 | 5,8 | 0,6 | 1,12 | 1,52 | 1,67 | 1,8 |
| | 8-9 | 5,8 | 0,6 | 1,52 | 1,12 | 1,8 | 1,67 |
| 1 | 10-11 | 5,8 | 0,6 | 1,198 | 1,52 | 1,68 | 1,8 |
| | 11-12 | 5,8 | 0,6 | 1,52 | 1,198 | 1,8 | 1,68 |
| 0 | 13-14 | 5,8 | 2 | 3,35 | 4,49 | 5,6 | 5,99 |
| | 14-15 | 5,8 | 0,8 | 2,85 | 1,37 | | |

sous P

Efforts Normaux dans les poteaux: Portique transversal de Rive:

| NIV | Pot | T_w | T_e | N | N^c |
|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| 4 | 1 | / | 3,4 | 3,4 | 3,4 |
| | 2 | 3,89 | 3,89 | 7,78 | 7,78 |
| | 3 | 3,4 | / | 3,4 | 3,4 |
| 3 | 1 | / | 8,69 | 8,69 | 12,09 |
| | 2 | 9,44 | 9,44 | 18,88 | 26,66 |
| | 3 | 8,69 | / | 8,69 | 12,09 |
| 2 | 1 | / | 8,63 | 8,63 | 20,72 |
| | 2 | 9,35 | 9,35 | 18,7 | 45,36 |
| | 3 | 8,63 | / | 8,63 | 20,72 |
| 1 | 1 | / | 8,7 | 8,7 | 29,42 |
| | 2 | 9,28 | 9,28 | 18,56 | 63,92 |
| | 3 | 8,7 | / | 8,7 | 29,42 |
| 0 | 1 | / | 7,26 | 7,26 | 36,68 |
| | 2 | 8,11 | 8,37 | 16,48 | 80,4 |
| | 3 | | / | | |

sous G

| NIV | Pot | T_w | T_e | N | N^c |
|-----|-----|-------|-------|------|-------|
| 4 | 1 | / | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| | 2 | 0,32 | 0,32 | 0,64 | 0,64 |
| | -3 | 0,28 | / | 0,28 | 0,28 |
| 3 | 1 | / | 1,68 | 1,68 | 1,96 |
| | 2 | 1,83 | 1,83 | 3,66 | 4,3 |
| | 3 | 1,68 | / | 1,68 | 1,96 |
| 2 | 1 | / | 1,67 | 1,67 | 3,63 |
| | 2 | 1,8 | 1,8 | 3,6 | 7,9 |
| | 3 | 1,67 | / | 1,67 | 3,63 |
| 1 | 1 | / | 1,68 | 1,68 | 5,31 |
| | 2 | 1,8 | 1,8 | 3,6 | 11,5 |
| | 3 | 1,68 | / | 1,68 | 5,31 |
| 0 | 1 | / | 5,6 | 5,6 | 10,91 |
| | 2 | 5,99 | | | |
| | 3 | | / | | |

sous P

Portique transversal central : Moments aux Nœuds :

| Niv | Nœud | q _w | q _e | M' _w | M' _e | M _w | M _e | M _n | M _s |
|-----|------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1 | / | 1,75 | / | 4,51 | / | 2,65 | / | 2,65 |
| | 2 | 1,75 | 1,75 | 4,63 | 4,63 | 4,63 | 4,63 | / | 0 |
| | 3 | 1,75 | / | 4,51 | / | 2,65 | / | 2,65 | |
| 3 | 4 | / | 1,43 | / | 3,68 | / | 2,68 | 1,26 | 1,42 |
| | 5 | 1,43 | 1,43 | 3,68 | 3,68 | 3,68 | 3,68 | 0 | 0 |
| | 6 | 1,43 | / | 3,68 | / | 2,68 | / | 1,26 | 1,42 |
| 2 | 7 | / | 1,43 | / | 3,63 | / | 2,68 | 1,34 | 1,34 |
| | 8 | 1,43 | 1,43 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 0 | 0 |
| | 9 | 1,43 | / | 3,63 | / | 2,68 | / | 1,34 | 1,34 |
| 1 | 10 | / | 1,43 | / | 3,63 | / | 2,86 | 1,08 | 1,77 |
| | 11 | 1,43 | 1,43 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 0 | 0 |
| | 12 | 1,43 | / | 3,63 | / | 2,86 | / | 1,08 | 1,77 |
| 0 | 13 | / | 1,78 | / | 4,51 | / | 2,98 | 1,66 | 1,32 |
| | 14 | 1,78 | 1,78 | 4,51 | 5,15 | 4,64 | 5,02 | 0,22 | 0,17 |
| | 15 | 1,78 | / | 4,51 | / | 2,98 | / | 1,66 | 1,32 |

SOUS G

| Niv | Nœud | q _w | q _e | M' _w | M' _e | M _w | M _e | M _n | M _s |
|-----|------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1 | / | 0,24 | / | 0,62 | / | 0,36 | / | 0,36 |
| | 2 | 0,24 | 0,24 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | / | 0 |
| | 3 | 0,24 | / | 0,62 | / | 0,36 | / | 0,36 | |
| 3 | 4 | / | 1,41 | / | 3,63 | / | 2,65 | 1,24 | 1,4 |
| | 5 | 1,41 | 1,41 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 3,63 | 0 | 0 |
| | 6 | 1,41 | / | 3,63 | / | 2,65 | / | 1,24 | 1,4 |
| 2 | 7 | / | 1,41 | / | 3,57 | / | 2,63 | 1,32 | 1,32 |
| | 8 | 1,41 | 1,41 | 3,57 | 3,57 | 3,57 | 3,57 | 0 | 0 |
| | 9 | 1,41 | / | 3,57 | / | 2,63 | / | 1,32 | 1,32 |
| 1 | 10 | / | 1,41 | / | 3,57 | / | 2,81 | 1,07 | 1,75 |
| | 11 | 1,41 | 1,41 | 3,57 | 3,57 | 3,57 | 3,57 | 0 | 0 |
| | 12 | 1,41 | / | 3,57 | / | 2,81 | / | 1,07 | 1,75 |
| 0 | 13 | / | 3,06 | / | 7,75 | / | 5,12 | 2,85 | 2,26 |
| | 14 | 3,06 | 1,65 | 7,75 | 4,77 | 7,12 | 5,35 | -0,99 | -0,78 |
| | 15 | 1,65 | / | 4,18 | / | 2,76 | / | 1,53 | 1,22 |

SOUS P

Portique transversal central : Moments et efforts tranchants dans les poutres :

| Niv | trav | l | q(t/m) | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1-2 | 5,85 | 1,75 | 2,65 | 4,63 | 4,78 | 5,46 |
| | 2-3 | 5,85 | 1,75 | 4,63 | 2,65 | 5,46 | 4,78 |
| 3 | 4-5 | 5,85 | 1,43 | 2,68 | 3,68 | 4,01 | 4,35 |
| | 5-6 | 5,85 | 1,43 | 3,68 | 2,68 | 4,35 | 4,01 |
| 2 | 7-8 | 5,8 | 1,43 | 2,68 | 3,63 | 3,98 | 4,31 |
| | 8-9 | 5,8 | 1,43 | 3,63 | 2,68 | 4,31 | 3,98 |
| 1 | 10-11 | 5,8 | 1,43 | 2,86 | 3,63 | 4,01 | 4,28 |
| | 11-12 | 5,8 | 1,43 | 3,63 | 2,86 | 4,28 | 4,01 |
| 0 | 13-14 | 5,8 | 1,78 | 2,98 | 4,64 | 4,88 | 5,45 |
| | 14-15 | 5,8 | 1,78 | 5,02 | 2,98 | 5,51 | 4,81 |

sous G

| Niv | trav | l | q(t/m) | M _w | M _e | T _w | T _e |
|-----|-------|------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4 | 1-2 | 5,85 | 0,24 | 0,36 | 0,63 | 0,66 | 0,75 |
| | 2-3 | 5,85 | 0,24 | 0,63 | 0,36 | 0,75 | 0,66 |
| 3 | 4-5 | 5,85 | 1,41 | 2,65 | 3,63 | 3,96 | 4,29 |
| | 5-6 | 5,85 | 1,41 | 3,63 | 2,65 | 4,29 | 3,96 |
| 2 | 7-8 | 5,8 | 1,41 | 2,63 | 3,57 | 3,92 | 4,25 |
| | 8-9 | 5,8 | 1,41 | 3,57 | 2,63 | 4,25 | 3,92 |
| 1 | 10-11 | 5,8 | 1,41 | 2,81 | 3,57 | 3,96 | 4,22 |
| | 11-12 | 5,8 | 1,41 | 3,57 | 2,81 | 4,22 | 3,96 |
| 0 | 13-14 | 5,8 | 3,06 | 5,12 | 7,12 | 8,53 | 9,22 |
| | 14-15 | 5,8 | 1,65 | 5,35 | 2,76 | 5,23 | 4,33 |

sous P

EFFORTS Normaux dans les poteaux : Portique transversal central :

| NIV | Pot | T _w | T _e | N | N ^c |
|-----|-----|----------------|----------------|-------|----------------|
| 4 | 1 | | 4,78 | 4,78 | 4,78 |
| | 2 | 5,46 | 5,46 | 10,92 | 10,92 |
| | 3 | 4,78 | | 4,78 | 4,78 |
| 3 | 1 | | 4,01 | 4,01 | 8,79 |
| | 2 | 4,35 | 4,35 | 8,7 | 19,62 |
| | 3 | 4,01 | | 4,01 | 8,79 |
| 2 | 1 | | 3,98 | 3,98 | 12,77 |
| | 2 | 4,31 | 4,31 | 8,62 | 28,24 |
| | 3 | 3,98 | | 3,98 | 12,77 |
| 1 | 1 | | 4,01 | 4,01 | 16,78 |
| | 2 | 4,28 | 4,28 | 8,56 | 36,8 |
| | 3 | 4,01 | | 4,01 | 16,78 |
| 0 | 1 | | 4,88 | 4,88 | 21,66 |
| | 2 | 5,45 | 5,51 | 10,96 | 47,87 |
| | 3 | 4,81 | | 4,81 | 21,59 |

sous G

| NIV | Pot | T _w | T _e | N | N ^c |
|-----|-----|----------------|----------------|-------|----------------|
| 4 | 1 | | 0,66 | 0,66 | 0,66 |
| | 2 | 0,75 | 0,75 | 1,5 | 1,5 |
| | 3 | 0,66 | | 0,66 | 0,66 |
| 3 | 1 | | 3,96 | 3,96 | 4,62 |
| | 2 | 4,29 | 4,29 | 8,58 | 10,08 |
| | 3 | 3,96 | | 3,96 | 4,62 |
| 2 | 1 | | 3,92 | 3,92 | 8,54 |
| | 2 | 4,25 | 4,25 | 8,5 | 18,58 |
| | 3 | 3,92 | | 3,92 | 8,54 |
| 1 | 1 | | 3,96 | 3,96 | 12,5 |
| | 2 | 4,22 | 4,22 | 8,44 | 27,02 |
| | 3 | 3,96 | | 3,96 | 12,5 |
| 0 | 1 | | 8,53 | 8,53 | 21,03 |
| | 2 | 9,22 | 5,23 | 14,45 | 41,47 |
| | 3 | 4,33 | | 4,33 | 16,83 |

sous P

Portique transversal de rive (A-A) Moments dans les poutres (t.m):

| Niv | trav | $G + P + \vec{S}I$ | | | $0,8 G + \vec{S}I$ | | | $G + 1,2 P$ | | | $0,8 G + \overleftarrow{S}I$ | | | $G + P + \overleftarrow{S}I$ | | |
|-----|-------|--------------------|-------|--------|--------------------|-------|--------|-------------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|------------------------------|-------|--------|
| | | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me |
| 4 | 1-2 | 24,7 | -8,53 | -19,65 | 25,24 | 7,54 | -18,7 | -2,08 | 3,28 | -3,63 | -28,26 | -3,13 | 13,44 | -28,79 | -2,14 | 12,5 |
| | 2-3 | 12,51 | -2,13 | -28,79 | 13,44 | -3,13 | -28,26 | -3,63 | 3,28 | -2,08 | -18,72 | 7,54 | 25,24 | -19,65 | 8,53 | 24,7 |
| 3 | 4-5 | 62,03 | 19,44 | -57,04 | 64,32 | 15,61 | -53,89 | -7,17 | 9,44 | -9,85 | -73,64 | -5,44 | 41,1 | -75,93 | -1,15 | 37,96 |
| | 5-6 | 37,96 | -1,15 | -75,93 | 41,1 | -5,44 | -73,64 | -9,85 | 9,44 | -7,17 | -53,89 | 15,61 | 64,32 | -57,04 | 19,44 | 62,03 |
| 2 | 7-8 | 83,14 | 14,89 | -87,12 | 85,41 | 11,13 | -84,03 | -7,14 | 9,24 | -9,67 | -94,68 | -1,17 | 71,47 | -96,96 | 2,59 | 68,38 |
| | 8-9 | 68,38 | 2,59 | -96,96 | 71,47 | -1,17 | -94,67 | -9,67 | 9,24 | -7,14 | -84,03 | 11,13 | 85,41 | -87,12 | 14,89 | 83,14 |
| 1 | 10-11 | 67,61 | 11,19 | -79,07 | 70,05 | 7,63 | -75,98 | -7,62 | 9,05 | -9,67 | -79,9 | 2,33 | 63,4 | -82,37 | 5,89 | 60,33 |
| | 11-12 | 60,33 | 5,89 | -82,37 | 63,4 | 2,33 | -79,9 | -9,67 | 9,05 | -7,62 | -75,98 | 7,63 | 70,05 | -79,07 | 11,19 | 67,61 |
| 0 | 13-14 | -7,78 | 13,89 | -11,39 | -3,54 | 4,38 | -5,52 | -8,45 | 15,57 | 12,29 | -3,54 | 4,38 | -5,52 | -7,78 | 13,89 | -11,39 |
| | 14-15 | -10,33 | 15,94 | -4,53 | -5,98 | 4,38 | -2,78 | -10,91 | 17,63 | -4,75 | -5,98 | 4,38 | -2,78 | -10,33 | 15,94 | -4,53 |

