

lex.

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE CIVIL

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

BATIMENT  
ADMINISTRATIF

Proposé par :

E.R.C.  
Alger

Etudié par :

Zaidi R.

Dirigé par :

M<sup>r</sup>  
Laribi A.

PROMOTION : Janvier 86

## REMERCIEMENTS

Mes remerciements sinceres à mon promoteur M<sup>r</sup> LARIBI  
ainsi qu'à M<sup>r</sup> SALHI Y. et M<sup>r</sup> AOUSSI.D. pour  
leurs aides

Je remercie également tout les enseignants qui ont  
contribués à ma formation .

*mf*

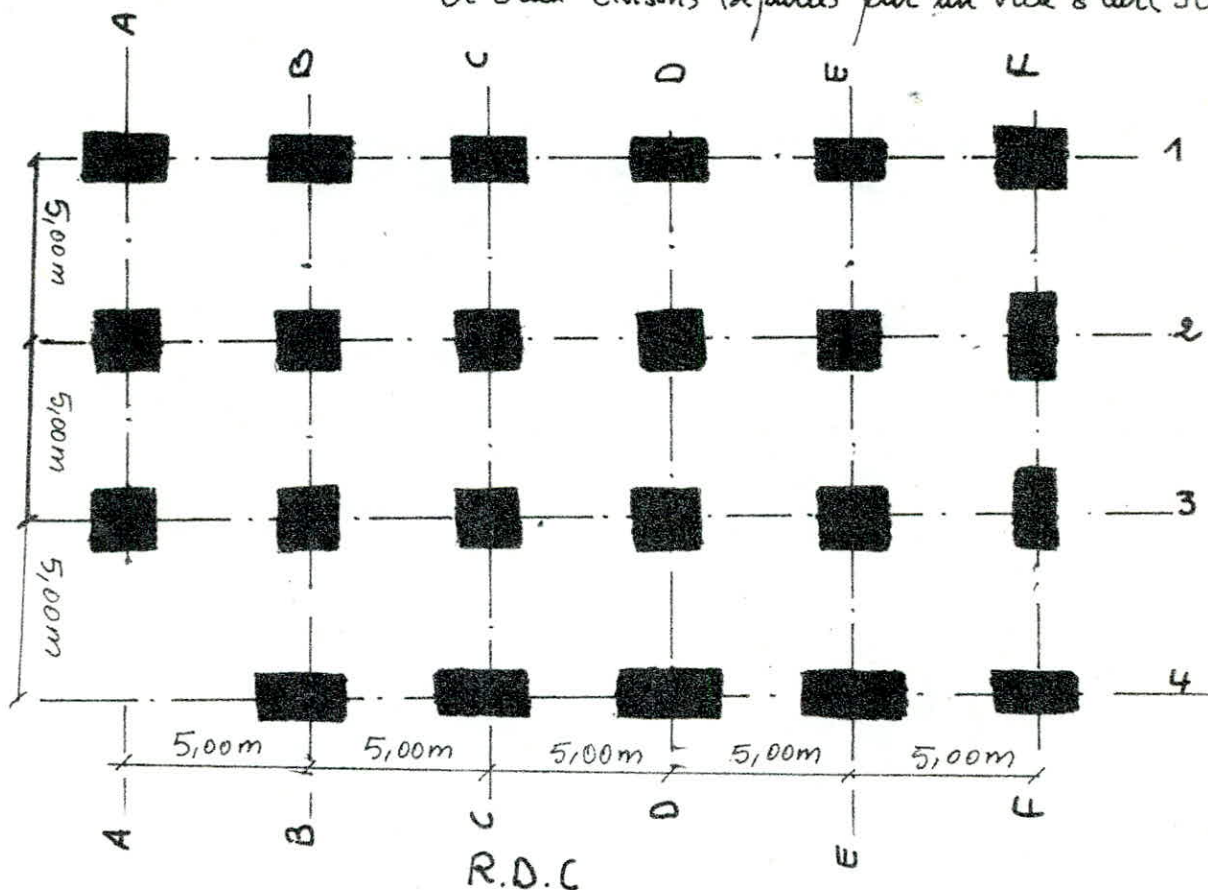
المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationalis Polytechnique

# SOMMAIRE

•	Presentation de l'ouvrage	1
•	Caracteristiques des matériaux	2
•	Charges et Surcharges	4
•	Calcul des elements	5
	1. Acrotère	5
	2. Poutrelle et table de compression	6
	3. Escaliers	11
•	Etude au seisme	15
	Deformation des caracteristiques propres de vibration	17
	Calcul des rigidités	17
	Evaluation des Forces Sismiques	25
	Verification au renversement	28
	Deformations Horizontales	27
	Calcul des Moments dans les poteaux	30
	Calcul des Moments dans les poutres	33
•	Effort dans les portiques engendrés par les forces verticales	38
•	Superposition des sollicitations	49
•	FERRAILLAGE des POUTRES	65
•	FERRAILLAGE des Poteaux	77
•	FONDATEIONS	93
•	Voile peripherique	97
•	Longrines	98
•	Tassement	100

# Presentation de l'ouvrage

- Batiment à usage administratif (R+3) + un vide sanitaire
- On étudie le bloc qui a les dimensions suivantes:
  - largeur totale : 15 m
  - longueur totale : 25 m
  - hauteur entre étage : 3,30 m
- Structure de l'ouvrage est une structure autostable où le contreventement est assuré dans les deux directions et à chaque niveau par des portiques.
- Béton armé : le béton utilisé conforme aux règles technique C.C.BA68 ainsi que toutes les règles européennes applicable en Algérie
- Pour l'acier nous utiliserons de l'acier H-A (Fe40) et Adx (FeE)
- Planchers : à corps creux.
- Escaliers : en B.A.
- Maçonnerie : briques creuses. les murs extérieurs seront constitués de deux crâmes séparées par un vide d'air (5cm)



Caracteristiques des matériaux

① beton : . dosé à 350 kg/m<sup>3</sup> de C.P.A 325 , C<sub>g</sub> : 5/15 mm

- $\sigma'_{28} = 270$  bars (compression)
- $\sigma'_{28} = 23,2$  bars (Traction)
- Composition d'1 m<sup>3</sup> de beton est :

800l de gravillon, 400l de sable, 350kg de ciment, 175l d'eau

- Contrainte de compression admissible :  $\bar{\sigma}'_b = \rho'_b \cdot \sigma'_{28}$  avec  $\rho'_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \epsilon$

- $\alpha = 1$  (classe de ciment 325)
- $\beta = 6/5$  (contrôle atténué)

$\delta = \begin{cases} 0,3 & \text{en comp. simple} \\ 0,6 & \text{en flexion simple ou flexion composée avec l'effort normal est en traction} \end{cases}$   
 $\delta = \min(0,6; 0,3(1 + \frac{e_0}{3e_1}))$  dans une flexion composée si l'effort normal est une comp.

$e_0$  : 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 C.d.g du béton seul dans le plan radial passant par le centre de pression.

•  $\epsilon = 1$  en comp. simple  $\forall$  section, ou en flexion avec section rectangulaire  
 $0,5 \leq \epsilon \leq 1$  dans les autres cas. (avec  $\sigma'_m \leq \bar{\sigma}'_{b0}$ )

Résumé :

- En comp. simple : sous SP1 :  $\bar{\sigma}'_{b0} = 1 \cdot \frac{5}{6} \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 270 = 67,5$  bars = 68,5 kg/cm<sup>2</sup>  
 sous SP2  $\rightarrow \bar{\sigma}'_{b0} = 1,5 \cdot 68,5 = 102,75$  kg/cm<sup>2</sup>
- En flexion simple : sous SP1 :  $\bar{\sigma}'_b = 2 \bar{\sigma}'_{b0} = 137$  kg/cm<sup>2</sup>  
 sous SP2  $\rightarrow \bar{\sigma}'_b = 1,5 \cdot 137 = 205,5$  kg/cm<sup>2</sup>

- Contrainte de traction de référence :

$\bar{\sigma}_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \theta \cdot \sigma'_{28}$  ( $\alpha, \beta, \gamma$  même valeurs au dessus)

$\theta = 0,018 + \frac{e_1}{\sigma'_{28}} = 0,018 + \frac{e_1}{270} = 0,0258$

Sous SP1  $\rightarrow \bar{\sigma}_b = 5,9$  kg/cm<sup>2</sup>

Sous SP2  $\rightarrow \bar{\sigma}_b = 8,85$  kg/cm<sup>2</sup>

② Aciers : a) acier doux (ronds lisses)

nuance Fe E24 :  $\sigma_{en} = 2400$  kg/cm<sup>2</sup>

• Sous SP1  $\rightarrow \bar{\sigma}_a = \frac{2}{3} \sigma_{en} = 1600$  kg/cm<sup>2</sup>

• Sous SP2  $\rightarrow \bar{\sigma}_a = 1,5 \cdot 1600 = 2400$  kg/cm<sup>2</sup>

b) acier H.A : Fe E40  $\rightarrow \sigma_{en} = 4200$  kg/cm<sup>2</sup> si  $\phi \leq 20$  mm

$\sigma_{en} = 4000$  kg/cm<sup>2</sup> si  $\phi > 20$  mm

Contraintes admissibles :

$$\phi \leq 20 \text{ mm} \rightarrow \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 & \text{sous SP1} \\ \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 & \text{sous SP2} \end{cases}$$

$$\phi > 20 \text{ mm} \rightarrow \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 2667 \text{ kg/cm}^2 & \text{sous SP1} \\ \bar{\sigma}_a = 4000 \text{ kg/cm}^2 & \text{sous SP2} \end{cases}$$

c/ Treillis soudés :  $\phi \leq 6 \text{ mm} \rightarrow \sigma_{en} = 5300 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 3533 \text{ kg/cm}^2 & (\text{SP1}) \\ \bar{\sigma}_a = 5300 \text{ " } & (\text{SP2}) \end{cases}$

$$\phi > 6 \text{ mm} \rightarrow \sigma_{en} = 4500 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 3000 \text{ kg/cm}^2 & (\text{SP1}) \\ \bar{\sigma}_a = 4500 \text{ kg/cm}^2 & (\text{SP2}) \end{cases}$$

d/ armatures transversales ( $\perp$  à la ligne moyenne)

La contrainte de traction admissible  $\bar{\sigma}_{at} = \rho_{at} \cdot \sigma_{en}$

avec  $\rho_{at} = 1 - \frac{\sigma_b}{9\bar{\sigma}_b}$  si  $\rho_{at} > \frac{2}{3}$  et si la section ne comporte pas de reprise de bétonnage.

$\rho_{at} = \frac{2}{3}$  l'autre cas.

\* Contraintes admissible "de non fissuration" (CCBA68 art 49)

$$\bar{\sigma}_a \leq \max(\sigma_1, \sigma_2) \text{ avec } \sigma_1 = k \gamma \frac{\tilde{\omega}_f}{1 + 10\tilde{\omega}_f} \text{ et } \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k}{\phi} \cdot \gamma \cdot \bar{\sigma}_b}$$

$\phi$  : diamètre de la grosse barre (en mm)

$\sigma_1$  : contrainte de fissuration systématique

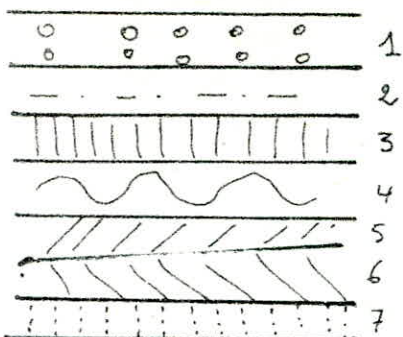
$\sigma_2$  : Contrainte de fissuration accidentelle.

$$\gamma = \begin{cases} 1 & \text{pour A. dx} \\ 1,6 & \text{pour H. A} \end{cases}$$

$$\tilde{\omega}_f = \frac{A \text{ (tendues)}}{\text{section béton entourant les barres.}}$$

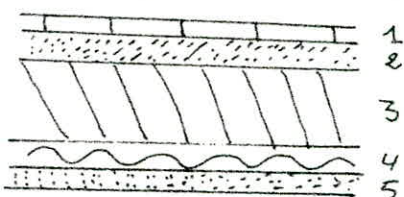
$$k = \begin{cases} 1,5 \cdot 10^6 & \rightarrow \text{fiss. peu nuisible} \\ 1 \cdot 10^6 & \rightarrow \text{fiss. préjudiciable} \\ 0,5 \cdot 10^6 & \rightarrow \text{fiss. très nuisible.} \end{cases}$$

• Plancher Terrasse :



1. Gravillons (5cm) ..... 87 Kg/m<sup>2</sup>
  2. Multicouche ..... 10 Kg/m<sup>2</sup>
  3. Chape de béton (3cm) ..... 60 Kg/m<sup>2</sup>
  4. Liège (isolation thermique) 5cm ..... 20 Kg/m<sup>2</sup>
  5. Forme de pente (1%) ..... 120 Kg/m<sup>2</sup>
  6. Balle de compression + hourdis ..... 265 Kg/m<sup>2</sup>
  7. Enduit en plâtre (1,5) ..... 21 Kg/m<sup>2</sup>
- Charge permanente  $G = 583 \text{ Kg/m}^2$   
 • Surcharge d'exploitation  $P = 100 \text{ Kg/m}^2$

• Plancher courant :



1. Carrelage ..... 44 Kg/m<sup>2</sup>
  2. Mortier de pate ..... 80 Kg/m<sup>2</sup>
  3. Corps creux + Table de compression ... 265 Kg/m<sup>2</sup>  
(16+4)
  4. Isolation phonique ..... 10 Kg/m<sup>2</sup>
  5. Enduit de plâtre (1,5) ..... 21 Kg/m<sup>2</sup>
- Total : 420 Kg/m<sup>2</sup>  
 + cloisons 75 Kg/m<sup>2</sup>  
 • Charge permanente  $G = 495 \text{ Kg/m}^2$   
 • Surcharge d'exploitation  $P = 175 \text{ Kg/m}^2$

• Remplissage :

- Murs extérieurs :
- Brique creuse de 15cm ..... 210 Kg/m<sup>2</sup>
  - Brique creuse de 10cm ..... 133 Kg/m<sup>2</sup>
  - enduit ..... 46 Kg/m<sup>2</sup>
- Total : 389 Kg/m<sup>2</sup>
- Murs intérieurs :
- Brique de 10cm ..... 133 Kg/m<sup>2</sup>
  - enduit (1,5cm) ..... 42 Kg/m<sup>2</sup>
- Total : 175 Kg/m<sup>2</sup>

• Predimensionnement :

• Poutres :

RPA

$b \geq 20 \text{ cm}$

$R \geq 30 \text{ cm}$

$\frac{R}{b} \leq 3,0$

on prend  $b \times h = 45 \times 55$ .

(valeurs imposées par l'architecte)

• Poteaux : Les dimensions de la section des poteaux doivent satisfaire aux conditions suivantes

-  $A = b \times R \geq K \frac{N'}{f_{c28}}$

-  $\text{mur } (b, R) \geq 25 \text{ cm zone II.}$

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

-  $\text{mur } (b, R) \geq \frac{H}{20}$  : H : hauteur d'étage courant.

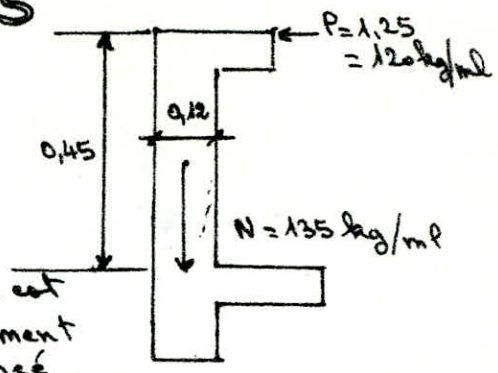
-  $\frac{1}{3} \leq \frac{b}{R} \leq 3$

On fait une descente de charge pour le poteau le plus sollicité on trouve :  $G = 100,682 \text{ t.}$

Les valeurs imposées par l'architecte (45x45 et 25x70) sont acceptées.

# calcul des elements

## 1. Acrotère



$$M = 0,45 \times 120 = 54 \text{ kg. m/ml}$$

$$e = \frac{M}{N} = 0,4 > \frac{h}{2} = 0,6 \rightarrow \text{Section est partiellement comprimée.}$$

d'Après (P. Charon, TDp. 43)<sup>†</sup>, on trouve une section trop faible. On adoptera donc une section minimale donnée par condition de non fragilité (C.C.B.A. 68 art 52)

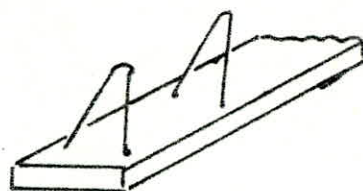
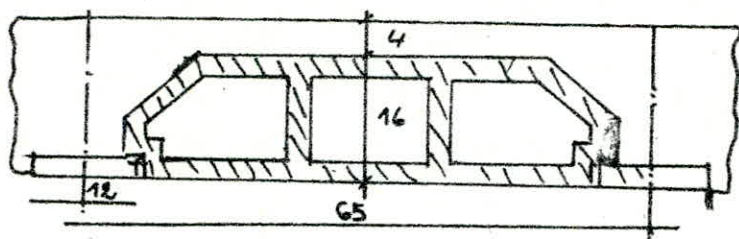
On disposera 5 T5/ml (0,98 cm<sup>2</sup>) avec t = 20 cm

→ toutes les conditions sont vérifiées.



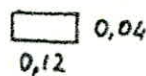
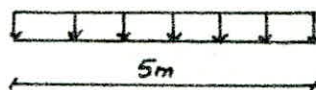
## 2/ POUTRELLE et TABLE DE COMPRESSION

Tout les planchers sont à corps creux constitués de poutrelles prefabriquées associées aux corps creux (16+4) cm.



1<sup>re</sup> étape:

Schema statique



charge supportee par la poutrelle :

- Poids propre :  $0,04 \cdot 0,12 \cdot 25 = 0,012 \text{ t/ml}$

- corps creux :  $0,65 \cdot 9,5 = 0,062 \text{ t/ml}$

- surcharge ponderee :  $12 \cdot 0,1 \cdot 0,65 = 0,078 \text{ t/ml}$

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

- moment en travée :  $M_0 = q \cdot \frac{l^2}{8} = 0,152 \cdot \frac{5^2}{8} = 0,475 \text{ t.m}$

- effort tranchant aux appuis :  $T_{max} = q \cdot \frac{l}{2} = 0,152 \cdot \frac{5}{2} = 0,38 \text{ t}$

- calcul des armatures (Methode de P. Charon)

On considere un enrobage  $d = 2 \text{ cm}$

$$\mu = \frac{15 M_0}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \cdot 0,475 \cdot 10^5}{2800 \cdot 2^2 \cdot 100 \cdot 0,12} = 5,3 \rightarrow K = 0,9$$

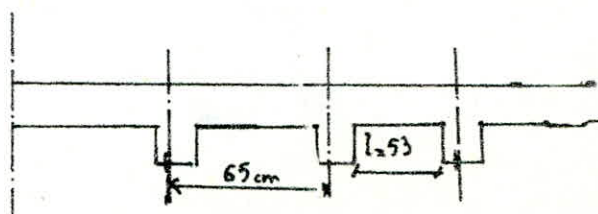
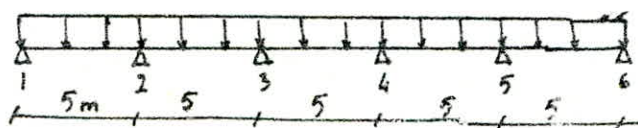
$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{0,9} = 3111,11 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}'_b \Rightarrow \text{les armatures comprimees sont}$$

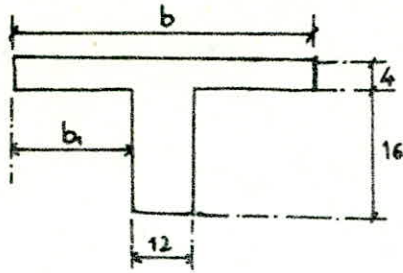
necessaires. Vu les dimensions de la section du beton ceci est impossible. On prévoit des echaffaudages pour aider les poutrelles à supporter les charges et ~~surcharge~~ surcharges avant le coulage de la table de compression.

2<sup>me</sup> étape:

la poutrelle repose sur plusieurs appuis et travaille comme une poutre continue. Elle sera calculée comme une section en "T" en travée et comme rectangulaire sur appuis. (car une fois la dalle de compression coullée les poutrelles et la dalle forment un bloc monolithe)

On a 2 types de poutrelles.





(C.C.B.A. Art 55)

$$l = 53 \text{ cm}$$

$$b_1 \leq \frac{l}{2} = \frac{53}{2} = 26,5 \text{ cm}$$

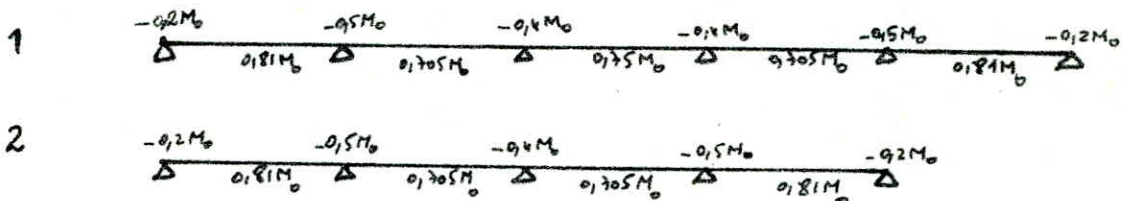
$$b_1 \leq \frac{L}{10} = \frac{500}{10} = 50 \text{ cm}$$

$$b_1 \leq (6 \div 8) h_0 = (24 \div 32) \text{ cm}$$

$$b_1 = 26,5 \text{ cm} \Rightarrow b = 2 \cdot 26,5 + 12 = 65 \text{ cm}$$

.Determination des efforts agissant sur la poutrelle :

le plancher est à surcharge modérées, on peut utiliser la méthode forfaitaire (C.C.B.A. 68 Art 55)



.charges et surcharges :  
pour une poutrelle .

$$\text{- plancher terrasse : } q = 0,65 (0,583 + 1,2 \cdot 0,1) = 0,457 \text{ t/m}$$

$$\text{- plancher courant : } q = 0,65 (0,485 + 1,2 \cdot 0,175) = 0,458 \text{ t/m}$$

On calculera le ferrailage de toutes les poutrelles des planchers terrasse et courant avec :

$$q = 0,458 \text{ t/m}$$

$$M_0 = q \frac{l^2}{8} = 0,458 \cdot \frac{5^2}{8} = 1,431 \text{ t.m}$$

les moments maximums qui serviront aux calculs sont :

$$M_t = 0,81 M_0 = 1,159 \text{ t.m}$$

$$M_a = -0,5 M_0 = -0,716 \text{ t.m}$$

.Effort tranchant maximum :

$$T^{\max} = q \frac{l}{2} + \frac{(0,5 M_0 - 0,2 M_0)}{l} = \frac{0,458 \cdot 5}{2} + \frac{(0,5 - 0,2) \cdot 1,431}{5} \Rightarrow T^{\max} = 1,231 \text{ t}$$

$$M_t^{\max} = 1,159 \text{ t.m}$$

$$M_a^{\max} = 0,716 \text{ t.m}$$

$$T^{\max} = 1,231 \text{ t}$$

.Ferrailage (Méthode de P. Charon)

a. Armatures longitudinales

$$\text{- en travée : } \mu = \frac{15 \cdot 1,159 \cdot 10^5}{2800 \cdot 65 \cdot 18^2} = 0,0294 \rightarrow K = 52; \epsilon = 0,9259; \lambda = 0,2222$$

→  $\alpha \cdot h = 0,2222 \cdot 18 = 3,9996 < h_0 = 4 \text{ cm}$  → l'axe neutre tombe dans la table de compression et la section sera calculée comme une section rectangulaire de  $(b \cdot h) = 65 \cdot 18 \text{ cm}^2$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{52,5} = 53,33 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{1,159 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9259 \cdot 18} = 2,48 \text{ cm}^2 \rightarrow 4 \text{ T10} \Rightarrow A = 3,14$$

- au appuis  $\mu = \frac{0,716 \cdot 10^5 \cdot 15}{2800 \cdot 12 \cdot 18^2} = 0,0986 \rightarrow \begin{cases} k = 25 \\ \epsilon = 0,875 \\ y = \alpha \cdot h = 0,375 \cdot 18 \end{cases}$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{25} = 112 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{0,716 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,875 \cdot 18} = 1,624 \text{ cm}^2 \rightarrow 2 \text{ T12} = 2,26 \text{ cm}^2$$

Verifications:

1. Contraintes:

- en travée:  $\bar{\omega} = \frac{100 A}{b h} = \frac{100 \cdot 3,14}{65 \cdot 18} = 0,268 \rightarrow (k = 45,8 ; \epsilon = 0,9178)$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \epsilon h} = \frac{1,159 \cdot 10^5}{3,14 \cdot 0,9178 \cdot 18} = 2234,99 < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifiée}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{45,8} = 61,135 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow \text{c'est vérifiée}$$

- aux appuis:

$$\bar{\omega} = \frac{100 A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 2,26}{12 \cdot 18} = 1,046 \rightarrow (k = 20,3 ; \epsilon = 0,8584)$$

$$\sigma_a = \frac{0,716 \cdot 10^5}{2,26 \cdot 0,8584 \cdot 18} = 2050,4 < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifiée}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2050,4}{20,3} = 101,00 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow \text{c'est vérifiée}$$

2. condition de non fragilité:

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

- en travée:  $A_t = 3,14 \text{ cm}^2 > 0,69 \cdot 65 \cdot 18 \cdot 5,9 / 4200 = 1,13 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{vérifiée}$

- aux appuis:  $A_a = 2,26 > 0,69 \cdot 12 \cdot 18 \cdot 5,9 / 4200 = 0,21 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{vérifiée}$

3. condition de la fleche: (CCBA.6B Art 58.4)

$$\textcircled{1} \frac{h_t}{l} = \frac{20}{500} = 0,04 > \frac{1}{15} \cdot \frac{M_t}{M_b} = \frac{1}{15} \cdot \frac{1,159}{1,431} = 0,053$$

$$\textcircled{2} \frac{h_t}{l} = 0,04 \gg \frac{1}{22,5} = 0,044$$

$$\textcircled{3} A = 3,14 < \frac{36 \cdot b h}{\sigma_{en}} = \frac{36 \cdot 12 \cdot 18}{4200} = 1,85 \rightarrow \text{n'est pas vérifiée}$$

il faut vérifier la fleche:

$$f_{adm} = \frac{l}{500} = 1 \text{ (pour } l \leq 5 \text{ m)}$$

$$E_i = \text{module de déformation longitudinale instantané} = 21000 \sqrt{\sigma'_i} = 378000 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_v = \text{ " " " " permanente} = 7000 \sqrt{\sigma'_v} = 126000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{avec } \sigma'_i = 1,2 \sigma'_{28} = 12 \cdot 270$$

\* indice "i" → charge de faible durée d'application

\* "v" → " " longue " "

$$\eta_i = \frac{\bar{\sigma}_b}{72(2+3\frac{b_0}{b})\bar{\omega}} = \frac{5,9}{72(2+3\frac{12}{65}) \cdot 0,268} = 0,12$$

$$\eta_v = \frac{\bar{\sigma}_b}{180(2+3\frac{b_0}{b})\bar{\omega}} = 0,048$$

$$I_t = \frac{bh^3}{12} = \frac{65 \cdot 18^3}{12} = 31590 \text{ cm}^4$$

• charges et surcharges non pondérées :

$$g = 0,65 \cdot 0,583 = 0,38 \text{ t/m}$$

$$p = 0,65 \cdot 0,175 = 0,11 \text{ t/m}$$

$$q_0 = g + p = 0,494 \text{ t/m}$$

$$M_g = M_j = 0,9 \cdot \frac{0,38 \cdot 5^2}{8} = 1,07 \text{ t.m}$$

$$M_{q_0} = 0,9 \cdot \frac{0,494 \cdot 5^2}{8} = 1,39 \text{ t.m}$$

$$\mu_{q_0} = \frac{15 M_{q_0}}{8 \sigma_a b h^2} = \frac{15 \cdot 1,39 \cdot 10^5}{2800 \cdot 65 \cdot 18^2} = 0,0353 \rightarrow \varepsilon = 0,9194 \Rightarrow \sigma_{ag} = \frac{1,39 \cdot 10^5}{3,14 \cdot 0,9194 \cdot 18} = 2674,32 \text{ kg/cm}^2$$

$$\mu_g = \frac{15 \cdot 1,07 \cdot 10^5}{2800 \cdot 65 \cdot 18} = 0,4899 \rightarrow \varepsilon = 0,7817 \Rightarrow \sigma_{ag} = \frac{1,07 \cdot 10^5}{0,7817 \cdot 3,14 \cdot 18} = 2422 \text{ kg/cm}^2$$

$$\mu = 1 - \frac{5\sqrt{\sigma_b}}{4\sqrt{2}\sigma_a + 3\sqrt{\sigma_b}}$$

$$\mu_i = 1 - \frac{5 \cdot 5,9}{4 \cdot 0,268 \cdot 2674 + 3 \cdot 5,9} = 0,989$$

$$\mu_v = 1 - \frac{5 \cdot 5,9}{4 \cdot 0,268 \cdot 2422 + 3 \cdot 5,9} = 0,988$$

$$I_f = \frac{I_t}{1 + \mu} \Rightarrow I_{fv} = \frac{31590}{1 + 0,988} = 30159,71 \text{ cm}^4$$

$$f_{g\infty} = \frac{M_g \rho^2}{10 E_v I_{fv}} = \frac{I_f}{f_i} = \frac{31590}{1 + 0,12 \cdot 0,989} = 28238,64 \text{ cm}^4$$

$$f_{g\infty} = \frac{1,07 \cdot 10^5 \times 5^2 \times 10^4}{10 \times 126000 \times 30159,71} = 0,7 \text{ cm}$$

$$f_{j_0} = f_{g_0} = \frac{1,07 \cdot 10^5 \times (5^2 \times 10^4)}{10 \times 378 \cdot 10^3 \times 28238,64} = 0,25 \text{ cm}$$

$$f_{g_0} = \frac{1,39 \cdot 10^5 \times 5^2 \times 10^4}{10 \times 378 \times 10^3 \times 28238,64} = 0,32 \text{ cm}$$

$$\Delta f_t = f_{g\infty} - f_{j_0} - f_{g_0} + f_{q_0} = 0,52 \text{ cm} < \bar{f}_{admi} = 1 \text{ cm}$$

c'est vérifié.