Portique transversal central B.B : Moments dans les poutres: (t-m)

| Niv | trav | $G + P + \vec{S}I$ | | | $0,8G + \vec{S}I$ | | | $G + 1,2P$ | | | $0,8G + \overleftarrow{S}I$ | | | $G + P + \overleftarrow{S}I$ | | |
|-----|-------|--------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|------------|-------|--------|-----------------------------|--------|-------|------------------------------|--------|--------|
| | | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me |
| 4 | 1-2 | 23,74 | 10,21 | -21,34 | 24,63 | 8,41 | -19,78 | -3,08 | 5,08 | -5,39 | -28,87 | -2,26 | 12,37 | -29,76 | -0,467 | 10,82 |
| | 2-3 | 10,82 | -0,467 | -29,76 | 12,37 | -2,26 | -28,87 | -5,38 | 5,08 | -3,08 | -19,78 | 8,41 | 24,63 | -21,34 | 10,21 | 23,74 |
| 3 | 4-5 | 63,23 | 19,45 | -54,81 | 66,41 | 12,88 | -50,44 | -5,86 | 10,17 | -8,04 | -70,7 | -8,18 | 44,55 | -73,89 | -1,56 | 40,19 |
| | 5-6 | 40,19 | -1,56 | -73,89 | 44,55 | -8,18 | -70,74 | -8,04 | 10,17 | -5,86 | -50,44 | 12,88 | 66,41 | -54,81 | 19,45 | 63,23 |
| 2 | 7-8 | 84,74 | 14,93 | -84,95 | 87,9 | 8,44 | -80,65 | -5,84 | 9,97 | -7,91 | -92,19 | -3,86 | 74,84 | -95,36 | 2,63 | 70,55 |
| | 8-9 | 70,55 | 2,63 | -95,36 | 74,8 | -3,86 | -92,19 | -7,91 | 9,97 | -5,84 | -80,65 | 8,44 | 87,9 | -84,95 | 14,93 | 84,74 |
| 1 | 10-11 | 69,32 | 11,34 | -76,9 | 72,7 | 4,86 | -72,6 | -6,23 | 9,88 | -7,91 | -77,27 | -0,436 | 66,79 | -80,66 | 6,045 | 62,5 |
| | 11-12 | 62,5 | 6,045 | -80,66 | 66,8 | -0,436 | -77,27 | -7,91 | 9,88 | -6,23 | -72,6 | 4,86 | 72,7 | -76,9 | 11,34 | 69,3 |
| 0 | 13-14 | -8,1 | 16,54 | -11,76 | -2,38 | 2,94 | -3,71 | -9,12 | 19,11 | 13,18 | -2,384 | 3,04 | -3,71 | -8,1 | 16,54 | -11,76 |
| | 14-15 | -10,37 | 10,73 | -4,52 | -4,016 | 3,04 | -1,88 | -11,44 | 12,12 | -11,44 | -4,01 | 2,94 | -1,88 | -10,37 | 16,54 | -4,52 |

Portique transversal de Rive (D.D) : Moments dans les poutres (t.m)

| Niv | trav | $G + P + \vec{S}_1$ | | | $0,8G + \vec{S}_1$ | | | $G + 1,2P$ | | | $0,8G + \vec{S}_1$ | | | $G + P + \vec{S}_1$ | | |
|-----|-------|---------------------|--------|--------|--------------------|-------|--------|------------|-------|--------|--------------------|-------|-------|---------------------|--------|--------|
| | | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me |
| 4 | 1-2 | 19,04 | 7,41 | -16,22 | 19,58 | 6,42 | -15,29 | -2,08 | 3,28 | -3,63 | -22,60 | -2,02 | 10,01 | -23,14 | -1,028 | 9,08 |
| | 2-3 | 9,08 | -1,028 | -23,14 | 10,01 | -2,02 | -22,60 | -3,63 | 3,28 | -2,08 | -15,29 | 6,42 | 19,58 | -16,22 | 7,41 | 19,04 |
| 3 | 4-5 | 47,00 | 17,21 | -46,89 | 49,29 | 13,38 | -43,74 | -7,18 | 9,43 | -9,85 | -58,61 | -3,21 | 30,96 | -60,9 | 0,615 | 27,81 |
| | 5-6 | 27,81 | 0,615 | -60,9 | 30,96 | -3,21 | -58,61 | -9,85 | 9,43 | -7,18 | -43,74 | 13,38 | 49,29 | -46,89 | 17,21 | 47,00 |
| 2 | 7-8 | 63,83 | 13,59 | -71,23 | 66,11 | 9,83 | -68,14 | -7,14 | 9,24 | -9,67 | -75,37 | 0,124 | 55,58 | -77,65 | 3,89 | 52,49 |
| | 8-9 | 52,49 | 3,89 | -77,65 | 55,58 | 0,124 | -75,37 | -9,67 | 9,24 | -7,14 | -68,14 | 9,83 | 66,11 | -71,23 | 13,59 | 63,83 |
| 1 | 10-11 | 51,42 | 10,63 | -64,00 | 53,56 | 6,89 | -60,91 | -7,62 | 9,05 | -9,67 | -63,74 | 2,74 | 48,35 | -66,18 | 8,54 | 45,26 |
| | 11-12 | 45,26 | 8,54 | -66,18 | 48,35 | 2,74 | -63,74 | -9,67 | 9,05 | -7,62 | -60,91 | 6,89 | 53,86 | -64,00 | 10,63 | 51,42 |
| 0 | 13-14 | -7,78 | 13,89 | -11,39 | -3,54 | 4,38 | -5,52 | -8,45 | 15,57 | -12,29 | -3,54 | 4,38 | -5,52 | -7,78 | 13,89 | -11,39 |
| | 14-15 | -10,34 | 13,89 | -4,54 | -5,98 | 4,38 | -2,78 | -10,91 | 17,63 | -4,75 | -5,98 | 4,38 | -2,78 | -10,34 | 13,89 | -4,54 |

Portique longitudinal de rive (3.3') Moments dans les poutres (t.m)

| Niv | trav | $G + P + \vec{S}I$ | | | $0,8G + \vec{S}I$ | | | $G + 1,2P$ | | | $0,8G + \overleftarrow{S}I$ | | | $G + P + \overleftarrow{S}I$ | | |
|-----|-------|--------------------|-------|--------|-------------------|-------|---------|------------|-------|--------|-----------------------------|-------|--------|------------------------------|-------|--------|
| | | M_w | M_t | M_e | M_w | M_t | M_e | M_w | M_t | M_e | M_w | M_t | M_e | M_w | M_t | M_e |
| 4 | 1-2 | 17,23 | 18,83 | -35,78 | 19,56 | 13,76 | -30,6 | -8,49 | 15,23 | -18,87 | -31,56 | 5,48 | 3,96 | -33,89 | 10,56 | -1,21 |
| | 2-3 | -1,21 | 10,56 | -33,89 | 3,96 | 5,48 | -31,56 | -18,87 | 15,23 | -8,49 | -30,6 | 13,76 | 19,56 | -35,78 | 18,83 | 17,23 |
| 3 | 4-5 | 43,32 | 42,43 | -84,75 | 52,84 | 22,78 | -70,53 | -23,54 | 38,51 | -35,16 | -78,34 | 8,67 | 32,43 | -87,86 | 28,32 | 18,21 |
| | 5-6 | 18,21 | 28,32 | -87,86 | 32,4 | 8,67 | -78,34 | -35,16 | 38,51 | 23,54 | -70,53 | 22,78 | 52,84 | -84,75 | 42,43 | 43,32 |
| 2 | 7-8 | 74,31 | 47,19 | -106,5 | 84,00 | 27,51 | -92,23 | -23,98 | 38,36 | -35,16 | -109,99 | 3,71 | 54,14 | -119,7 | 23,32 | 39,92 |
| | 8-9 | 39,92 | 23,32 | -119,7 | 54,12 | 3,71 | -109,99 | -35,16 | 38,36 | -23,98 | -92,23 | 27,51 | 84,00 | -106,5 | 47,12 | 74,31 |
| 1 | 10-11 | 56,94 | 44,24 | -95,4 | 67,5 | 24,77 | -81,21 | -26,1 | 37,64 | -35,16 | -95,78 | 5,29 | 43,11 | -106,3 | 24,76 | 28,89 |
| | 11-12 | 28,89 | 24,76 | -106,3 | 43,11 | 5,29 | -95,78 | -35,16 | 37,64 | -26,1 | -81,21 | 24,77 | 67,5 | -95,43 | 44,24 | 56,94 |
| 0 | 13-14 | -20,98 | 32,26 | -29,99 | -11,55 | 13,39 | -16,51 | -22,3 | 35,37 | -31,86 | -11,55 | 13,39 | -16,51 | -20,98 | 32,26 | -29,99 |
| | 14-15 | -29,99 | 32,26 | -20,98 | -16,51 | 13,39 | -11,55 | -31,86 | 35,37 | -22,3 | -16,51 | 13,39 | -11,55 | -29,9 | 32,26 | -20,98 |

Moments dans les poutres (tm) Portique longitudinal central (2.2')

| Niv | trav | $G + P + \vec{S}_I$ | | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | | $G + 1,2P$ | | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | | $G + P + \vec{S}_I$ | | |
|-----|-------|---------------------|-------|---------|--------------------|-------|--------|------------|-------|--------|--------------------|-------|--------|---------------------|-------|--------|
| | | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me | Mw | Mt | Me |
| 4 | 1-2 | 8,41 | 28,53 | -48,14 | 12,02 | 18,91 | -37,8 | -12,3 | 26,36 | -35,24 | -28,8 | 12,27 | -10,26 | -32,41 | 21,89 | -20,6 |
| | 2-3 | -20,6 | 21,89 | -32,41 | -10,26 | 12,27 | -28,8 | -35,24 | 26,36 | -12,3 | -37,8 | 18,91 | 12,02 | -48,14 | 28,5 | 8,41 |
| 3 | 4-5 | +31,56 | 60,98 | -82,04 | 46,4 | 22,94 | -56,87 | -27,44 | 59,47 | -46,47 | -66,64 | 6,16 | 22,63 | -81,5 | 44,2 | -2,54 |
| | 5-6 | -2,54 | 44,2 | -81,5 | 22,63 | 6,16 | -66,64 | -46,47 | 59,47 | -27,44 | -56,87 | 22,94 | 46,42 | -82,04 | 60,98 | 31,56 |
| 2 | 7-8 | 63,17 | 60,28 | -112,9 | 80,09 | 23,32 | -88,54 | -31,24 | 57,16 | -45,02 | -103,1 | 3,66 | 55,37 | -120,03 | 40,62 | 30,9 |
| | 8-9 | 30,98 | 40,62 | -120 | 55,37 | 3,66 | -103,1 | -45 | 57,16 | -31,24 | -88,54 | 23,32 | 80,09 | -112,9 | 60,28 | 63,17 |
| 1 | 10-11 | 46,62 | 56,18 | -106,7 | 66,16 | 19,44 | -82,3 | -36,07 | 56,05 | -45,02 | -92,74 | 5,73 | 49,15 | -112,3 | 42,5 | 24,77 |
| | 11-12 | 24,77 | 42,47 | -112,28 | 49,15 | 5,73 | -92,74 | -45,02 | 56,05 | -36,07 | -82,3 | 19,44 | 66,16 | -106,71 | 56,2 | 46,62 |
| 0 | 13-14 | -31,7 | 49,95 | -41,45 | -13,08 | 13,29 | -17,1 | -34,77 | 56,61 | -45,46 | -13,08 | 13,29 | -17,1 | -31,7 | 49,95 | -41,45 |
| | 14-15 | -41,45 | 49,95 | -31,7 | -17,1 | 13,29 | -13,08 | -45,46 | 56,61 | -34,77 | -17,1 | 13,29 | -13,08 | -41,45 | 49,95 | -31,7 |

Portique de rive (1 seule travée) Moments dans les poutres (t.m)

| Niv | Trav | $G + P + \vec{S}I$ | | | $0,8G + \vec{S}I$ | | | $G + 1,2P$ | | | $0,8G + \overleftarrow{S}I$ | | | $G + P + \overleftarrow{S}I$ | | |
|-----|------|--------------------|-------|---------|-------------------|-------|---------|------------|-------|--------|-----------------------------|-------|--------|------------------------------|-------|-------|
| | | Mw | Me | Me | Mw | Me | Me | Mw | Me | Me | Mw | Me | Me | Mw | Me | Me |
| 4 | 1-2 | 13,28 | 16,94 | -35,12 | 16,34 | 11,42 | -32,06 | -11,14 | 17,48 | -11,14 | -32,06 | 14,42 | 16,34 | -35,12 | 16,94 | 13,28 |
| 3 | 3-4 | 35,39 | 36,22 | -88,57 | 46,76 | 16,41 | -77,20 | -28,10 | 39,46 | -28,10 | -77,20 | 16,41 | 46,76 | -88,57 | 36,22 | 35,39 |
| 2 | 5-6 | 65,51 | 36,00 | -119,31 | 77,01 | 16,23 | -107,81 | -28,43 | 39,14 | -28,43 | -107,81 | 16,23 | 77,01 | -119,31 | 36,00 | 65,51 |
| 1 | 7-8 | 48,05 | 35,00 | -104,63 | 60,14 | 15,43 | -92,54 | -29,89 | 38,14 | -29,89 | -92,54 | 15,43 | 60,14 | -104,63 | 35,00 | 48,05 |
| 0 | 9-10 | -24,62 | 32,85 | -24,62 | -13,56 | 13,86 | -13,56 | -26,15 | 35,96 | 26,15 | -13,56 | 13,86 | -13,56 | -24,62 | 32,85 | 24,62 |

Portique central (1 seule travée).

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|--------|-------|---------|--------|-------|---------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|---------|-------|--------|
| 4 | 1-2 | 2,72 | 31,03 | -35,78 | 7,69 | 20,24 | -30,81 | -16,95 | 32,18 | -16,95 | -30,81 | 20,24 | 7,69 | -35,78 | 31,03 | 2,72 |
| 3 | 3-4 | 22,08 | 53,86 | -84,34 | 40,61 | 15,57 | -65,81 | -34,21 | 60,74 | -34,21 | -65,81 | 15,57 | 40,61 | -84,34 | 53,86 | 22,08 |
| 2 | 5-6 | 53,53 | 51,08 | -120,43 | 73,44 | 13,99 | -100,52 | -36,76 | 57,80 | -36,76 | -100,52 | 13,94 | 73,44 | -120,43 | 51,80 | 53,53 |
| 1 | 7-8 | 37,68 | 49,58 | -110,48 | 59,34 | 12,79 | -88,82 | -40,00 | 56,30 | -40,00 | -88,82 | 12,79 | 59,34 | -110,48 | 49,58 | 37,68 |
| 0 | 9-10 | -35,87 | 50,32 | -35,87 | -14,80 | 13,59 | -14,80 | -39,34 | 56,98 | -39,34 | -14,80 | 13,59 | -14,80 | -35,87 | 50,32 | -35,87 |

Moments dans les poteaux : (tm) Portique Transversal A.A

| Niv | Pot | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+1,2P$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | |
|-----|-------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|
| | | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} |
| 4 | 1-4 | 30,05 | -14,03 | 25,24 | -12,23 | -2,077 | 3,367 | -28,26 | 16,59 | -34,14 | 20,55 |
| | 2-5 | 38,59 | -30,68 | 32,16 | -25,57 | 0 | 0 | -32,16 | 25,57 | -38,59 | 30,68 |
| 3 | 4-7 | 61,3 | -39,87 | 51,68 | -33,78 | -3,79 | 3,56 | -56,61 | 38,41 | -68,65 | 46,77 |
| | 5-8 | 83,33 | -68,18 | 69,44 | -56,82 | 0 | 0 | -69,44 | 56,82 | -83,32 | 68,18 |
| 2 | 7-10 | 61,28 | -61,94 | 51,64 | -52,07 | -3,56 | 2,88 | -56,26 | 55,82 | -68,19 | 67,53 |
| | 8-11 | 118,41 | -118,41 | 98,68 | -98,68 | 0 | 0 | -98,68 | 98,68 | -118,4 | 118,41 |
| 1 | 10-13 | 20,66 | -71,39 | 17,97 | -61,13 | -4,73 | 4,71 | -24,11 | 65,08 | -29,83 | 80,07 |
| | 11-14 | 48,87 | -114,03 | 40,73 | -95,03 | 0 | 0 | -40,73 | 95,03 | -48,87 | 114,03 |
| 0 | 13-16 | 79,17 | -75,57 | 61,5 | -63,37 | -3,74 | +3,74 | -63,37 | 61,5 | -75,57 | 79,17 |
| | 14-17 | 114,04 | -114,04 | 95,03 | -95,03 | 0 | 0 | -95,03 | 95,03 | -114,04 | 114,04 |

Portique transversal central (B.B)

| Niv | Pot | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+1,2P$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | |
|-----|-------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|
| | | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} |
| 4 | 1-4 | 29,09 | -14,79 | 24,63 | -13,4 | -3,08 | 2,74 | -28,87 | 15,41 | -35,11 | 19,79 |
| | 2-5 | 38,59 | -30,68 | 32,16 | -25,57 | 0 | 0 | -32,16 | 25,57 | -38,59 | 30,68 |
| 3 | 4-7 | 62,16 | -40,66 | 53,01 | -35,03 | -3,1 | 2,92 | -55,28 | 37,17 | -67,8 | 45,98 |
| | 5-8 | 83,33 | -68,18 | 69,44 | -56,82 | 0 | 0 | -69,44 | 56,82 | -83,33 | 68,18 |
| 2 | 7-10 | 62,11 | -62,62 | 52,9 | -53,11 | -2,92 | 2,36 | -55,05 | 54,84 | -67,43 | 66,92 |
| | 8-11 | 118,41 | -118,41 | 98,68 | -98,68 | 0 | 0 | -98,68 | 98,68 | -118,41 | 118,41 |
| 1 | 10-13 | 21,73 | -71,22 | 19,62 | -61,78 | -3,87 | 5,08 | -22,45 | 64,44 | -28,76 | 80,24 |
| | 11-14 | 48,88 | -114,03 | 40,74 | -95,03 | 0 | 0 | -40,74 | 95,03 | -48,88 | 114,03 |
| 0 | 13-16 | 79,31 | -72,15 | 64,16 | -62,05 | -4,03 | +4,03 | -62,05 | 64,16 | -72,15 | 79,31 |
| | 14-17 | 114,04 | -114,04 | 95,03 | -95,03 | 0 | 0 | -95,03 | 95,03 | -114,04 | 114,04 |

Portique transversal de rive (D.D). Moments dans les poteaux (t.m)

| Niv | Pot | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | |
|-----|-------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| | | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} |
| 4 | 1-4 | 23,26 | -10,36 | 19,57 | -9,16 | -2,07 | 3,37 | -22,6 | 13,53 | -27,35 | 16,88 |
| | 2-5 | 30,36 | -24,15 | 25,3 | -20,13 | 0 | 0 | -25,3 | 20,13 | -30,36 | 24,15 |
| 3 | 4-7 | 47,39 | -30,52 | 40,09 | -26,06 | -3,8 | 3,56 | -45,02 | 30,68 | -54,75 | 37,49 |
| | 5-8 | 65,48 | -53,58 | 54,57 | -44,65 | 0 | 0 | -54,57 | 44,65 | -65,48 | 53,58 |
| 2 | 7-10 | 47,39 | -48,05 | 40,06 | -40,49 | -3,56 | 2,85 | -44,68 | 44,24 | -54,29 | 53,64 |
| | 8-11 | 92,95 | -92,85 | 77,46 | -77,46 | 0 | 0 | -77,46 | 77,46 | -92,95 | 92,95 |
| 1 | 10-13 | 15,13 | -46,65 | 13,6 | -40,51 | -4,73 | 4,71 | -19,5 | 44,46 | -24,3 | 62,83 |
| | 11-14 | 38,15 | -89,03 | 31,79 | -74,19 | 0 | 0 | -31,79 | 74,19 | -38,15 | 89,03 |
| 0 | 13-16 | 55,9 | -62,83 | 47,9 | -51,06 | 3,74 | 3,74 | -51,06 | 47,9 | -62,83 | 55,9 |
| | 14-17 | 89,03 | -89,03 | 74,19 | -74,19 | 0 | 0 | -74,19 | 74,19 | -89,03 | 89,03 |

Portique longitudinal de rive (3.3') (1 seule travée).

| Niv | Pot | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | |
|-----|---------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| | | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} |
| 4 | 1'-4' | 18,12 | -5,42 | 16,33 | -7,78 | -11,14 | 12,23 | -32,06 | 22,12 | -39,96 | 30,46 |
| 3 | 4'-7' | 42,69 | -32,73 | 39,24 | -30,78 | -14,87 | 14,2 | -55,35 | 46,17 | -70,83 | 59,61 |
| 2 | 7'-10' | 51,27 | -54,21 | 46,23 | -47,91 | -14,2 | 11,09 | -61,63 | 59,94 | -78,15 | 75,21 |
| 1 | 10'-13' | 9,1 | -49,07 | 12,22 | -44,86 | -18,8 | 14,91 | -32,59 | 60,32 | -44,68 | 77,14 |
| 0 | 13'-14' | 52,16 | -73,34 | 46,46 | -58,12 | -11,25 | 11,25 | -58,12 | 46,46 | -73,34 | 52,16 |

central (1 seule travée).

| Niv | Pot | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} |
|-----|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 4 | 1'-4' | 6,57 | -0,83 | 7,69 | -7,73 | -16,94 | 17,19 | -30,81 | 19,59 | -39,63 | 31,95 |
| 3 | 4'-7' | 31,89 | -22,17 | 32,88 | -27,77 | -17,01 | 18,84 | -46,22 | 36,95 | -63,03 | 55,49 |
| 2 | 7'-10' | 48,13 | -47,39 | 45,18 | -49,15 | -18,53 | 20,41 | -64,06 | 60,09 | -82,95 | 83,69 |
| 1 | 10'-13' | 5,1 | -64,29 | 10,19 | -60,16 | -19,58 | 19,5 | -28,7 | 77,02 | -41,6 | 100,32 |
| 0 | 13'-14' | 64,46 | -100,16 | 62,23 | -74,95 | -19,83 | 19,83 | -74,95 | 62,23 | -100,16 | 64,46 |

Portique longitudinal de rive (3.3') : Moments dans les poteaux

| Niv | Pot | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+1,2P$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | |
|-----|-------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|
| | | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} |
| 4 | 1-4 | 22,34 | -8,47 | 19,56 | -9,79 | -8,49 | 11,07 | -31,56 | 21,79 | -33,89 | 29,43 |
| | 2-5 | 41,48 | -33,38 | 34,57 | -27,82 | 0 | 0 | -34,57 | 27,82 | -41,48 | 33,84 |
| 3 | 4-7 | 47,97 | -37,56 | 43,05 | -34,25 | -12,46 | 11,98 | -56,55 | 47,25 | -71,55 | 60,24 |
| | 5-8 | 90,17 | -73,77 | 75,14 | -61,48 | 0 | 0 | -75,14 | 61,48 | -90,17 | 73,77 |
| 2 | 7-10 | 56,06 | -58,33 | 49,75 | -51 | -12,10 | 9,69 | -62,74 | 61,49 | -68,84 | 76,67 |
| | 8-11 | 101,98 | -101,98 | 84,9 | -84,9 | 0 | 0 | -84,9 | 84,9 | -101,98 | 101,98 |
| 1 | 10-13 | 14,94 | -59,14 | 16,49 | -52,65 | -16,41 | 12,69 | -34,28 | 65,82 | -45,99 | 83,04 |
| | 11-14 | 47,31 | -80,22 | 39,43 | -66,85 | 0 | 0 | -39,43 | 66,85 | -47,31 | 80,22 |
| 0 | 13-16 | 62,07 | 80,11 | 54,27 | 64,21 | -9,58 | -9,58 | 64,21 | 54,27 | 80,11 | 62,07 |
| | 14-17 | 80,22 | 80,22 | 66,85 | 66,85 | 0 | 0 | 66,85 | 66,85 | 80,22 | 80,22 |

Portique longitudinal central (2.2)

| Niv | Pot | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+1,2P$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | |
|-----|-------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|
| | | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} | M _{sup} | M _{inf} |
| 4 | 1-4 | 12,49 | -5,63 | 12,02 | -9,73 | 12,3 | 12,9 | -28,8 | 19,23 | -36,49 | 29,11 |
| | 2-5 | 33,05 | -27,03 | 27,54 | -22,53 | 0 | 0 | -27,54 | 22,53 | -33,05 | 27,04 |
| 3 | 4-7 | 37,24 | -31,63 | 36,69 | -30,49 | -14,52 | 10,6 | -47,14 | 38,8 | -63,68 | 50,93 |
| | 5-8 | 68,35 | -63,1 | 56,96 | -52,59 | 0 | 0 | -56,96 | 52,59 | -68,35 | 63,11 |
| 2 | 7-10 | 49,86 | -56,45 | 49,6 | -52,27 | -20,64 | 13,39 | -64,8 | 62,14 | -87,42 | 80,83 |
| | 8-11 | 109,54 | -109,58 | 91,32 | -91,32 | 0 | 0 | -91,32 | 91,32 | -109,58 | 109,58 |
| 1 | 10-13 | 6,07 | -76,08 | 13,89 | -71 | -22,67 | 19,82 | -30,6 | 85,91 | -47,33 | 112,22 |
| | 11-14 | 48,73 | -101,8 | 40,61 | -84,84 | 0 | 0 | -40,61 | 84,84 | -48,73 | 101,8 |
| 0 | 13-16 | 80,52 | 107,7 | 72,8 | 84,09 | -14,95 | -14,95 | 84,09 | 72,8 | 107,7 | 80,52 |
| | 14-17 | 101,8 | 101,8 | 84,8 | 84,84 | 0 | 0 | 84,84 | 84,8 | 101,8 | 101,8 |

Efforts Tranchants dans les poutres : (t)

Portique transversal de Rive : A.A

| sollici | | $G + P + \vec{S}_I$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + P + \vec{S}_I$ | |
|---------|-------|---------------------|-------|--------------------|-------|------------|-------|--------------------|--------|---------------------|--------|
| Niv | trav | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e |
| 4 | 1-2 | -3,12 | 11,01 | -4,08 | 9,91 | 3,74 | 4,27 | 9,52 | -3,69 | 10,48 | -2,59 |
| | 2-3 | -2,59 | 10,48 | -3,69 | 9,52 | 4,27 | 3,74 | 9,91 | -4,08 | 11,01 | -3,12 |
| 3 | 4-5 | -8,45 | 30,09 | -11,86 | 26,37 | 10,71 | 11,64 | 25,77 | -11,27 | 29,19 | -7,55 |
| | 5-6 | -7,55 | 29,19 | -11,27 | 25,17 | 11,64 | 10,71 | 26,37 | -11,86 | 30,09 | -8,45 |
| 2 | 7-8 | -16,34 | 37,79 | -19,74 | 34,12 | 10,64 | 11,51 | 33,55 | -19,46 | 36,94 | -15,49 |
| | 8-9 | -15,49 | 36,94 | -19,16 | 33,55 | 11,51 | 10,64 | 34,12 | -19,74 | 37,79 | -16,34 |
| 1 | 10-11 | -12,58 | 34,04 | -16 | 30,38 | 10,71 | 11,44 | 29,92 | -15,54 | 33,34 | -11,88 |
| | 11-12 | 11,88 | 33,34 | -15,54 | 29,92 | 11,44 | 10,71 | 30,38 | -16 | 34,04 | -12,58 |
| 0 | 13-14 | 12,86 | 14,1 | 5,8 | 6,49 | 13,98 | 12,3 | 5,8 | 6,49 | 12,86 | 14,1 |
| | 14-15 | 11 | 8,99 | 5,69 | 5,59 | 11,53 | 9,39 | 6,69 | 5,59 | 11 | 8,99 |

Portique transversal central : B.B

| sollicit | | $G + P + \vec{S}_I$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + P + \vec{S}_I$ | |
|----------|-------|---------------------|-------|--------------------|-------|------------|-------|--------------------|--------|---------------------|--------|
| Niv | trav | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e |
| 4 | 1-2 | -1,36 | 13,01 | -2,97 | 11,17 | 5,57 | 6,36 | 10,63 | -2,43 | 12,24 | -0,59 |
| | 2-3 | -0,59 | 12,24 | -2,43 | 10,63 | 6,36 | 5,57 | 11,17 | -2,97 | 13,01 | -1,36 |
| 3 | 4-5 | -10,45 | 27,06 | -15,21 | 21,9 | 8,76 | 9,5 | 21,63 | -14,94 | 26,39 | -9,78 |
| | 5-6 | -9,78 | 26,39 | -14,94 | 21,63 | 9,5 | 8,76 | 21,9 | -15,21 | 27,06 | -10,45 |
| 2 | 7-8 | -18,74 | 35,2 | -23,45 | 30,09 | 8,68 | 9,41 | 29,83 | -23,19 | 34,54 | -18,08 |
| | 8-9 | -18,08 | 34,54 | -23,19 | 29,83 | 9,41 | 8,68 | 30,09 | -23,45 | 35,2 | -18,74 |
| 1 | 10-11 | -14,99 | 31,46 | -19,75 | 26,38 | 8,76 | 9,35 | 26,17 | -19,54 | 30,93 | -14,46 |
| | 11-12 | -14,46 | 30,93 | -19,54 | 26,17 | 9,35 | 8,76 | 26,38 | -19,75 | 31,46 | -14,99 |
| 0 | 13-14 | 13,41 | 14,67 | 3,9 | 4,36 | 15,41 | 16,51 | 3,9 | 4,36 | 13,41 | 14,67 |
| | 14-15 | 14,67 | 13,41 | 4,36 | 3,9 | 16,51 | 15,41 | 4,36 | 3,9 | 14,67 | 13,41 |