- Vérification de la fissuration :

• entravée :  $\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 5,9}{10}} = 2856 > \bar{\sigma}_a$  c'est vérifié.

• sur appui :  $\frac{2,26}{4 \times 12} = 0,047 \rightarrow \sigma_1 = \frac{1,5 \cdot 10^6 \times 0,047}{12(1 + 0,047)} = 3996 > \bar{\sigma}_a$  vérifié.

- Vérification de l'adhérence :

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

$$\tau_d = \frac{T_{\max}}{n \cdot p \cdot z} = \frac{1,231 \times 10^3}{4 \times 3,14 \times \frac{7}{8} \times 18} = 6,22 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\tau_d < \bar{\tau}_d \text{ c'est vérifié.}$$

- Conditions aux appuis :

$$A \geq T + \frac{M}{z} = 1,231 \cdot 10^3 - \frac{0,716 \times 10^5}{\frac{7}{8} \cdot 18} = < 0 \rightarrow \text{vérifié}$$

b. Armatures transversales :

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{1,231 \cdot 10^3}{12 \times 7 \times 18} = 6,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = 101 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}'_b = 68,8 \text{ kg/cm}^2$$

on calculera :  $F'_b = \frac{M}{z} = \frac{0,716}{\frac{7}{8} \cdot 18} = 4546,03 \text{ kg}$

il faut vérifier que :  $\sigma'_{1,b} = \frac{F'_b}{b \cdot h_0} < \bar{\sigma}'_b$  (P. Charon: TD p. 37)

$$\sigma'_{1,b} = \frac{F'_b}{b \cdot h_0} = \frac{4546,03}{65 \times 4} = 17,48 < 68,8 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{vérifiée}$$

Les armatures transversales directes suffisent. On choisit des cadres  $\phi_6$ .

- Contraintes admissibles des armatures transversales.

avec reprise de ferraillage :  $\rho_{at} = \frac{2}{3} \sigma_{at} = \frac{2}{3} \cdot 2400 = 1600 \text{ kg/cm}^2$

- Espacement admissible :

$$\bar{e} = \max \begin{cases} 0,2 h = 3,6 \text{ cm} \\ h \left(1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\sigma'_b}\right) = 18 \left(1 - 0,3 \frac{6,5}{59}\right) = 12,05 \text{ cm} \end{cases}$$

$\bar{e} = 12,05 \text{ cm}$

S'écartement des armatures transversales :

$$t = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = 11,56$$

On prend  $t = 12 \text{ cm}$  (espacement constant)

c - ferraillage de la table de compression (C.E. BA. 68 art 58-2)

Afin de limiter les risques de fissuration et pour faire répartir les charges, on prévoit un treillis soudé (quadrillage) de maille  $20 \times 20$ , la dimension des mailles ne doivent pas dépasser :  
 -  $20 \text{ cm}$  (5 p.m.) pour les armatures  $\perp$  aux nervures.  
 -  $33 \text{ cm}$  (3 p.m.) pour les armatures  $\parallel$  aux nervures.

Les sections de ces armatures doivent vérifier les conditions suivantes :

Armatures  $\perp$  aux nervures :  $A_{\perp N} \geq \frac{2160}{\sigma_{ten}} \rightarrow$  pour  $l_n \leq 50 \text{ cm}$ .

$$A_{\perp N} \geq \frac{\sigma_{ten}}{43 \cdot l_n} \rightarrow 50 < l_n < 80 \text{ cm}$$

De notre cas :  $l_n = 65 \text{ cm}$ ,  $\sigma_{ten} = 5300 \text{ kg/cm}^2$  ( $\phi \leq 6 \text{ mm}$ ).

d'où  $A_{\perp N} \geq \frac{43 \cdot 65}{5300} = 0,527 \text{ cm}^2 < A_{\perp N} = 14,1 \text{ cm}^2 = 5 \phi 6 / \text{ml}$ .

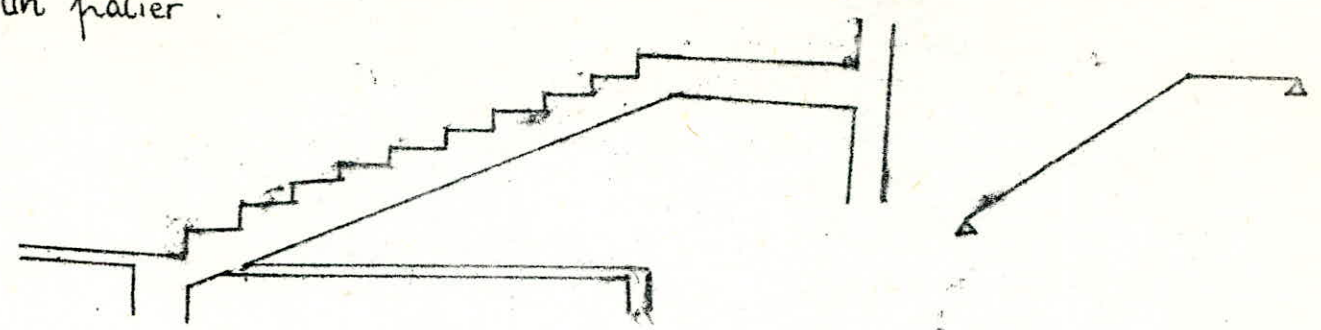
Armatures  $\parallel$  aux nervures :

$$A_{\parallel N} \geq \frac{A_{\perp N} / \text{ml}}{2} = 1,41 / 2 = 0,705 \text{ cm}^2 < A_{\parallel N} = 576 / \text{ml} = 1,41 / \text{ml}$$

On adopte un treillis soudé  $\phi_6$  maille  $20 \times 20$

### 3. les escaliers

On a un seul type d'escaliers à étudier. Il comporte une paillasse et un palier.



La paillasse est inclinée d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale.

$$\text{tg } \alpha = \frac{165}{270} = 0,61 \Rightarrow \alpha = 31,43^\circ \Rightarrow \begin{cases} \cos \alpha = 0,853 \\ \sin \alpha = 0,521 \end{cases}$$

#### Verification de la condition de BLONDEL.

- hauteur d'une marche :  $h = 16,5 \text{ cm}$ .
- Longueur " :  $g = 30 \text{ cm}$
- $60 < g + 2h = 63 \text{ cm} < 64 \text{ cm} \rightarrow$  C'est vérifiée.

\* Predimensionnement :

On prend la même épaisseur pour le palier et la paillasse :

$$\frac{l}{30} \leq e_p \leq \frac{l}{20} \text{ avec : } l = \frac{L}{\cos \alpha} = \frac{270}{0,853} = 316,43 \text{ cm}$$

$$10,55 < e_p < 15,82 \rightarrow e_p = 14 \text{ cm}$$

#### Evaluation des charges :

- 1 paillasse : • poids propre =  $\frac{2500 \times 0,14}{0,853} = 410,32 \text{ kg/m}^2$ .
- poids des marches :  $2200 \times \frac{0,165}{2} = 181,5 \text{ kg/m}^2$
- revêtement (carlage + mortier) =  $\dots = 84 \text{ kg/m}^2$
- Garde-corps (en acier) =  $\dots = 50 \text{ kg/m}^2$ .
- $\Sigma = 725,82 \text{ kg/m}^2$

Par une bande de 1m on a :  $G = 725,82 \text{ kg/m}^2$  et  $P = 400 \text{ kg/m}^2$

Soit  $q_2$  la charge totale de la paillasse :  $q_2 = G + 1,2P = 1205,82 \text{ kg/m}^2$

- 2/ Palier : • Poids propre =  $2500 \times 0,14 = 350 \text{ kg/m}^2$
- Revêtement =  $\dots = 84 \text{ kg/m}^2$

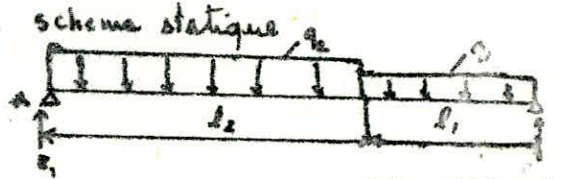
$$\left. \begin{matrix} G = 434 \text{ kg/m}^2 \\ P = 400 \text{ kg/m}^2 \end{matrix} \right\} \Rightarrow q_1 = G + 1,2P = 914 \text{ kg/m}^2$$

## Determination des efforts

$$l_2 = 2,70 \text{ m} , \quad l_1 = 1,25 \text{ m}$$

réactions aux appuis

$$\begin{aligned} \sum F_y = 0 &\rightarrow R_A + R_B = q_2 \cdot l_2 + q_1 \cdot l_1 \\ \sum M/A = 0 &\Rightarrow R_B (l_1 + l_2) - q_1 \cdot l_1 \left( l_2 + \frac{l_1}{2} \right) - q_2 \cdot l_2 \left( \frac{l_2}{2} \right) = 0 \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} R_B = 2074,44 \text{ kg} = T_B \\ R_A = 2323,78 \text{ kg} = T_A \end{cases}$$



- Calcul du moment isostatique max:

$$M(x) = R_A \cdot x - q_2 \cdot \frac{x^2}{2} \Rightarrow \frac{dM(x)}{dx} = R_A - q_2 x = 0 \Rightarrow x = \frac{R_A}{q_2} = 1,917 \text{ m}$$

$$M_x^{\max} = M(1,93) = 2323,78 \times 1,93 - 1205,82 \times \frac{1,93^2}{2} = 2239,12 \text{ kg.m/ml}$$

- moments hyperstatiques

En tenant compte du semi-encastrement aux appuis, on a:

$$M_t = 0,85 M_0^{\max} = 1903,252 \text{ kg.m/ml}$$

$$M_A = 0,3 M_0^{\max} = 671,736 \text{ kg.m/ml}$$

Calcul des armatures : (méthode P. CHARON)

- en travée :  $\mu = \frac{M_t}{\sigma_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \times 1903,252 \cdot 10^2}{2500 \times 100 \times 11^2} = 0,0843 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,928 \\ k = 52,6 \end{cases}$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{27,6} = 101,45 < \bar{\sigma}_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A_t = \frac{M_t}{\sigma_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{1903,252 \times 10}{2800 \times 0,928 \times 11} = 7,00 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

On adopte 7T12/ml avec une épaisseur de 25 cm.

- Sur appui :  $\mu = \frac{15 \times 671,736 \times 10^2}{2800 \times 100 \times 11^2} = 0,097 \Rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9254 \\ k = 52,0 \end{cases}$

$$\rightarrow \sigma'_b = \frac{2800}{52,0} = 53,85 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A_a = \frac{671,736 \times 10^2}{0,9254 \times 11 \times 2800} = 2,36 \text{ cm}^2 / \text{ml} \rightarrow 4T10 / \text{ml} \quad (3,14 \text{ cm}^2 / \text{ml})$$

Pour les armatures de répartition on prend 3T8/ml avec t = ...

- Vérifications : 1. contrainte - en travée :  $\tilde{\omega} = \frac{100 \cdot A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 7,92}{100 \cdot 11} = 0,72$

$$\tilde{\omega} = 0,72 \rightarrow \epsilon = 0,8768 , \quad k = 25,6$$

$$\sigma'_a = \frac{M_t}{k_2 \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{1903,252 \cdot 10^2}{7,92 \cdot 0,8768 \cdot 11} = 2491,6 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{C'est vérifié}$$

- Sur appui :  $\tilde{\omega} = \frac{100 \cdot 3,14}{100 \cdot 11} = 0,285 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9156 \\ k = 44,3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sigma'_a = \frac{671,736 \times 10^2}{3,14 \times 0,9156 \times 11} \\ = 2124,1 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \\ \sigma'_b = \frac{2800}{44,3} = 63,2 < \bar{\sigma}_b \end{cases} \rightarrow \text{C'est vérifié}$

## 2. Conditions de non fragilité

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \frac{\bar{\sigma}_c}{\sigma_{en}} = 0,69 \times 100 \times 11 \times \frac{5,9}{2800} = 1,599 \text{ cm}^2 = 1,6 \text{ cm}^2$$

- en travée :  $A_t = 7,92 \text{ cm}^2 > 1,6 \rightarrow$  C'est vérifiée.

- sur appui :  $A_a = 3,14 > 1,6 \rightarrow$  " "

## 3. Vérification à la flèche

Pour la flèche en travée, il suffit de vérifier l'inégalité suivante:

$$A \leq b \cdot h \cdot \frac{43}{\sigma_{en}} = 100 \times 12 \times \frac{43}{4200} = 11,26 \rightarrow \text{C'est vérifiée}$$

## 4. Vérification de la fissuration:

- en travée

$$\bar{\omega} f = \frac{7,92}{2 \cdot 2 \cdot 100} = 0,0198 \rightarrow$$

$$\max(\sigma_1, \sigma_2) = 3305,51 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_c$$

$\rightarrow$  C'est vérifiée

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{k \eta}{\phi} \frac{\bar{\omega} f}{(1 + 10 \bar{\omega} f)} = \frac{1,5 \times 10^6 \times 1,6 \times 0,0198}{12 (1 + 0,2376)} \\ \sigma_1 &= 3305,51 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 &= 2,4 \sqrt{\frac{k \eta \bar{\sigma}_c}{12}} = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \times 10^6}{12}} \\ \sigma_2 &= 2607,06 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned} \right.$$

- Sur appui :  $\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \times 10^6 \times 1,6 \times 5,9}{10}} = 2856 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_2 > \bar{\sigma}_c$  pas de fissuration.

## 5. Condition aux appuis : on doit vérifier que $A_a \cdot \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{\delta}$

$$T + \frac{M}{\delta} = 2323,78 - \frac{671,736 \times 10^2}{\frac{7}{8} \cdot 11} < 0 \quad \text{donc les armatures}$$

inférieures au niveau des appuis ne sont soumises à aucun effort de traction

## 6. Armatures transversales :

La contrainte de cisaillement est donnée par :

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot \delta} \quad , \quad \tau_b = \frac{2323,78}{\frac{7}{8} \cdot 100 \cdot 11} = 241 < 1,15 \bar{\tau}_b = 6,785 \text{ kg/cm}^2$$

donc on a pas besoin d'armatures transversales.

\* Poutre palière : (cette partie est incorporée dans le palier et supporte les sollicitations dues à la paillasse)

. Cette poutre palière de section (20 x 35)

1. Schéma statique

2. Charges à considérer.



#### 4. Ferrailage:

- En travée :  $\mu = 0,0563 \longrightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,90125 \\ k = 35,6. \end{cases}$   
 $\sigma'_b = \frac{2800}{38,5} = 72,73 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \implies A' = 0$   
 $A = 2,50 \text{ cm}^2 \longrightarrow \text{soit } 2T14 = 3,08 \text{ cm}^2.$

- Sur appui :  $\mu = 0,0175 \longrightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9415 \\ k = 70,5. \end{cases}$   
 $\sigma'_b = \frac{2800}{70,5} = 39,7 < \bar{\sigma}_b \longrightarrow A' = 0.$   
 $A = 0,8 \text{ cm}^2 \longrightarrow 2T10 = 1,75 \text{ cm}^2.$

#### 5. Verification :

##### a) Contraintes :

- En travée :  $\bar{w} = \frac{2,35 \times 10^2}{20 \times 32} = 0,367 \longrightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9060 \\ k = 38,2. \end{cases}$   
 $\sigma_a = \frac{1822,8 \times 10^2}{2800 \times 0,9060 \times 32} = 2,33 < \bar{\sigma}_a \longrightarrow \text{verifiée.}$

$\sigma'_b = \frac{2800}{38,2} = 73,3 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \longrightarrow \text{verifiée.}$

- Sur appui :  $\bar{w} = \frac{1,57 \times 100}{20 \times 32} = 0,245 \longrightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9210 \\ k = 48,3 \end{cases}$   
 $\sigma_a = \frac{668,04 \times 10^2}{2800 \times 0,9210 \times 32} = 0,8 < \bar{\sigma}_a$

$\sigma'_b = \frac{2800}{48,3} < \bar{\sigma}'_b \longrightarrow \text{verifiée.}$

##### b) Condition de non fragilité :

$A > 0,69 \times b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{em}} = 0,69 \times 32 \times 20 \times \frac{5,9}{4200} = 0,62.$

- en travée :  $A = 2,35 \text{ cm}^2 > 0,62 \longrightarrow \text{verifiée.}$

- Sur appui :  $A = 1,57 \text{ cm}^2 > 0,62 \longrightarrow \text{verifiée.}$

c) Fleche :  $\frac{A}{b \cdot h} = \frac{2,35}{20 \times 32} = 0,004 < \frac{43}{4200} = 0,01 \longrightarrow \text{c'est verifiée.}$

##### d) Fissuration :

- Sur appui :  $\sigma_i = \frac{1,5 \times 10^6 \times 1,6 \times 0,0123}{10(1 + 0,0123 \times 10)} = 2908 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a.$

$\sigma_i > \bar{\sigma}_a \implies \text{pas de risques de fissuration}$

- en travée :  $\longrightarrow \text{verifiée.}$

#### 6. Armatures transversales :

$T^{\max} = q \frac{l}{2} = 2635,27 \times \frac{2,60}{2} = 3425,85 \text{ kg.}$

$\tau_b = \frac{T^{\max}}{b \cdot z} = \frac{3425,85}{20 \cdot 7 \cdot 35} = 5,59 \text{ kg/cm}^2 < 3,5 \bar{\sigma}_b$

On peut utiliser des cadres et des étriers perpendiculaires à la ligne moyenne.

On prend un cadre de  $\Phi 8$

# ETUDE AU SEISME

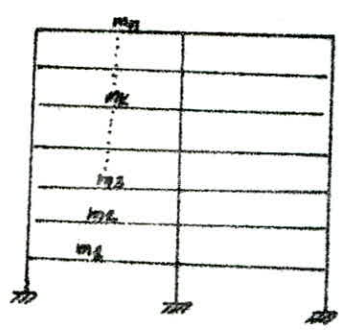
## EXPOSÉ DE LA MÉTHODE DE "Holzer" TRANSFORMÉE

C'est une méthode numérique approchée, et est une application directe de la méthode "Holzer" (qu'on utilise normalement dans le calcul dynamique des machines-outils) au calcul dynamique des structures (des bâtiments) par l'introduction de la notion de "rigidité relative de niveau".

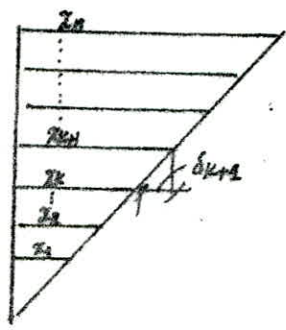
Soit un portique faisant partie d'un bâtiment à "n" étages et "s" rangées de poteaux (fig.a). A chaque niveau k est concentrée la masse  $m_k$  (poids propre de l'étage +  $\alpha\%$  surcharge).

Supposons que par un moyen quelconque, on a imposé par un choc, un mouvement oscillatoire autour de sa position d'équilibre statique, mouvement qui se produira d'après la première forme de vibration (mode fondamental), pendant le mouvement, n'importe quel point de la structure aura une pulsation  $\omega_1$ , une fréquence  $f_1$ , et donc une période  $T_1$ .

Pretons une seule rangée de poteaux: l'allure de la déformée extrême est caractérisée par les déplacements maximaux (valeurs d'amplitudes) à l'aspect indiqué dans la (fig.b)



(fig.a)



(fig.b)

Chaque niveau k, et sur chaque masse " $m_k$ ", agira une force  $F_k$  ayant une valeur max:  $F_k = m_k \cdot \omega_1^2 \cdot x_k$  (amplitude de la force d'inertie).

Equation des oscillations libres:

$$\begin{aligned} x(t) &= x_k \cdot \sin(\omega_1 t + \varphi) \\ \dot{x}(t) &= \omega_1 \cdot x_k \cdot \cos(\omega_1 t + \varphi) \\ \ddot{x}(t) &= -\omega_1^2 x_k \sin(\omega_1 t + \varphi) \end{aligned}$$

Accélération maximum:  $|\ddot{x}|_{\max} = \omega_1^2 x_k \Rightarrow F_{k\max} = m_k \cdot \ddot{x}_{\max} = m_k \cdot \omega_1^2 \cdot x_k$

•  $x_k = x_{k+1} - \delta_{k+1} \dots \textcircled{A}$

•  $\delta_{k+1} = \frac{T_{k+1}}{R_{k+1}} \dots \textcircled{B}$

•  $T_{k+1} = \sum_{r=k+1}^n F_r = \omega_1^2 \sum_{r=k+1}^n m_r \cdot x_r \Rightarrow x_k = x_{k+1} - \frac{\omega_1^2}{R_{k+1}} \cdot \sum_{r=k+1}^n m_r \cdot x_r \dots \textcircled{C}$

Avec:  $\delta_{k+1}$  = déplacement relatif du niveau  $k+1$  / au niveau  $k$ .

$T_{k+1}$ : Effort tranchant qui produit le déplacement  $\delta_{k+1}$ .

$R_{k+1}$ : rigidité relative du niveau  $k+1$  par rapport au niveau  $k$ .

Remarque: puisque la déformée dynamique correspond au mode "i" de vibration est proportionnelle au vecteur propre respectif, les amplitudes " $x$ " (formule  $\textcircled{C}$ ) peuvent être remplacées par les ordonnées principales " $\phi$ ".

$\textcircled{D} \rightarrow \phi_k = \phi_{k+1} - \frac{\omega_1^2}{R_{k+1}} \sum_{r=k+1}^n m_r \cdot \phi_r$  avec  $i$ : mode.  
n: nombre de niveau.

A l'aide de la formule  $\textcircled{D}$  on peut calculer, par des essais successifs, la pulsation  $\omega_1$  et la forme propre de n'importe quel mode de vibration.

On considère une des ordonnées (habituellement la dernière  $\phi_{n,i}$ ) appartenant à une forme propre (qu'on doit de terminer); ayant une valeur arbitraire (généralement  $\phi_{n,i} = +1,00$ ) on peut trouver à l'aide de "D" avec essais itératifs

la valeur de  $\omega$  pour laquelle la déformée  $\phi_{k,i}$  coïncide avec le mode rouler (cherché)  
 Remarque: pour n'importe quel mode de vibration, l'ordonnée se trouvant à la base doit être nulle ( $\phi_{0,i} = 0$ ).

TABLEAU DE M. JFRIM.

SCHEMA	coefficient de corrélation
<p>(A)</p>	$A_k^{(s)} = 1 - 0,75 (dk^{(s)} + dk_2^{(s)} - d_k^{(s)} \cdot d_{k-1}^{(s)})$
<p>(B)</p>	$A_1^{(s)} = 1 - 0,75 d_1^{(s)}$
<p>(C)</p>	$A_1^{(s)} = 0,25 (1 - d_1^{(s)})$

# DEFORMATION DES CARACTERISTIQUES PROPRES DE VIBRATION

## ① Evaluation des masses des niveaux:

Les charges sont supposées concentrées aux niveaux des planchers.  
La charge sismique est:  $w = G + P/5$

niveau 4:

- Acrotère :  $0,12 \times 0,45 \times 2,5 \times 80 = 10,8 t$
- Plancher :  $0,584 \times 15 \times 25 = 219 t$
- Poutres :  $2,5 \times 0,45 \times 0,55 (25 \times 4 + 15 \times 5 + 10) = 114,4 t$
- Poteaux :  $\frac{1}{2} (2,5 \times 12 \times 0,25 \times 0,7 + 11 \times 0,45^2) \times 3,3 = 17,85 t$
- murs extérieurs:  $\frac{1}{2} \times 0,389 \times 0,20 \times 80 = 3,112 t$
- Surcharge:  $\frac{100}{5} \times 25 \times 15 \times 10^{-3} = 7,5 t$

$w = 372,02 t$

niveaux ③, ② et ①

- Planchers: .... 182,036 t
- poutres : .... 114,47 t
- poteaux : .... 35,70 t
- murs extérieurs: .... 6,224 t
- P/5 = ..... 12,25 t

$w = 350,68 t$

niveau	4	3, 2, 1
masse(t)	372,02	350,68

## ② Calcul des rigidités des niveaux:

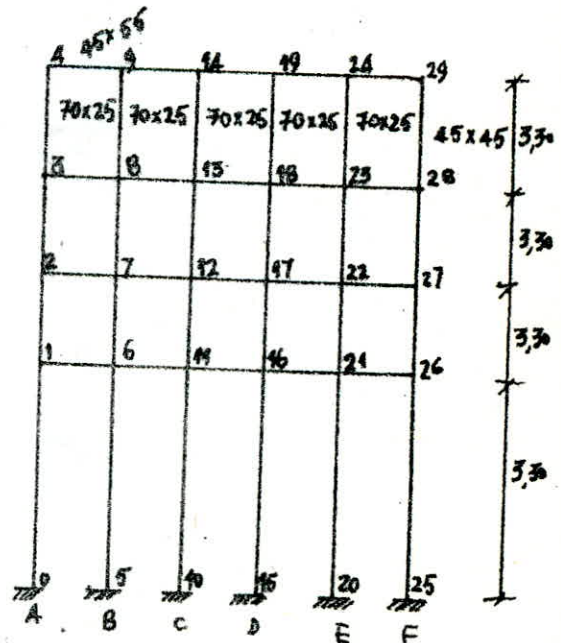
portique long: (1, 1)

on prend:  $I_0 = 341718,75 \text{ cm}^4 = 34,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$   
(45x45)

$l_0 = 3,30 \text{ m}$

$R_0 = \frac{12 EI_0}{l_0^3} = \frac{12 \cdot 381484 \times 45}{(330)^3 \times 12}$

$R_0 = 43529,5 \text{ Kg/cm}$



Poutres		$I \cdot 10^{-4} (m^4)$	$L (m)$	$K = E/I_0$	$\lambda = L/L_0$	$P = K/A$
POTEAUX	0-1, 1-2 2-3, 3-4 (A, B, C, D, E)	71,45 83	3,30	2,0906	1,000	2,0906
	(F) 25-26 26-27 27-28 28-29	3A, 18	3,30	1	1	1
POUTRES		62,3906	5	1,8253	1,5151	1,2047

PORTIQUE (1,1)

NIV	A AK	(B, C, D, E) AK	F AK	rigidité rela- tive (A, B, C, D, E) $\lambda_K$	(F) $\eta_K$	$\lambda_K = L/L_0$	(A) $\eta_K$	(B, C, D, E) $\eta_K$	(F) $\eta_K$	$\Sigma \eta$	R (kg/cm)
4	0,4205	0,5242	0,6241	2,0906	1	1	0,8791	1,0959	0,6241	5,8868	256254,34
3; 2	0,5308	0,5996	0,6049	2,0906	1	1	1,1097	1,2535	0,6049	6,7286	292893,2
1	0,70885	0,7621	0,766	2,0906	1	1	1,4819	1,5932	0,766	8,6207	375255,54

PORTIQUE (2,2) (3,3)

NIV	1 AK	(2,3,4,5) AK	6 AK	(1,2,3,4,5) $\lambda_K$	6 $\eta_K$	$\lambda_K$	1 $\eta_K$	(2,3,4,5) $\eta_K$	6 $\eta_K$	$\Sigma \eta$	R (kg/cm)
4	0,6241	0,6602	0,7699	1	0,2667	1	0,6241	0,6602	0,2053	3,4702	151056,38
3; 2	0,6049	0,6993	0,7875	1	0,2667	1	0,6049	0,6993	0,2400	3,6121	157333,23
1	0,766	0,8305	0,8849	1	0,2667	1	0,766	0,8305	0,2560	4,324	180224,96

PORTIQUE (4,4)

NIV	(1,5) AK	(2,3,4) AK	(1,2,3,4) $\lambda_K$	(1,2,3,4) $\lambda_K$	(1,5) $\eta_K$	(2,3,4) $\eta_K$	$\Sigma \eta$	R (kg/cm)			
4	0,4205	0,5242	2,0906	1	0,8791	1,0959	5,0459	249645,96			
3; 2	0,5308	0,5996	2,0906	1	1,1097	1,2535	5,9799	260302,6			
1	0,70885	0,7621	2,0906	1	1,4819	1,5932	7,7434	337067,03			

PORTIQUES TRANSVERSAUX:

PORTIQUE (A)

NIV	1 A <sub>k</sub>	2 A <sub>k</sub>	3 A <sub>k</sub>	1 P <sub>k</sub>	(2,3) P <sub>k</sub>	λ <sub>k</sub>	1 η <sub>k</sub>	2 η <sub>k</sub>	3 η <sub>k</sub>	Σ η	R
4	0,7699	0,5242	0,6241	0,2667	1	1	0,2053	0,5242	0,6241	1,3536	58921,65
3; 2	0,7875	0,5996	0,6049	0,2667	1	1	0,2100	0,5996	0,6049	1,4145	61572,60
1	0,8849	0,7621	0,766	0,2667	1	1	0,2360	0,7621	0,766	1,7641	76790,55

PORTIQUES (B); (C); (D); (E)

NIV	1,4 A <sub>k</sub>	2,3 A <sub>k</sub>	(1,4) P <sub>k</sub>	(2,3) P <sub>k</sub>	λ <sub>k</sub>	(1,4) η <sub>k</sub>	(2,3) η <sub>k</sub>	Σ η	R
4	0,7699	0,5242	0,2667	1	1	0,2053	0,5242	1,459	65509,672
3; 2	0,7875	0,5996	0,2667	1	1	0,2100	0,5996	1,4192	70485,112
1	0,8849	0,7621	0,2667	1	1	0,2360	0,7621	1,9962	86893,70

NIV	1 A <sub>k</sub>	(2,3) A <sub>k</sub>	(4) A <sub>k</sub>	(1) P <sub>k</sub>	(2,3) P <sub>k</sub>	(4) P <sub>k</sub>	λ <sub>k</sub>	(1) η <sub>k</sub>	(2,3) η <sub>k</sub>	(4) η <sub>k</sub>	Σ η	R
4	0,6241	0,5242	0,7699	1	2,0906	0,2667	1	0,6241	1,0959	0,2053	3,0212	131511,6
3; 2	0,6049	0,5996	0,7875	1	2,0906	0,2667	1	0,6049	1,2535	0,2100	3,3219	144600,94
1	0,766	0,7621	0,8849	1	2,0906	0,2667	1	0,766	1,5932	0,2360	4,1884	182319,33

RIGIDITES TOTALES: dans chaque sens (x et y)  $R_k = R_{k1} + R_{k2} + R_{k3} = \eta_k \cdot R_0$

avec:  $\eta_k = \eta_{k1} + \eta_{k2} + \eta_{k3} + \dots$

(1), (2), (3) : indices des files de poteaux dans le sens considéré.