Portique transversal de Rive : D.D (Bloc A₂) : Efforts tranchants (t)

| Niv | sollic | G + P + \vec{S}_I | | 0,8G + \vec{S}_I | | G + 1,2 P | | 0,8G + \vec{S}_I | | G + P + \vec{S}_I | |
|-----|--------|---------------------|-------|--------------------|-------|-----------|-------|--------------------|--------|---------------------|--------|
| | | Tw | Te | Tw | Te | Tw | Te | Tw | Te | Tw | Te |
| 4 | 1-2 | -1,67 | 9,56 | -2,63 | 8,46 | 3,74 | 4,27 | 8,07 | -2,24 | 9,03 | -1,14 |
| | 2-3 | -1,14 | 9,03 | -2,24 | 8,07 | 4,27 | 3,74 | 8,46 | -2,63 | 9,56 | -1,67 |
| 3 | 4-5 | -4,12 | 25,76 | -7,54 | 22,04 | 10,7 | 11,64 | 21,44 | -6,94 | 24,86 | -3,32 |
| | 5-6 | -3,32 | 24,86 | -6,94 | 21,44 | 11,64 | 10,7 | 22,04 | -7,54 | 25,76 | -4,12 |
| 2 | 7-8 | -10,62 | 32,07 | -14,01 | 28,4 | 10,64 | 11,51 | 27,82 | -13,44 | 31,22 | -9,77 |
| | 8-9 | -9,77 | 31,22 | -13,44 | 27,82 | 11,51 | 10,64 | 28,4 | -14,01 | 32,07 | -10,62 |
| 1 | 10-11 | -7,62 | 29,08 | 11,04 | 25,43 | 10,71 | 11,44 | 24,96 | -10,57 | 28,38 | -6,92 |
| | 11-12 | -6,92 | 28,38 | -10,57 | 24,96 | 11,44 | 10,71 | 25,43 | 11,04 | 29,08 | -7,62 |
| 0 | 13-14 | 12,86 | 14,1 | 5,81 | 6,49 | 13,98 | 15,3 | 5,81 | 6,49 | 12,86 | 14,1 |
| | 14-15 | 14,1 | 12,86 | 6,49 | 5,81 | 15,3 | 13,98 | 6,49 | 5,81 | 14,1 | 12,86 |

Portique longitudinal de Rive (3.3')

| Niv | sollic | G + P + \vec{S}_I | | 0,8G + \vec{S}_I | | G + 1,2 P | | 0,8G + \vec{S}_I | | G + P + \vec{S}_I | |
|-----|--------|---------------------|-------|--------------------|-------|-----------|-------|--------------------|-------|---------------------|-------|
| | | Tw | Te | Tw | Te | Tw | Te | Tw | Te | Tw | Te |
| 4 | 1-2 | 6,8 | 18,57 | 3,57 | 14,67 | 11,71 | 14,17 | 12,94 | 5,31 | 16,16 | 9,21 |
| | 2-3 | 9,21 | 16,16 | 5,31 | 12,94 | 14,17 | 11,71 | 14,67 | 3,57 | 18,57 | 6,8 |
| 3 | 4-5 | 12,05 | 39,52 | 1,44 | 28,51 | 26,25 | 28,15 | 27,01 | 2,93 | 37,63 | 13,94 |
| | 5-6 | 13,94 | 37,63 | 2,93 | 27,01 | 28,15 | 26,25 | 28,51 | 1,44 | 39,52 | 12,05 |
| 2 | 7-8 | 6,3 | 46 | -4,35 | 34,29 | 26,32 | 28,96 | 32,86 | -2,91 | 43,5 | 8,8 |
| | 8-9 | 8,8 | 43,5 | -2,91 | 32,86 | 28,96 | 26,32 | 34,29 | -4,35 | 46 | 6,3 |
| 1 | 10-11 | 9,41 | 42,88 | -1,33 | 31,27 | 26,56 | 28,7 | 30,11 | -0,17 | 40,85 | 11,44 |
| | 11-12 | 11,44 | 40,85 | -0,17 | 30,11 | 28,7 | 26,56 | 31,27 | -1,33 | 42,88 | 9,41 |
| 0 | 13-14 | 22,51 | 24,64 | 12,39 | 13,57 | 23,91 | 26,17 | 12,39 | 13,57 | 22,51 | 24,64 |
| | 14-15 | 24,64 | 22,51 | 13,57 | 12,39 | 26,17 | 23,91 | 13,57 | 12,39 | 24,64 | 22,51 |

Portique longitudinal central : 2.2'

| sollici | | $G + P + \vec{S}_1$ | | $0,8G + \vec{S}_1$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \overleftarrow{S}_1$ | | $G + P + \overleftarrow{S}_1$ | |
|---------|-------|---------------------|-------|--------------------|-------|------------|-------|------------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| Niv | trav | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e |
| 4 | 1-2 | 14,82 | 27,48 | 9,24 | 20,34 | 19,02 | 24,38 | 16,69 | 12,88 | 22,28 | 20,02 |
| | 2-3 | 20,02 | 22,28 | 12,88 | 16,69 | 24,38 | 19,02 | 20,34 | 9,24 | 27,48 | 14,82 |
| 3 | 4-5 | 19,84 | 44,91 | 1,77 | 24,44 | 33,36 | 37,79 | 22,8 | 3,4 | 40,88 | 23,87 |
| | 5-6 | 23,87 | 40,88 | 3,4 | 22,8 | 37,79 | 33,36 | 24,44 | 1,77 | 44,91 | 19,84 |
| 2 | 7-8 | 12,65 | 51,36 | -5,52 | 31,43 | 33,54 | 36,79 | 30,24 | -4,33 | 48,41 | 15,6 |
| | 8-9 | 15,6 | 48,41 | -4,33 | 30,24 | 36,79 | 33,54 | 31,43 | -5,52 | 51,36 | 12,65 |
| 1 | 10-11 | 15,16 | 48,83 | -3,31 | 29,21 | 34,09 | 36,22 | 28,43 | -2,53 | 46,9 | 17,09 |
| | 11-12 | 17,09 | 46,9 | -2,53 | 28,43 | 36,22 | 34,09 | 29,21 | -3,31 | 48,83 | 15,16 |
| 0 | 13-14 | 31,24 | 33,53 | 12,89 | 13,83 | 34,27 | 36,78 | 12,89 | 13,83 | 31,24 | 33,53 |
| | 14-15 | 33,53 | 31,24 | 13,83 | 12,89 | 36,78 | 34,27 | 13,83 | 12,89 | 33,53 | 31,24 |

Efforts normaux dans les poteaux : (t)

Portique transversal de Rive (A.A)

| Niv | Pot | $G + P + 1,2\vec{S}_1$ | | $0,8G + \vec{S}_1$ | | $G + 1,2P$ | | $0,8G + \overleftarrow{S}_1$ | | $G + P + 1,2\overleftarrow{S}_1$ | |
|-----|-------|------------------------|--------|--------------------|--------|------------|--------|------------------------------|--------|----------------------------------|--------|
| | | N | N^c | N | N^c | N | N^c | N | N^c | N | N^c |
| 4 | 1-4 | -4,48 | -4,48 | -4,08 | -4,08 | 3,73 | 3,73 | 9,52 | 9,52 | 11,84 | 11,84 |
| | 2-5 | 8,42 | 8,42 | 6,22 | 6,22 | 8,55 | 8,55 | 6,22 | 6,22 | 8,42 | 8,42 |
| 3 | 4-7 | -11,75 | -16,23 | -11,46 | -15,55 | 10,68 | 14,41 | 25,37 | 34,89 | 32,45 | 44,29 |
| | 5-8 | 22,54 | +30,96 | 15,1 | 21,32 | 23,17 | 31,82 | 15,1 | 21,32 | 22,54 | 30,96 |
| 2 | 7-10 | -21,67 | -37,9 | -19,74 | -35,29 | 10,63 | 25,05 | 33,54 | 68,43 | 42,29 | 86,58 |
| | 8-11 | 22,3 | +53,12 | 14,96 | 36,28 | 23,02 | 54,84 | 14,96 | 36,28 | 22,3 | 53,12 |
| 1 | 10-13 | -17,17 | -55,07 | -16 | -51,29 | 10,71 | 35,76 | 29,92 | 98,35 | 37,93 | 124,51 |
| | 11-14 | 22,16 | 75,42 | 14,85 | 51,13 | 22,88 | 77,72 | 18,85 | 51,13 | 22,16 | 75,42 |
| 0 | 13-16 | 12,86 | -42,21 | 5,8 | -45,48 | 13,98 | 49,74 | 5,81 | 104,16 | 12,86 | 137,37 |
| | 14-17 | 25,1 | 100,52 | 13,18 | 64,31 | 26,82 | 104,54 | 13,18 | 64,31 | 25,1 | 100,52 |

Portique transversal central B.B. Efforts Normaux (t)

| Niv | Pot | $G + P + 1,2 \vec{S}_I$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2 P$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + P + 1,2 \vec{S}_I$ | |
|-----|-------|-------------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|--------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| | | N | N ^c | N | N ^c | N | N ^c | N | N ^c | N | N ^c |
| 4 | 1-4 | -2,72 | -2,72 | -2,97 | -2,97 | 5,57 | 5,57 | 10,63 | 10,63 | 13,6 | 13,6 |
| | 2-5 | 12,42 | 12,42 | 8,73 | 8,73 | 12,72 | 12,72 | 8,73 | 8,73 | 12,42 | 12,42 |
| 3 | 4-7 | -14,13 | -16,85 | -15,21 | -18,18 | 8,76 | 14,33 | 21,63 | 32,26 | 30,07 | 43,67 |
| | 5-8 | 17,28 | 29,7 | 6,96 | 15,69 | 18,99 | 31,71 | 6,96 | 15,69 | 17,28 | 29,7 |
| 2 | 7-10 | -24,07 | -40,92 | -23,45 | -41,64 | 8,68 | 23,02 | 29,82 | 62,07 | 39,86 | 83,54 |
| | 8-11 | 17,12 | 46,82 | 6,89 | 22,58 | 18,82 | 50,54 | 6,89 | 22,58 | 17,12 | 46,82 |
| 1 | 10-13 | -19,58 | -60,50 | 19,75 | -61,39 | 8,76 | 31,78 | 26,17 | 88,25 | 35,52 | 119,06 |
| | 11-14 | 17 | 63,82 | 6,85 | 29,43 | 18,69 | 69,23 | 6,85 | 29,43 | 17 | 63,82 |
| 0 | 13-16 | 13,41 | -47,09 | 3,9 | -57,48 | 15,11 | 46,89 | 3,9 | 92,15 | 13,41 | 132,47 |
| | 14-17 | 25,62 | 89,44 | 8,85 | 38,29 | 28,53 | 97,75 | 8,85 | 38,29 | 25,62 | 89,44 |

Portique transversal de Rive : D.D.

| Niv | Pot | $G + P + 1,2 \vec{S}_I$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + 1,2 P$ | | $0,8G + \vec{S}_I$ | | $G + P + 1,2 \vec{S}_I$ | |
|-----|-------|-------------------------|----------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|--------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| | | N | N ^c | N | N ^c | N | N ^c | N | N ^c | N | N ^c |
| 4 | 1-4 | -2,74 | -2,74 | -2,63 | -2,63 | 3,73 | 3,73 | 8,07 | 8,07 | 10,1 | 10,1 |
| | 2-5 | 8,42 | 8,42 | 6,25 | 6,25 | 8,54 | 8,54 | 6,22 | 6,22 | 8,42 | 8,42 |
| 3 | 4-7 | -7,02 | -9,75 | -7,53 | -10,16 | 10,7 | 14,44 | 21,44 | 29,51 | 27,76 | 37,86 |
| | 5-8 | 22,54 | 30,96 | 15,10 | 21,35 | 23,27 | 31,82 | 15,10 | 21,32 | 22,54 | 30,96 |
| 2 | 7-10 | -14,8 | -24,56 | -14,01 | -24,18 | 10,63 | 25,07 | 27,82 | 57,33 | 35,4 | 73,26 |
| | 8-11 | 22,16 | 53,12 | 14,85 | 36,2 | 22,88 | 54,7 | 14,85 | 36,17 | 22,16 | 53,12 |
| 1 | 10-13 | -11,12 | -35,68 | -11,04 | -35,22 | 10,71 | 35,79 | 24,96 | 82,29 | 31,98 | 104,24 |
| | 11-14 | 22,16 | 75,28 | 14,85 | 51,05 | 22,88 | 77,58 | 14,85 | 51,02 | 22,16 | 75,28 |
| 0 | 13-16 | 12,86 | -22,82 | 5,8 | -29,41 | 13,98 | 49,77 | 5,80 | 88,09 | 12,86 | 117,1 |
| | 14-17 | 25,1 | 100,38 | 13,18 | 64,23 | 26,82 | 104,39 | 13,18 | 64,21 | 25,1 | 100,38 |

Portique longitudinal de rive: (3.3') Efforts normaux (t)

| Niv | Pot | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+1,2P$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | |
|-----|-------|--------------------|----------------|------------------|----------------|----------|----------------|------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | | N | N ^c | N | N ^c | N | N ^c | N | N ^c | N | N ^c |
| 4 | 1-4 | 5,86 | 5,86 | 3,57 | 3,57 | 11,71 | 11,71 | 12,93 | 12,93 | 17,09 | 17,09 |
| | 2-5 | 27,78 | 27,78 | 19,98 | 19,98 | 28,34 | 28,34 | 19,98 | 19,98 | 27,78 | 27,78 |
| 3 | 4-7 | 9,49 | 15,35 | 1,43 | 5,01 | 26,25 | 37,96 | 27,01 | 39,95 | 40,19 | 57,28 |
| | 5-8 | 54,92 | 82,7 | 31,44 | 51,42 | 58,04 | 86,38 | 31,44 | 51,42 | 54,92 | 82,7 |
| 2 | 7-10 | 2,58 | 17,93 | 4,34 | 9,35 | 26,31 | 64,27 | 32,85 | 72,8 | 47,22 | 105,2 |
| | 8-11 | 54,8 | 137,5 | 31,37 | 82,79 | 57,91 | 144,3 | 31,37 | 82,8 | 54,8 | 137,5 |
| 1 | 10-13 | 5,56 | 23,5 | 1,89 | 11,24 | 25,86 | 90,13 | 29,55 | 102,35 | 43,29 | 148,5 |
| | 11-14 | 54,32 | 191,82 | 31,1 | 113,89 | 57,41 | 201,71 | 31,10 | 113,9 | 54,32 | 191,82 |
| 0 | 13-16 | 22,51 | 46,01 | 12,39 | 23,63 | 23,91 | 114,05 | 12,39 | 114,75 | 22,51 | 171 |
| | 14-17 | 49,28 | 241,11 | 27,13 | 141,03 | 52,35 | 254,06 | 27,13 | 141,04 | 49,28 | 241,11 |

Portique longitudinal central: (2.2')

| Niv | Pot | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+1,2P$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | |
|-----|-------|--------------------|----------------|------------------|----------------|----------|----------------|------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | | N | N ^c | N | N ^c | N | N ^c | N | N ^c | N | N ^c |
| 4 | 1-4 | 14,07 | 14,07 | 9,24 | 9,24 | 19,02 | 19,02 | 16,69 | 16,69 | 23,02 | 23,02 |
| | 2-5 | 47,5 | 47,5 | 33,21 | 33,21 | 48,69 | 48,69 | 33,21 | 33,21 | 47,5 | 47,5 |
| 3 | 4-7 | 17,73 | 31,8 | 1,77 | 11,01 | 33,36 | 52,37 | 22,8 | 39,49 | 42,98 | 66 |
| | 5-8 | 68,78 | 116,28 | 27,84 | 61,05 | 75,57 | 124,27 | 27,84 | 61,05 | 68,78 | 116,28 |
| 2 | 7-10 | 9,07 | 40,87 | 5,52 | 16,53 | 33,54 | 85,92 | 30,24 | 69,73 | 51,98 | 117,98 |
| | 8-11 | 65,92 | 182,2 | 26,69 | 87,74 | 72,43 | 196,7 | 26,69 | 87,74 | 65,92 | 182,2 |
| 1 | 10-13 | 11,98 | 52,85 | 3,31 | 19,84 | 34,09 | 120,02 | 28,43 | 98,16 | 50,07 | 168,05 |
| | 11-14 | 65,92 | 248,12 | 26,69 | 114,43 | 72,43 | 269,13 | 26,69 | 114,43 | 65,92 | 248,12 |
| 0 | 13-16 | 31,24 | 84,09 | 12,89 | 32,73 | 34,27 | 154,29 | 12,89 | 111,05 | 31,24 | 199,29 |
| | 14-17 | 67,06 | 315,18 | 27,66 | 142,09 | 73,55 | 342,68 | 27,66 | 142,09 | 67,06 | 315,18 |

Portique longitudinal de Rive (3.3') : 1 seule travée : Efforts tranchants

| solicit | | $G+P+\vec{S}_I$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+1,2P$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+P+\vec{S}_I$ | |
|---------|---------|-----------------|-------|------------------|-------|----------|-------|------------------|--------|-----------------|-------|
| Niv | Trav | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e | T_w | T_e |
| 4 | 1'-3' | 7,39 | 17,97 | 3,84 | 14,42 | 12,94 | 12,94 | 14,42 | 3,84 | 17,97 | 7,39 |
| 3 | 4'-6' | 12,79 | 39,49 | 1,62 | 28,32 | 27,63 | 27,63 | 28,32 | 1,61 | 39,49 | 12,79 |
| 2 | 7'-9' | 5,95 | 46,33 | -5,22 | 35,16 | 27,63 | 27,63 | 35,16 | -5,22 | 46,33 | 5,95 |
| 1 | 10'-12' | 9,46 | 42,83 | -1,7 | 31,65 | 27,63 | 27,63 | 31,65 | -1,712 | 42,82 | 9,46 |
| 0 | 13'-15' | 23,6 | 23,6 | +13 | 13 | 25,07 | 25,07 | 13 | 13 | 23,6 | 23,6 |

Portique longitudinal central (2.2) : 1 seule travée.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 4 | 1'-3' | 16,95 | 25,35 | 10,59 | 18,99 | 21,68 | 21,68 | 18,99 | 10,59 | 25,35 | 16,95 |
| 3 | 4'-6' | 20,74 | 44,00 | 1,47 | 1,47 | 35,75 | 35,75 | 24,73 | 1,47 | 44 | 20,74 |
| 2 | 7'-9' | 13 | 51 | -6,05 | +31,95 | 35,16 | 35,16 | 31,95 | -6,05 | 51 | 13 |
| 1 | 10'-12' | 15,81 | 48,19 | -3,24 | 29,14 | 35,16 | 35,16 | 29,14 | -3,24 | 48,19 | 15,81 |
| 0 | 13'-15' | 32,38 | 32,38 | 13,36 | 13,36 | 35,51 | 35,51 | 13,36 | 13,36 | 32,38 | 32,38 |

EFFORTS Normaux dans les poteaux : (Rive : 1 seule travée).

| Niv | Pot | $G+P+1,2\vec{S}_I$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+1,2P$ | | $0,8G+\vec{S}_I$ | | $G+P+\vec{S}_I$ | |
|-----|---------|--------------------|-------|------------------|-------|----------|--------|------------------|--------|-----------------|--------|
| | | N | N^c | N | N^c | N | N^c | N | N^c | N | N^c |
| 4 | 1'-4' | 6,33 | 6,33 | 3,83 | 3,83 | 12,94 | 12,94 | 11,47 | 11,47 | 19,03 | 19,03 |
| 3 | 4'-7' | 9,88 | 12,21 | 11,48 | 5,25 | 27,63 | 40,56 | 28,52 | 42,93 | 42,4 | 61,4 |
| 2 | 7'-10' | 1,92 | 18,13 | +5,22 | 10,47 | 27,63 | 68,19 | 35,16 | 78,09 | 50,37 | 111,81 |
| 1 | 10'-13' | 6,13 | 24,26 | -1,712 | 12,18 | 27,63 | 95,82 | 31,65 | 109,74 | 46,16 | 157,97 |
| 0 | 13'-16' | 23,59 | 47,85 | 12,98 | 25,16 | 25,07 | 120,88 | 12,98 | 122,7 | 23,59 | 181,56 |

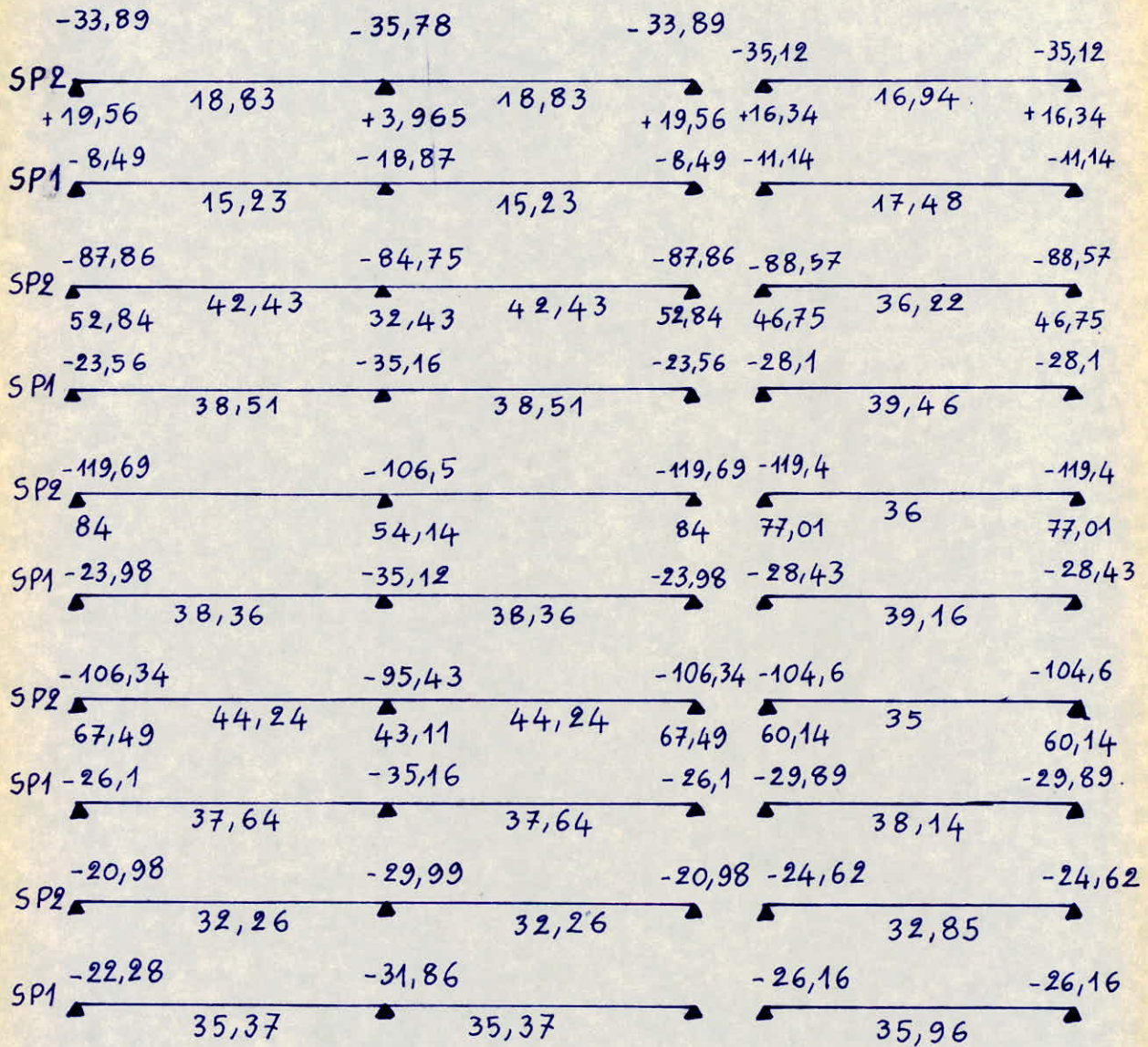
central : 1 travée

| Niv | Pot | N | N^c | N | N^c | N | N^c | N | N^c | N | N^c |
|-----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 4 | 1'-4' | 16,11 | 16,11 | 10,59 | 10,59 | 21,68 | 21,68 | 18,99 | 18,99 | 26,19 | 26,19 |
| 3 | 4'-7' | 17,86 | 33,97 | 1,47 | 12,06 | 35,75 | 56,58 | 27,73 | 43,72 | 45,77 | 71,96 |
| 2 | 7'-10' | 9,2 | 43,17 | -6,04 | 6,016 | 35,16 | 91,75 | 31,95 | 75,67 | 54,8 | 126,76 |
| 1 | 10'-13' | 12,58 | 55,75 | -3,23 | 2,78 | 35,16 | 126,9 | 29,13 | 104,8 | 51,41 | 181,17 |
| 0 | 13'-16' | 32,38 | 88,13 | 13,36 | 16,14 | 35,51 | 162,42 | 13,36 | 118,17 | 32,38 | 213,5 |

Ferailage des poutres:

Portique longitudinal de rive (3.3):

Présentation des Moments: (t.m).



Ferailage sur appuis:

coffrage des poutres $b \cdot h_t = 35 \times 90$

$d = 8 \text{ cm}$, $h = 82 \text{ cm}$.

Ferailage adopté en appui et en travée

| | | | | | | | | |
|-------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| | 6T16 | | 6T16 | | 6T16 | 6T16 | | 6T16 |
| Niv 4 | △ | 4T16 | △ | 4T16 | △ | 4T16 | △ | 4T16 |
| | 6T16 | | 4T16 | | 4T16 | | 6T16 | |
| | 10T20 | | 10T20 | | 10T20 | | 10T20 | |
| 3 | △ | 6T20+2T16 | △ | 6T20+2T16 | △ | 6T20+2T16 | △ | 6T20+2T16 |
| | 7T20 | | 6T20 | | 7T20 | | 6T20 | |
| | 10T20+5T16 | | 10T20+3T16 | | 10T20+5T16 | | 10T20+5T16 | |
| 2 | △ | 6T20+2T16 | △ | 6T20+2T16 | △ | 6T20+2T16 | △ | 6T20+2T16 |
| | 10T20 | | 7T20 | | 10T20 | | 10T20 | |
| | 10T20+3T16 | | 10T20+1T16 | | 3T16+10T20 | | 10T20+3T16 | |
| 1 | △ | 6T20+2T16 | △ | 6T20+2T16 | △ | 6T20+2T16 | △ | 6T20+2T16 |
| | 6T20+4T16 | | 6T20 | | 6T20 | | 6T20+4T16 | |
| | 5T20 | | 5T20 | | 5T20 | | 5T20 | |
| 0 | △ | 5T20+2T16 | △ | 5T20+2T16 | △ | 5T20+2T16 | △ | 5T20+2T16 |
| | 5T20 | | 5T20 | | 5T20 | | 5T20 | |

les Armatures transversales:

Niv 4 : A_t : 2 cadres $\phi 10$

Niv 3, 2, 1, 0 A_t = 2 cadres $\phi 10$ + 1 étrier $\phi 10$.

Espacements:

Niv 4 . Zone Nodale $t = 15 \text{ cm}$ Zone courante $t = 30 \text{ cm}$.

Niv. 3, 2, 1, Zone nodale $t = 15 \text{ cm}$ Zone courante $t = 30 \text{ cm}$

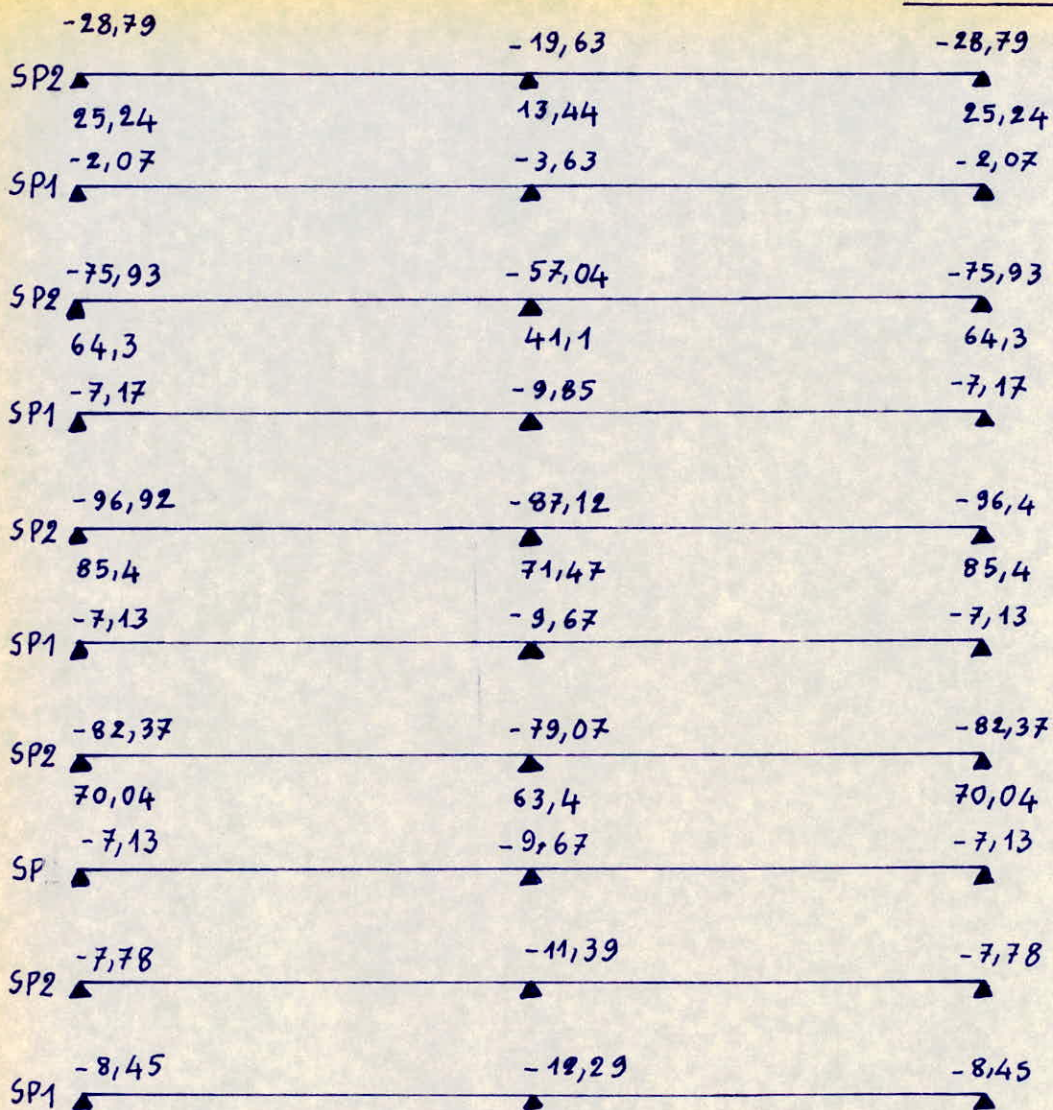
Niv 0 Zone Nodale $t = 20 \text{ cm}$ Zone courante $t = 40 \text{ cm}$.