NIV	SENS LONGITUDINAL (X)			SENS TRANSVERSAL (Y)		
	masse totale du niveau (mk)	η <sub>k</sub>	R <sub>kx</sub>	m <sub>k</sub>	η <sub>k</sub>	R <sub>ky</sub>
4	372,02t	17,8731	778008,72	372,02t	10,2108	444471,94
3; 2	350,68t	19,9327	867662,26	350,68t	11,2132	488106
1	350,68t	25,0121	1088766,5	350,68t	7,9487	346003,65

Centre de torsion - centre de masse - excentricités:

III.1: Centre de masse: (G) / O (milieu du plancher).

$$x_G = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} \quad ; \quad y_G = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$$

On trouve:

NIV.	4	3; 2; 1
$x_G$ (m)	-0,175	-0,26
$y_G$ (m)	-0,145	-0,15

III.2 : Centre de torsion: (c)

$$x_c = \frac{\sum R_{ky} \cdot x_k^{(t)}}{R_{ky}^{(t)}} \quad (t: \text{trans.})$$

$$y_c = \frac{\sum R_{kx} \cdot y_k^{(l)}}{R_{kx}^{(l)}} \quad (l: \text{long.})$$

avec :

$$R_{ky}^{(t)} = \sum R_{ky}^{(t)} = 394169,07 \text{ (kg/cm)}$$

$$R_{kx}^{(l)} = \sum R_{kx}^{(l)} = 550710,31 \text{ (kg/cm)}$$

niv. 4, 3, 2

et:

$$R_{ky}^{(l)} = 552062,87 \text{ (kg/cm)}$$

$$R_{kx}^{(t)} = 1080941,4 \text{ (kg/cm)}$$

niv. 1

On trouve:

NIV.	4, 3, 2	1
$x_c$ (m)	13,86	15,42
$y_c$ (m)	7,0996	7,28

calcul des excentricités entre c et G:

NIV	$x_G$	$x_c$	$e_x =  x_G - x_c $	$y_G$	$y_c$	$e_y =  y_G - y_c $
4	-0,175	-1,36	1,185	-0,145	-0,400	0,255
3; 2	-0,26	-1,436	1,1	-0,15	-0,400	0,255
1	-0,26	-2,92	2,66	-0,15	-0,22	0,07

D'après le R.P.A : la résultante des forces horizontales appliquée au centre de masse ( dans chaque sens ) a une excentricité par rapport au centre de torsion égale à la plus grande des deux valeurs suivantes :

- 5% de la plus grande dimension du bâtiment à ce niveau (excentricité accidentelle).

- Excentricité théorique résultant du calcul.

Donc :  $\max(5\% l_x; 5\% l_y) = \frac{5}{100} \cdot 25 = 1,25 \text{ m.}$

NIV	4	3; 2	1
$e_x(m)$	1,25	1,25	2,66
$e_y(m)$	1,25	1,25	1,25

Calcul de la rigidité à la torsion :

Le moment de torsion est équilibré par les portiques transversaux (x) et longitudinaux (y)  $\Rightarrow R_{j0} = \sum R_{jy}^{(x)} (\bar{x}_j^{(x)})^2 + \sum R_{jx}^{(y)} (y_j^{(y)})^2 ; j : \text{niveau.}$

(coordonnées des portiques / au centre de torsion c).

NIVEAU (i)	PORTIQUE (i)	4; 3 et 2	1
$x_m$	1'-1' A	13,86	15,42
	2'-2' B	8,86	10,42
	3'-3' C	3,86	5,42
	4'-4' D	-1,14	0,42
	5'-5' E	-6,14	-4,58
	6'-6' F	-11,14	-9,58
$y_m$	1-1	-7,0996	-7,28
	2-2	-2,0996	-2,28
	3-3	+2,90	+2,72
	4-4	+7,9	7,72
$R_{j0}$ kg/cm		47946564.10 <sup>4</sup> =	89950552.10 <sup>4</sup> =
		47,94.10 <sup>10</sup>	89,95.10 <sup>10</sup>

IV. Calcul des périodes de vibration :

• On a :  $R_0 = 43529,5 \text{ kg/cm}$  (voir II)

$g = 10 \text{ m/s}^2$

$m_0 = \frac{372,02 \cdot 10^3}{10} \cdot \text{kg} \cdot \frac{\text{s}^2}{\text{m}}$

$\Rightarrow \sqrt{\frac{m_0}{R_0}} = \sqrt{\frac{372,02 \cdot 10^2}{43529,5 \cdot 10^2}} = 0,0924 \text{ sec}$

• formule  $\delta \rightarrow \phi_{k-1} = \phi_k - \left( \frac{1}{\eta_k} \sum_{r=k}^n a_r \cdot \phi_r \cdot \varphi_i \right)$



VI.1 sens longitudinal (sens x)

\* Mode fondamental.

$\varphi_1$	niveaux (G)	$d_k = m/m_0$	$d_k \cdot \varphi_1$	$\Phi_k$	$d_k \cdot \Phi_k \cdot \varphi_1$	$\sum_{r=k}^4 d_r \cdot \Phi_r \cdot \varphi_1$	$\eta_k$	$\frac{1}{\varphi_1} \sum_{r=k}^4 d_r \cdot \Phi_r \cdot \varphi_1$
$\varphi_1 = 2,8$	4	1,000	2,8	1,000	2,8	2,8	17,8751	0,15666
	3	0,9426	2,53928	0,8433	2,2258	5,0258	19,9327	0,2521
	2	0,9426	2,63928	0,5941	1,56	6,586	19,9327	0,3304
	1	0,9426	2,63928	0,2607	0,688	7,274	25,0121	0,29082
	0	/	/	-0,03	/	/	/	/
$\varphi_1 = 2,709$	4	1,000	2,709	1,000	2,709	2,709	17,8751	0,15156
	3	0,9426	2,5535	0,8484	2,16646	4,87569	19,9327	0,244596
	2	0,9426	2,5535	0,6038	1,64188	6,41755	19,9327	0,32195
	1	0,9426	2,5535	0,2818	0,7197	7,13705	25,0121	0,2853
	0	/	/	-0,0035	/	/	/	/
$\varphi_1 = 2,7095$	4	1,000	2,7095	1,000	2,7095	2,7095	17,8731	0,14289
	3	0,9426	2,55397	0,8571	2,1890	4,8985	19,9327	0,26575
	2	0,9426	2,55397	0,6113	1,5643	6,45988	19,9327	0,32408
	1	0,9426	2,55397	0,287215	0,73353	7,1934	25,0121	0,2875
	0	/	/	-0,0003	/	/	/	/

Explication des étapes de calcul : (mode fondamental).

Afin de trouver la pulsation propre du mode fondamental  $\omega_1$ , on commence le processus itératif avec  $\varphi_1 = 3,000$ ; on applique la relation "D" avec l'ordonnée du dernier niveau "4".

$\Phi_4 = +1,000$ , on obtient dans la dernière colonne une valeur = 0,1567 qui représente la différence entre les ordonnées  $\Phi_4$  et  $\Phi_3$ :  $\Phi_4 - \Phi_3 = 0,1567$   
 on aura donc en deuxième ligne:  $\Phi_3 = \Phi_4 - 0,1567 = 1 - 0,1567 = 0,8433$   
 on calcule ensuite de la même façon:  $\Phi_3 - \Phi_2 = 0,2521 \Rightarrow \Phi_2 = \Phi_3 - 0,2521 = 0,5911$   
 ainsi de suite jus qu'à la dernière ligne (niveau 0) on trouve  $\Phi_1 - \Phi_0 = 0,2908 \rightarrow \Phi_0 = -0,03$ .

Le portique étant encastéré à la base, on devait donc avoir  $\Phi_0 = 0$ , mais comme on a obtenu  $\Phi_0 = -0,03$  ce, cela signifie que la valeur de  $\varphi_1$  choisie est plus grande que la valeur réelle.

On doit donc refaire le même calcul (2<sup>e</sup> itération) avec une nouvelle valeur de  $\varphi_1$  plus petite que celle choisie pour la 1<sup>re</sup> itération.

On continue ainsi les itérations jusqu'avec  $\Phi_0 = 0$

calcul de la période du mode fondamental:

$$\varphi_1 = 0,27095 \quad \omega_1 = \sqrt{\varphi_1} \sqrt{\frac{R_0}{m_0}} = \frac{\sqrt{\varphi_1}}{\sqrt{\frac{m_0}{R_0}}} = \frac{\sqrt{2,7095}}{0,0924} = 17,81445 \text{ rd/sec.}$$

$$T_1 = 2\pi / \omega_1 = 2 \cdot 3,14 / 17,81445 = 0,3525 \text{ sec} \rightarrow \boxed{T_1 = 0,3525 \text{ sec}}$$

2<sup>o</sup> MODE DE VIBRATION:

$\varphi_2$	Niveau "z"	$d_k = m_k/m_0$	$d_k \cdot \varphi_2$	$\phi_k$	$d_k \phi_k \varphi_2$	$\sum_{r=k}^4 d_r \phi_r \varphi_2$	$\eta_k$	$\frac{1}{\eta_k} \sum_{r=k}^4 d_r \phi_r \varphi_2$
$\varphi_2 = 21,5$	4	1,0000	21,5	+1,0000	21,5	21,5	17,8731	1,2029
	3	0,9426	20,2659	-0,2029	-4,424	17,3875	19,9327	0,8723
	2	0,9426	20,2659	-1,0752	-21,7901	-4,4026	19,9327	-0,22087
	1	0,9426	20,2659	-0,8547	-17,3956	-21,7462	25,0121	-0,8682
	0	/	/	+0,0439	/	/	/	/
$\varphi_2 = 21,3$	4	1,0000	21,3	+1,0000	21,3	21,3	17,8731	1,1917
	3	0,9426	20,7738	-0,1917	-3,8495	17,4504	19,9327	0,87547
	2	0,9426	20,7738	-1,6671	-21,4259	-3,9755	19,9327	-0,1994
	1	0,9426	20,7738	-0,86765	-17,4201	-21,3956	19,9327	-0,855
	0	/	/	-0,042	/	/	/	/
$\varphi_2 = 21,4$	4	1,0000	21,4	+1,0000	21,4	21,4	17,8731	1,1973
	3	0,9426	20,4746	-0,1973	-3,9805	17,4195	19,9327	0,8739
	2	0,9426	20,4716	-1,0712	-21,6082	-4,18867	19,9327	-0,2101
	1	0,9426	20,4715	-0,86405	-17,3689	-21,5576	19,9327	-0,8618
	0	/	/	+0,0005	/	/	/	/

$$\varphi_2 = 21,4 \Rightarrow \omega_2 = \frac{\sqrt{\varphi_2}}{\sqrt{\frac{30}{E_0}}} = \frac{\sqrt{21,4}}{0,0521} = 50,066 \text{ rad/s} \Rightarrow T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = 0,124$$

$T_2 = 0,124 \text{ Sec}$

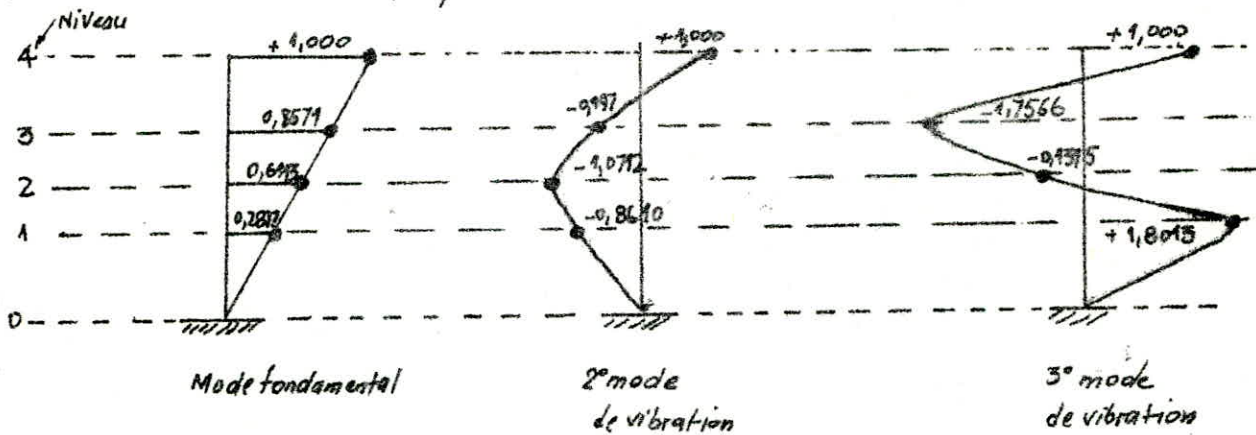
3<sup>o</sup> MODE DE VIBRATION

$\varphi_3$	Niveau "z"	$d_k = m_k/m_0$	$d_k \cdot \varphi_3$	$\phi_k$	$d_k \phi_k \varphi_3$	$\sum_{r=k}^4 d_r \phi_r \varphi_3$	$\eta_k$	$\frac{1}{\eta_k} \sum_{r=k}^4 d_r \phi_r \varphi_3$
$\varphi_3 = 49,5$	4	1,0000	49,50	+1,0000	49,5	49,5	17,8731	2,7695
	3	0,9426	46,6587	-0,6695	-32,6537	-33,0637	19,9327	-1,6587
	2	0,9426	46,6587	-0,44073	-5,4665	-38,23	19,9327	-1,9479
	1	0,9426	46,4587	1,8072	84,32	46,093	19,9327	1,8425
	0	/	/	-0,085	/	/	/	/
$\varphi_3 = 49,3$	4	1,000	49,3	+1,000	49,3	49,3	17,8731	+2,7583
	3	0,9426	46,47	-1,7583	-31,7093	-32,4	19,9327	-1,6259
	2	0,9426	46,47	-0,1323	-6,496	-33,5407	19,9327	-1,6259
	1	0,9426	46,47	1,80469	83,7246	45,17496	19,9327	+1,8064
	0	/	/	-0,0044	/	/	/	/
$\varphi_3 = 49,27$	4	1,000	49,27	+1,000	49,27	49,27	17,8731	2,7566
	3	0,9426	46,4419	-1,7566	-31,58	-32,3125	19,9327	-1,6290
	2	0,9426	46,4419	-0,1355	-6,29307	-33,6063	19,9327	-1,9368
	1	0,9426	46,4419	+1,8013	83,657	45,0571	19,9327	+1,8042
	0	/	/	0,0002	/	/	/	/

$$\varphi_3 = 49,27 \text{ sec}, \quad \omega_3 = \frac{\sqrt{49,27}}{0,0924} = 75,9660 \rightarrow T_3 = \frac{2\pi}{\omega_3} = 0,08267$$

$T = 0,08267 \text{ sec}$

Dans les trois tableaux (1<sup>er</sup>, 2<sup>o</sup> et 3<sup>o</sup> mode), les colonnes  $\phi_k$  nous donnent les ordonnées des 3 premiers modes propres de vibration avec lesquelles on fait les schéma des formes propres.



#### IV. 2 Sens transversal (y)

Avec la même méthode appliquée en IV. 1, on trouve pour ce sens:

Mode fondamental	2 <sup>o</sup> mode	3 <sup>o</sup> mode
$\varphi_1 = 1,180 \rightarrow T_1 = 0,5342 \text{ sec}$	$\varphi_2 = 10,10 \rightarrow T_2 = 0,1826 \text{ sec}$	$\varphi_3 = 25,123 \rightarrow T_3 = 0,1958$
$\phi_4 = +1,000, \phi_3 = 0,8844$	$\phi_4 = +1,000, \phi_3 = 0,0108$	$\phi_4 = +1,000, \phi_3 = -1,4604$
$\phi_2 = 0,6914, \phi_1 = 0,4298$	$\phi_2 = -0,8991, \phi_1 = -1,0456$	$\phi_2 = -0,6166, \phi_1 = 1,5294$
$\phi_0 = 0$	$\phi_0 = 0$	$\phi_0 = 0$

# EVALUATION DES FORCES SISMQUES

On utilise la méthode approchée du spectre de réponse exposée dans l'annexe 5 du RPA 91 (méthode simplifiée d'analyse modale). Cette méthode approximative prend en compte la réponse de la structure suivant les modes supérieurs (2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup>). Elle consiste en une superposition de réponse des modes aux Spectres sismiques:

Procédure de calcul:

- Détermination des périodes et des formes propres → Méthode d'"Holzer"
- Détermination du facteur de contribution de chaque mode.
- Détermination du facteur d'amplification dynamique moyen pour chaque mode.
- Evaluation de la sollicitation maximale résultante.

Facteur de contribution  $\Gamma_i$

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{k=1}^n W_k \cdot \phi_{ki}}{\sum_{k=1}^n W_k \cdot \phi_{ki}^2}$$

- n: nombre total d'étage
- i: rang du mode.
- k: indice de l'étage.
- $\phi_{ki}$ : composante du vecteur propre.

Facteur d'amplification dynamique moyen :  $D$

A chaque période propre  $T_i$  correspond un facteur d'amplification dynamique  $D_i$  donné par le spectre de réponse des (PPA 91)

Evaluation des forces sismiques de calcul  $F_{ki}$ :

L'effort au niveau k →  $F_{ki} = \Gamma_i \cdot W_k (A, B, Q) \phi_{ki}$ , pour le mode i.  
Sollicitations résultantes (combinaison des réponses modales) tous les modes ne sont pas en phase.

Calcul des coefficients A, B et Q (RPA 91)

• A: coefficient d'accélération des zones, dépend du groupe d'usage de la structure et de la zone sismique.

groupe d'usage 2 }  
zone II } ⇒ A = 0,15

• B: Facteur de comportement de la structure, dépend du type de la structure et de la nature de ses contreventements

portique auto stable : B = 1/4 = 0,25.

• Q: Facteur de qualité :  $Q = 1 + \sum_{q=1}^6 P_q$

- 1) condition minimale des files porteuses →  $P_q = 0$
- 2) surabondance en plan - - - - - →  $P_q = 0$
- 3) symétrie en plan - - - - - →  $P_q = 0,1$
- 4) Régularité en élévation - - - - - →  $P_q = 0$
- 5) Contrôle de la qualité des matériaux - - - - - →  $P_q = 0,1$
- 6) contrôle de la qualité de la construction →  $P_q = 0,1$

15% de 15m = 2,25 < ex = 2,66

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^6 P_q = 1,3$$

calcul des efforts sismiques :

I. Sens longitudinal (sens x)

• Facteurs d'amplification dynamique.  $D_i$

mode	1	2	3
$T_i$ (sec)	0,3527	0,1254	0,0827
$D_i$	1,84	2,00	2,00

Facteurs de contribution  $\Gamma_i$

NIVEAU	$W_k$	1° mode				2° mode				3° mode			
		$\phi_{K1}$	$\phi_{K1}^2$	$W_k \phi_{K1}$	$W_k \phi_{K1}^2$	$\phi_{K2}$	$\phi_{K2}^2$	$W_k \phi_{K2}$	$W_k \phi_{K2}^2$	$\phi_{K3}$	$\phi_{K3}^2$	$W_k \phi_{K3}$	$W_k \phi_{K3}^2$
4	372,02	1,000	1,00	372,02	372,02	1,000	1,000	372,02	372,02	1,000	1,000	372,02	372,02
3	350,68	0,8571	0,73	257,62 500,57	→	-0,4973	0,04	69,2	13,65	-1,7566	3,0625	614,00	1082,07
2	350,68	0,6113	0,3735	134,04 244,37	→	-1,0712	1,15	-375,65	402,39	-0,1355	0,02	-47,52	6,44
1	350,68	0,2872	0,0822	28,92 100,71	→	-0,8610	0,74	301,93	259,96	+1,8013	3,2447	631,68	1137,84
$\Sigma$				987,67	789,6			229,1	1048,2			340,18	2598,37
$\Gamma_i$			1,2508				0,2186					0,1309	

Evaluation des forces sismiques:

NIV.	$W_k$ (t)	1° mode			2° mode			3° mode			EFFORTS RESULTANTS $F_k = \sqrt{F_{k1}^2 + F_{k2}^2 + F_{k3}^2}$
		$ABD_{11}$	$\phi_{K1}$	$F_{K1}^{(t)}$	$ABD_{22}$	$\phi_{K2}$	$F_{K2}^{(t)}$	$ABD_{33}$	$\phi_{K3}$	$F_{K3}^{(t)}$	
4	372,02	0,4122	1,000	41,74	0,0295	1,0000	7,92	0,0427	1,000	4,72	42,75
3	350,68	0,4122	0,8571	33,72	0,0295	-0,4973	-1,47	0,0427	-1,7566	-7,82	34,65
2	350,68	0,4122	0,6113	24,05	0,0295	-1,0712	-8,00	0,0427	-0,1355	-0,60	25,35
1	350,68	0,4122	0,2872	11,30	0,0295	0,8610	6,43	0,0427	+1,8013	8,02	15,28

Sens transversal (sens y).

- Facteur d'amplification dynamique :  $D_i$
- Spectre de réponse RP181

mode	1	2	3
$T_i$ (sec)	0,5342	0,18259	0,08267
$D_i$	1,50	2,0	2,0

NIV	W <sub>k</sub>	1° mode				2° mode				3° mode			
		φ <sub>k1</sub>	φ <sub>k1</sub> <sup>2</sup>	W <sub>k1</sub>	W <sub>k1</sub> <sup>2</sup>	φ <sub>k2</sub>	φ <sub>k2</sub> <sup>2</sup>	W <sub>k2</sub>	W <sub>k2</sub> <sup>2</sup>	φ <sub>k3</sub>	φ <sub>k3</sub> <sup>2</sup>	W <sub>k3</sub>	W <sub>k3</sub> <sup>2</sup>
4	372,02	1,000	1,000	372,02	372,02	1,000	1,000	372,02	372,02	1,000	1,000	372,02	372,02
3	350,68	0,0044	0,0021	370,13	274,29	0,0003	0,0001	3,79	0,04	-1,4604	2,1327	-572,13	747,92
2	350,68	0,0014	0,0020	242,16	167,64	-0,0001	0,0003	-375,29	283,18	-0,6166	0,3801	-216,23	133,32
1	350,68	0,4203	0,1767	150,72	64,78	-1,0456	1,0935	-355,67	393,31	1,5204	2,3110	536,33	820,26
Σ				1075,34	871,73			-351,38	1072,03			179,99	2073,52
Π <sub>2</sub>			1,224					0,295				0,087	

Niv.	W <sub>k</sub> (t)	1° mode			2° mode			3° mode			Efforts résultants F <sub>k</sub> = √Σ F <sub>ki</sub> <sup>2</sup> (t)
		φ <sub>k1</sub>	F <sub>k1</sub>	F <sub>k1</sub>	φ <sub>k2</sub>	F <sub>k2</sub>	F <sub>k2</sub>	φ <sub>k3</sub>	F <sub>k3</sub>	F <sub>k3</sub>	
4	372,02	0,0895	1,000	35,297	-0,029	1,000	-10,70	0,003	1,000	3,155	35,42
3	350,68	0,0895	0,0044	27,76	-0,029	0,0003	-0,11	0,003	-1,4604	-4,10	28,06
2	350,68	0,0895	0,0014	24,70	-0,029	-0,0001	-0,14	0,003	-0,6166	-1,73	23,61
1	350,68	0,0895	0,4203	13,49	-0,029	-1,0456	-10,63	0,003	1,5204	4,29	17,70

DEFORMATIONS HORIZONTALES

Pour éviter le désordre dans les éléments de remplissage ainsi que l'aggravation des contraintes dans le système de contreventement et le heurt de deux constructions voisines, on limite les déplacements horizontaux de la structure.

Déplacement relatif d'étage:

- le déplacement calculé à partir des forces latérales (sismiques) doit être multiplié par (1/2B) pour obtenir le déplacement relatif (Art. 3.2.7.1. RPA 81)

$$S_k = \frac{T_k}{R_k} \cdot \frac{1}{2B} \text{ avec :}$$

- n: nombre de niveau.
- S<sub>k</sub>: déplacement relatif du niveau k / niveau k-1
- $\frac{1}{2B} \geq 1$  (dans notre cas 1/2B = 2.)
- B: facteur de comportement de la structure.  
B = 9/16 (structure autostable)
- T<sub>k</sub>: effort tranchant du niveau k.  
 $T_k = \sum_{i=k}^n F_i$
- R<sub>k</sub>: rigidité du niveau k.

Les déplacements relatifs latéraux d'un étage par rapport aux étages qui leur sont adjacents ne doivent pas dépasser 0,0075 fois la hauteur de l'étage.  
 ( $\bar{\delta}_k = 0,0075 h_k$ ) (RPA 81 3.3.7.1).

Niv.	Sens longitudinal (x)				Sens transversal (y)			
	$\frac{z_{jk}}{T_k(t)}$	$R_k(t/m)$	$\delta_k(cm)$	$\bar{\delta}_k(cm)$	$\frac{z_{jy}}{T_k(t)}$	$R_k(t/m)$	$\delta_k(cm)$	$\bar{\delta}_k(cm)$
4	42,75	55071,03	0,16	2,475	35,12	39416,90	0,18	2,475
3	77,4	55071,03	0,28	2,475	63,18	39416,90	0,32	2,475
2	102,75	55071,03	0,37	2,475	86,79	39416,90	0,44	2,475
1	118,03	108094,14	0,22	2,475	104,49	55206,29	0,38	2,475
	/	/	/	/	/	/	/	/

On vérifie notre structure au renversement qui peut être causé par les efforts sismiques.  
 $M^{renv} = M_{exterieur\ en\ conside\ (R.D.C)} + effort\ tranchant\ (base) \times Z$

\* Sens longitudinal:  $M_{ex.\ en\ consol\ (R.D.C)} = 42,75 \times 13,2 + 34,65 \times 9,9 + 25,35 \times 6,6 + 15,20 \times 3,3$   
 $= 1125,069\ t.m.$

• effort tranchant à la base:  $118,03\ t = \sum F_i$ .

$Z = 1,05 + 1,50 = 2,55\ m$  (profondeur des fondation: 1,50m).

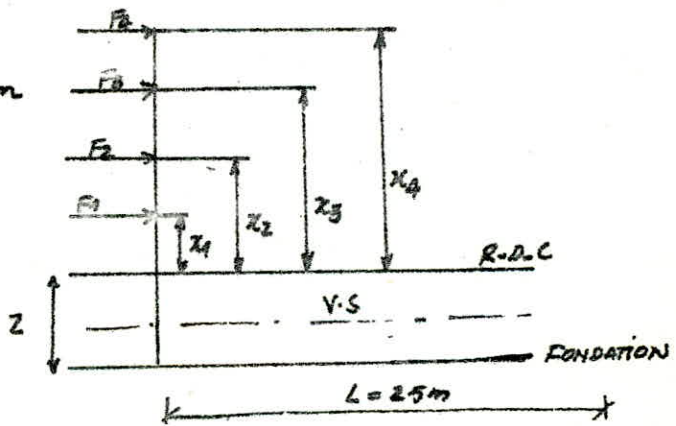
$H.Z = 118,03 \times 2,55 = 300,98\ t.m$

$M_{renv} = 300,98 + 1125,069 = 1426,049\ t.m$

Moment résistant:  $M_{res} = \sum W_i b_i = (372,02 + 350,68 \times 3) \times 12,5 = 17800,75\ t.m$

$\frac{M_{res}}{M_{renv}} = \frac{17800,75}{1426,049} = 12,48 \gg 1,5$

le renversement est vérifié.



\* Sens transversal:

•  $H \times Z = 2,55 \times 104,49 = 266,45\ t.m$

•  $M_{ex\ consol\ (R.D.C)} = 35,12 + 93,2 + 28,06 \times 9,9 + 23,61 \times 6,6 + 17,7 \times 3,3$   
 $= 955,614\ t.m.$

•  $M_{res} = (372,02 + 350,68 \times 3) \times \frac{12,5}{2} = 10680,45\ t.m$

$\frac{M_{res}}{M_{renv}} = \frac{10680,45}{266,45 + 955,614} = 8,74 \gg 1,5\ verifié.$

\* Détermination de l'effort de niveau ( $T_j$ ) revenant à chaque portique. L'effort tranchant d'étage ( $Z_j$ ) s'applique au c.d.g de l'étage "j" c.à.d en G. Comme on a une rotation de plancher autour de centre de torsion C,  $T_j$  appliquée au G est équivalent à  $Z_j$  appliqué enc plus un couple de torsion  $M_j$  avec  $M_j = Z_j \cdot e$ .

D'où sous l'action de  $T_{jk}$ , on a un effort de niveau "j" qui sera:  
 a) dans les portiques longitudinaux:

$$T_{jx}^{(e)} = z_{jx} \cdot \frac{R_{jx}^{(e)}}{R_{jx}} + z_{jx} \cdot \frac{R_{jx}^{(e)} \cdot y_j^{(e)}}{R_{j\theta}} \cdot e_y$$

- le premier terme étant dû à la translation.
- le second à la rotation.

b) dans un portique transversal quelconque :

$$T_{jy}^{(H)} = z_{jy} \cdot \frac{R_{jy}^{(H)} \cdot x_j^{(H)}}{R_{j\theta}} \cdot e_y$$

pour l'action de  $T_{jy}$ , on aura des expressions analogues.

En conclusion on aura dans chaque portique un effort tranchant de niveau qu'on a :

- Portiques transversaux (y)

$$T_{jy} = z_{jy} \cdot \frac{R_{jy}^{(H)}}{R_{jy}} + z_{jy} \cdot \frac{R_{jy} \cdot x_j}{R_{j\theta}} \cdot e_x + z_{jx} \cdot \frac{R_{jy} \cdot y_j}{R_{j\theta}} \cdot e_y$$

- Portiques longitudinaux (x)

$$T_{jx} = z_{jx} \cdot \frac{R_{jx}}{R_{jx}} + z_{jx} \cdot \frac{R_{jx} \cdot y_j}{R_{j\theta}} \cdot e_y + z_{jy} \cdot \frac{R_{jx} \cdot x_j}{R_{j\theta}} \cdot e_x$$

portiques transversaux :

NIV	E <sub>x</sub> (l)	E <sub>y</sub> (t/m)	R <sub>jθ</sub> (t·m)	z <sub>jy</sub> (l)	Portiques	R <sub>jy</sub> <sup>(H)</sup> (t/m)	x <sub>j</sub> (m)	T <sub>jy</sub> <sup>(H)</sup>		T <sub>jx</sub> <sup>(H)</sup>		Σ T <sub>jy</sub> <sup>(H)</sup>	Σ T <sub>jx</sub> <sup>(H)</sup>
								z <sub>jy</sub> · R <sub>jy</sub> <sup>(H)</sup> / R <sub>jy</sub>	z <sub>jy</sub> · R <sub>jy</sub> · x <sub>j</sub> / R <sub>jθ</sub>	z <sub>jx</sub> · R <sub>jy</sub> · y <sub>j</sub> / R <sub>jθ</sub>	z <sub>jx</sub> · R <sub>jx</sub> · x <sub>j</sub> / R <sub>jθ</sub>		
4	42,75	39416,90	479656,4	35,12	1	4824,32	13,86	4,295	0,642	0,745	5,652	0,12	
					2	6367,40	8,86	5,673	0,546	0,628	6,847	0,14	
					3	6367,40	3,86	5,673	0,225	0,274	6,172	0,10	
					4	6367,40	-1,14	5,673	-	-	5,673	0,09	
					5	6367,40	-6,14	5,673	-	-	5,673	0,09	
					6	9126,99	-11,14	8,152	-	-	8,152	0,09	
3	77,4	39416,90	479656,4	63,18	1	4824,32	13,86	7,726	1,100	1,348	10,174	0,21	
					2	6367,40	8,86	10,206	0,929	1,138	12,273	0,19	
					3	6367,40	3,86	10,206	0,405	0,496	11,107	0,17	
					4	6367,40	-1,14	10,206	-	-	10,206	0,16	
					5	6367,40	-6,14	10,206	-	-	10,206	0,16	
					6	9126,99	-11,14	14,629	-	-	14,629	0,16	
2	102,75	39416,90	479656,4	86,79	1	4824,32	13,86	10,644	1,512	1,790	13,916	0,29	
					2	6367,40	8,86	14,02	1,276	1,511	16,807	0,26	
					3	6367,40	3,86	14,02	0,555	0,658	15,234	0,24	
					4	6367,40	-1,14	14,02	-	-	14,02	0,22	
					5	6367,40	-6,14	14,02	-	-	14,02	0,22	
					6	9126,99	-11,14	20,096	-	-	20,096	0,22	
1	118,03	55206,29	8993035,2	104,49	1	6081,85	15,42	11,541	2,898	1,538	15,947	0,26	
					2	7532,33	10,42	14,256	2,426	1,287	17,969	0,24	
					3	7532,33	5,42	14,256	1,262	0,670	16,190	0,21	
					4	7532,33	0,42	14,256	0,098	0,052	14,406	0,19	
					5	7532,33	-4,58	14,256	-	-	14,256	0,19	
					6	18995,07	-9,58	35,95	-	-	35,95	0,19	

e<sub>x</sub> = e<sub>y</sub> = 1,25

e<sub>x</sub> = 2,66  
e<sub>y</sub> = 1,25



PORTIQUES LONGITUDINAUX

NIV	R <sub>ix</sub> (t/m)	R <sub>j</sub> (t/m)	Z <sub>ij</sub> (t)	Z <sub>ix</sub> (t)	Portique	R <sub>ix</sub> <sup>(i)</sup> (t/m)	y <sub>i</sub> (m)	Z <sub>ix</sub> <sup>(i)</sup> R <sub>ix</sub> <sup>(i)</sup> / R <sub>ix</sub>	Z <sub>ix</sub> <sup>(i)</sup> R <sub>ix</sub> <sup>(i)</sup> / R <sub>ix</sub>	Z <sub>ij</sub> <sup>(i)</sup> R <sub>ix</sub> <sup>(i)</sup> / R <sub>ix</sub>	T <sub>ix</sub> = Σ T <sub>ix</sub>	δ <sub>ix</sub> = T <sub>ix</sub> / R <sub>ix</sub> (m)
4	55071,03	4794656,4	35,12	42,75	1	17045,92	-7,0996	13,23	—	—	13,23	0,08
					2	11959,34	-2,0996	9,284	—	—	9,284	0,08
					3	11959,34	+2,9	9,284	0,386	0,317	9,987	0,08
					4	14106,41	+7,9	10,950	1,242	1,020	13,212	0,09
3	55071,03	4794656,4	63,18	77,4	1	17045,92	-7,0996	23,96	—	—	23,96	0,14
					2	11959,34	-2,0996	16,810	—	—	16,81	0,14
					3	11959,34	+2,9	16,810	0,700	0,571	18,081	0,15
					4	14106,41	+7,9	19,826	2,249	1,836	23,941	0,17
2	55071,03	4794656,4	86,79	102,75	1	17045,92	-7,0996	34,80	—	—	34,80	0,18
					2	11959,34	-2,0996	22,313	—	—	22,313	0,18
					3	11959,34	+2,9	22,313	0,229	0,785	24,027	0,20
					4	14106,41	+7,9	26,320	2,985	2,521	31,826	0,22
1	108094,14	8993035,02	104,49	118,03	1	40930,41	-7,28	44,693	—	—	44,693	0,11
					2	14699,06	-2,28	16,050	—	—	16,05	0,11
					3	14699,06	+2,72	16,050	0,656	1,236	17,942	0,12
					4	37765,57	+7,72	41,237	4,783	9,01	55,01	0,14

calcul des moments dans les poteaux:

La position du point d'inflexion est calculée en fonction des caractéristiques du portique

$z = y \cdot h$  tel que:  $y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$

$M_{sup} = f_j^{(i)} (h - z)$

$M_{inf} = f_j^{(i)} \cdot z$

Avec:  $y_0$ : coefficient donné par les tableaux du bulletin N°5 CTE en fonction de  $\bar{k}$ , d'un nombre total de niveau de portique et de numéro du niveau.

$y_1$ : terme de correction dû à la variation de la rigidité linéaire  $\bar{z}$  (IIL) des poutres supérieures et inférieures, il est donné par des tableaux en fonction de  $\alpha_1$  et de  $\bar{k}$

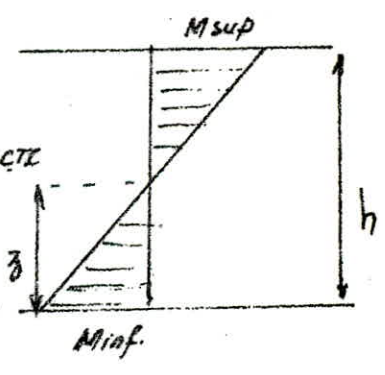
$\alpha_1 = (k_1 + k_2) / (k_3 + k_4)$   
 poutres sup. — poutres inf.

$y_2$ : terme de correction dû à la variation de la hauteur d'étage à la hauteur d'étage supérieur. Il est donné en fonction de  $d_2 = h_{12}$  et de  $\bar{k}$  ( $y_2 = 0$  pour le dernier niveau).

$y_3$ : terme de correction dû à la variation de la hauteur d'étage à la hauteur d'étage inférieure adjacente, il est donné en fonction de  $d_3$  et de  $\bar{k}$ .

$\alpha_3 = h_1/h$  ( $y_3 = 0$  pour le 1<sup>er</sup> niveau).

Remarque: - dans notre cas  $h_j = 3,30$  m pour tous les niveaux  $\Rightarrow y_2 = y_3 = 0$   
 - les coefficients  $y_0, y_1, y_2$  et  $y_3$  sont donnés par le bulletin du CTE N°5



NIV.	Pot.	$t_j(t)$	$\bar{k}$	$y_0$	$\alpha_1$	$y_1$	$y = \sum y_i$	$\beta = y \cdot h$	$M_{inf} = \frac{y \cdot h}{2}$	$(h - y)$	$M_{sup} = \frac{y \cdot h}{2}$
4	1	1,584	0,58	0,30	1	0	0,3	0,99	1,568	2,31	3,659
	2	2,593	1,16	0,408	1	0	0,408	1,3464	3,491	1,9536	5,046
	3	2,593	1,16	0,408	1	0	0,408	1,3464	3,491	1,9536	5,046
	4	2,593	1,16	0,408	1	0	0,408	1,3464	3,491	1,9536	5,046
	5	2,593	1,16	0,408	1	0	0,408	1,3464	3,491	1,9536	5,046
	6	1,272	1,205	0,410	1	0	0,41	1,353	1,721	1,047	2,477
3	1	2,869	0,58	0,40	1	0	0,40	1,32	3,787	1,98	5,681
	2	4,696	1,16	0,45	1	0	0,45	1,485	6,974	1,815	8,523
	3	4,696	1,16	0,45	1	0	0,45	1,485	6,974	1,815	8,523
	4	4,696	1,16	0,45	1	0	0,45	1,485	6,974	1,815	8,523
	5	4,696	1,16	0,45	1	0	0,45	1,485	6,974	1,815	8,523
	6	2,305	1,205	0,45	1	0	0,45	1,485	3,423	1,815	4,184
2	1	3,807	0,58	0,50	1	0	0,50	1,65	6,282	1,65	6,282
	2	6,235	1,16	0,50	1	0	0,50	1,65	10,288	1,65	10,288
	3	6,235	1,16	0,50	1	0	0,50	1,65	10,288	1,65	10,288
	4	6,235	1,16	0,50	1	0	0,50	1,65	10,288	1,65	10,288
	5	6,235	1,16	0,50	1	0	0,50	1,65	10,288	1,65	10,288
	6	3,059	1,205	0,50	1	0	0,50	1,65	5,047	1,65	5,047
1	1	2,271	0,58	0,70	1	0	0,70	2,31	5,154	0,99	2,200
	2	3,651	1,16	0,642	1	0	0,642	2,1186	7,735	1,181	4,312
	3	3,651	1,16	0,642	1	0	0,642	2,1186	7,735	1,181	4,312
	4	3,651	1,16	0,642	1	0	0,642	2,1186	7,735	1,181	4,312
	5	3,651	1,16	0,642	1	0	0,642	2,1186	7,735	1,181	4,312
	6	1,791	1,205	0,640	1	0	0,640	2,112	3,783	1,183	2,128

PORTIQUE (2-2) (3-3)

NIV.	Pot.	$t_j(t)$	$\bar{k}$	$y_0$	$\alpha_1$	$y_1$	$y = \sum y_i$	$\beta = y \cdot h$	$M_{inf}$	$(h - \beta)$	$M_{sup}$
4	1	1,368	1,205	0,41	1	0	0,41	1,353	1,851	1,947	2,665
	2	1,986	2,41	0,45	1	0	0,45	1,485	2,950	1,815	3,605
	3	1,986	2,41	0,45	1	0	0,45	1,485	2,950	1,815	3,605
	4	1,986	2,41	0,45	1	0	0,45	1,485	2,950	1,815	3,605
	5	1,986	2,41	0,45	1	0	0,45	1,485	2,950	1,815	3,605
	6	1,496	4,577	0,45	1	0	0,45	1,485	2,222	1,815	2,715
3	1	2,479	1,205	0,45	1	0	0,45	1,485	3,681	1,815	4,499
	2	3,596	2,41	0,47	1	0	0,47	1,551	5,577	1,749	6,289
	3	3,596	2,41	0,47	1	0	0,47	1,551	5,577	1,749	6,289
	4	3,596	2,41	0,47	1	0	0,47	1,551	5,577	1,749	6,289
	5	3,596	2,41	0,47	1	0	0,47	1,551	5,577	1,749	6,289
	6	1,210	4,577	0,50	1	0	0,50	1,65	2,01	1,65	2,010
2	1	3,295	1,205	0,50	1	0	0,50	1,65	5,437	1,65	5,437
	2	4,78	2,41	0,50	1	0	0,50	1,65	7,887	1,65	7,887
	3	4,78	2,41	0,50	1	0	0,50	1,65	7,887	1,65	7,887
	4	4,78	2,41	0,50	1	0	0,50	1,65	7,887	1,65	7,887
	5	4,78	2,41	0,50	1	0	0,50	1,65	7,887	1,65	7,887
	6	1,618	4,577	0,50	1	0	0,50	1,65	2,670	1,22	2,670
1	1	2,814	1,205	0,55	1	0	0,55	2,08	5,874	1,485	3,405
	2	3,505	2,41	0,55	1	0	0,55	1,815	6,362	1,485	5,1205
	3	3,505	2,41	0,55	1	0	0,55	1,815	6,362	1,485	5,1205
	4	3,505	2,41	0,55	1	0	0,55	1,815	6,362	1,485	5,1205
	5	3,505	2,41	0,55	1	0	0,55	1,815	6,362	1,485	5,1205
	6	1,088	4,577	0,55	1	0	0,55	1,815	1,975	1,485	1,616

PORTIQUE 4-4

NIV.	Alt	$t_j(t)$	$\bar{k}$	$y_0$	$\alpha_1$	$y_1$	$y = \sum y_i$	$z = yh$	$M_{inf} (mm)$	$(h-z) (mm)$	$M_{sup} (mm)$
4	1	1,942	0,58	0,30	1	0	0,30	0,99	1,893	2,31	4,417
	2	3,130	1,16	0,408	1	0	0,408	1,3464	4,214	1,9536	6,145
	3	3,130	1,16	0,408	1	0	0,408	1,3464	4,214	1,9536	6,145
	4	3,130	1,16	0,408	1	0	0,408	1,3464	4,214	1,9536	6,145
	5	1,942	0,58	0,30	1	0	0,30	0,99	1,893	2,31	4,417
	6										
3	1	3,459	0,58	0,40	1	0	0,40	1,32	4,566	1,98	6,849
	2	5,665	1,16	0,45	1	0	0,45	1,485	8,412	1,815	10,282
	3	5,665	1,16	0,45	1	0	0,45	1,485	8,412	1,815	10,282
	4	5,665	1,16	0,45	1	0	0,45	1,485	8,412	1,815	10,282
	5	3,459	0,58	0,40	1	0	0,40	1,32	4,566	1,98	6,849
	6										
2	1	4,605	0,58	0,50	1	0	0,50	1,65	7,598	1,65	7,598
	2	7,538	1,16	0,50	1	0	0,50	1,65	12,438	1,65	12,438
	3	7,538	1,16	0,50	1	0	0,50	1,65	12,438	1,65	12,438
	4	7,538	1,16	0,50	1	0	0,50	1,65	12,438	1,65	12,438
	5	4,605	0,58	0,50	1	0	0,50	1,65	7,598	1,65	7,598
	6										
1	1	10,264	0,58	0,70	1	0	0,70	2,31	23,710	0,99	10,161
	2	11,5	1,16	0,642	1	0	0,642	2,186	24,364	1,181	13,582
	3	11,5	1,16	0,642	1	0	0,642	2,186	24,364	1,181	13,582
	4	11,5	1,16	0,642	1	0	0,642	2,186	24,364	1,181	13,582
	5	10,264	0,58	0,70	1	0	0,70	2,31	23,710	0,99	10,161
	6										

NIV.	Alt	$t_j(t)$	$\bar{k}$	$y_1$	$\alpha_1$	$y_0$	$y = \sum y_i$	$z = yh$	$M_{inf}$	$h-z$	$M_{sup}$
4	1	0,944	4,571	0	1	0,45	0,45	1,485	1,402	1,815	1,713
	2	2,709	2,41	0	1	0,45	0,45	1,485	4,142	1,815	5,062
	3	1,949	1,205	0	1	0,41	0,41	1,353	2,596	1,947	3,736
3	1	1,698	1,577	0	1	0,5	0,5	1,65	2,802	1,65	2,802
	2	5,020	2,41	0	1	0,47	0,47	1,591	7,708	1,749	8,780
	3	3,453	1,205	0	1	0,45	0,45	1,485	5,128	1,815	6,267
2	1	3,322	4,577	0	1	0,5	0,5	1,65	3,831	1,65	3,831
	2	6,869	2,41	0	1	0,5	0,5	1,65	11,334	1,65	11,334
	3	4,725	1,205	0	1	0,5	0,5	1,65	7,796	1,65	7,796
1	1	2,346	4,577	0	1	0,55	0,55	1,815	4,238	1,485	3,484
	2	7,529	2,41	0	1	0,53	0,53	1,815	13,646	1,485	11,181
	3	6,072	1,205	0	1	0,63	0,63	2,079	12,624	1,221	7,114

← PORTIQUE A

PORTIQUES B, C, D, E.

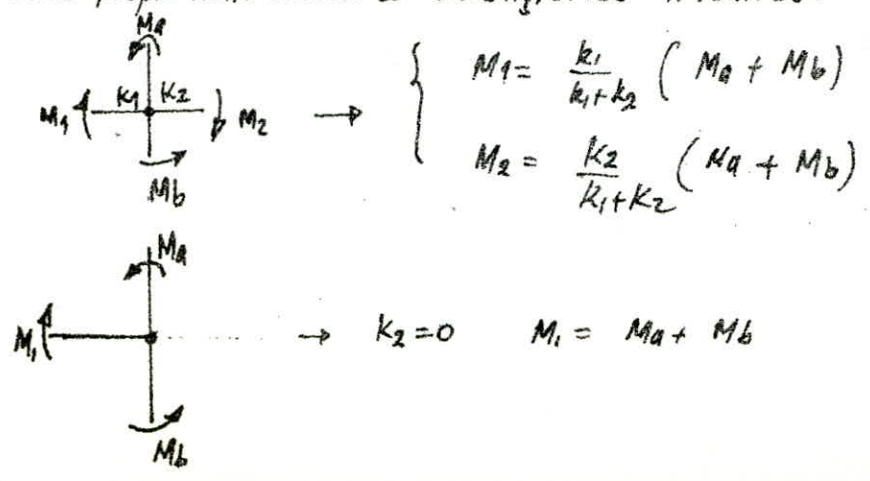
NIV	Port	$t_i$	$\bar{K}$	$y_0$	$\alpha_i$	$y_1$	$y = \sum y_i$	$z = \sum h_i$	M inf	$h-z$	M sup
4	1	0,861	4,517	0,45	1	0	0,45	1,485	1,279	1,815	1,563
	2	2,547	2,410	0,45	1	0	0,45	1,485	3,782	1,815	4,623
	3	2,547	2,410	0,45	1	0	0,45	1,485	3,782	1,815	4,623
	4	0,861	4,517	0,45	1	0	0,45	1,485	1,279	1,815	1,563
3	1	1,552	4,517	0,5	1	0	0,5	1,65	2,561	1,65	2,561
	2	4,584	2,410	0,47	1	0	0,47	1,551	7,110	1,749	8,017
	3	4,584	2,410	0,47	1	0	0,47	1,551	7,110	1,749	8,017
	4	1,552	4,517	0,5	1	0	0,5	1,65	2,561	1,65	2,561
2	1	2,123	4,517	0,5	1	0	0,5	1,65	3,503	1,65	3,503
	2	6,280	2,410	0,5	1	0	0,5	1,65	10,362	1,65	10,362
	3	6,280	2,410	0,5	1	0	0,5	1,65	10,362	1,65	10,362
	4	2,123	4,517	0,5	1	0	0,5	1,65	3,503	1,65	3,503
1	1	2,133	4,517	0,55	/	0	0,55	1,815	3,871	1,485	3,167
	2	6,851	2,41	0,55	/	0	0,55	1,815	12,435	1,485	10,174
	3	6,85	2,41	0,55	/	0	0,55	1,815	12,435	1,485	10,174
	4	2,133	4,517	0,55	/	0	0,55	1,815	3,871	1,485	3,167

PORTIQUE (F)

NIV	Port	$t_i$	$\bar{K}$	$y_0$	$\alpha_i$	$y_1$	$y = \sum y_i$	$z = \sum h_i$	M inf	$h-z$	M sup
4	1	1,46	1,205	0,41	1	0	0,41	1,353	1,975	1,947	2,848
	2	2,977	1,16	0,408	1	0	0,408	1,346	4,007	1,954	5,817
	3	2,977	1,16	0,408	1	0	0,408	1,346	4,007	1,954	5,817
	4	0,717	4,517	0,45	1	0	0,45	1,485	1,065	1,815	1,301
3	1	2,626	1,205	0,45	1	0	0,45	1,485	3,900	1,815	4,766
	2	5,856	1,16	0,45	1	0	0,45	1,485	7,954	1,815	9,721
	3	5,856	1,16	0,45	1	0	0,45	1,485	7,954	1,815	9,721
	4	1,290	4,517	0,5	1	0	0,5	1,65	2,129	1,65	2,129
2	1	3,610	1,205	0,5	1	0	0,5	1,65	5,957	1,65	5,957
	2	7,358	1,16	0,5	1	0	0,5	1,65	12,141	1,65	12,141
	3	7,358	1,16	0,5	1	0	0,5	1,65	12,141	1,65	12,141
	4	1,773	4,517	0,5	1	0	0,5	1,65	2,925	1,65	2,925
1	1	4,380	1,205	0,63	/	0	0,63	2,079	9,106	1,221	5,348
	2	14,811	1,16	0,642	/	0	0,642	2,186	31,654	1,184	17,651
	3	14,811	1,16	0,642	/	0	0,642	2,186	31,654	1,184	17,651
	4	1,694	4,517	0,55	/	0	0,55	1,815	3,075	1,485	2,316

calcul des moments dans les poutres:

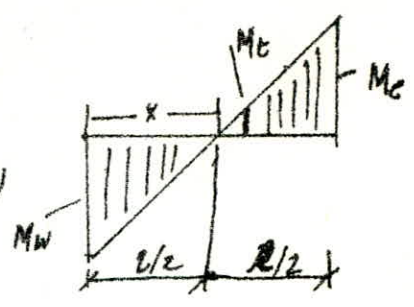
Dans un nœud, le moment résultant des poteaux aboutissant à ce nœud est réparti entre les poutres proportionnellement à leurs rigidités linéaires.



Moment en travée:  $\frac{x}{M_w} = \frac{l-x}{M_e} \Rightarrow x = \frac{M_w}{M_e + M_w} \cdot l \quad (1)$

$\frac{x}{M_w} = \frac{l/2 - x}{M_e} \Rightarrow M_e = \frac{M_w}{x} \cdot (l/2 - x) \cdot (2)$

(1) et (2)  $\rightarrow M_e = \frac{M_e - M_w}{2}$

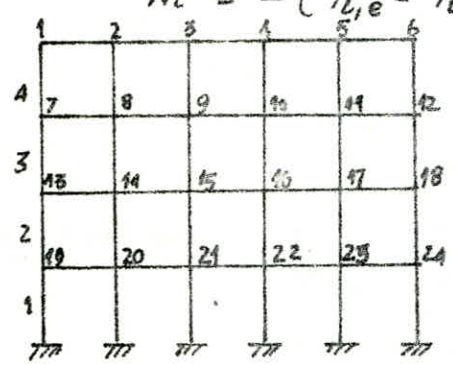


EFFORT TRANCHANT: A partir des moments dans les poutres, on peut calculer les efforts tranchants pour une travée indépendante (fig. ci-dessus) composons l'équation du moment:  $M = ax + b \rightarrow T = \frac{dM}{dx} = a$   
 $x=0 \rightarrow b = M_w$ ,  $x=l \rightarrow -M_e = al + M_w \Rightarrow a = -\frac{M_e + M_w}{l}$

$T = -\frac{M_e + M_w}{l}$

effort normal: pour un niveau (i), l'effort normal dans les poteaux sera:

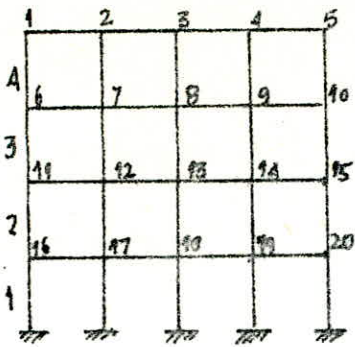
$N_i = -(T_{i,e} - T_{i,w})$



PORTIQUE 1-1

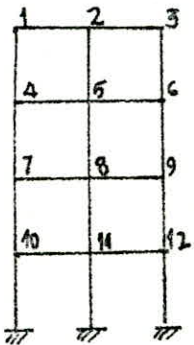
N°	Nœuds	$M_e$ (t-m)	$M_w$ (t-m)	$M_1$ (t-m)	$M_2$ (t-m)
4	1	0	3,659	0	3,659
	2-3-4-5	0	5,066	2,533	2,533
	6	0	2,477	2,477	0
3	7	1,568	5,621	0	7,249
	8-9-10-11	3,491	8,523	6,007	6,007
	12	1,721	4,484	5,005	2,005
2	13	3,781	6,282	0	10,069
	14-15-16-17	6,974	19,288	8,631	8,631
	18	3,423	5,047	8,47	0
1	19	6,282	2,209	0	8,491
	20, 21, 22, 23	10,288	4,312	7,3	7,3
	24	5,047	2,128	7,175	0
4	1	0	2,663	0	2,663
	2-3-4-5	0	3,606	1,8025	1,8025
	6	0	2,715	2,715	0
3	7	1,851	4,499	4,035	6,35
	8-9-10-11	2,950	6,289	4,6495	4,6495
	12	2,222	2,010	4,232	1,015
2	13	3,681	5,437	6,052	9,118
	14-15-16-17	5,577	7,887	6,732	6,732
	18	2,010	2,67	4,680	0
1	19	5,437	3,445	6,016	8,882
	20, 21, 22, 23	7,887	5,205	6,546	6,546
	24	2,670	1,616	4,286	0

PORTIQUES 2-2/3, 3

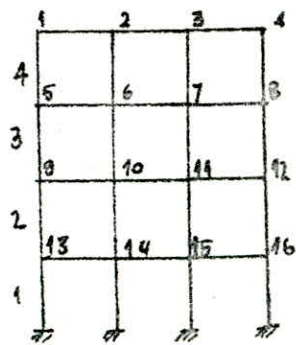


PORTIQUE 44

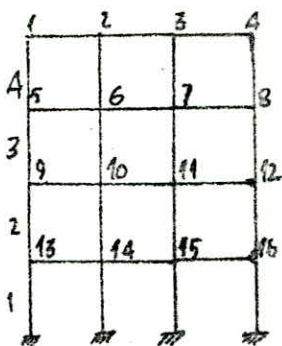
PORTIQUES TRANSVERSAUX



(A)



(F)



(B, C, D, E)

Niv	Nœud	M <sub>ed</sub> (tm)	M <sub>b</sub> (tm)	M <sub>l</sub> (tm)	N <sub>z</sub> (tm)
4	1	0	4,417	0	4,417
	2,3,4	0	6,115	3,0575	3,0575
	5	0	4,417	4,417	0
3	6	1,003	6,049	0	6,742
	7,8,9	4,214	10,282	7,243	7,243
	10	1,893	6,049	6,742	0
2	11	4,506	7,593	0	12,164
	12,13,14	8,412	12,453	10,425	10,425
	15	4,506	7,593	12,164	0
1	16	7,593	10,104	0	17,759
	17,18,19	12,438	13,532	13,01	13,01
	20	7,593	10,104	17,759	0
4	1	0	1,713	0	1,713
	2,2,4	0	5,062	2,531	2,531
	5	0	3,736	3,736	0
3	6	1,402	2,002	0	4,204
	7,7,9	4,122	8,780	6,461	6,461
	10	2,606	6,267	8,863	0
2	11	2,622	3,881	0	6,633
	12,13,14	7,703	11,334	9,56	9,56
	15	5,423	7,796	12,924	0
1	16	3,881	3,481	0	7,315
	17,18,19	11,334	14,181	14,2575	14,2575
	20	7,796	7,414	15,21	0
4	1	0	2,813	0	2,813
	2,3	0	5,017	2,9085	2,9085
	4	0	4,201	1,301	0
3	5	1,915	4,706	0	6,741
	6,7	4,007	9,721	6,864	6,864
	8	1,015	2,129	3,194	0
2	9	3,900	5,957	0	9,857
	10,11	7,954	12,141	10,0475	10,0475
	12	2,129	2,925	5,054	0
1	13	5,957	5,348	0	11,305
	14,15	12,141	17,651	14,896	14,896
	16	2,925	2,516	5,441	0
4	1	0	1,563	0	1,563
	2,3	0	4,623	2,8115	2,8115
	4	0	1,563	1,563	0
3	5	1,279	2,561	0	3,84
	6,7	3,782	8,017	5,8995	5,8995
	8	1,279	2,561	3,84	0
2	9	2,561	3,503	0	6,064
	10,11	7,110	10,362	8,736	8,736
	12	2,561	3,503	6,064	0
1	13	3,503	3,167	0	6,67
	14,15	10,362	10,174	10,266	10,266
	16	3,503	3,167	6,67	0

TABLEAU RECAPITULATIF

Poutres SE :  $T = \frac{-M_e + M_d}{L}$  ;  $L = 5m$ .  
 $M_t = \frac{M_e - M_d}{2}$

NIVEAU	Pout.	M <sub>e</sub>	M <sub>d</sub>	M <sub>t</sub>	T	
A)	4	1-2	1,713	2,521	0,404	-0,849
		2-3	2,521	3,736	0,608	-1,252
	3	4-5	4,204	6,161	1,129	-2,133
		5-6	4,464	8,805	1,201	-3,065
	2	7-8	6,633	9,56	1,464	-3,230
		8-9	9,560	12,924	1,682	-4,407
1	10-11	7,715	11,257	1,471	-3,715	
	11-12	11,257	15,21	1,976	-5,204	
B, C, D, E,	4	1-2	1,543	2,345	0,574	-0,775
		2-3	2,345	3,745	0	-0,25
	3	3-4	3,746	5,583	-0,974	-0,775
		5-6	3,84	5,895	1,03	-1,948
	2	6-7	6,045	5,845	0	-2,360
		7-8	3,805	3,84	-0,03	-1,400
1	9-10	6,064	4,736	1,376	-2,46	
	10-11	4,736	8,736	0	-3,494	
F)	4	1-2	2,843	2,405	0,234	-1,150
		2-3	2,405	2,405	0	-1,165
	3	3-4	2,405	1,301	-0,552	-0,842
		5-6	2,405	6,864	0,062	-2,721
	2	6-7	6,864	6,864	0	-2,746
		7-8	6,864	2,184	1,855	-2,042
1	8-10	6,864	10,945	0,045	-3,801	
	10-11	10,945	10,945	0	-4,049	
Diagram	4	1-2	2,843	2,405	0,234	-1,150
		2-3	2,405	2,405	0	-1,165
	3	3-4	2,405	1,301	-0,552	-0,842
		5-6	2,405	6,864	0,062	-2,721
	2	6-7	6,864	6,864	0	-2,746
		7-8	6,864	2,184	1,855	-2,042
1	8-10	6,864	10,945	0,045	-3,801	
	10-11	10,945	10,945	0	-4,049	

PORT. LONG. (1-4)  
 PORT. TRANS.