Verifications:

toutes les vérifications ont été satisfaites:

- Flèches
- vérification de la condition de non fragilité
- condition de non écrasement du Béton.
- conditions aux appuis
- vérification des contraintes.
- Fissuration
- Pourcentage d'acier longitudinal compris entre 0,3% et 2,5%
- condition de non entrainement des barres.

Portique transversal de rive: (Bloc A₁). Présentation des Moments

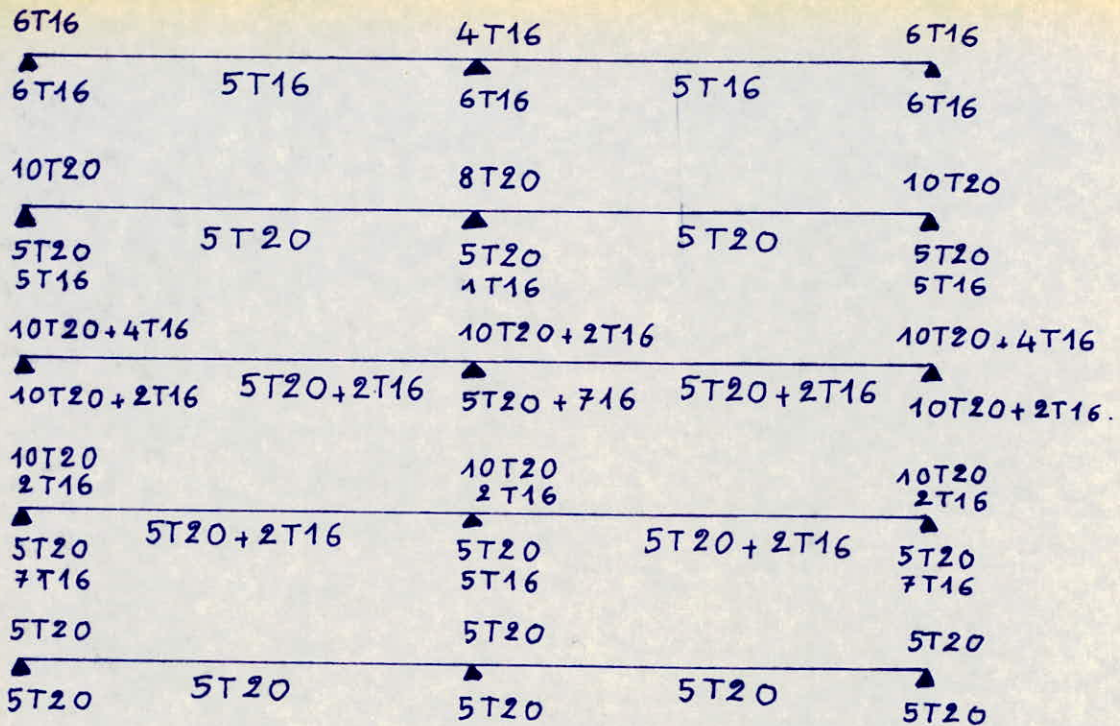


coffrage des poutres:

b. ht = 40 x 70

le coffrage des poutres a été changé ; du faite que le Ferailage longitudinale a dépassé les 2,5% autorisé par le RPA.

Ferraillage adopté en appui et en travée :



Etant donné que les poutres transversales ne sont pas porteuses des charges verticales, elles ne sont sollicitées principalement que par les forces latérales sismiques, ainsi les moments en travée sont très faibles par rapport aux moments sur appui, donc on calcule uniquement les armatures sur appui, et on opte une section en travée égale au moins à la moitié des armatures sur appuis (RPA 81 art 4.2.3,2).

les armatures transversales :

Niv 4 $A_t = 2 \text{ cadres } \phi 10$

Niv 3, 2, 1 $A_t = 2 \text{ cadres} + 1 \text{ étrier } \phi 10$

Niv 0 $A_t = 2 \text{ cadres } \phi 10$

Espacements :

Niv. 4, 3, 2, 1, Nodale $t = 15 \text{ cm}$ courante $t = 30 \text{ cm}$

Niv 0 Zone Nodale $t = 20 \text{ cm}$ Zone courante $t = 40 \text{ cm}$.

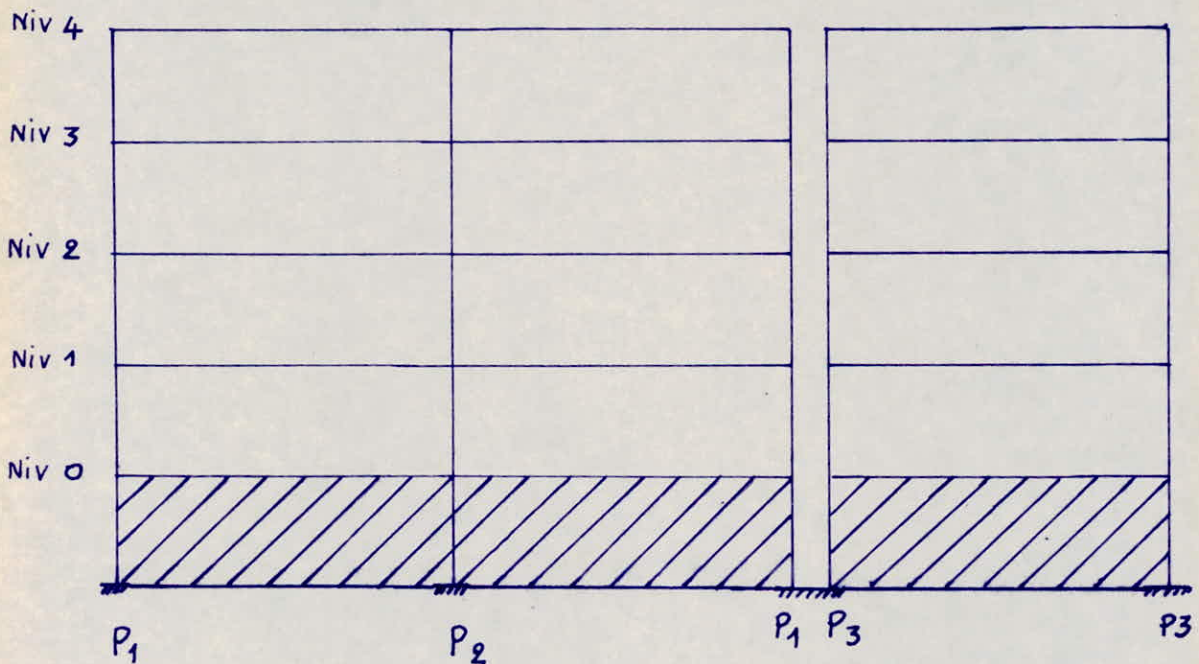
Ferraillage des poteaux :

pour les poteaux, la section T, n'est pas du tout économique, du fait que la quantité d'acier est très importante, dépassant de loin les 4% autorisés par le RPA.

ceci nous a ramené de changer de section et opter pour une section rectangulaire 65x70.

ce changement de section va dans le sens de la sécurité, du fait que la rigidité des poteaux va augmenter.

ces poteaux font partie du portique longitudinal (3,3') dont les poutres ont été étudiés.



| SP1 | | | | | | SP2 | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|-------|----------------|------|------------------|------------------|------------------|----------------|------|------------------|------------------|------------------|----------------|------|------------------|
| sens longitudinal | | | | | | Poteau P3. | | | | | | | | | |
| Niv | N(t) | M(tm) | e _o | soll | $\bar{\sigma}_b$ | N ^{max} | M ^{cor} | e _o | soll | $\bar{\sigma}_b$ | N ^{min} | M ^{cor} | e _o | soll | $\bar{\sigma}_b$ |
| 4 | 12,93 | 12,23 | 0,945 | P.C | 137 | 19,03 | 39,96 | 2,09 | P.C | 205,5 | 3,84 | 16,34 | 4,25 | P.C | 205,5 |
| 3 | 40,56 | 14,87 | 0,366 | P.C | 137 | 61,44 | 70,83 | 1,15 | P.C | 205,5 | 5,25 | 39,24 | 7,47 | P.C | 205,5 |
| 2 | 68,19 | 14,21 | 0,208 | P.C | 109,21 | 111,8 | 78,15 | 0,699 | P.C | 205,5 | 10,47 | 47,91 | 4,57 | P.C | 205,5 |
| 1 | 95,82 | 18,8 | 0,196 | P.C | 106,86 | 157,97 | 77,14 | 0,488 | P.C | 205,5 | 12,19 | 44,86 | 3,68 | P.C | 205,5 |
| 0 | 120,88 | 11,25 | 0,093 | E.C | 86,7 | 181,56 | 73,34 | 0,404 | P.C | 205,5 | 25,17 | 58,12 | 2,309 | P.C | 205,5 |
| sens transversal | | | | | | | | | | | | | | | |
| Niv | N(t) | M(tm) | e _o | soll | $\bar{\sigma}_b$ | N ^{max} | M ^{cor} | e _o | soll | $\bar{\sigma}_b$ | N ^{min} | M ^{cor} | e _o | soll | $\bar{\sigma}_b$ |
| 4 | 3,73 | 3,37 | 0,903 | P.C | 137 | 10,1 | 27,35 | 2,708 | P.C | 205,5 | -2,63 | 19,59 | 7,45 | P.C | 205,5 |
| 3 | 14,44 | 3,79 | 0,262 | P.C | 123,7 | 37,86 | 54,75 | 1,446 | P.C | 205,5 | -10,17 | 40,09 | 3,94 | P.C | 205,5 |
| 2 | 25,07 | 3,56 | 0,142 | P.C | 98,43 | 72,26 | 54,29 | 0,75 | P.C | 205,5 | -24,56 | 40,49 | 1,65 | P.C | 205,5 |
| 1 | 35,79 | 4,73 | 0,132 | P.C | 96,32 | 104,24 | 62,83 | 0,603 | P.C | 205,5 | -35,68 | 40,51 | 1,13 | P.C | 205,5 |
| 0 | 49,77 | 3,74 | 0,075 | E.C | 84,3 | 117,1 | 62,83 | 0,536 | P.C | 205,5 | -29,41 | 51,06 | 1,73 | P.C | 205,5 |

| SP1 | | | | | | SP2 | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|-------|----------------|------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|------|-------------------|
| Sens longitudinal | | | | | | Poteau P1 | | | | | | | | | |
| Niv | N(t) | M(tm) | e _o | Soll | $\bar{\sigma}'_b$ | N _≡ ^{max} | M _≡ ^{corr} | e _o | Soll | $\bar{\sigma}'_b$ | N _≡ ^{min} | M _≡ ^{corr} | e _o | Soll | $\bar{\sigma}'_b$ |
| 4 | 11,71 | 11,07 | 0,945 | P.C | 137 | 17,09 | 33,89 | 1,98 | P.C | 205,5 | 3,57 | 19,56 | 5,47 | P.C | 205,5 |
| 3 | 37,96 | 12,46 | 0,328 | P.C | 132,67 | 57,28 | 71,55 | 1,25 | P.C | 205,5 | 5,01 | 43,05 | 8,59 | P.C | 205,5 |
| 2 | 64,28 | 12,1 | 0,188 | P.C | 105,3 | 105,2 | 76,67 | 0,728 | P.C | 205,5 | 9,35 | 51 | 5,45 | P.C | 205,5 |
| 1 | 90,14 | 16,42 | 0,182 | P.C | 104,11 | 148,5 | 83,04 | 0,559 | P.C | 205,5 | 11,24 | 52,65 | 4,68 | P.C | 205,5 |
| 0 | 114,05 | 9,58 | 0,084 | P.C | 84,9 | 171 | 80,11 | 0,468 | P.C | 205,5 | 23,63 | 54,27 | 2,29 | P.C | 205,5 |
| Sens transversal | | | | | | | | | | | | | | | |
| Niv | N(t) | M(tm) | e _o | Soll | $\bar{\sigma}'_b$ | N _≡ ^{max} | M _≡ ^{corr} | e _o | Soll | $\bar{\sigma}'_b$ | N _≡ ^{min} | M _≡ ^{corr} | e _o | Soll | $\bar{\sigma}'_b$ |
| 4 | 3,74 | 3,36 | 0,901 | P.C | 137 | 11,84 | 34,15 | 2,88 | P.C | 205,5 | -4,48 | 30,05 | 6,7 | P.C | 205,5 |
| 3 | 14,41 | 3,79 | 0,263 | P.C | 124 | 44,29 | 68,66 | 1,55 | P.C | 205,5 | -16,23 | 61,3 | 3,77 | P.C | 205,5 |
| 2 | 25,05 | 3,56 | 0,142 | P.C | 98,5 | 86,58 | 68,19 | 0,787 | P.C | 205,5 | -37,9 | 61,95 | 1,63 | P.C | 205,5 |
| 1 | 35,76 | 4,73 | 0,132 | P.C | 96,32 | 124,51 | 80,07 | 0,643 | P.C | 205,5 | -55,07 | 71,39 | 1,29 | P.C | 205,5 |
| 0 | 49,75 | 3,73 | 0,075 | E.C | 84,3 | 137,37 | 79,17 | 0,576 | P.C | 205,5 | -45,48 | 75,57 | 1,66 | P.C | 205,5 |

SP1

SP2

sens longitudinal :

poteau P2

| Niv | N(t) | M(tm) | e ₀ | soll | $\bar{\sigma}'_b$ | N_{\max} | M_{cor} | e ₀ | soll | $\bar{\sigma}'_b$ | N_{\min} | M_{cor} | e ₀ | soll | $\bar{\sigma}'_b$ |
|-----|--------|-------|----------------|------|-------------------|------------|------------------|----------------|------|-------------------|------------|------------------|----------------|------|-------------------|
| 4 | 28,34 | 0 | , | C.S | 68,5 | 27,78 | 41,48 | 1,493 | P.C | 205,5 | 19,98 | 34,57 | 1,73 | P.C | 205,5 |
| 3 | 86,38 | 0 | , | C.S | 68,5 | 82,7 | 90,17 | 1,09 | P.C | 205,5 | 51,42 | 75,14 | 1,46 | P.C | 205,5 |
| 2 | 144,3 | 0 | , | C.S | 68,5 | 137,5 | 101,98 | 0,74 | P.C | 205,5 | 82,79 | 84,9 | 1,02 | P.C | 205,5 |
| 1 | 201,7 | 0 | , | C.S | 68,5 | 191,82 | 80,22 | 0,418 | P.C | 205,5 | 113,89 | 66,85 | 0,587 | P.C | 205,5 |
| 0 | 254,06 | 0 | , | C.S | 68,5 | 241,11 | 80,22 | 0,333 | P.C | 200,5 | 141,03 | 66,85 | 0,474 | P.C | 205,5 |

sens transversal.