NIV	Pout.	M <sub>sup</sub> (kN)	M <sub>inf</sub> (kN)	M <sub>t</sub> (kN)	T(t)
4	1-2	3,659	2,533	-0,563	-1,238
	2-3	2,533	2,533	0	-1,013
3	3-4	2,533	2,477	-0,028	-4,002
	4-5	2,477	6,007	0,671	-2,654
2	5-6	6,007	6,007	0	-3,403
	6-7	6,007	5,905	-0,051	-2,382
1	7-8	10,009	8,631	-0,789	-3,24
	8-9	8,631	8,631	0	-3,492
Diagram	9-10	8,631	8,47	-0,081	-3,420
	10-11	8,47	7,3	-0,586	-3,458
4	1-2	2,663	1,825	-0,419	-2,925
	2-3	1,825	1,825	0	-0,721
3	3-4	1,825	2,745	0,466	-0,4
	4-5	2,745	4,645	0	-1,840
2	5-6	4,645	4,645	0	-1,840
	6-7	4,645	4,645	0	-1,840
1	7-8	4,645	4,645	0	-1,840
	8-9	4,645	4,645	0	-1,840
4	1-2	3,0575	3,0575	0	-1,223
	2-3	3,0575	4,417	0,68	-1,485
3	3-4	4,417	4,417	0	-1,485
	4-5	4,417	7,248	0	-2,879
2	5-6	7,248	7,248	0	-3,198
	6-7	7,248	12,164	0	-4,578
1	7-8	12,164	12,164	0	-4,17
	8-9	12,164	10,485	0,87	-4,378
Diagram	9-10	10,485	13,759	0	-6,154
	10-11	13,759	13,01	0	-5,204
4	1-2	3,663	1,851	1,368	-0,882
	2-3	1,851	1,851	0	0,172
3	3-4	1,851	2,950	1,986	0
	4-5	2,950	2,950	0	0
2	5-6	2,950	4,986	0,183	-0,183
	6-7	4,986	2,222	1,446	0,904
1	7-8	2,222	1,446	0,904	0,904
	8-9	1,446	2,479	-2,404	-3,087
3	9-10	2,479	5,677	3,546	0,346
	10-11	5,677	3,546	0	0
2	11-12	3,546	3,546	0	0
	12-13	3,546	5,577	3,546	0,177
1	13-14	5,577	3,285	0,177	2,674
	14-15	3,285	3,285	0	0
4	1-2	2,01	2,01	1,218	1,77
	2-3	2,01	2,01	0	0
3	3-4	2,01	2,01	0	0
	4-5	2,01	2,01	0	0
2	5-6	2,01	2,01	0	0
	6-7	2,01	2,01	0	0
1	7-8	2,01	2,01	0	0
	8-9	2,01	2,01	0	0

POTEAUX SOUS. S.I.

(1-1)

NIV.	Pot.	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	T	N	N <sub>normal</sub>
4	1	3,659	1,568	1,584	-1,238	-1,238
	2	5,066	3,491	2,583	0,225	0,225
	3	5,066	3,491	2,583	0	0
	4	5,066	3,491	2,583	0	0
	5	5,066	3,491	2,583	0,041	0,041
	6	2,477	1,721	1,272	1,002	1,002
3	1	5,081	3,787	2,869	-2,691	-3,000
	2	8,523	6,974	4,696	0,248	0,467
	3	8,523	6,974	4,696	0	0
	4	8,523	6,974	4,696	0	0
	5	8,523	6,974	4,696	0,021	0,032
	6	4,184	3,423	2,305	2,382	3,384
2	1	6,282	6,282	3,807	-3,74	-4,649
	2	10,288	10,288	6,235	0,288	0,755
	3	10,288	10,288	6,235	0	0
	4	10,288	10,288	6,235	0	0
	5	10,288	10,288	6,235	0,052	0,064
	6	5,047	5,047	3,059	3,420	6,804
1	1	2,209	5,154	2,281	-3,150	-4,787
	2	4,392	7,735	3,691	0,238	0,995
1	3	4,312	7,735	3,691	0	0

PARTIES LONGITUDINAUX.

2-2/3=3

NIV	Pot.	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	T	N	N <sub>normal</sub>
4	1	3,663	1,851	1,368	-0,882	-0,882
	2	3,605	2,950	1,986	0,172	0,172
	3	3,605	2,950	1,986	0	0
	4	3,605	2,950	1,986	0	0
	5	3,605	2,950	1,986	-0,183	-0,183
	6	2,745	2,222	1,446	0,904	0,904
3	1	4,499	2,601	2,479	-2,404	-3,087
	2	6,289	5,677	3,546	0,346	0,978
	3	6,289	5,577	3,546	0	0
	4	6,289	5,577	3,546	0	0
	5	6,289	5,577	3,546	0,078	-0,105
	6	2,01	2,01	1,218	1,77	2,674
2	1	5,437	5,437	3,285	-3,27	6,257
	2	7,887	7,887	4,78	0,477	0,995
	3	7,887	7,887	4,78	0	0
	4	7,887	7,887	4,78	0	0
	5	7,887	7,887	4,78	0,441	0,906
	6	2,670	2,67	1,648	2,282	4,956
1	1	3,445	5,874	2,824	-3,086	-4,345
	2	5,285	6,362	3,285	0,908	4,463
	3	5,285	6,362	3,285	0	0

(4-4)

NIV.	Pos.	Mscap	Mintf	T	N	Normal
4	1	4,917	1,805	1,942	-1,495	-1,145
	2	6,115	4,214	3,130	0,272	0,282
	3	6,115	4,214	3,130	0	0
	4	8,115	4,214	3,130	-0,272	-0,272
	5	4,917	1,805	1,942	1,495	1,145
3	1	6,849	4,566	3,459	-3,199	4,693
	2	10,282	8,412	5,665	0,259	0,571
	3	10,282	8,412	5,665	0	0
	4	10,282	8,412	5,665	-0,259	-0,571
	5	6,849	4,566	3,459	3,199	4,693
2	1	7,593	7,593	4,605	-4,518	9,244
	2	12,438	14,430	7,538	0,348	0,949
	3	12,438	12,438	7,538	0	0
	4	12,438	12,438	7,538	-0,348	-0,949
	5	7,593	7,593	4,605	4,518	9,244
1	1	10,161	23,711	10,264	-6,632	15,365
	2	13,582	24,364	14,5	0,95	1,869
	3	13,582	24,364	14,5	0	0
	4	13,582	24,364	14,5	-0,95	-1,869
	5	10,161	23,711	10,264	6,632	15,365
(A) 4	1	4,713	4,402	0,944	-0,849	-0,849
	2	5,062	4,142	2,789	-0,404	-0,404
	3	3,736	3,596	1,919	1,253	1,253
3	1	2,802	2,802	1,698	-2,133	-2,932
	2	8,780	7,786	5,020	0,932	-0,836
	3	6,267	5,428	3,453	3,065	4,318
2	1	3,831	3,831	2,322	-3,209	-4,221
	2	11,334	11,334	6,869	-1,258	-2,544
	3	7,196	7,196	4,725	4,497	8,815
1	1	3,404	4,258	2,346	-3,715	-0,936
	2	11,181	13,665	7,529	-4,579	-4,173
	3	7,444	12,614	6,072	5,294	11,409

B, C, D, E

NIV	Pos.	Mscap	Mintf	T	N	Normal
4	1	4,563	4,279	0,861	-0,175	-0,175
	2	4,623	3,782	2,547	-0,115	-0,115
	3	4,623	3,782	2,547	0,115	0,115
	4	4,563	4,279	0,861	0,175	0,175
3	1	2,561	2,561	4,552	-1,943	-2,723
	2	8,077	7,11	4,381	-0,442	-0,562
	3	8,077	7,11	4,381	0,442	0,562
	4	2,561	2,561	1,552	1,943	2,723
2	1	3,593	3,593	2,123	-2,06	-5,683
	2	10,362	10,362	6,280	-0,534	-1,006
	3	10,362	10,362	6,280	0,534	1,006
	4	3,593	3,593	2,123	2,06	5,683
1	1	3,167	3,871	2,123	-3,307	-9,07
	2	10,174	12,435	6,897	-0,719	-1,005
	3	10,174	12,435	6,897	0,719	1,005
	4	3,167	3,871	2,123	3,307	9,07
4	1	2,805	1,975	1,46	-1,150	-1,150
	2	5,817	4,007	2,977	-0,905	0,013
	3	5,817	4,007	2,977	0,921	0,331
	4	1,301	1,065	0,717	0,802	0,802
3	1	4,766	3,9	2,626	-2,761	-3,871
	2	9,721	7,954	5,356	-0,025	-0,038
	3	9,721	7,954	5,356	0,734	1,055
	4	2,129	2,129	1,290	2,012	2,864
2	1	5,957	5,957	3,640	-3,981	-7,852
	2	12,441	12,111	7,358	-0,938	-0,076
	3	12,441	12,111	7,358	0,999	2,054
	4	2,925	2,925	1,773	3,020	5,874
1	1	5,348	9,106	4,33	-5,240	-13,092
	2	17,491	31,654	14,901	-0,718	-0,734
	3	17,651	31,654	14,901	1,891	3,915
	4	2,546	8,075	1,694	4,067	9,941

PORTIQUES TRANSVERSAUX  
 (F)



## Caractéristique geo. Portique transversal Central (T,C,D, E)

Efforts dans les portiques engendrés par les forces verticales

(M<sup>e</sup> caquot. exposé en annexe A du C.C.BA68)

Niveau	tranchée	$l_w$	$l_e$	$R_n$	$R_s$	$I_w \cdot 10^4$	$I_e \cdot 10^4$	$I_n \cdot 10^4$	$I_s \cdot 10^4$	$l_w'$	$l_e'$	$R_n'$	$R_s'$	$K_w \cdot 10^4$	$K_e \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$K_s \cdot 10^4$	$\Delta \cdot 10^4$
4	1	/	4,65	/	2,75	/	62,39	/	9,11	/	3,72	/	2,2	/	16,77	/	4,14	20,91
	2	4,65	4,55	/	2,75	62,39	62,39	/	34,17	4,50	3,64	/	2,2	13,86	17,14	/	15,53	46,53
	3	4,55	4,65	/	2,75	62,39	62,39	/	34,17	3,64	4,50	/	2,2	17,14	13,86	/	15,53	46,53
	4	4,65	/	/	2,75	62,39	62,39	/	9,11	3,72	/	/	2,2	16,77	/	/	4,14	20,91
3	1	/	4,65	2,75	2,75	/	62,39	9,11	9,11	/	3,72	2,475	2,2	/	16,77	3,68	4,14	24,59
	2	4,65	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	4,36	3,64	2,475	2,2	14,31	17,14	13,81	15,53	60,84
	3	4,55	4,65	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	4,36	2,475	2,2	17,14	14,31	13,81	15,53	60,84
	4	4,65	/	2,75	2,75	62,39	/	9,11	9,11	3,72	/	2,475	2,2	16,77	/	3,68	4,14	24,59
2,1	1	/	4,65	2,75	2,75	/	62,39	9,11	9,11	/	3,72	2,2	2,2	/	16,77	4,14	4,14	25,05
	2	4,65	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	4,34	3,64	2,2	2,2	14,36	17,14	15,53	15,53	62,2
	3	4,55	4,65	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	4,34	2,2	2,2	17,14	14,36	15,53	15,53	62,2
	4	4,65	/	2,75	2,75	62,39	/	9,11	9,11	3,72	/	2,2	2,2	16,77	/	4,14	4,14	25,0
RDC	1	/	4,65	2,75	/	62,39	9,11	/	/	/	3,72	2,2	/	/	16,77	4,14	/	20,91
	2	4,65	4,55	2,75	/	62,39	62,39	34,17	/	4,50	3,64	2,2	/	13,86	17,14	15,53	/	46,53
	3	4,55	4,65	2,75	/	62,39	62,39	34,17	/	3,64	4,5	2,2	/	17,14	13,86	15,53	/	46,53
	4	4,65	/	2,75	/	62,39	/	9,11	/	3,72	/	2,2	/	16,77	/	4,14	/	20,91

Caracteristique geo. Portique long (2-2) Central

Niv	modul	E <sub>w</sub>	E <sub>a</sub>	R <sub>an</sub>	R <sub>s</sub>	I <sub>w</sub> 10 <sup>3</sup>	I <sub>c</sub> 10 <sup>3</sup>	I <sub>n</sub> 10 <sup>3</sup>	I <sub>s</sub> 10 <sup>3</sup>	E <sub>w</sub>	E <sub>c</sub>	R <sub>n</sub>	R <sub>s</sub>	K <sub>w</sub> 10 <sup>3</sup>	K <sub>c</sub> 10 <sup>3</sup>	K <sub>n</sub> 10 <sup>3</sup>	K <sub>s</sub> 10 <sup>3</sup>	Δ. 10 <sup>3</sup>
4	1	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,475	2,2	17,14	17,14	13,81	15,53	32,67
	2	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,475	2,2	17,14	17,14	13,81	15,53	48,27
	3	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,475	2,2	17,14	17,14	13,81	15,53	49,81
	4	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,475	2,2	17,14	17,14	13,81	15,53	49,81
	5	4,55	4,65	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	4,09	2,475	2,2	17,14	15,25	13,81	15,53	47,92
	6	4,65	4,65	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	9,11	3,72	3,72	2,475	2,2	16,77	16,77	13,81	4,14	20,91
3	1	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,475	2,2	17,14	17,14	13,81	15,53	46,46
	2	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,475	2,2	17,14	17,14	13,81	15,53	63,62
	3	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,475	2,2	17,14	17,14	13,81	15,53	63,62
	4	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,475	2,2	17,14	17,14	13,81	15,53	63,62
	5	4,55	4,65	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,72	2,475	2,2	17,14	16,77	13,81	15,53	63,25
	6	4,65	4,65	2,75	2,75	62,39	62,39	9,11	9,11	3,72	3,72	2,475	2,2	16,77	16,77	3,68	4,14	24,60
2,1	1	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,2	2,2	17,14	17,14	15,53	15,53	48,2
	2	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,2	2,2	17,14	17,14	15,53	15,53	65,34
	3	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,2	2,2	17,14	17,14	15,53	15,53	65,34
	4	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,2	2,2	17,14	17,14	15,53	15,53	65,34
	5	4,55	4,65	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,72	2,2	2,2	17,14	16,77	15,53	15,53	64,97
	6	4,65	4,65	2,75	2,75	62,39	62,39	9,11	9,11	3,72	3,72	2,2	2,2	16,77	16,77	4,14	4,14	25,05
RNC	1	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,2	2,2	17,14	17,14	15,53	15,53	32,67
	2	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	4,00	3,64	2,2	2,2	15,60	17,14	15,53	15,53	48,27
	3	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,2	2,2	17,14	17,14	15,53	15,53	49,41
	4	4,55	4,55	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	3,64	2,2	2,2	17,14	17,14	15,53	15,53	49,41
	5	4,55	4,65	2,75	2,75	62,39	62,39	34,17	34,17	3,64	4,5	2,2	2,2	17,14	13,81	15,53	15,53	46,53
	6	4,65	4,65	2,75	2,75	62,39	62,39	9,11	9,11	3,72	3,72	2,2	2,2	16,77	16,77	4,14	4,14	20,91

40  
 Caractéristique geo Portique trauis de rive (6'-6') → (F)

	Niveau	R <sub>wo</sub>	R <sub>e</sub>	h <sub>m</sub>	R <sub>s</sub>	I <sub>w</sub> · 10 <sup>4</sup>	I <sub>e</sub> · 10 <sup>4</sup>	I <sub>m</sub> · 10 <sup>4</sup>	I <sub>s</sub> · 10 <sup>4</sup>	l <sub>w</sub>	l <sub>e</sub>	h <sub>m</sub>	R <sub>s</sub>	K <sub>w</sub> · 10 <sup>4</sup>	K <sub>e</sub> · 10 <sup>4</sup>	K <sub>m</sub> · 10 <sup>4</sup>	K <sub>s</sub> · 10 <sup>4</sup>	Δ · 10 <sup>4</sup>
4	1	/	4,43	/	2,75	/	62,39	/	34,17	/	3,54	/	2,2	/	17,62	/	15,53	32,79
	2	4,43	4,3	/	2,75	62,39	62,39	/	71,46	3,91	3,44	/	2,2	15,96	18,14	/	32,48	66,58
	3	4,3	4,53	/	2,75	62,39	62,39	/	71,46	3,44	4,38	/	2,2	18,14	14,24	/	32,48	64,86
	4	4,53	/	/	2,75	62,39	/	/	9,11	3,62	/	/	2,2	17,23	/	/	4,14	21,37
3	1	/	4,43	2,75	2,75	/	62,39	34,17	34,17	/	3,54	2,475	2,2	/	17,62	13,81	15,53	46,96
	2	4,43	4,3	2,75	2,75	62,39	62,39	71,46	71,46	3,54	3,44	2,475	2,2	15,96	18,14	28,87	32,48	95,45
	3	4,3	4,53	2,75	2,75	62,39	62,39	71,46	71,46	3,44	4,26	2,475	2,2	18,14	14,65	28,87	32,48	94,14
	4	4,53	/	2,75	2,75	62,39	/	9,11	9,11	3,62	/	2,475	2,2	17,23	/	3,68	4,14	23,05
2,1	1	/	4,43	2,75	2,75	/	62,39	34,17	34,17	/	3,54	2,2	2,2	/	17,62	15,53	15,53	48,68
	2	4,43	4,3	2,75	2,75	62,39	62,39	71,46	71,46	3,54	3,44	2,2	2,2	15,96	18,14	32,48	32,48	99,06
	3	4,3	4,53	2,75	2,75	62,39	62,39	71,46	71,46	3,44	4,24	2,2	2,2	18,14	14,71	32,48	32,48	97,81
	4	4,53	/	2,75	2,75	62,39	/	9,11	9,11	3,62	/	2,2	2,2	17,23	/	4,14	4,14	25,51
RDC	1	/	4,43	2,75	/	/	62,39	34,17	/	/	3,54	2,2	/	/	17,62	15,53	/	32,79
	2	4,43	4,3	2,75	/	62,39	62,39	71,46	/	3,91	3,44	2,2	/	15,96	18,14	32,48	/	66,58
	3	4,3	4,53	2,75	/	62,39	62,39	71,46	/	3,44	4,38	2,2	/	18,14	14,24	32,48	/	64,86
	4	4,53	/	2,75	/	62,39	/	9,11	/	3,62	/	2,2	/	17,23	/	4,14	/	21,37

Caractéristique geo. Portique long (1-1)

Niveau	nom	$P_{10}(m)$	$P_{20}(m)$	$R_1$	$R_2$	$I_{e,10}^{10}$	$I_{e,20}^{10}$	$I_{e,10}^{10}$	$I_{e,20}^{10}$	$P'_{10}$	$P'_{20}$	$R'_1$	$R'_2$	$K_{e,10}^{10}$	$K_{e,20}^{10}$	$K_{e,10}^{10}$	$K_{e,20}^{10}$	$D_{e,10}^{10}$	$D_{e,20}^{10}$
4	1	/	4,3	/	2,75	/	62,39	/	71,46	/	3,44	/	2,2	/	18,14	/	32,48	50,62	
	2	4,3	4,3	/	2,75	62,39	62,39	/	71,46	3,44	3,44	/	2,2	18,14	18,14	/	32,48	68,76	
	3	4,3	4,3	/	2,75	62,39	62,39	/	71,46	3,44	3,44	/	2,2	18,14	18,14	/	32,48	68,76	
	3'	4,3	4,3	/	2,75	62,39	62,39	/	71,46	3,44	3,44	/	2,2	18,14	18,14	/	32,48	68,76	
	2'	4,3	4,425	/	2,75	62,39	62,39	/	71,46	3,44	3,54	/	2,2	18,14	17,62	/	32,48	68,76	
	1'	4,2	/	/	2,75	62,39	/	/	34,17	3,54	/	/	2,2	17,62	/	/	15,53	33,15	
3	4	/	4,3	2,75	2,75	/	62,39	71,46	71,46	/	3,44	2,475	2,2	/	18,14	28,87	32,48	49,49	
	5	4,3	4,3	2,75	2,75	62,39	62,39	71,46	71,46	3,44	3,44	2,475	2,2	18,14	18,14	28,87	32,48	97,63	
	6	4,3	4,3	2,75	2,75	62,39	62,39	71,46	71,46	3,44	3,44	2,475	2,2	18,14	18,14	28,87	32,48	97,63	
	6'	4,3	4,3	2,75	2,75	62,39	62,39	71,46	71,46	3,44	3,44	2,475	2,2	18,14	18,14	28,87	32,48	97,63	
	5'	4,3	4,425	2,75	2,75	62,39	62,39	71,46	71,46	3,44	3,54	2,475	2,2	18,14	17,62	28,87	32,48	97,63	
	4'	4,425	/	2,75	2,75	62,39	/	34,17	34,17	3,54	/	2,475	2,2	17,62	/	13,21	15,53	46,96	
2,1	7	/	4,3	2,75	2,75	/	62,39	71,46	71,46	/	3,44	2,2	2,2	/	18,14	32,48	32,48	83,1	
	8	4,3	4,3	2,75	2,75	62,39	62,39	71,46	71,46	3,44	3,44	2,2	2,2	18,14	18,14	32,48	32,48	101,24	
	9	4,3	4,3	2,75	2,75	62,39	62,39	71,46	71,46	3,44	3,44	2,2	2,2	18,14	18,14	32,48	32,48	101,24	
	9'	4,3	4,3	2,75	2,75	62,39	62,39	71,46	71,46	3,44	3,44	2,2	2,2	18,14	18,14	32,48	32,48	101,24	
	8'	4,3	4,425	2,75	2,75	62,39	62,39	71,46	71,46	3,44	3,54	2,2	2,2	18,14	17,62	32,48	32,48	100,72	
	7'	4,425	/	2,75	2,75	62,39	/	34,17	34,17	3,54	/	2,2	2,2	17,62	/	15,53	15,53	48,68	
RDC	10	/	4,3	2,75	/	/	62,39	71,46	/	/	3,44	2,2	2,2	/	18,14	32,48	/	50,62	
	11	4,3	4,3	2,75	/	62,39	62,39	71,46	/	3,44	3,44	2,2	/	18,14	18,14	32,48	/	68,76	
	12	4,3	4,3	2,75	/	62,39	62,39	71,46	/	3,44	3,44	2,2	/	18,14	18,14	32,48	/	68,76	
	12'	4,3	4,3	2,75	/	62,39	62,39	71,46	/	3,44	3,44	2,2	/	18,14	18,14	32,48	/	68,76	
	11'	4,3	4,425	2,75	/	62,39	62,39	71,46	/	3,44	3,54	2,2	/	18,14	17,62	32,48	/	68,24	
	10'	4,425	/	2,75	/	62,39	/	34,17	/	3,54	/	2,2	/	17,62	/	15,53	/	33,15	

Portique transversal central - Moments aux nœuds  
(B,C,D,E)

Sous G

Sous P

Niveau	Nœuds	q <sub>w</sub>	q <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>s</sub>	M <sub>n</sub>
4	1	/	2,534	/	5,75	/	1,14	1,14	/
	2	3,534	2,534	8,42	5,51	7,55	8,62	-0,97	/
	3	3,534	3,534	5,51	8,42	8,62	7,55	0,97	/
	4	3,534	/	5,75	/	+1,14	/	-1,14	/
3	1	/	3,094	/	5,04	/	1,60	0,75	0,75
	2	3,094	3,094	6,92	4,82	6,43	7,51	-0,54	-0,48
	3	3,094	3,094	4,82	6,92	7,51	6,43	0,54	0,48
	4	3,094	/	5,04	/	0,85	/	-0,85	-0,75
2,1	1	/	3,094	/	5,04	/	1,66	+0,82	0,82
	2	3,094	3,094	6,86	4,82	6,39	5,38	0,52	-0,51
	3	3,094	3,094	4,82	6,86	5,38	6,39	+0,51	0,51
	4	3,094	/	5,04	/	1,66	/	-0,82	-0,82
RDC	1	/	3,37	/	5,48	/	1,08	/	1,08
	2	3,37	3,37	8,03	5,25	7,20	6,27	/	-0,93
	3	3,37	3,37	5,25	8,03	6,27	7,20	/	+0,93
	4	3,37	/	5,48	/	-1,08	/	/	-1,08

q <sub>w</sub>	q <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>s</sub>	M <sub>n</sub>
/	0,5	/	0,81	/	0,16	0,16	/
0,5	0,5	1,19	0,78	1,07	0,93	-0,14	/
0,5	0,5	0,78	1,19	0,93	1,07	+0,14	/
0,5	/	0,81	/	0,81	/	-0,16	/
/	0,86	/	1,4	/	0,45	0,24	0,21
0,86	0,86	1,92	1,34	1,20	1,50	-0,15	-0,13
0,86	0,86	1,34	1,92	1,50	1,20	+0,15	0,13
0,86	/	1,4	/	0,45	/	-0,24	-0,21
/	0,86	/	1,4	/	0,46	0,23	0,23
0,86	0,86	1,91	1,34	1,78	1,50	-0,14	-0,14
0,86	0,86	1,34	1,91	1,50	1,70	0,14	0,14
0,86	/	1,4	/	0,46	/	-0,23	-0,23
/	0,86	/	1,4	/	0,28	/	0,28
0,86	0,86	2,05	1,34	1,84	1,60	/	-0,24
0,86	0,86	1,34	2,05	1,60	1,84	/	0,24
0,86	/	1,4	/	0,28	/	/	-0,28

Portique longitudinale centrale (2-2)

Moment aux nœuds

sous G

sous P

Nœuds	sous G											sous P										
	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	R' <sub>1</sub>	R' <sub>2</sub>	M' <sub>1</sub>	M' <sub>2</sub>	M' <sub>3</sub>	M' <sub>4</sub>	M' <sub>5</sub>	M' <sub>6</sub>	M' <sub>n</sub>	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>	R' <sub>1</sub>	R' <sub>2</sub>	M' <sub>1</sub>	M' <sub>2</sub>	M' <sub>3</sub>	M' <sub>4</sub>	M' <sub>5</sub>	M' <sub>n</sub>	
4	1	/	1,26	/	3,64	/	1,96	0,93	/	0,44	/	/	0,11	/	3,64	/	0,17	/	0,08	0,08	/	/
	2	1,26	1,26	4,00	3,64	2,37	1,96	2,12	2,23	0,25	/	0,11	0,11	4,00	3,64	0,21	0,17	0,2	0,18	-0,02	/	
	3;4	1,26	1,26	3,64	3,64	1,96	1,96	1,96	1,96	0	/	0,11	0,11	3,64	3,64	0,17	0,17	0,17	0,17	0	/	
	5	1,26	1,26	3,64	4,00	1,96	2,48	2,32	2,15	0,55	/	0,11	0,11	3,64	4,00	0,17	0,21	0,18	0,20	0,13	/	
	6	1,26	/	3,72	/	2,05	/	/	0,41	-0,08	/	0,11	/	3,72	/	0,18	/	0,14	/	-0,04	/	
3	1	/	1,164	/	3,64	/	1,81	1,14	/	0,38	0,34	/	0,19	/	3,64	/	0,3	/	0,19	0,09	0,09	/
	2	1,164	1,164	3,64	3,64	1,81	1,81	1,81	1,81	0	0	0,19	0,19	3,64	3,64	0,30	0,3	0,3	0,3	0	0	
	3;4	1,164	1,164	3,64	3,64	1,81	1,81	1,81	1,81	0	0	0,19	0,19	3,64	3,64	0,30	0,3	0,3	0,3	0	0	
	5	1,164	1,164	3,64	3,72	1,81	1,90	2,30	1,83	0,15	0,103	0,19	0,19	3,64	3,72	0,30	0,31	0,3	0,3	0	0	
	6	1,164	/	3,72	/	1,90	/	/	0,60	-0,1	-0,09	0,19	/	3,72	/	0,31	/	0,09	/	-0,05	-0,05	/
2,1	1	/	1,164	/	3,64	/	1,81	1,17	/	0,38	0,38	/	0,19	/	3,64	/	0,3	/	0,19	0,09	0,09	/
	2	1,164	1,164	3,64	3,64	1,81	1,81	1,81	1,81	0	0	0,19	0,19	3,64	3,64	0,30	0,3	0,3	0,3	0	0	
	3;4	1,164	1,164	3,64	3,64	1,81	1,81	1,81	1,81	0	0	0,19	0,19	3,64	3,64	0,30	0,3	0,3	0,3	0	0	
	5	1,164	1,164	3,64	3,72	1,81	1,90	1,88	1,83	0,01	0,01	0,19	0,19	3,64	3,72	0,30	0,31	0,3	0,3	0	0	
	6	1,164	/	3,72	/	1,90	/	/	0,63	-0,1	-0,1	0,19	/	3,72	/	0,31	/	0,1	/	-0,05	-0,05	/
RDC	1	/	1,224	/	3,64	/	1,91	0,91	/	/	0,43	/	0,19	/	3,64	/	0,3	/	0,14	/	0,14	/
	2	1,224	1,224	4,00	3,64	2,30	1,91	2,06	2,17	/	-0,02	0,19	0,19	4,00	3,64	0,36	0,3	0,34	0,32	/	-0,02	
	3;4	1,224	1,224	3,64	3,64	1,91	1,91	1,91	1,91	/	0	0,19	0,19	3,64	3,64	0,30	0,3	0,3	0,3	/	0	
	5	1,224	1,224	3,64	4,5	1,91	2,02	2,62	2,29	/	0,11	0,19	0,19	3,64	4,5	0,30	0,45	0,36	0,41	/	0,05	
	6	1,224	/	3,72	/	1,99	/	/	0,39	/	-0,08	0,19	/	3,72	/	0,31	/	0,06	/	/	-0,06	/

Sous G (Sous P négligée)

Niv	nœud	q <sub>u</sub>	q <sub>e</sub>	l' <sub>w</sub>	l' <sub>e</sub>	M' <sub>w</sub>	M' <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>s</sub>	M <sub>M</sub>
4	1	/	1,206	/	3,44	/	1,68	/	1,08	1,08	/
	2	1,206	1,206	3,44	3,44	1,68	1,68	1,68	1,68	0	/
	3;4	1,206	1,206	3,44	3,44	1,68	1,68	1,68	1,68	0	/
	5	1,206	1,206	3,44	3,54	1,68	1,78	1,71	1,75	0,05	/
	6	1,206	/	3,54	/	1,78	/	0,83	/	-0,83	/
	3	1	/	2,072	/	3,44	/	2,88	/	2,22	1,18
2		2,072	2,072	3,44	3,44	2,88	2,88	2,88	2,88	0	0
3;4		2,072	2,072	3,44	3,44	2,88	2,88	2,88	2,88	0	0
5		2,072	2,072	3,44	3,54	2,88	3,05	2,91	3,02	0,06	0,05
6		2,072	/	3,54	/	3,05	/	1,91	/	-1,01	-0,90
2;1		1	/	2,072	/	3,44	/	2,88	/	2,85	1,13
	2	2,072	2,072	3,44	3,44	2,88	2,88	2,88	2,88	0	0
	3;4	2,072	2,072	3,44	3,44	2,88	2,88	2,88	2,88	0	0
	5	2,072	2,072	3,44	3,54	2,88	3,05	2,91	3,01	0,05	0,05
	6	2,072	/	3,54	/	3,05	/	1,95	/	-0,97	-0,97
	R0C	1	/	2,115	/	3,44	/	2,94	/	1,89	/
2		2,115	2,115	3,44	3,44	2,94	2,94	2,94	2,94	/	0
3;4		2,115	2,115	3,44	3,44	2,94	2,94	2,94	2,94	/	0
5		2,115	2,115	3,44	3,54	2,94	3,10	3,00	3,08	/	0,09
6		2,115	/	3,54	/	3,12	/	1,46	/	/	-1,46

Portique transversal de rive (6'-6') → (F)  
Moment aux noeuds

sous P

sous G

Niveau	noeud	q <sub>w</sub>	q <sub>e</sub>	M <sub>w'</sub>	M <sub>e'</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>s</sub>	M <sub>n</sub>			q <sub>w</sub>	q <sub>e</sub>	M <sub>w'</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>s</sub>	M <sub>n</sub>	
4	1	/	0,25	/	0,37	/	0,17	0,175	/			/	2,211	/	3,26	/	1,51	1,54	/
	2	0,25	0,25	0,45	0,35	0,43	0,46	-0,05	/			2,211	2,211	3,08	3,08	3,76	3,33	-0,44	/
	3	0,25	0,25	0,35	0,56	0,41	0,51	0,11	/			2,211	2,211	3,08	4,99	3,61	4,57	0,96	/
	4	0,25	/	0,39	/	0,08	/	-0,08	/			2,211	/	3,41	/	0,66	/	-0,66	/
3	1	/	0,44	/	0,65	/	0,40	0,19	0,21			/	2,926	/	4,31	/	2,69	1,42	1,27
	2	0,44	0,44	0,65	0,61	0,64	0,62	-0,01	-0,01			2,926	2,926	4,31	4,07	4,27	4,11	-0,08	-0,07
	3	0,44	0,44	0,61	0,94	0,61	0,89	0,11	0,10			2,926	2,926	4,07	6,25	4,49	5,91	0,75	0,67
	4	0,44	/	0,68	/	0,21	/	-0,11	-0,10			2,926	/	4,51	/	1,41	/	-0,75	-0,66
2,1	1	/	0,44	/	0,65	/	0,42	0,21	0,21			/	2,926	/	4,31	/	2,74	1,37	1,37
	2	0,44	0,44	0,65	0,94	0,70	0,89	0,10	0,10			2,926	2,926	4,31	4,07	4,27	4,31	-0,08	-0,08
	3	0,44	0,44	0,94	0,93	0,94	0,93	0	0			2,926	2,926	4,07	6,19	4,46	5,87	0,70	0,70
	4	0,44	/	0,68	/	0,22	/	-0,11	-0,11			2,926	/	4,51	/	1,46	/	-0,78	-0,78
RDC	1	/	0,44	/	0,65	/	0,30	/	0,31			/	3,064	/	4,52	/	2,09	/	2,14
	2	0,44	0,44	0,79	0,94	0,83	0,79	/	0,07			3,064	3,064	5,51	4,27	5,21	4,61	/	-0,60
	3	0,44	0,44	0,94	0,99	0,80	0,98	/	0,03			3,064	3,064	4,27	6,92	5,01	6,33	/	1,32
	4	0,44	/	0,68	/	0,13	/	/	-0,13			3,064	/	4,72	/	0,91	/	/	-0,91





Moment entravée - Efforts tranchants aux appuis.  
Portique longitudinal central (2-2)

Niv.	Poutre	Sous G							Sous P						
		M <sub>0</sub> (tm)	M <sub>w</sub> (tm)	M <sub>e</sub> (tm)	M <sub>t</sub> (tm)	q <sup>P/2</sup>	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	M <sub>0</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>t</sub>	q <sup>P/2</sup>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
4	1-2	3,938	0,93	2,23	2,358	3,15	3,41	-2,89	0,344	0,08	0,20	0,204	0,275	0,280	-0,27
	2-3	3,938	2,12	1,96	1,898	3,15	2,99	-3,31	0,344	0,18	0,17	0,169	0,275	0,273	-0,277
	3-4	3,938	1,96	1,96	1,978	3,15	3,15	-3,15	0,344	0,17	0,17	0,174	0,275	0,275	-0,275
	4-5	3,938	1,96	2,15	1,883	3,15	3,34	-2,96	0,344	0,17	0,18	0,169	0,275	0,277	-0,273
	5-6	3,938	2,32	0,41	2,573	3,15	1,24	-5,06	0,344	0,20	0,14	0,174	0,275	0,263	-0,287
3	1-2	3,638	1,14	1,81	2,163	2,91	3,58	-2,24	0,594	0,19	0,30	0,349	0,475	0,497	-0,453
	2-3	3,638	1,81	1,81	1,828	2,91	2,91	-2,91	0,594	0,30	0,30	0,294	0,475	0,475	-0,475
	3-4	3,638	1,81	1,81	1,828	2,91	2,91	-2,91	0,594	0,30	0,30	0,294	0,475	0,475	-0,475
	4-5	3,638	1,81	1,83	1,818	2,91	2,93	-2,89	0,594	0,30	0,30	0,294	0,475	0,475	-0,475
	5-6	3,638	2,30	0,60	2,188	2,91	1,21	-4,61	0,594	0,30	0,099	0,395	0,475	0,435	-0,475
2,1	1-2	3,638	1,17	1,81	2,148	2,91	3,55	-2,27	0,594	0,19	0,30	0,349	0,475	0,497	-0,453
	2-3	3,638	1,81	1,81	1,828	2,91	2,91	-2,91	0,594	0,30	0,30	0,294	0,475	0,475	-0,475
	3-4	3,638	1,81	1,81	1,828	2,91	2,91	-2,91	0,594	0,30	0,30	0,294	0,475	0,475	-0,475
	4-5	3,638	1,81	1,83	1,818	2,91	2,93	-2,89	0,594	0,30	0,30	0,294	0,475	0,475	-0,475
	5-6	3,638	1,88	0,63	2,383	2,91	1,66	-4,16	0,594	0,30	0,10	0,395	0,475	0,435	-0,515
RDC	1-2	3,825	0,91	2,17	2,285	3,06	4,32	-1,8	0,594	0,14	0,34	0,354	0,475	0,515	-0,435
	2-3	3,825	2,06	1,91	1,84	3,06	2,91	-3,21	0,594	0,32	0,30	0,284	0,475	0,471	-0,479
	3-4	3,825	1,91	1,91	1,915	3,06	3,06	-3,06	0,594	0,30	0,30	0,294	0,475	0,475	-0,475
	4-5	3,825	1,91	2,29	1,725	3,06	3,44	-2,68	0,594	0,30	0,36	0,264	0,475	0,487	-0,463
	5-6	3,825	2,62	0,39	2,32	3,06	0,83	-5,29	0,594	0,41	0,06	0,359	0,475	0,405	0,545

Efforts normaux dans les poteaux du portique longitudinal (2-2)

Niveaux	Poteaux	Sous G				Sous P			
		T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N (t)	N <sub>cum</sub> (t)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N (t)	N <sub>cum</sub> (t)
4	1	/	3,41	3,41	3,41	/	0,280	0,280	0,280
	2	-2,89	2,99	5,88	5,88	-0,27	0,273	0,543	0,543
	3	-3,31	3,15	6,46	6,46	-0,277	0,275	0,552	0,552
	4	-3,15	3,34	6,49	6,49	-0,275	0,277	0,552	0,552
	5	-2,96	1,24	4,2	4,2	-0,273	0,263	0,536	0,536
	6	-5,06	/	5,06	5,06	-0,287	/	0,287	0,287
3	1	/	3,58	3,58	6,99	/	0,497	0,497	0,777
	2	-2,24	2,91	5,15	11,03	-0,453	0,475	0,928	1,471
	3	-2,91	2,91	5,82	12,36	-0,475	0,475	0,95	1,502
	4	-2,91	2,93	5,84	12,33	-0,475	0,475	0,95	1,502
	5	-2,89	1,21	4,10	8,30	-0,475	0,435	0,928	1,464
	6	-4,61	/	4,61	9,68	-0,475	/	0,475	0,762
2	1	/	3,55	3,55	10,54	/	0,497	0,497	1,274
	2	-2,27	2,91	5,18	16,21	-0,453	0,475	0,928	2,399
	3	-2,91	2,91	5,82	18,1	-0,475	0,475	0,95	2,452
	4	-2,91	2,93	5,84	18,17	-0,475	0,475	0,95	2,452
	5	-2,89	1,66	4,55	12,85	-0,475	0,435	0,928	2,392
	6	-4,16	/	4,16	13,84	-0,515	/	0,515	1,277
1	1	/	3,55	3,55	14,09	/	0,497	0,497	1,771
	2	-2,27	2,91	5,18	21,39	-0,453	0,475	0,928	3,327
	3	-2,91	2,91	5,82	23,92	-0,475	0,475	0,95	3,402
	4	-2,91	2,93	5,84	24,01	-0,475	0,475	0,95	3,402
	5	-2,89	1,66	4,55	17,4	-0,475	0,435	0,928	3,32
	6	-4,16	/	4,16	18	-0,515	/	0,515	1,792

Efforts normaux dans les poteaux du portique Transversal - Central. (B, C, D, E)

Niveaux	Poteaux	Sous G				Sous P			
		T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	N <sub>cum.</sub>	N <sub>cum.</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	N	N <sub>cum.</sub>
4	1	/	10,117	10,117	10,117	/	1,432	1,432	1,432
	2	-7,553	8,835	16,388	16,388	-1,068	1,25	2,318	2,318
	3	-8,835	7,553	16,388	16,388	-1,25	1,198	2,448	2,448
	4	-10,117	/	10,117	10,117	-1,302	/	1,302	1,302
3	1	/	8,701	8,701	18,918	/	2,3	2,3	3,732
	2	-6,769	7,735	14,504	30,892	-2	2,15	4,15	6,1468
	3	-7,735	6,619	14,354	30,742	-2,15	2,00	4,15	6,598
	4	-8,851	/	8,851	18,968	-2,3	/	2,3	3,602
2	1	/	8,681	8,681	27,499	/	2,414	2,414	6,146
	2	-6,789	7,735	14,524	45,416	-1,886	2,15	4,036	10,504
	3	-7,735	6,789	14,524	45,266	-2,15	1,902	4,052	10,165
	4	-8,681	/	8,681	27,649	-2,398	/	2,398	6,00
1	1	/	8,681	8,681	36,18	/	2,414	2,414	8,56
	2	-6,789	7,735	14,524	59,94	-1,886	2,15	4,036	14,54
	3	-7,735	6,789	14,524	59,79	-2,15	4,052	6,202	16,852
	4	-8,681	/	8,681	36,33	-2,398	/	2,398	8,398
RDC	1	/	9,649	9,649	45,829	/	2,462	2,462	11,022
	2	-7,201	8,425	15,626	75,566	-1,838	2,15	3,988	18,528
	3	-8,425	6,769	15,194	74,984	-2,15	1,838	3,988	20,84
	4	-10,081	/	10,081	46,411	-2,462	/	2,462	10,86

## SUPERPOSITION DES SOLLICITATIONS.

Les combinaisons des forces sismiques et des charges verticales sont données ci-dessous. Les éléments structuraux doivent être dimensionnés pour ces combinaisons de charges sur la base des règlements de béton en vigueur (RPA.81).

• Poutres:  $G + P + \overleftrightarrow{SI}$

$0,8G + \overleftrightarrow{SI}$

• Poteaux:  $0,8G + \overleftrightarrow{SI}$

$G + P + 1,2 \overleftrightarrow{SI}$

G: Sollicitation due à la charge permanente.

P: Sollicitation due à la surcharge d'exploitation.

SI: Sollicitation due au seisme.

• Moment en travée des poutres (C.C.B.A. 68 Art. 12)

Pour déterminer le moment en travée sous les charges verticales, on trace la courbe des moments de la travée indépendante complète de portée  $l$  avec les charges permanentes ensuite avec les surcharges.

On prends comme ligne de fermeture :

- Pour les moments positifs, celle qui joint les moments d'appui minimaux en valeur absolue.

- Pour les moments négatifs, celle qui joint les moments d'appui maximaux en valeur absolue.

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

On desire calculer le moment en travée sous  $(G + 1,2P)$  :

on calcule le moment isostatique  $M_0$  :  $M_0 = (G + 1,2P) l^2/8$

- 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 :  $M_a = M_a(G) + M_a(1,2P)$

- le moment en travée sous SI sera :  $M_t = \frac{M_e - M_w}{2}$

donc pour les poutres on a :

• Moments en travée  $M_t$  :

• sous  $(G + 1,2P)$  :  $M_t = M_0 (G + 1,2P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$

• sous  $(G + P + \overleftrightarrow{SI})$  :  $M_t = M_0 (G + P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} + M_t(\overleftrightarrow{SI})$

• sous  $(0,8G + \overleftrightarrow{SI})$  :  $M_t = M_0 (0,8G) - \frac{M_w(0,8G) + M_e(0,8G)}{2} + M_t(\overleftrightarrow{SI})$

. Moments aux appuis  $M_a$  :

. sous  $(G+1,2P)$  :  $M_a = M_a(G) + 1,2 M_a(P)$  .

. sous  $(G+P+\overline{\overline{SI}})$  :  $M_a = M_a(G) + M_a(P) + M_a(\overline{\overline{SI}})$  .

. sous  $(0,8G+\overline{\overline{SI}})$  :  $M_a = M_a(0,8G) + M_a(\overline{\overline{SI}})$  .

. Efforts tranchants  $T$  :

. sous  $(G+1,2P)$  :  $T = T(G) + 1,2T(P)$

. sous  $(G+P+\overline{\overline{SI}})$  :  $T = T(G) + T(P) + T(\overline{\overline{SI}})$

. sous  $(0,8G+\overline{\overline{SI}})$  :  $T = 0,8T(G) + T(\overline{\overline{SI}})$

NB : L'expression du moment en travée sous  $(\overline{\overline{SI}})$  est donnée par :  $M_t = \frac{M_e - M_w}{2}$   
les moments sont en valeurs absolues (dans les tableaux) du fait que " $\overline{\overline{SI}}$ " peut agir dans un sens ou dans l'autre .

MOMENTS EN TRAVÉE.

Portique transversal intermédiaire

Niveaux	Travées	$\frac{M_e + M_w}{2}$ Sous G	G + 1,2P			G + P			0,8G		
			q	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>	q	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>	q	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>
4	1-2	4,345	4,134	11,173	6,828	4,034	10,903	6,558	2,827	7,641	4,165
	2-3	8,62	4,134	10,698	2,078	4,034	10,439	1,819	2,827	7,316	0,42
	3-4	4,345	4,134	11,173	6,828	4,034	10,903	6,558	2,827	7,641	4,165
3	1-2	4,015	4,126	11,152	7,137	3,954	10,687	6,672	2,475	6,689	3,477
	2-3	7,51	4,126	10,677	3,167	3,954	10,232	2,722	2,475	6,405	0,397
	3-4	4,015	4,126	11,152	7,137	3,954	10,687	6,672	2,475	6,689	3,477
2	1-2	4,025	4,126	11,152	7,127	3,954	10,687	6,662	2,475	6,689	3,467
	2-3	5,38	4,126	10,677	5,297	3,954	10,232	4,852	2,475	6,405	2,101
	3-4	4,025	4,126	11,152	7,127	3,954	10,687	6,662	2,475	6,689	3,469
1	1-2	4,025	4,126	11,152	7,127	3,954	10,687	6,662	2,475	6,689	3,469
	2-3	5,38	4,126	10,677	5,297	3,954	10,232	4,852	2,475	6,405	2,101
	3-4	4,025	4,126	11,152	7,127	3,954	10,687	6,662	2,475	6,689	3,469
R.D.C.	1-2	4,14	4,402	11,898	7,758	4,23	11,329	7,189	2,696	7,287	3,975
	2-3	6,27	4,402	11,392	5,122	4,23	10,946	4,676	2,696	6,977	1,961
	3-4	3,06	4,402	11,898	8,838	4,23	11,329	8,269	<del>2,836</del>	<del>7,287</del>	4,839

Portique transversal intermediaire (B.C.D.E)

Niveaux	Travees	G + 1,2P			G + P + $\vec{S}_I$			G + P + $\overleftarrow{S}_I$			0,8G + $\vec{S}_I$			0,8G + $\overleftarrow{S}_I$		
		M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>
4	1-2	-1,332	6,288	-8,834	0,263	6,932	-6,307	-2,863	6,184	-10,932	0,657	4,533	-3,729	-2,475	3,791	-8,358
	2-3	-9,736	2,078	-9,736	-7,239	6,558	-7,239	-11,862	6,558	-11,862	-4,589	0,42	-4,585	-9,208	0,42	-9,208
	3-4	8,834	6,288	-2,112	-6,307	6,184	-0,387	-10,932	6,932	-3,573	-3,729	3,791	0,657	-8,352	4,533	-2,475
3	1-2	2,14	7,237	-7,87	1,33	7,702	-1,731	-5,89	5,642	-13,53	2,56	4,507	0,756	-5,12	2,447	-11,044
	2-3	-9,31	3,267	-9,31	-3,711	2,722	-3,711	-4,91	2,722	-4,91	0,108	0,337	0,108	-11,908	0,337	-11,908
	3-4	-7,87	7,137	-1,39	-1,731	5,642	2,54	-13,53	7,702	-5,14	0,756	2,447	3,16	-11,044	4,507	-4,52
2	1-2	-2,212	7,127	-8,526	3,944	7,998	0,566	-13,25	5,326	-16,906	4,736	4,205	3,624	-7,392	2,133	-13,25
	2-3	-7,18	5,297	-7,18	2,856	4,852	1,856	-15,46	4,852	-15,46	4,432	2,101	4,432	-13,04	2,101	-8,104
	3-4	8,43	7,127	-2,212	0,646	5,326	0,646	-16,82	7,998	-16,82	3,624	2,133	4,736	-13,25	4,205	-7,392
1	1-2	-2,212	7,127	-8,526	4,55	8,46	-2,036	-8,79	4,864	-11,436	5,342	5,267	5,154	-7,999	1,671	-15,379
	2-3	-7,18	5,297	-7,18	3,386	4,852	3,386	-17,146	4,852	-17,146	5,962	2,101	5,962	-14,572	2,101	-14,572
	3-4	8,43	7,127	-2,212	2,176	4,864	4,55	-13,356	8,46	-8,79	5,154	1,671	5,342	-16,379	5,267	-7,998

EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES

Portique transversal intermediaire (B.C.D.E.)

Niveaux	Poutres	G + 1,2P		G + P + $\vec{S}_I$		G + P + $\overleftarrow{S}_I$		0,8G + $\vec{S}_I$		0,8G + $\overleftarrow{S}_I$	
		T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
4	1-2	11,835	-8,835	10,774	-9,396	12,324	-7,846	7,319	-6,817	8,869	-5,267
	2-3	10,335	-10,335	9,16	-11,01	11,01	-9,16	6,143	-7,993	7,993	-6,143
	3-4	8,991	-11,679	7,976	-12,261	9,526	-10,644	5,267	8,869	6,817	-7,319
3	1-2	11,462	-9,169	9,053	-10,777	12,949	-6,821	5,013	-7,363	8,909	-3,467
	2-3	10,315	10,315	7,525	-12,245	12,245	-7,525	3,828	-8,548	8,548	-3,828
	3-4	9,019	-11,611	6,671	-13,049	10,567	-9,203	3,347	-9,049	7,243	-5,133
2	1-2	11,578	-9,052	8,135	-11,635	14,055	-5,715	3,985	-8,391	9,905	-2,471
	2-3	10,315	10,315	6,391	13,379	13,379	-6,391	2,694	-9,682	9,682	-2,694
	3-4	9,071	-11,559	5,731	-14,039	11,651	-8,119	2,471	-9,905	8,391	-3,985
1	1-2	11,578	-9,052	7,708	-12,002	14,482	-5,288	3,558	-8,818	10,332	-2,044
	2-3	10,315	-10,315	5,779	-13,991	13,991	-5,779	2,082	-10,294	10,294	-2,082
	3-4	9,071	-11,559	5,304	-14,466	12,079	-7,693	2,044	-10,332	8,818	-3,558

Portique transversal intermediaire (B,C,D,E)

Niveau	Poteaux	G+1,2P		0,8G+S $\vec{I}$		0,8G+S $\overleftarrow{I}$		G+P+1,2S $\vec{I}$		G+P+1,2S $\overleftarrow{I}$	
		M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>
4	1	1,332	-1,002	2,475	0,679	-1,563	-1,879	3,176	+0,575	-0,576	-2,495
	2	-0,802	0,324	3,847	4,166	-5,399	-3,398	4,719	4,888	-6,379	4,188
	3	-0,802	0,324	3,847	4,166	-5,399	-3,398	4,719	4,888	-6,378	-4,188
	4	1,332	-1,002	2,475	0,679	-1,563	-1,879	3,176	0,575	-0,576	-2,495
3	1	1,138	-1,123	3,241	1,905	-1,881	-3,217	4,163	2,023	-1,983	-4,123
	2	-0,72	0,342	7,585	7,578	-8,449	-6,702	10,310	8,902	-8,930	-8,162
	3	-0,72	0,342	7,585	7,578	-8,449	-6,702	10,310	8,902	-8,930	-8,162
	4	1,138	-1,123	3,241	1,905	-1,881	-3,217	4,163	2,023	-1,983	-4,123
2	1	1,096	-1,123	4,159	2,847	-2,847	-4,159	5,286	3,154	-3,186	-5,254
	2	0,678	-0,678	10,77	9,954	-9,954	-10,77	13,084	11,784	-11,784	-13,084
	3	0,678	-0,678	10,77	9,954	-9,954	-10,77	13,084	11,784	-11,784	-13,084
	4	1,096	-1,123	4,159	2,847	-2,847	-4,159	5,286	3,154	-3,186	-5,254
1	1	1,096	-1,416	3,823	3,007	-2,511	-4,735	4,850	3,285	-2,750	-6,005
	2	0,342	-1,218	10,582	11,691	-9,766	-13,179	12,579	13,752	-11,839	-16,092
	3	0,672	-1,218	10,582	11,691	-9,766	-13,179	12,579	13,752	-11,839	-16,092
	4	1,096	-1,416	3,823	3,007	-2,511	-4,735	4,850	3,285	-2,750	-6,005

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX

Portique transversal (B,C,D,E)

Niveau	Poteaux	G+1,2P		0,8G+S $\vec{I}$		0,8G+S $\overleftarrow{I}$		G+P+1,2S $\vec{I}$		G+P+1,2S $\overleftarrow{I}$	
		N	N <sub>cum.</sub>	N	N <sub>cum.</sub>	N	N <sub>cum.</sub>	N	N <sub>cum.</sub>	N	N <sub>cum.</sub>
4	1	11,835	11,835	7,319	7,319	8,869	8,869	10,619	10,619	12,479	12,479
	2	19,170	19,170	12,960	12,96	13,260	13,26	18,526	18,526	18,886	18,886
	3	19,326	19,326	13,260	13,26	12,960	12,96	18,886	18,886	18,526	18,526
	4	11,679	11,679	8,869	8,869	7,319	7,319	12,349	12,349	10,489	10,489
3	1	11,461	23,296	8,493	15,82	12,389	21,258	8,663	19,22	13,339	25,818
	2	19,484	38,654	16,993	29,953	17,817	31,077	18,160	36,686	19,48	38,034
	3	19,334	38,66	17,637	30,897	16,813	29,773	19,148	38,034	18,160	36,686
	4	11,611	23,29	12,569	21,439	8,673	15,992	13,339	25,688	8,662	19,152
2	1	11,578	34,874	-0,063	15,749	5,857	27,115	7,542	26,824	14,645	40,463
	2	19,367	58,021	4,307	34,26	5,377	36,454	17,919	54,605	19,201	57,235
	3	19,386	58,040	5,396	36,293	4,329	34,101	10,201	57,235	17,919	54,605
	4	11,559	34,849	5,857	27,295	-0,063	15,929	14,645	40,331	7,542	26,694
1	1	11,578	46,452	-0,490	15,259	6,284	33,799	7,031	33,855	15,159	55,622
	2	19,386	77,402	4,124	38,384	5,562	42,016	17,697	72,302	19,423	76,658
	3	21,966	80,012	8,161	44,454	6,723	40,824	21,589	78,824	15,531	70,136
	4	11,559	46,408	6,284	33,579	-0,490	15,439	15,159	55,492	7,031	33,725

MOMENTS EN TRAVÉE

Portique transversal de rive :

Niveau	Travees	M <sub>av</sub> (G)	M <sub>e</sub> (G)	M <sub>o</sub> (G)	M <sub>o</sub> (P)	M <sub>e</sub> (S $\vec{I}$ )	M <sub>e</sub> (1,2P.G)	M <sub>e</sub> (G+P.S $\vec{I}$ )	M <sub>e</sub> (G+P.S $\overleftarrow{I}$ )	M <sub>e</sub> (0,8G+S $\vec{I}$ )	M <sub>e</sub> (0,8G+S $\overleftarrow{I}$ )
4	1-2	1,51	3,76	5,41	0,61	0,034	3,507	3,419	3,351	2,254	2,186
	2-3	3,33	3,61	5,11	0,96	0	2,226	2,120	2,11	1,224	1,224
	3-4	4,57	0,66	1,66	0,14	-0,804	3,803	2,871	4,479	1,624	3,232
3	1-2	2,69	4,27	7,16	1,08	0,062	4,976	4,822	4,698	3,006	2,822
	2-3	4,11	4,49	6,76	1,02	0	3,684	3,480	3,480	1,968	1,968
	3-4	5,91	1,41	7,19	1,13	-1,835	5,186	3,125	6,795	1,229	4,899
2	1-2	2,74	4,27	7,16	1,08	0,095	4,957	4,830	4,640	3,019	2,829
	2-3	4,31	4,46	6,76	1,02	0	3,599	3,395	3,395	1,900	1,900
	3-4	5,87	1,46	7,49	1,13	-2,497	5,181	2,458	7,452	0,563	5,557
1	1-2	2,74	4,27	7,16	1,08	1,7955	4,957	6,531	2,940	4,720	1,129
	2-3	4,31	4,46	6,76	1,02	0	3,599	3,395	3,395	1,900	1,900



# MOMENTS DANS LES POTEAUX

Portique transversal de rive (F)

Niveaux	Poteaux	Sous G		Sous P		Sous (SI)		G+1,2P		G+P+SI		G+P+SI		0,8G+SI		0,8G+SI	
		M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>
4	1	1,54	-1,87	0,175	-0,21	2,843	2,975	1,750	-1,522	4,558	0,495	-1,129	-3,455	4,075	0,959	-1,611	-2,991
	2	+0,44	-0,07	-0,05	+0,01	5,817	4,007	0,380	-0,082	6,207	3,927	5,427	-4,087	6,169	3,957	-5,465	-4,063
	3	0,96	-0,67	0,11	-0,10	5,817	4,007	1,092	-0,790	6,887	3,237	-4,747	-4,777	6,585	3,471	-5,049	-4,543
	4	+0,66	-0,66	+0,08	-0,10	1,301	1,065	0,756	-0,780	2,041	0,305	-0,561	-1,825	1,829	0,537	-0,773	-1,593
3	1	1,42	-1,37	+0,19	-0,21	4,766	3,9	1,688	-1,622	6,376	2,320	-3,156	-5,480	5,902	2,804	-3,658	-4,996
	2	+0,08	-0,05	+0,01	-0,10	9,721	7,954	0,092	-0,200	9,811	7,774	-9,631	-8,134	9,785	7,890	-9,687	-8,018
	3	0,75	-0,70	0,11	0	9,721	7,954	0,882	-0,700	10,581	7,254	-8,861	-8,654	10,321	7,394	-1,529	-8,564
	4	+0,75	-0,78	+0,11	-0,11	2,129	2,129	0,882	-0,912	2,999	1,239	-1,269	-3,019	2,729	1,505	-4,861	-2,753
2	1	1,37	-1,37	0,21	-0,21	5,957	5,957	1,622	-1,622	7,537	4,377	-4,377	-7,537	7,053	4,861	-12,205	-7,053
	2	-0,08	+0,08	0,10	-0,10	12,141	12,141	0,040	-0,040	12,161	12,121	-12,121	-12,161	12,077	12,205	-11,581	-12,077
	3	0,70	-0,70	0	0	12,141	12,141	0,700	-0,700	12,841	11,441	-11,441	-12,841	12,701	11,581	-2,301	-12,701
	4	+0,78	-0,78	+0,11	-0,11	2,935	2,925	0,912	-0,912	3,815	2,035	-2,035	-3,815	3,549	2,301	-4,252	-3,519
1	1	1,37	-2,14	0,21	-0,31	5,348	9,106	1,622	-2,572	6,928	6,656	-3,762	-11,556	6,444	7,394	-17,715	-10,818
	2	-0,08	+0,60	0,10	-0,07	17,651	31,654	0,040	0,516	17,671	32,184	-17,631	-31,124	17,587	32,184	-17,715	-31,174
	3	0,70	-1,32	0	0,03	17,651	31,654	0,700	-1,224	18,357	30,364	-16,951	-32,944	18,211	30,598	-17,091	-32,710
	4	+0,78	-0,91	+0,11	-0,13	2,516	3,075	0,912	-1,066	3,406	2,035	-1,626	-4,115	3,140	2,347	-1,992	-3,803

## MOMENTS EN TRAVÉE .

Portique longitudinal (2-2) .