| Niv | N(t) | M(tm) | e ₀ | soll | $\bar{\sigma}'_b$ | N_{\max} | M_{cor} | e ₀ | soll | $\bar{\sigma}'_b$ | N_{\min} | M_{cor} | e ₀ | soll | $\bar{\sigma}'_b$ |
|-----|-------|-------|----------------|------|-------------------|------------|------------------|----------------|------|-------------------|------------|------------------|----------------|------|-------------------|
| 4 | 5,57 | 3,08 | 0,553 | P.C | 137 | 13,6 | 35,11 | 2,58 | P.C | 205,5 | -2,97 | 24,63 | 8,29 | P.C | 205,5 |
| 3 | 14,33 | 3,1 | 0,216 | P.C | 114,03 | 43,67 | 67,8 | 1,55 | P.C | 205,5 | -18,18 | 53,01 | 2,91 | P.C | 205,5 |
| 2 | 23,02 | 2,92 | 0,127 | P.C | 95,27 | 83,54 | 67,43 | 0,807 | P.C | 205,5 | -41,64 | 53,11 | 1,27 | P.C | 205,5 |
| 1 | 31,78 | 5,08 | 0,159 | P.C | 102. | 119,06 | 80,24 | 0,674 | P.C | 205,5 | -61,39 | 61,78 | 1,00. | P.C | 205,5 |
| 0 | 46,89 | 4,03 | 0,086 | E.C | 86,63 | 132,47 | 79,31 | 0,598 | P.C | 205,5 | -57,48 | 64,16 | 1,11 | P.C | 205,5 |

Ferailage adopté pour le poteau P2: 65x70

| Niv | A long | A trans | Amin 1% | Amax 4% | Aadopté | ϕ | W% |
|-----|--------|---------|---------|---------|---------|---------------|------|
| 4 | 13,97 | 13,99 | 45,5 | 182 | 50,24 | 16T20 | 1,1 |
| 3 | 29,4 | 26,54 | 45,5 | 182 | 87,58 | 14T25 6T20 | 1,92 |
| 2 | 30,2 | 28,35 | 45,5 | 182 | 87,58 | 14T25 6T20 | 1,92 |
| 1 | 26,3 | 34,61 | 45,5 | 182 | 100,94 | 18T25 4T20 | 2,2 |
| 0 | 35,89 | 34,14 | 45,5 | 182 | 110,76 | 20T25 4T20 | 2,43 |

Ferailage adopté pour le poteau P1 65x70

| Niv | A long | Atr | Amin 1% | Amax 4% | Aadopté | ϕ | W% |
|-----|--------|-------|---------|---------|---------|---------------|------|
| 4 | 11,95 | 12,2 | 45,5 | 182 | 50,24 | 16T20 | 1,1 |
| 3 | 20,27 | 21,85 | 45,5 | 182 | 71,48 | 12T25 4T20 | 1,57 |
| 2 | 21,25 | 19,9 | 45,5 | 182 | 71,48 | 12T25 4T20 | 1,57 |
| 1 | 19,16 | 21,4 | 45,5 | 182 | 71,48 | 12T25 4T20 | 1,57 |
| 0 | 21,8 | 23,22 | 45,5 | 182 | 75,02 | 14T25 2T20 | 1,65 |

Ferailage adopté pour le poteau P3: 65x70

| Niv | A long | Atran | Amin 1% | Amax 4% | Aadopté | ϕ | W% |
|-----|--------|-------|---------|---------|---------|----------------|------|
| 4 | 14 | 10,8 | 45,5 | 182 | 50,24 | 16T20 | 1,1 |
| 3 | 22,8 | 21,6 | = | = | 75,02 | 14T25 2T20 | 1,65 |
| 2 | 18,71 | 27,05 | = | = | 76,96 | 8T25 12T20 | 1,69 |
| 1 | 20,9 | 30,09 | = | = | 84,04 | 12T25 8T20 | 1,85 |
| 0 | 20,9 | 32,4 | = | = | 90,32 | 12T25 10T20 | 1,98 |

Armatures transversales:

Pot P_{1,2,3}: 2 cadres + 1 étrier dans chaque sens. (T12)

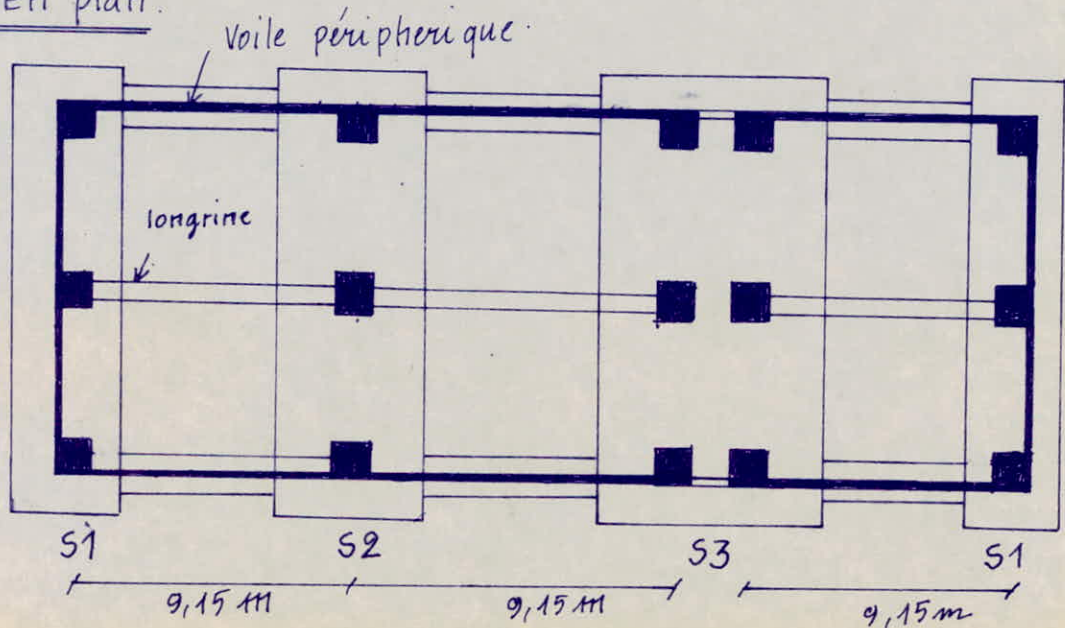
| Pot | Zone Nodale t | t = Zone courante |
|-----|---------------|-------------------|
| P1 | 15 cm | 20 cm |
| P2 | 15 cm | 15 cm |
| P3 | 15 cm | 20 cm |

les Fondations (Bloc A)

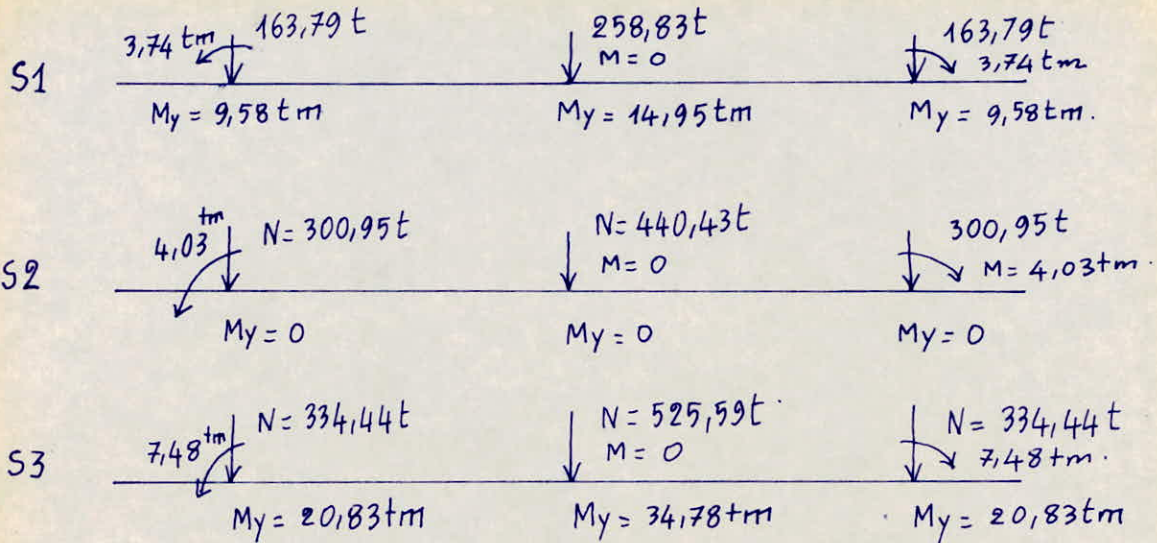
types de semelles :

- semelle filante sous poteaux.
 - semelle sous voile.
- la semelle filante sous poteaux est calculé uniquement sous SP1 pour la raison suivante :
- le sous sol est formé de voiles périphériques, du plancher du RDC et des longrines qui relient les différentes fondations est une boîte très rigide.
 - sous l'effet des charges horizontales, cette boîte bute contre le sol
 - En plus, le moment se distribue non pas sur les poteaux seulement, mais aussi sur les voiles périphériques et sur les longrines.
 - Donc nous pouvons affirmer que le moment crée par les charges sismiques est négligeable au niveau des Fondations
 - c'est pourquoi, nous Etudierons les fondations sous les sollicitations du 1^{er} genre seulement.

Vue En plan :

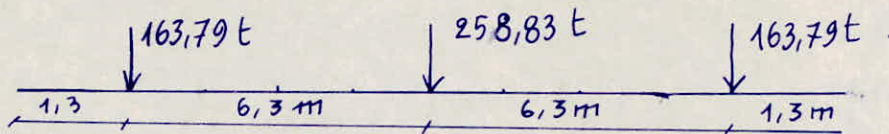


Présentation des Efforts sur les semelles :



On fait le calcul de la semelle S1, Pour les autres semelles, c'est toujours le même principe de calcul. du fait que les moments sous SP1, ne créent pas une grande variation sur les contraintes, on suppose que les Moments sont repris, soit par le voile périphérique ou la longrine.

- la Méthode de calcul est basé sur l'hypothèse d'une semelle infiniment rigide et une distribution linéaire des réactions.



charge totale poteaux

$$\Sigma Q = 586,41 \text{ t} + \text{Poids du voile } (28,81 \text{ t}) \Rightarrow Q_{\text{Tot}} = 615,22 \text{ t}$$

dimensionnement de la semelle:

$$\text{la section nécessaire } B.L \gg \frac{Q_T}{\bar{\sigma}_s}$$

$$L = 1520 \text{ cm}$$

$$Q_T = 615,22 \text{ t} \Rightarrow B \gg 132,27 \text{ cm}$$

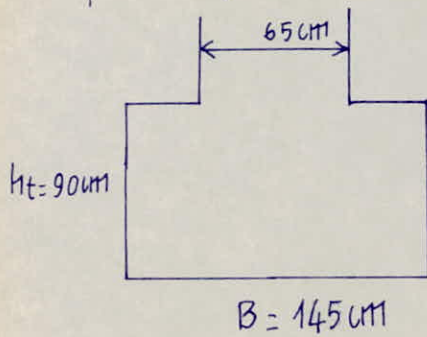
$$\bar{\sigma}_s = 3 \text{ bars} = 1,02 \cdot 3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{On adopte } B = 145 \text{ cm}$$

$h_t \approx l/6 \div l/9$ où l : distance entre axe de 2 poteaux

$$l = 6,30 \text{ m} \Rightarrow h_t = (105 \text{ cm} \div 70 \text{ cm})$$

On adopte $h_t = 90 \text{ cm}$.



Poids de la semelle : $145 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} \times 15,2 \text{ m} \times 2500 \text{ Kg/m}^3 = 49,59 \text{ t}$.
d'où le poids totale qui agit sur la semelle est

$$Q = 615,22 \text{ t} + 49,59 \text{ t} = 664,81 \text{ t}$$

$$\Rightarrow \bar{\sigma}_s = \frac{664,81 \text{ t}}{145 \times 15,20} = 3,01 < 3,06 \text{ Kg/cm}^2 = \bar{\sigma}_s$$

connaissant le chargement qui agit sur la semelle, on peut tracer le diagramme de l'effort tranchant et du Moment

$$q = \bar{\sigma}_s \times B = 3,01 \times 145 =$$

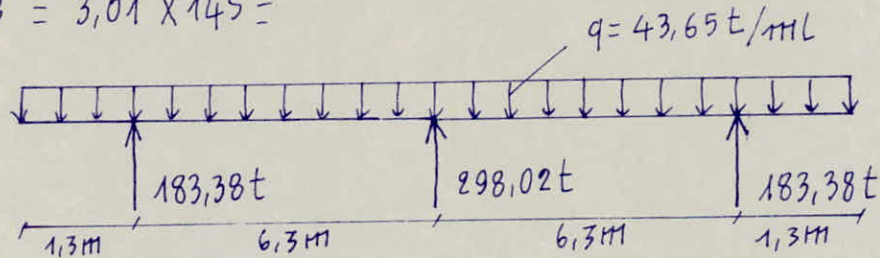


Diagramme de l'effort tranchant (t)

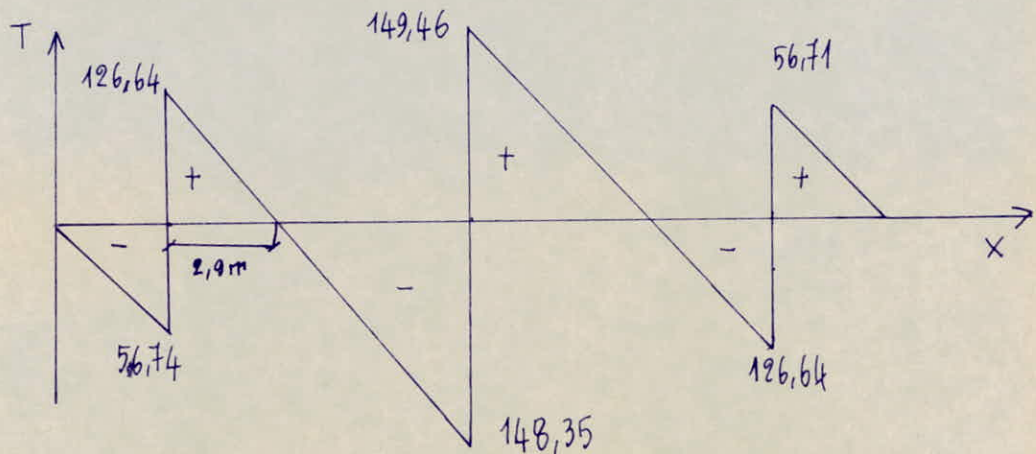
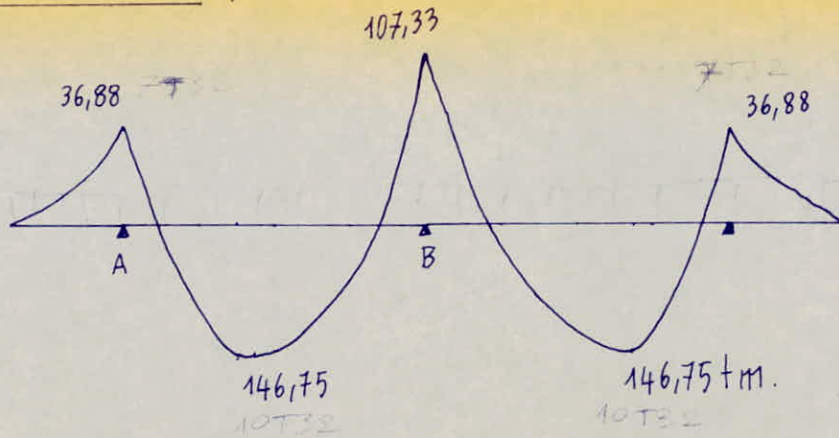


Diagramme des Moments : (tm).