Niveaux	Travées	$\frac{M_e + M_w}{2}$ Sous G	G+1,2P			G+P			0,8G		
			q	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>	q	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>	q	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>
4	1-2	1,58	1,392	3,602	2,022	1,37	3,540	1,96	1,008	2,608	1,314
	2-3	2,04	1,392	3,602	1,562	1,37	3,540	1,5	1,008	2,608	0,976
	3-4	1,96	1,392	3,602	1,642	1,37	3,540	1,58	1,008	2,608	1,048
	4-5	2,055	1,392	3,602	1,547	1,37	3,703	1,485	1,008	2,608	0,964
	5-6	1,365	1,392	3,762	2,397	1,37	3,504	2,338	1,008	2,724	1,632
3	1-2	1,475	1,392	3,602	2,127	1,354	3,504	2,029	0,931	2,409	1,18
	2-3	1,81	1,392	3,602	1,792	1,354	3,504	1,694	0,931	2,409	0,961
	3-4	1,82	1,392	3,602	1,792	1,354	3,504	1,694	0,931	2,409	0,961
	4-5	1,45	1,392	3,602	1,782	1,354	3,504	1,684	0,931	2,516	0,953
	5-6	2,98	1,392	3,762	2,152	1,354	3,659	2,049	0,931	2,409	1,356
2	1-2	1,81	1,392	3,602	2,112	1,354	3,504	2,014	0,931	2,409	0,025
	2-3	1,81	1,392	3,602	1,792	1,354	3,504	1,694	0,931	2,409	0,961
	3-4	1,82	1,392	3,602	1,792	1,354	3,504	1,694	0,931	2,409	0,961
	4-5	1,255	1,392	3,602	1,782	1,354	3,504	1,684	0,931	2,409	0,953
	5-6	2,98	1,392	3,602	1,252	1,354	3,659	1,149	0,931	2,516	1,365
1	1-2	1,81	1,392	3,602	2,112	1,354	3,504	2,014	0,931	2,409	0,025
	2-3	1,81	1,392	3,602	1,792	1,354	3,504	1,694	0,931	2,409	0,961
	3-4	1,82	1,392	3,602	1,792	1,354	3,504	1,694	0,931	2,409	0,961
	4-5	1,255	1,392	3,762	1,782	1,354	3,504	1,684	0,931	2,409	0,953
	5-6	1,54	1,392	3,758	1,252	1,354	3,659	1,149	0,931	2,516	1,356
R.D.C.	1-2	1,985	1,452	3,755	2,218	1,414	3,659	2,119	0,979	2,533	1,301
	2-3	1,985	1,452	3,755	1,733	1,414	3,659	1,674	0,979	2,533	0,945
	3-4	1,91	1,452	3,758	1,848	1,414	3,659	1,749	0,979	2,533	1,005
	4-5	2,1	1,452	3,758	1,658	1,414	3,659	3,415	0,979	2,533	0,609
	5-6	1,505	1,452	3,924	2,419	1,414	3,822	2,317	0,979	2,646	1,442

# MOMENTS DANS LES POUTRES

Portique longitudinal (2-2).

Niveaux	Travees	G + 12P			G + P + $\vec{S}_I$			G + P + $\vec{S}_I$			0,8G + $\vec{S}_I$			0,8G + $\vec{S}_I$		
		M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>c</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>c</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>c</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>c</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>c</sub>
4	1-2	-1,026	2,022	-2,47	1,653	1,53	-0,628	-3,673	2,990	-4,233	1,919	0,914	0,019	-3,407	1,774	-3,587
	2-3	-2,336	1,562	-2,264	-0,4975	1,50	-0,328	-4,102	1,50	-3,933	0,107	0,976	0,235	-3,499	0,949	-3,371
	3-4	-2,164	1,642	-2,164	-0,328	1,582	-0,328	-3,932	1,580	-3,933	0,235	1,048	0,235	-3,371	1,048	-3,371
	4-5	-2,164	1,547	-2,366	-0,328	1,485	-0,528	-3,932	1,485	-4,133	0,235	0,964	0,083	-3,371	0,964	-3,523
	5-6	-2,56	2,397	-0,578	-0,718	2,794	2,165	-4,322	1,882	-3,265	-0,054	2,088	2,387	-3,659	1,176	-3,043
3	1-2	-1,368	2,127	-2,17	5,02	1,164	2,410	-7,68	2,894	-6,830	5,438	0,315	3,172	-7,262	2,045	-6,068
	2-3	-2,038	1,792	-2,17	2,410	1,694	2,41	-6,830	1,694	-6,830	3,172	0,961	3,172	-6,068	0,961	-6,068
	3-4	-2,17	1,792	-2,17	2,41	1,694	2,41	-6,83	1,694	-6,830	3,172	0,961	3,172	-6,068	0,961	-6,068
	4-5	-2,17	1,782	-2,17	2,41	1,684	2,390	-6,83	1,684	-6,850	3,172	0,953	3,156	-6,068	0,953	-6,064
	5-6	-2,66	2,152	-0,719	2,02	1,855	6,033	-7,22	2,243	-7,431	2,980	1,162	3,752	-6,46	1,55	-4,712
2	1-2	-1,398	2,112	-2,17	7,758	0,821	4,522	-10,478	3,207	-8,942	8,182	-1,168	5,284	-10,054	1,218	-8,109
	2-3	-2,17	1,792	-2,17	4,522	1,694	4,522	-8,942	1,694	-8,942	5,284	0,961	5,284	-8,18	0,961	-8,19
	3-4	-2,17	1,792	-2,17	4,522	1,694	4,522	-8,942	1,694	-8,942	5,284	0,961	5,284	-8,18	0,961	-8,18
	4-5	-2,71	1,782	-2,17	4,522	1,684	4,502	-8,942	1,684	-8,962	5,284	0,953	5,268	-8,18	0,953	-8,196
	5-9	-2,24	1,252	-0,75	4,452	0,123	3,95	-9,012	2,175	-5,41	5,228	0,33	4,176	-8,236	2,382	-5,184
1	1-2	-1,078	2,112	-0,719	7,622	0,846	4,336	-10,142	3,182	-8,756	7,946	-1,143	5,098	-9,818	1,193	-7,994
	2-3	-2,444	1,792	-2,17	4,336	1,694	4,336	-8,756	1,694	-8,756	5,098	0,961	5,098	-7,994	0,961	-7,994
	3-4	-2,27	1,792	-2,17	4,336	1,694	4,336	-8,756	1,694	-8,756	5,098	0,961	5,098	-7,994	0,961	-7,994
	4-5	-2,27	1,782	-2,17	4,336	1,684	4,316	-8,756	1,684	-8,776	5,098	0,953	5,082	-7,994	0,953	-8,01
	5-6	-3,112	1,252	-0,75	4,266	0,019	3,556	-8,826	2,279	-5,016	5,042	0,226	3,782	-8,05	2,486	-4,79

### EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES .

Portique longitudinal (2-2) (Portique central) :

Niveaux	Travees	G+1,2P		G+P+S $\bar{I}$		G+P+S $\bar{I}$		0,8G+S $\bar{I}$		0,8G+S $\bar{I}$	
		T $\omega$	T $\epsilon$	T $\omega$	T $\epsilon$	T $\omega$	T $\epsilon$	T $\omega$	T $\epsilon$	T $\omega$	T $\epsilon$
4	1-2	3,746	-3,214	2,797	-4,053	4,583	-2,267	1,835	-3,205	3,624	-4,419
	2-3	3,318	-3,642	2,542	-4,308	3,984	-2,866	0,071	-3,369	1,513	-1,927
	3-4	3,48	-3,48	2,704	-4,146	4,146	-2,704	1,799	-3,247	3,241	-1,799
	4-5	3,672	-3,288	2,896	-3,954	4,338	-2,512	1,951	-3,089	3,393	-1,647
	5-6	1,556	-5,404	0,599	-6,261	2,407	-4,043	0,088	-4,952	1,896	-3,144
3	1-2	4,176	-2,784	1,883	-4,887	6,277	0,499	0,67	-3,986	5,058	0,402
	2-3	3,48	-3,48	1,537	-5,233	5,233	-1,537	0,48	-4,176	4,176	-0,48
	3-4	3,48	-3,48	1,537	-5,233	5,233	-1,537	0,48	-4,176	4,176	0,48
	4-5	3,5	-3,46	1,557	-5,213	5,253	-1,517	0,496	-4,16	4,192	0,464
	5-6	1,732	-5,18	-0,125	-6,855	3,415	-3,315	-0,802	-5,458	2,738	-1,918
2	1-2	4,146	-2,814	0,877	-5,893	7,217	0,447	-0,33	-4,986	6,01	1,354
	2-3	3,48	-3,48	0,692	-6,078	6,078	-0,692	-0,365	-5,021	5,021	0,365
	3-4	3,48	-3,48	0,692	-6,078	6,078	0,672	-0,369	-5,005	5,073	0,365
	4-5	3,5	-3,46	0,712	-6,058	6,098	-6,672	-0,349	-5,005	5,073	0,381
	5-6	2,182	-4,778	-0,187	-6,957	4,377	-2,393	0,954	-5,61	3,61	-1,046
1	1-2	4,146	-5,18	0,961	-5,809	7,133	0,363	-0,246	-4,902	5,926	1,27
	2-3	3,48	-3,48	0,767	-6,003	6,003	0,767	-0,29	-4,946	4,946	0,29
	3-4	3,45	-3,48	0,767	-6,003	6,003	0,767	-0,29	-4,946	4,946	0,29
	4-5	3,5	-3,46	0,787	-5,983	6,013	0,747	-0,274	-4,93	4,962	0,306
	5-6	2,182	-4,778	-0,071	-6,841	4,261	-2,500	0,838	-5,444	3,494	-1,162

## MOMENTS DANS LES POTEAUX

Portique longitudinal (2-2):

Niveaux	Poteaux	G+12P		0,8G+S <sub>I</sub>		0,8G+S <sub>I</sub>		G+P+12S <sub>I</sub>		G+P+12S <sub>I</sub>	
		M <sub>sup.</sub>	M <sub>inf.</sub>	M <sub>sup.</sub>	M <sub>inf.</sub>	M <sub>sup.</sub>	M <sub>inf.</sub>	M <sub>sup.</sub>	M <sub>inf.</sub>	M <sub>sup.</sub>	M <sub>inf.</sub>
4	1	0,536	-0,448	3,015	1,579	-2,311	-2,123	3,716	1,791	-2,676	-2,651
	2	-0,019	0	3,577	2,95	-3,633	-2,95	4,304	3,54	-4,348	-3,04
	3	0	0	3,605	2,95	-3,605	-2,95	4,326	3,54	-4,326	-3,54
	4	0	0	3,605	2,95	-3,605	-2,95	4,326	3,54	-4,326	-3,54
	5	0,039	-0,103	3,649	2,868	-3,563	-3,032	4,368	3,437	-4,284	-3,649
	6	0,128	-0,15	2,779	2,15	-2,651	-2,294	2,523	2,526	-2,292	-2,806
3	1	0,499	-0,495	4,803	3,377	-4,195	-3,985	5,878	6,216	-4,92	-7,168
	2	0	0	6,289	5,577	-6,289	-5,577	7,547	6,692	-7,547	-6,692
	3	0	0	6,289	5,577	-6,289	-5,577	7,547	6,692	-7,547	-6,692
	4	0	0	6,289	5,577	-6,289	-5,577	7,547	6,692	-7,547	-6,692
	5	0,115	-0,01	6,381	5,569	-6,197	-5,577	7,547	6,692	-7,547	-6,692
	6	0,16	-0,16	2,09	1,93	-1,93	-5,587	7,662	6,682	-7,632	-6,702
2	1	0,495	-0,495	8,191	5,133	-7,583	-2,09	2,562	2,262	-2,262	-2,562
	2	0	0	7,887	7,887	-7,887	-5,741	7,000	6,048	-6,048	-7,000
	3	0	0	7,887	7,887	-7,887	-7,887	9,464	9,464	-9,464	-9,464
	4	0	0	7,887	7,887	-7,887	-7,887	9,464	9,464	-9,464	-9,464
	5	0,01	-0,01	7,895	7,879	-7,879	-7,879	9,474	9,454	-9,454	-9,474
	6	0,16	-0,16	2,75	2,59	-2,59	-2,75	3,354	3,054	-3,054	-3,354
1	1	0,495	-0,598	3,749	5,53	-3,141	-3,141	-6,218	4,961	6,509	-7,589
	2	0	0,011	5,205	6,39	-5,205	-6,334	6,246	7,649	-6,246	-7,619
	3	0	0	5,205	6,362	-5,205	-6,362	6,246	7,634	-6,246	-7,634
	4	0	0	5,205	6,362	-5,205	-6,362	6,246	7,634	-6,246	-7,634
	5	0,01	-0,17	5,213	6,274	-5,197	-6,45	6,256	7,474	-6,236	-7,894
	6	0,16	-0,152	1,92	1,911	-1,312	-2,039	2,369	2,23	-1,509	-2,51

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX

Portique Longitudinal (2.2).

Niveaux	Poteaux	G+12P		0,8G+5I		0,8G+5I		G+P+1,25I		G+P+1,25I	
		N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
4	1	3,746	3,746	1,835	1,835	3,621	3,621	2,518	2,518	4,662	4,662
	2	6,532	6,532	4,876	4,876	4,532	4,532	6,629	6,629	6,217	6,217
	3	7,122	7,122	5,168	5,168	5,168	5,168	7,012	7,012	7,012	7,012
	4	7,152	7,152	5,192	5,192	5,192	5,192	7,042	7,042	7,042	7,042
	5	4,863	4,863	3,177	3,177	3,543	3,543	4,516	4,516	4,956	4,956
	6	5,404	5,404	4,952	4,952	3,144	3,144	6,432	6,432	4,262	4,262
3	1	4,176	7,922	0,67	2,505	5,058	8,679	1,444	3,962	6,710	11,372
	2	6,264	12,796	4,466	9,342	3,774	8,806	6,493	13,122	5,663	10,880
	3	6,96	14,082	4,656	9,824	4,656	9,824	6,77	13,782	6,77	13,782
	4	6,98	14,132	4,672	9,864	4,672	9,864	6,79	13,832	6,79	13,832
	5	5,214	10,057	3,358	6,535	3,202	6,745	5,122	9,638	4,934	9,890
	6	5,18	10,584	5,458	10,41	1,918	5,062	7,209	13,641	2,961	7,223
2	1	4,146	12,068	-0,33	2,175	6,01	14,689	0,243	4,205	7,851	19,223
	2	6,294	19,09	4,621	13,963	3,667	11,973	6,680	19,802	5,536	17,416
	3	6,96	21,042	4,656	14,480	4,656	14,48	6,77	20,552	6,77	20,552
	4	6,98	21,112	4,672	14,536	4,672	14,536	6,79	20,622	6,79	20,622
	5	5,664	15,721	4,051	10,586	3,229	9,974	5,971	15,609	4,985	14,875
	6	4,73	15,314	5,61	16,02	1,046	6,108	7,413	21,054	1,937	9,16
1	1	4,146	16,214	-0,246	1,929	5,926	20,615	0,345	4,55	7,750	20,973
	2	6,294	25,384	4,612	18,575	3,676	15,649	6,670	26,472	5,546	22,962
	3	6,96	28,002	4,656	19,136	4,656	19,136	6,77	27,322	6,77	27,322
	4	6,98	28,092	4,672	19,208	4,672	19,208	6,79	27,412	6,79	27,412
	5	5,664	21,385	4,092	14,678	3,188	13,162	6,0204	21,629	4,936	19,811
	6	4,73	20,044	5,294	21,514	1,162	7,27	7,274	28,328	2,076	11,236

MOMENTS EN TRAVÉE  
Portique longitudinal de rive (1-1)

Niveau	Noeud	Mw(G)	Me(G)	Mo(G)	Mo(P)	Me(SI)	Me(1,2P+G)	Me(G+P+SI)	Me(G+P+SI)	Me(0,8G+SI)	Me(0,8G+SI)
4	1-2	1,08	1,68	2,79	//////	-0,563	1,47	0,847	1,973	0,565	1,691
	2-3	1,68	1,68	2,79	//////	0	1,110	1,110	1,110	0,888	0,888
	3-4	1,68	1,68	2,79	//////	0	1,110	1,110	1,110	0,888	0,888
	4-5	1,68	1,71	2,79	//////	0	1,095	1,095	1,095	0,876	0,876
	5-6	1,75	0,83	2,47	//////	-0,028	1,180	1,152	1,028	0,916	0,972
3	1-2	2,22	2,88	4,79	//////	-0,621	2,240	1,619	2,861	1,171	2,413
	2-3	2,88	2,88	4,79	//////	0	1,910	1,910	1,910	1,528	1,528
	3-4	2,88	2,88	4,79	//////	0	1,910	1,910	1,910	1,528	1,528
	4-5	2,88	2,91	4,79	//////	0	1,895	1,895	1,895	1,516	1,516
	5-6	3,02	1,91	4,25	//////	-0,051	1,355	1,304	1,406	1,033	1,135
2	1-2	2,85	2,88	4,79	//////	-0,719	1,785	1,066	2,504	0,709	2,147
	2-3	2,88	2,88	4,79	//////	0	1,910	1,910	1,910	1,528	1,528
	3-4	2,88	2,88	4,79	//////	0	1,900	1,910	1,910	1,528	1,528
	4-5	2,88	2,91	4,79	//////	0	1,895	1,895	1,895	1,516	1,516
	5-6	3,01	1,95	4,25	//////	-0,081	1,770	1,689	1,851	1,335	1,497
1	1-2	2,85	2,88	4,79	//////	-0,536	1,925	1,329	2,521	0,944	2,136
	2-3	2,88	2,88	4,79	//////	0	1,910	1,910	1,910	1,528	1,528
	3-4	2,88	2,88	4,79	//////	0	1,910	1,910	1,910	1,528	1,528
	4-5	2,88	1,91	4,79	//////	0	1,895	1,895	1,895	1,516	1,516
	5-6	3,01	1,95	4,25	//////	-0,063	1,770	1,710	1,830	1,350	1,480

MOMENTS AUX APPUIS  
Portique transversal de rive

Niveau	Travées	Sous G		Sous P		Sous SI		G+1,2P		G+P+SI		G+P+SI		0,8G+SI		0,8G+SI	
		Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me
4	1-2	1,51	3,76	0,17	0,43	2,843	2,9085	1,714	4,276	4,523	7,099	-1,163	-1,282	4,051	5,917	-1,635	0,100
	2-3	3,33	3,61	0,46	0,41	2,9085	2,9085	3,882	4,102	6,699	6,929	0,882	1,112	5,573	5,747	-0,245	-0,021
	3-4	4,57	0,66	0,51	0,08	2,9085	1,301	5,182	0,756	7,889	2,041	2,172	-0,561	6,565	1,829	0,748	-0,773
3	1-2	2,694	4,27	0,40	0,64	6,741	6,864	3,111	5,038	9,832	11,774	-3,650	-1,954	8,894	10,880	-4,588	-7,448
	2-3	4,111	4,49	0,42	0,61	6,864	6,864	4,855	5,222	11,596	11,964	-2,133	-1,764	10,153	10,456	-3,575	-1,272
	3-4	5,91	1,41	0,801	0,21	9,864	3,196	6,978	1,662	13,664	4,814	-0,064	-1,574	11,592	4,322	-2,136	-1,066
2	1-2	2,74	4,27	0,42	0,70	9,857	10,0475	3,244	5,110	13,017	15,012	-6,697	-5,078	12,049	13,464	-7,665	-6,632
	2-3	4,31	4,46	0,89	0,94	10,475	10,0475	5,378	5,583	15,248	15,468	-4,848	-4,648	13,496	13,616	-6,600	-6,480
	3-4	5,87	1,46	0,93	0,22	10,475	5,054	6,986	1,724	17,275	6,734	-3,675	-3,374	15,171	6,222	-5,779	-3,881
1	1-2	2,74	4,27	0,42	0,70	11,305	14,896	3,244	5,110	14,465	19,866	-8,145	-9,926	13,497	18,312	-9,113	-1,481
	2-3	4,31	4,46	0,89	0,94	14,896	14,896	5,378	5,583	20,096	20,296	-9,696	-9,496	18,344	18,464	-11,448	-1,328
	3-4	5,87	1,46	0,93	0,22	14,896	5,441	6,986	1,724	21,696	7,121	-8,096	-3,761	19,592	6,609	-10,200	-1,273

Portique longitudinal de rive.

Niveau	Travées	Sous G		Sous P		Sous SI		G+1,2P		G+P+S <sub>I</sub>		G+P+S <sub>I</sub>		0,8G+S <sub>I</sub>		0,8G+S <sub>I</sub>	
		M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>
4	1-2	1,08	1,68	-	-	3,659	2,533	1,080	1,680	4,739	4,213	-2,579	-0,853	4,523	3,877	-2,795	-1,189
	2-3	1,68	1,68	-	-	2,533	2,533	1,680	1,680	4,213	4,213	-0,853	-0,853	3,877	3,877	-1,189	-1,189
	3-4	1,68	1,68	-	-	2,533	2,533	1,680	1,680	4,213	4,213	-0,853	-0,853	3,877	3,877	-1,189	-1,189
	4-5	1,68	1,71	-	-	2,533	2,533	1,680	1,710	4,213	4,213	-0,853	-0,89	3,877	3,901	-1,189	-1,165
	5-6	1,75	0,83	-	-	2,533	2,477	1,750	0,830	4,283	3,307	-0,763	-1,647	3,935	3,141	-1,133	-1,813
3	1-2	2,22	2,88	-	-	7,249	6,007	0,850	2,88	9,469	8,887	-5,029	-3,127	9,985	8,311	-5,473	-3,703
	2-3	2,88	2,88	-	-	6,007	6,007	2,88	2,88	8,887	8,887	-3,127	-3,127	8,311	8,311	-3,703	-3,703
	3-4	2,88	2,88	-	-	6,007	6,007	2,88	2,88	8,887	8,887	-3,127	-3,127	8,311	8,311	-3,703	-3,703
	4-5	2,88	2,91	-	-	6,007	6,007	2,88	2,91	8,887	8,917	-3,127	-3,097	8,311	8,335	-3,703	-3,679
	5-6	3,02	1,91	-	-	6,007	5,905	3,020	1,910	9,027	7,815	-2,987	-3,095	8,423	7,453	-3,591	-4,377
2	1-2	2,85	2,88	-	-	10,096	8,631	2,850	2,88	12,919	11,511	-7,219	-5,751	12,349	10,935	-7,780	-6,327
	2-3	2,88	2,88	-	-	8,631	8,631	2,88	2,88	11,511	11,511	-5,751	-5,751	10,935	10,935	-6,327	-6,327
	3-4	2,88	2,88	-	-	8,631	8,631	2,88	2,88	11,511	11,511	-5,751	-5,751	10,935	10,935	-6,327	-6,327
	4-5	2,88	2,91	-	-	8,631	8,631	2,88	2,91	11,511	11,541	-5,751	-5,721	10,935	10,959	-6,327	-6,303
	5-6	3,01	1,95	-	-	8,631	8,47	3,01	1,95	11,641	10,42	-5,621	-6,520	11,039	10,030	-6,223	-6,910
1	1-2	2,85	2,88	-	-	8,491	7,3	2,85	2,88	11,541	10,180	-5,641	-4,420	10,771	9,604	-6,221	-4,996
	2-3	2,88	2,88	-	-	7,30	7,3	2,88	2,88	10,180	10,180	-4,420	-4,420	9,604	9,604	-4,996	-4,996
	3-4	2,88	2,88	-	-	7,30	7,3	2,88	2,88	10,180	10,180	-4,420	-4,420	9,604	9,604	-4,996	-4,996
	4-5	2,88	2,91	-	-	7,30	7,3	2,88	2,91	10,180	10,21	-4,420	-4,390	9,604	9,628	-4,996	-4,972
	5-6	3,01	1,95	-	-	7,30	7,175	3,01	1,95	10,31	9,125	-4,290	-5,225	9,708	8,735	-4,892	-5,615

EFFORTS TRANCHANTS

Portique transversal de rive :

Niveau	Travées	Sous G		Sous P		Sous SI		G+1,2P		G+P+S <sub>I</sub>		G+P+S <sub>I</sub>		0,8G+S <sub>I</sub>		0,8G+S <sub>I</sub>	
		T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
4	1-2	5,277	-4,230	0,598	-0,477	-1,150	-1,150	5,995	-4,802	4,725	-5,857	7,025	-3,557	3,072	-4,534	5,372	-2,234
	2-3	4,819	-4,689	0,526	-0,549	-1,163	-1,163	5,450	-5,348	4,182	-6,401	6,508	-4,075	2,692	-4,944	5,048	-2,588
	3-4	3,844	-5,663	0,438	-0,638	-0,842	-0,842	4,370	-6,429	3,440	-7,143	5,124	-5,459	2,223	-5,372	3,917	-3,688
3	1-2	6,658	-5,924	1,002	-0,890	-2,721	-2,721	7,860	-6,992	4,939	-9,535	10,381	-4,093	2,605	-7,460	8,047	-2,018
	2-3	6,379	-6,203	0,944	-0,948	-2,746	-2,746	7,512	-7,341	4,577	-9,897	10,069	-4,405	2,357	-7,708	7,849	-2,216
	3-4	5,244	-7,377	0,788	-1,104	-2,012	-2,012	6,190	-8,702	4,020	-10,493	8,044	-6,469	2,183	-7,914	6,207	-3,890
2	1-2	6,647	-5,935	1,011	-0,881	-3,981	-3,981	7,860	-6,992	3,677	-10,797	11,639	-2,835	1,337	-8,729	9,299	-0,767
	2-3	6,326	-6,256	0,958	-0,934	-4,019	-4,019	7,476	-7,377	3,265	-11,209	11,303	-3,171	1,042	-9,024	9,080	-0,986
	3-4	5,265	-7,316	0,781	-1,111	-3,020	-3,020	6,202	-8,649	3,026	-11,447	9,066	-5,407	1,192	-8,873	7,232	-2,833
1	1-2	6,647	-5,935	1,011	-0,881	-5,240	-5,240	7,860	-6,992	2,418	-12,056	12,898	-1,576	0,078	-9,982	10,558	+0,492
	2-3	6,326	-6,256	0,958	-0,934	-5,958	-5,958	7,476	-7,377	1,326	-12,148	13,242	-1,232	-0,897	-10,967	11,049	+0,953
	3-4	5,265	-7,316	0,781	-1,111	-4,067	-4,067	6,202	-8,643	1,079	-12,994	10,113	-4,360	0,145	-9,921	8,279	-1,786