Ferailage:

1. En travée $M_t = 146,75 \text{ tm}$. $d = \frac{ht}{10} = \frac{90}{10} = 9 \text{ cm}$.

Méthode P. Charron:

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \cdot 146,75 \cdot 10^5}{2670 \cdot 145 \cdot 812} = 0,0866 \quad \left| \begin{array}{l} \epsilon = 0,8812 \\ K = 27,1 \end{array} \right.$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2670}{27,1} = 98,52 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\epsilon h \bar{\sigma}_a} = \frac{146,75 \cdot 10^5}{0,8812 \cdot 81 \cdot 2670} = 77 \text{ cm}^2$$

On adopte 10T32 ($A = 80,42 \text{ cm}^2$)

2. Appui A: $M = 36,88 \text{ tm}$.

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \cdot 36,88 \cdot 10^5}{2670 \cdot 145 \cdot 812} = 0,0217 \quad \left| \begin{array}{l} \epsilon = 0,9355 \\ K = 62,5 \end{array} \right.$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2670}{62,5} = 42,72 \text{ Kg/cm}^2 < 137 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\epsilon h \bar{\sigma}_a} = \frac{36,88 \cdot 10^5}{0,9355 \cdot 81 \cdot 2670} = 18,23 \text{ cm}^2$$

On adopte 4T25 ($19,63 \text{ cm}^2$) + 1 Barre de Montage.

3. appui B: $M = 107,33 \text{ tm}$.

$$\mu = \frac{15 \cdot 107,33 \cdot 10^5}{2670 \cdot 145 \cdot 812} = 0,0631 \quad \left| \begin{array}{l} \epsilon = 0,8963 \\ K = 33,2 \end{array} \right.$$

$$\sigma'_b = \frac{2670}{33,2} = 80,42 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{107,33 \cdot 10^5}{0,8963 \cdot 81 \cdot 2670} = 55,37 \text{ cm}^2 \quad \text{On adopte 7 T32 (A = 56,29 cm}^2\text{)}$$

Armatures transversales

$$1. \tau_b = \frac{T}{b_0 z} = \frac{149,46 \cdot 10^3}{145 \cdot 0,875 \cdot 81} = 14,54 \text{ Kg/cm}^2 \quad (\text{appui B})$$

$$\sigma'_b = 80,42 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow \bar{\tau}_b = 19,62 \text{ Kg/cm}^2$$

on utilise des cadres et des étriers \perp à la ligne

Moyenne.

• calcul de t :

$$\frac{A_t}{t} = \frac{T}{3 \bar{\sigma}_{at}} \quad \text{avec} \quad \bar{\sigma}_{at} = \rho_{at} \sigma_{em}$$

$$\rho_{at} = \sup\left(\frac{2}{3}, 1 - \frac{\tau_b}{9 \bar{\sigma}_b}\right) = 0,726$$

$$\bar{\sigma}_{at} = 0,726 \cdot 4200 = 3049,2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_t = 2 \text{ cadres} + 1 \text{ étrier } \phi 12 = 6 \phi 12 = 6,78 \text{ cm}^2$$

$$t = \frac{3 \cdot \bar{\sigma}_{at} \cdot A_t}{T} = \frac{0,875 \cdot 3049,2 \cdot 6,78 \cdot 81}{149,46 \cdot 10^3} = 9,8 \text{ cm}$$

• espacement admissible :

$$\bar{E} = \max\left[0,2 h, \left(1 - 0,3 \cdot \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b}\right) h\right] = \max[16,2 \text{ cm}; 21,11 \text{ cm}]$$

$$\bar{E} = 21 \text{ cm}$$

2. effort tranchant à 1 m de l'appui B :

$$T = 105,81 \text{ t}$$

$$\tau_b = 10,29 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_b = 20,65 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow t = 15 \text{ cm}$$

$$\bar{\sigma}_{at} = 3381,1 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_t = 6,78$$

3. effort tranchant à 2 m de l'appui B :

$$T = 62,16 \text{ t}$$

$$\tau_b = 6,04 \text{ Kg/cm}^2$$

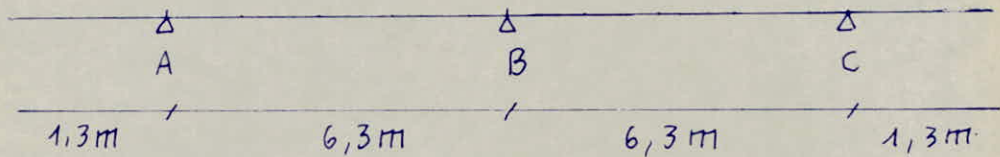
$$\bar{\tau}_b = 20,65 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{at} = 3722 \text{ Kg/cm}^2 \quad \bar{E} = 56,12 \text{ cm}$$

$$A_t = 6,78 \text{ cm}^2$$

$$t = 23,57 \text{ cm}$$

Récapitulation:



On adopte $t = 9 \text{ cm}$ au niveau des Appuis A, B, C

à 1m à partir de chaque appui $t = 15 \text{ cm}$.

à 2m à partir de chaque appui $t = 20 \text{ cm}$.

Vérification au poinçonnement:

la condition de sécurité vis à vis du poinçonnement sous charges localisées est satisfaite si

$$\tau_{\max} = \frac{1,5 Q}{1,2 \cdot P_c \cdot h_t} < \bar{\sigma}_b$$

$$Q_{\max} = 258,83 - 33,18 = 225,65 \text{ t}$$

$$P_c = 620 \text{ cm} \text{ (poteau } 65.65 \text{)}$$

$$h_t = 90 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \tau_{\max} = 5,05 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b = 5,9 \text{ Kg/cm}^2$$

Semelle filante sous le
voile périphérique

hauteur du voile $h = 4,1 + 1 = 5,1 \text{ m}$.

Poids par ml de voile = $2,55 \text{ t/ml}$.

Poids de la semelle $0,6 \times 0,4 \times 1 \times 2,5 = 0,6 \text{ t/ml}$.

Poids des terres au dessus de la semelle
 $(0,6 - 0,2) \times 1 \times 1 \times 1,8 = 0,72 \text{ t/ml}$.

charge totale /ml = $3,87 \text{ t/ml}$.

contrainte dans le sol:

$$\bar{\sigma}_s = \frac{q}{s} = \frac{3,87 \cdot 1000}{60 \cdot 100} = 0,645 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_s$$

Ferraillage de la semelle: sens transversal

On utilise la méthode des Bielles:

$$F = \frac{N(B-b)}{Bh} = \frac{3,87 \cdot 1000 \cdot (60-20)}{8 \cdot (40-4)} = 537,5 \text{ Kg}$$

$$A = \frac{F}{\bar{\sigma}_a} = \frac{537,5 \text{ Kg}}{2800} = 0,19 \text{ cm}^2 \quad \text{On prend } 4T10$$

$e = 25 \text{ cm} \quad A = 3,14 \text{ cm}^2$

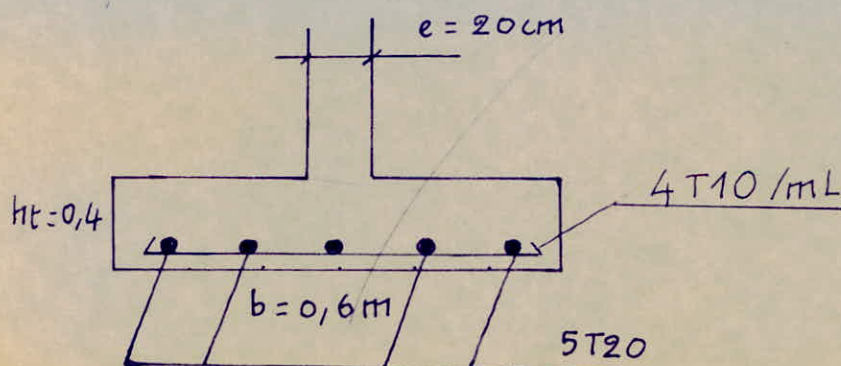
sens longitudinal

dans ce sens, la semelle joue le rôle d'une longrine

Effort de traction $N = \frac{N_{\max}}{10} = \frac{298,2}{10} \text{ t} = 29,82 \text{ t}$.

$$A \gg \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = \frac{29,82}{2800} = 10,64 \text{ cm}^2$$

On prend $5T20$ ($A = 12,56 \text{ cm}^2$). $4T10 + 2T16$



LONGRINES

les longrines doivent pouvoir équilibrer une force axiale dégal à 10% de la charge du poteau en question

$$N = \frac{N_{\max}}{10} = \frac{525,6}{10} = 52,65 \text{ t}$$

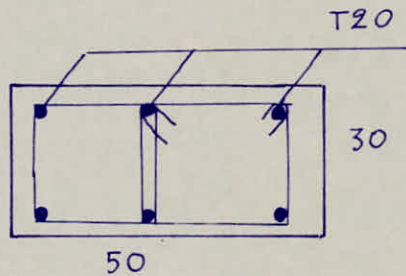
soffrage de la longrine 30 x 50 (cm)

- Ferailage :

$$A \geq \frac{52,65 \cdot 1000}{2800} = 18,8 \text{ cm}^2 \rightarrow 6\text{T}20$$

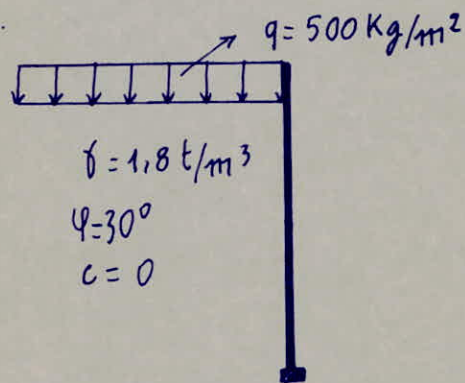
- armatures transversales :

(1.cadre + 1'étrier) T8 $e = 20 \text{ cm}$



voile périphérique

le voile sera calculé comme une dalle appuyée sur la fondation et appuyé sur les poteaux et poutres du RDC.



la contrainte sous la poussée des terres et la charge supplémentaire de 500 Kg/m^2 est

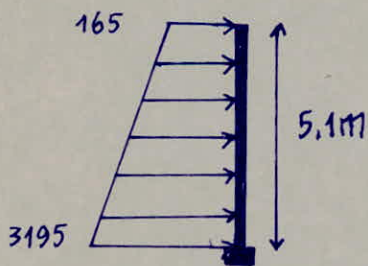
$$\sigma_z = K_a (\gamma z + q)$$

$$K_a = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) = 0,33.$$

$$\sigma(0) = 0,33 (1,8 \cdot 0 + 500) = 165 \text{ Kg/m}^2.$$

$$\sigma(H) = 0,33 (5,1 \cdot 1,8 + 500) = 3195 \text{ Kg/m}^2.$$

distribution de la poussée :



Pour le calcul, nous prenons une charge uniformément répartie $q = 3195 \text{ Kg/m}^2$

soit le panneau :

$$\left. \begin{array}{l} l_x = 4,6 \text{ m} \\ l_y = 8,5 \text{ m} \end{array} \right\} f = 0,54 \left\{ \begin{array}{l} u_x = 0,0911 \\ u_y = 0,377 \end{array} \right.$$

$$M_x = u_x q l_x^2 = 0,0911 \cdot 3195 \text{ Kg/m}^2 \cdot 4,6^2 = 6,16 \text{ tm}$$

$$M_y = u_y M_x = 0,377 \cdot 6,16 \text{ tm} = 2,32 \text{ tm}.$$

$$M_{tx} = 0,85 \cdot 6,16 \text{ tm} = 5,26 \text{ tm}$$

$$M_{ty} = 0,85 \cdot 2,32 \text{ tm} = 1,97 \text{ tm}.$$

$M_{tx} = 5,26 \text{ tm} \Rightarrow A = 6T16 / \text{mL} \quad e = 20 \text{ cm}$
dans l'autre sens

$$A_y = \frac{A_x}{4} = \frac{12,06}{4} = 3,01 \text{ cm}^2$$

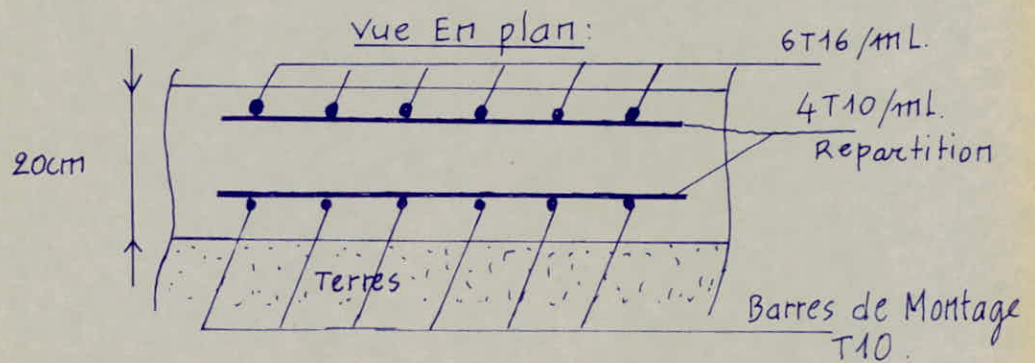
$$A = 4T10 / \text{mL} \quad e = 20 \text{ cm}$$

armatures Transversales

$$T_{\max} = 6768 \text{ Kg} \Rightarrow \tau_b = \frac{6768}{100 \cdot \frac{7}{8} \cdot 17} = 4,55 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,78 \text{ Kg/cm}^2$$

$\tau_b < \bar{\tau}_b \Rightarrow$ les Armatures transversales ne sont pas nécessaires.



— BIBLIOGRAPHIE —

- Regles techniques : c.c.B.A 68.
- Reglements parasismiques : R.P.A. 81
- calcul et verification des ouvrages en beton armé (P. CHARRON).
- Dynamique des structures et sismologie de l'ingenieur.
- Aide memoire de beton armé (U. DAVIDOVICI)
- traité de béton armé "TOME 4" (A. GUERRIN)
- cours de béton III "TOME II" (M. BELAZOUGUI)
- Aide memoire de R.D.M (J. Goulet)
- calcul pratique des fondations et murs de soutènement (TENG)
- Calcul des ossatures en béton armé (A. COIN)