MOMENTS DANS LES POTEAUX  
portique longitudinal de rive

Niveau	Poteaux	Sous G		Sous P		Sous $\vec{S}_I$		G+1,2P		G+P+ $\vec{S}_I$		G+P+ $\vec{S}_I$		0,8G + $\vec{S}_I$		0,8G + $\vec{S}_I$	
		Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf
4	1	1,08	-1,05	-	-	3,659	1,568	1,080	-1,050	4,739	0,518	-2,579	-2,628	4,523	0,728	-2,795	-2,408
	2	0	0	-	-	5,066	3,491	0	0	5,066	3,491	-5,066	-3,491	5,066	3,491	-5,066	-3,491
	3	0	0	-	-	5,066	3,491	0	0	5,066	3,491	-5,066	-3,491	5,066	3,491	-5,066	-3,491
	4	0	0	-	-	5,066	3,491	0	0	5,066	3,491	-5,066	-3,491	5,066	3,491	-5,066	-3,491
	5	0,05	-0,05	-	-	5,066	3,491	0,050	-0,050	5,116	3,441	-5,016	-3,541	5,106	3,451	-5,026	-3,531
	6	+0,83	-0,90	-	-	2,477	1,721	0,830	-0,900	3,307	0,821	-1,647	-2,621	3,141	1,001	-1,813	-2,441
3	1	1,18	-1,13	-	-	5,68	3,787	1,180	-1,130	6,861	2,657	-4,501	-4,917	6,625	2,883	-4,737	-4,691
	2	0	0	-	-	8,523	6,974	0	0	8,523	6,974	-8,523	-6,974	8,523	6,974	-8,523	-6,974
	3	0	0	-	-	8,523	6,974	0	0	8,523	6,974	-8,523	-6,974	8,523	6,974	-8,523	-6,974
	4	0	0	-	-	8,523	6,974	0	0	8,523	6,974	-8,523	-6,974	8,523	6,974	-8,523	-6,974
	5	0,06	-0,05	-	-	8,523	6,974	0,06	-0,05	8,583	6,924	-8,463	-7,024	8,571	6,934	-8,475	-7,014
	6	+1,01	-0,97	-	-	4,184	3,423	1,01	-0,97	5,194	2,453	-3,174	-4,393	4,992	2,647	-3,376	-4,199
2	1	1,13	-1,13	-	-	6,282	6,282	1,130	-1,13	7,412	5,152	-5,152	-7,412	7,186	5,378	-5,378	-7,186
	2	0	0	-	-	10,288	10,288	0	0	10,288	10,288	-10,288	-10,288	10,288	10,288	-10,288	-10,288
	3	0	0	-	-	10,288	10,288	0	0	10,288	10,288	-10,288	-10,288	10,288	10,288	-10,288	-10,288
	4	0	0	-	-	10,288	10,288	0	0	10,288	10,288	-10,288	-10,288	10,288	10,288	-10,288	-10,288
	5	0,05	-0,05	-	-	5,047	10,288	0,05	-0,05	10,338	10,288	-10,288	-10,338	10,328	10,248	-10,288	-10,328
	6	+0,97	-0,97	-	-	2,209	5,047	0,970	-0,97	6,017	4,077	-4,077	-6,017	5,823	4,271	-4,271	-5,823
1	1	1,13	-1,13	-	-	4,312	5,154	1,130	-1,130	3,339	3,274	-3,274	-7,034	3,113	3,650	-1,305	-6,658
	2	0	0	-	-	4,312	7,735	0	0	4,312	7,735	-4,312	-7,735	4,312	7,735	-4,312	-7,735
	3	0	0	-	-	4,312	7,735	0	0	4,312	7,735	-4,312	-7,735	4,312	7,735	-4,312	-7,735
	4	0	0	-	-	4,312	7,735	0	0	4,312	7,735	-4,312	-7,735	4,312	7,735	-4,312	-7,735
	5	0,05	-0,09	-	-	4,312	7,735	0,05	-0,09	4,362	7,645	-4,262	-7,825	4,352	7,663	-4,272	-7,807
	6	+0,97	-1,46	-	-	2,128	3,783	0,970	-1,460	3,098	2,323	-1,158	-5,243	2,904	2,615	-1,352	-4,951

Portique longitudinal de rive

Niveau	Sous G		Sous P		Sous SI		G+12P		G+P+12P		G+P+SI		G+P+SI		08G+SI		08G-SI		08G+SI	
	Ta	Te	Ta	Te	Ta	Te	Ta	Te	Ta	Te	Ta	Te	Ta	Te	Ta	Te	Ta	Te	Ta	Te
4	1-2	2,352	-2,015	-	-	-1,239	-1,238	2,352	-8,453	1,094	-3,634	3,932	1,213	6,349	-3,200	3,624	-0,729	-	-	-
	2-3	2,593	-2,593	-	-	-1,082	-0,1038	2,593	-2,593	1,580	-1,004	3,600	-1,580	2,084	-2,084	3,003	-1,164	-	-	-
	3-4	2,593	-2,195	-	-	-1,032	-0,1032	2,593	-2,593	1,580	-1,004	3,600	-1,580	2,084	-2,084	3,003	-1,164	-	-	-
	4-5	2,60	-2,276	-	-	-1,032	-0,1032	2,600	-2,593	1,580	-1,004	3,599	-1,580	2,084	-2,084	3,003	-1,164	-	-	-
	5-6	2,534	-2,201	-	-	-1,002	-1,002	2,600	-2,586	1,580	-1,004	3,599	-1,580	2,084	-2,084	3,003	-1,164	-	-	-
	6-7	2,602	-2,301	-	-	-1,059	-2,154	2,602	-2,589	1,580	-1,004	3,592	-1,580	2,084	-2,084	3,003	-1,164	-	-	-
3	1-2	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	2-3	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	3-4	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	4-5	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	5-6	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	6-7	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
2	1-2	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	2-3	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	3-4	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	4-5	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	5-6	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	6-7	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
1	1-2	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	2-3	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	3-4	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	4-5	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	5-6	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497
	6-7	2,497	-2,497	-	-	-2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497	-2,497	2,497

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX

Portique transversal de rive (F)

Niveau	Poteau	G+12P		G+P+6J		G+P+12P		G+P+SI		08G+SI		08G+SI	
		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
4	1	5,925	5,925	2,427	4,185	2,027	4,025	3,072	3,072	3,072	3,072	3,072	3,072
	2	20,25	20,25	10,039	10,039	10,065	10,065	7,226	7,226	7,226	7,226	7,226	7,226
	3	3,218	3,218	9,844	9,844	9,192	9,192	7,144	7,144	7,144	7,144	7,144	7,144
	4	6,429	6,429	4,143	4,143	5,409	5,409	5,324	5,324	5,324	5,324	5,324	5,324
3	1	2,055	2,055	9,682	9,682	6,031	4,406	2,605	5,171	2,605	5,171	2,605	5,171
	2	12,5	12,5	14,112	14,112	14,102	14,102	9,813	12,045	9,813	12,045	9,813	12,045
	3	26,28	26,28	14,911	14,911	12,549	12,549	8,894	12,088	8,894	12,088	8,894	12,088
	4	8,27	8,27	10,493	10,493	6,469	4,928	4,914	13,285	4,914	13,285	4,914	13,285
2	1	2,015	2,015	3,634	3,634	4,639	2,045	1,337	4,014	4,014	4,014	4,014	
	2	28,20	28,20	28,20	28,20	10,338	9,205	2,614	26,814	26,814	26,814	26,814	
	3	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	
	4	3,609	3,609	4,400	4,400	5,400	4,875	8,875	22,059	22,059	22,059	22,059	
1	1	1,776	1,776	2,427	2,427	12,102	4,102	0,074	3,102	3,102	3,102	3,102	
	2	16,68	16,68	16,68	16,68	16,68	16,68	10,887	34,629	34,629	34,629	34,629	
	3	52,749	52,749	52,749	52,749	52,749	52,749	44,008	98,562	98,562	98,562	98,562	
	4	8,148	8,148	5,074	5,074	12,070	4,070	9,920	30,500	30,500	30,500	30,500	

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX

Portique longitudinal de rive (a)

Niveau	Poteau	G+1,2P		G+P-1SI		G+P <sub>4</sub> SI		0,8G+SI		0,8G+SI	
		N	N <sub>norm</sub>	N	N <sub>norm</sub>	N	N <sub>norm</sub>	N	N <sub>norm</sub>	N	N <sub>norm</sub>
4	1	2,732	2,732	1,494	1,494	3,970	3,970	0,948	0,948	3,424	3,424
	2	5,046	5,046	5,271	5,271	4,821	4,821	4,261	4,261	3,812	3,812
	3	5,186	5,186	5,186	5,186	5,186	5,186	4,149	4,149	4,149	4,149
	4	5,193	5,193	5,193	5,193	5,193	5,193	4,156	4,156	4,156	4,156
	5	4,954	4,954	4,954	4,954	4,954	4,954	3,320	3,320	3,320	3,320
	6	2,805	2,805	3,805	3,805	1,805	1,805	1,244	1,244	1,244	1,244
3	1	4,608	3,304	3,454	3,454	7,253	11,209	1,036	1,983	5,304	5,757
	2	8,350	13,802	7,006	14,275	8,508	13,329	1,353	2,514	6,757	11,500
	3	8,991	14,096	8,991	14,096	8,991	14,096	1,321	2,577	7,128	11,400
	4	8,991	14,096	8,991	14,096	8,991	14,096	1,321	2,577	7,128	11,400
	5	8,615	13,642	8,615	13,642	8,615	13,642	1,244	2,488	6,892	11,256
	6	4,713	7,553	7,553	10,904	2,351	4,336	1,513	9,4	1,588	2,632
2	1	4,468	23,802	4,173	4,173	8,232	19,431	0,1	2,153	7,310	17,071
	2	8,111	23,006	8,111	23,466	8,615	21,344	1,892	18,924	7,193	17,267
	3	8,111	23,006	8,111	23,006	8,111	23,006	1,892	18,405	7,128	18,400
	4	8,111	23,006	8,111	23,06	8,111	23,08	1,892	18,417	7,134	18,4
	5	8,111	22,266	8,111	22,33	8,624	22,202	1,798	17,984	6,892	17,748
	6	4,301	13,221	8,121	19,025	1,281	5,477	1,321	16,581	0,341	2,373
1	1	4,400	16,204	4,304	5,477	7,620	27,051	1,321	2,565	6,728	23,777
	2	8,111	34,604	8,111	32,614	8,111	30,616	7,366	26,29	6,89	24,677
	3	8,111	34,604	8,111	31,913	8,111	31,916	7,128	25,533	7,128	25,533
	4	8,111	34,604	8,111	31,93	8,111	31,93	7,128	25,545	7,128	25,544
	5	8,111	30,322	8,111	31,011	8,111	30,83	6,949	24,933	6,899	24,647
	6	4,101	16,122	7,596	26,621	1,805	4,233	6,656	23,237	0,866	3,839

## FERRAILLAGE DES POUTRES

### A. Armatures longitudinales:

Les poutres seront ferrillées à la flexion simple (on ne fait pas état dans les calculs des efforts normaux: AISC CBA6B).

La section d'acier sera déterminée par la plus défavorable des sollicitations du premier genre (max SP1) et du second genre (max SP2).

- Si  $1,5 M(SP_1) > M(SP_2) \Rightarrow$  on calcul A sous SP<sub>1</sub>
- Si  $1,5 M(SP_1) < M(SP_2) \Rightarrow$  on calcul A sous SP<sub>2</sub>

On adoptera toujours la plus grande de deux quantités d'acier A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub> avec:

- A<sub>1</sub>: section nécessaire déterminée par le calcul.
- A<sub>2</sub>: Section minimale imposée par le "RPA81"

Méthode de calcul: "Pierre Charon"

a) Calculer:  $\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a \cdot b h^2} \xrightarrow[\text{CHARON}]{\text{Tableau}} \varepsilon \text{ et } K$

b) Calculer:  $\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} \rightarrow$    
 . si  $\bar{\sigma}_b' < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow A' = 0$    
 . si  $\bar{\sigma}_b' \geq \bar{\sigma}_b' \Rightarrow A' \neq 0$

(1) Section sans armatures comprimées:

la section d'armatures tendues est donnée par

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h}$$

(2) Section avec armatures comprimées:

1<sup>er</sup> cas:  $\frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_b} \geq \frac{15(h-d')}{h+d'} \rightarrow \begin{cases} K = \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_b} ; \bar{\sigma}_b' = \bar{\sigma}_b' \\ \bar{\sigma}_a' = \frac{15(y_1-d')}{y_1} \bar{\sigma}_b' \end{cases}$

K  $\rightarrow$  Tableau (CHARON)  $\Rightarrow \alpha, \mu', \varepsilon$ , on a  $y_1 = \alpha h, M_1 = \mu' b h^2 \bar{\sigma}_b'$

les sections d'armatures:  $\rightarrow$  \* tendues:  $A = \frac{M_1}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} + \frac{\Delta M}{\bar{\sigma}_a (h-d')}$

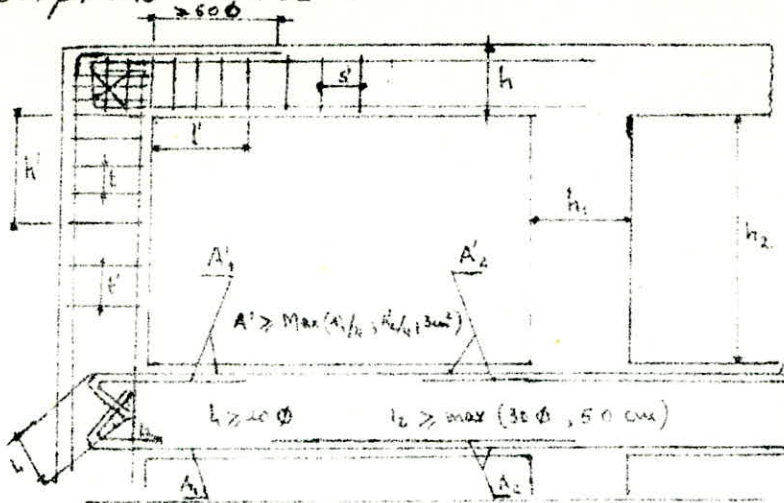
avec  $\Delta M = M - M_1$

\* comprimées:  $A' = \frac{\Delta M}{(h-d') \bar{\sigma}_a'}$

2<sup>ème</sup> cas:  $\frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_b} < \frac{15(h-d')}{h+d'} \rightarrow \begin{cases} K = \frac{15(h-d')}{h+d'} \\ \bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} ; \bar{\sigma}_a' = \bar{\sigma}_a' \end{cases}$

K  $\xrightarrow{\text{Tableau}}$   $\varepsilon$  et  $\mu' \rightarrow M_1 = \mu' b h^2 \bar{\sigma}_b' \Rightarrow \begin{cases} A = \frac{M_1}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} + \frac{\Delta M}{\bar{\sigma}_a (h-d')} \\ A' = \frac{\Delta M}{(h-d') \bar{\sigma}_a'} \end{cases}$

## Précriptions "RPA 81":



- zone nodale :  $l' = 2h$   
 $h' = \max\left(\frac{h_2}{6}, h_{n1}, b_{n1}, 60 \text{ cm}\right)$
  - ancrage des armatures longitudinales inf. et sup. :  
 $l_1 \geq 20\phi$  et  $l_2 \geq \max(30\phi, 50 \text{ cm})$
  - sur toute la longueur de la poutre (dans chaque section)  
 $A_{\text{long}}^{\min} = 0,3\% bh$  ;  $A_{\text{long}}^{\max} = 2,5\% bh$ .
- Dans notre cas :  $7,02 \leq A \leq 50,5 \text{ cm}^2$

B. Armatures transversales :

Art 24,3 du CCBA68 :

Les sollicitations du second genre ne sont pas à considérer pour les armatures transversales et pour les contraintes d'adhérence. Les armatures transversales des poutres seront donc calculées sous l'effort tranchant sous SPA.

- Contrainte de cisaillement max :  $\tau_b^{\max} = \frac{T_{\max}}{b z}$  avec  $z = \frac{7}{8} h$
- Contraintes admissibles de cisaillement :
  - Pour  $\sigma_b' \leq \bar{\sigma}_{b0}' \rightarrow \bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b$
  - Pour  $\bar{\sigma}_{b0}' \leq \sigma_b' \leq 2 \bar{\sigma}_{b0}' \rightarrow \bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{\sigma_b'}{\bar{\sigma}_{b0}'}\right) \bar{\sigma}_b$
  - si  $\tau_b \leq \bar{\tau}_b \rightarrow$  armatures d'âmes droites
  - si  $\bar{\tau}_b < \tau_b < 5 \bar{\sigma}_b \rightarrow$  armatures d'âmes droites plus barres d'âmes inclinées
  - si  $\tau_b > 5 \bar{\sigma}_b \rightarrow$  redimensionner la section de la poutre

• Contrainte admissible de armatures transversales :

$$\bar{\sigma}_{at} = f_a \phi \quad \text{avec} \quad \begin{cases} f_a = 2/3 & \text{si on a reprise de betonage} \\ f_a = \text{Sup} \left( 2/3, 1 - \frac{\sigma_b}{9\sigma_b} \right) & \text{si on a pas de reprise de betonage} \end{cases}$$

• Espacement des cours successifs d'armatures transversales :

$$S = \frac{A_t \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} \quad \text{avec } A_t \text{ section d'armatures transversales}$$

$$A_{t \min} = 0,003 S.b. \quad (\text{R.P.A. 81})$$

• Espacement admissible  $\bar{S}$  :

$$\text{C.C.B.A. 68 : } \bar{S}_1 = \text{Sup} \left( h \left( 1 - \frac{0,3 \sigma_b}{\sigma_b} \right); 0,2 h \right) \quad h : \text{hauteur utile de la poutre}$$

RPA 81 (42.3.22) : Notations fig A

• Dans la zone nodale et en travée si les armatures comprimées sont nécessaire  $\rightarrow \bar{S}_2 = \min \left( \frac{h}{4}, 12 \phi_c \right)$  avec  $\phi_c$  : le plus petit diamètre calculé

$$\text{• En dehors de la zone nodale : } \rightarrow \bar{S}_2 = \frac{h}{2}$$

$$\bar{S} = \min (\bar{S}_1, \bar{S}_2)$$

### C - Vérifications :

#### 1. Contraintes

- Sections sans armatures comprimées :

$$\sigma'_b = \frac{M}{I} \cdot x < \bar{\sigma}'_b \quad \text{et} \quad \sigma_a = n \frac{M}{I} (h-x) \leq \bar{\sigma}_a$$

- Sections avec armatures comprimées :

$$\sigma'_b = \frac{M}{I} x \leq \bar{\sigma}'_b ; \quad \sigma'_a = n \frac{M}{I} (x-d') \leq \bar{\sigma}'_a ; \quad \sigma_a = n \frac{M}{I} (h-x) \leq \bar{\sigma}_a$$

#### 2. Condition de non fragilité C.C.B.A. 68 Art 52.1

$$A_{\min} \gg \gamma_4 b h \frac{\bar{\sigma}'_b}{\sigma_{cm}} \cdot \left( \frac{h t}{h} \right)^2 ; \quad \gamma_4 = 0,5 \mu$$

#### 3. Fissuration :

On doit avoir  $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \leq \max (\sigma_1, \sigma_2)$

$$\text{avec : } \sigma_1 = \frac{k}{\phi} \eta \cdot \frac{\tilde{\omega} f}{1+10\tilde{\omega} f} ; \quad \tilde{\omega} = \frac{A}{2db}$$

$$k = 1,5 \cdot 10^6 \quad (\text{fissuration peu nuisible})$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k \eta}{\phi}} \bar{\sigma}_b$$

$$\eta = 1,6 \quad (\text{Acier H.A})$$

#### 4. Fleche : (Art : 61.21, C.C.B.A. 68)

$$- h t \geq \frac{l}{16}$$

$$- h t \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{M_t}{M_0} \cdot \frac{43}{\sigma_{cm}}$$

$$- A \leq b.h. \frac{43}{\sigma_{cm}}$$

} pour chaque type de poutre, si les trois conditions sont vérifiées, il est inutile de faire une justification de fleche

#### 5. Condition de non écrasement du béton (C.C.B.A. 68 Art 30.62)

$$r \geq 0,1 \phi \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_{b0}} \left(1 + \frac{\phi}{d}\right) \nu$$

$\nu = 1 \rightarrow$  barre isolée ou fait partie d'un ensemble de barres courbées disposées en un seul lit.

$\nu = 5/3 \rightarrow$  barre courbée, fait partie d'un ensemble disposé en deux lits

$\nu = 7/3 \rightarrow$  barre courbée, fait partie d'un ensemble disposé en trois lits

$$r_{\min} = 5,5 \phi = 11 \text{ cm}$$

## 6. Conditions aux appuis :

.Béton : l'effort tranchant  $T_{\max}$  crée des efforts de compression dans la bielle de béton inclinée à  $45^\circ$

- Contrainte de compression simple dans la bielle de béton

$$\sigma'_b = \frac{TV\sqrt{2}}{b_0 c/\sqrt{2}} = \frac{2T}{b_0 c} \leq \bar{\sigma}_{b0} \Rightarrow c \geq \frac{2T}{b_0 \bar{\sigma}_{b0}} = c_0$$

$$T = T_{\max}$$

$$c = a - (d + r) \text{ avec : } r = 10 \phi \text{ (rayon de courbure)}$$

$a$  = largeur du poteau

$b_0$  : largeur de la poutre

.Acier :

$$\text{armatures inférieures : } A \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{z} \text{ avec}$$

$$\text{avec } \begin{cases} A : \text{section minimale d'armatures inférieure conduite jusqu'à l'appui} \\ T + \frac{M}{z} : \text{effort de traction dans ces armatures} \end{cases}$$

## 7. Condition de non entraînement des barres

C.C.B.A. 68 Art 20-11 : On doit vérifier  $\tau_d \leq \bar{\tau}_d$ .

$$\bar{\tau}_d = 2 \psi_d \bar{\sigma}_b = 3 \bar{\sigma}_b \quad (\psi_d : 1,5 \text{ pour aciers H.A.})$$

$$\tau_d = \frac{T_{\max}}{n p z} \text{ avec : } T : \text{effort tranchant max}$$

$p$  : périmètre de la barre ( $p = \pi \phi$ )

$n$  : nombre de barre,  $z = \frac{7}{8} h$  (bras de levier)

Etant donné que les poutres longitudinales ne sont pas porteuses des charges verticales, et ne sont sollicitées principalement que par les forces latérales sismiques, donc elles doivent avoir des armatures symétriques, ainsi que les moments en travées qui sont très faibles par rapport aux moments sur appuis, on calcule seulement les armatures sur appuis avec le moment maximum en valeurs absolues et on adoptera une section en travée égale au moins à la moitié des armatures sur appuis (R.P.A. 81 Art 4.2.3-2).

### Poutres - Portique longitudinal (2-2)

. Présentation des moments :

niveau 4	SP <sub>2</sub>	-3,673	-4,233	-3,933	-3,933	-4,322	-3,265
	SP <sub>1</sub>	-1,026	-2,47	-2,164	-2,164	-2,56	-0,578
niveau 3	SP <sub>2</sub>	-7,68	-6,83	-6,83	-6,83	-7,22	-7,431
	SP <sub>1</sub>	-1,368	-2,17	-2,17	-2,17	-2,66	-0,719
niveau 2	SP <sub>2</sub>	-10,478	-8,942	-8,942	-8,942	-8,962	-5,41
	SP <sub>1</sub>	-1,398	-2,17	-2,17	-2,71	-2,24	-0,75
niveau 1	SP <sub>2</sub>	-10,142	-8,756	-8,756	-8,756	8,826	-5,016
	SP <sub>1</sub>	-1,078	-2,27	-2,27	-2,27	-3,112	-0,75

### . Moments de calcul (SP<sub>2</sub>)

niveau 4	±3,673	±4,233	±3,933	±3,933	±4,322	±3,265
niveau 3	±7,68	±6,83	±6,83	±6,83	±7,22	±7,431
niveau 2	±10,478	±8,942	±8,942	±8,942	±8,962	±5,41
niveau 1	±10,142	±8,756	±8,756	±8,756	±8,826	±5,016

Remarque: Les moments du niveau "1" sont peu différents de ceux du niveau "2" donc ces deux niveaux auront le même ferrailage et ce dernier sera calculé avec les moments max des deux niveaux.

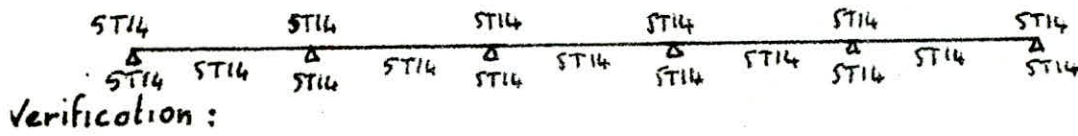


Sections d'aciers aux appuis :

$$b = 45 \text{ cm} ; h_t = 55 \text{ cm} ; d = d' = 3 \text{ cm} ; h = 52 \text{ cm}$$

niveau	Section	M (t.m)	$\mu$	$\epsilon$	$\nu$	$\bar{\sigma}_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	A cal cm <sup>2</sup>	A adap	$\phi$
4	1;6	3,673	0,0108	0,9535	92,5	54,41	1,76	7,69	5T14
	2;5	4,322	0,0127	0,9498	84,5	49,70	2,084	7,69	5T14
	3;4	3,933	0,0116	0,9519	89,0	47,19	1,80	7,69	5T14
3	1;6	7,88	0,0225	0,9342	61,0	68,85	3,76	7,69	5T14
	2;5	7,22	0,0212	0,9359	63,0	66,67	3,53	7,69	5T14
	3;4	6,83	0,0200	0,9379	55,5	64,12	3,33	7,69	5T14
2,1	1	10,478	0,0308	0,9242	51,0	82,35	5,19	7,69	5T14
	2;6	8,942	0,0262	0,9296	56,0	75,0	4,40	7,69	5T14

Sections d'aciers adaptees : pour tous les niveaux



Verification :

1- fleche :

$$a-. h_t = 55 \text{ cm} > \frac{l}{16} = \frac{4,55 \cdot 10^2}{16} = 28,44 \rightarrow \text{Verifiée.}$$

$$b-. h_t = 55 \text{ cm} > \frac{l}{10} = 45,5 \rightarrow \text{verifiée}$$

c-.  $A_{\max} \leq b \cdot h \cdot \frac{43}{600}$  ; les poutres ont les mêmes sections dans tous les niveaux.

$$A = 7,69 \text{ cm}^2 \leq 45 \cdot 52 \cdot \frac{43}{4200} = 23,96 \rightarrow \text{verifiée}$$

Conclusion :

Les trois conditions verifiées  $\Rightarrow$  inutile de justifier la fleche

2- Condition de non fragilité :

$$A \gg b \cdot h \cdot \gamma_4 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_a} \left( \frac{h_t}{h} \right)^2 = 45 \cdot 52 \cdot 0,54 \cdot \frac{8,85}{4200} \left( \frac{55}{52} \right)^2 = 3,15 \text{ cm}^2$$

$\gamma_4 = 0,54$  aciers ecrouis . verifiée

3- Fissuration :

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \leq \max(\sigma_1; \sigma_2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_1 = \frac{k \eta}{\phi} \cdot \frac{\bar{\omega} f}{1 + 10 \bar{\omega} f} \\ \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k \eta}{\phi} \cdot \bar{\sigma}_b} \end{array} \right.$$

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

$\eta = 1,6 \rightarrow$  H.A.

$$\bar{\omega} f = \frac{A}{2bd} = \frac{7,69}{2 \cdot 45 \cdot 3} = 0,028$$

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{1,5 \cdot 10^6}{14} \cdot 1,6 \cdot \frac{0,028}{1+10 \cdot 0,028} = 3750 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 &= 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6}{14} \cdot 1,6 \cdot 8,85} = 2956 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned} \right.$$

$$\sigma_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 \leq \max(\sigma_1; \sigma_2) = 3750 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{Vérifiée.}$$

4- Condition aux appuis:

cette vérification se fait pour les appuis de rive

• Béton: on doit avoir  $c \gg \frac{2T}{b_0 \cdot \bar{\sigma}'_b} = c_0$

avec:  $c = a - (d+r) = 25 - (4 + 5 \cdot 1,4) = 14$  (avec:  $a = 2,5$ ;  $d = 4 \text{ cm}$ ;  $r = 5\phi + 5 + 5\phi$ )

on a le même ferrailage aux appuis de rive, donc il suffit de vérifier cette condition pour l'appui où  $T$  est max.

$$T_{\max} = 5,404 \text{ t (niveau 4 sous SP}_1\text{)}$$

$$c_0 = \frac{2 \cdot 5,404 \cdot 10^3}{45 \cdot 68,5} = 3,51 \text{ cm} < c = 14 \text{ cm} \rightarrow \text{Vérifiée.}$$

• Acier:  $h_t = 55 \text{ cm}$ ;  $h = 52 \text{ cm}$ ;  $\bar{y} = \frac{7}{8} \cdot h = 45,5 \text{ cm}$  (pour tous les niveaux)

on doit vérifier  $A \gg \frac{T}{\bar{\sigma}_a} + \frac{M}{\bar{\sigma}'_b}$

on a même section d'armature pour tous les niveaux ( $A = 7,69 \text{ cm}^2$ )  
donc il suffit de vérifier cette condition pour  $T_{\max}$  et  $M_{\max}$ .

$$T_{\max} = 7,217 \text{ t (niveau 2" sous SP}_2\text{)} \quad \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$M_{\max} = 10,472 \text{ t.m (niveau 2" sous SP}_2\text{)}$$

$$A = 7,69 \gg \frac{7,217 \cdot 10^3}{4200} + \frac{10,472 \cdot 10^5}{45,5 \cdot 4200} = 7,2 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Vérifiée.}$$

5- Vérification des contraintes: ( $\sigma < \bar{\sigma}_a$ ;  $\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$ )

$$\bar{\omega} = \frac{100 \times 7,69}{45 \times 52} = 0,3286 \xrightarrow{\text{Charon}} \begin{cases} \epsilon = 0,9108 \\ k = 41 \end{cases}$$

$$\sigma_a = \frac{M_{\max}}{A \bar{\epsilon} h} = \frac{10,472 \times 10^5}{7,69 \times 0,9108 \times 52} = 2876,9 < 4200 \text{ kg/cm}^2 \quad (SP_2)$$

$$\sigma'_b = \frac{2876,9}{41} = 70,16 < 205,5 \text{ kg/cm}^2 \quad (SP_2)$$

$\rightarrow$  c'est vérifiée.

## Armatures transversales

Pour pouvoir utiliser des étriers et cadres perpendiculaires à la ligne moyenne, il faut que :

$$- Z_b \leq 3,5 \bar{\sigma}_b \text{ si } \sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_{b0} \quad \left( Z_b = \frac{T}{b \cdot z} \right)$$

$$- Z_b \leq \left( 4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_{b0}} \right) \bar{\sigma}_b \text{ si } \bar{\sigma}'_{b0} < \sigma'_b \leq 2 \bar{\sigma}'_{b0}$$

$$T_{\max} = 7,217 \text{ t (sous } SP_2)$$

$$\sigma'_b = 70,16 \text{ kg/cm}^2 \text{ (calcul précédent)}$$

sous } SP\_2 :  $\rightarrow \bar{\sigma}'_{b0} = 102,75 \text{ kg/cm}^2$

$$3 \bar{\sigma}'_{b0} = 205,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = 70,16 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_{b0} = 102,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$Z_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{7,217}{45 \times \frac{7}{8} \times 52} = 3,52 < 3,5 \bar{\sigma}_b \rightarrow \text{Les cadres et les étriers}$$

verticaux suffisent  
on choisit (un cadre +  
un étrier)  $\phi 8$

$$A_f = 2,01 \text{ cm}^2, \sigma_{at} = \frac{2}{3} \sigma_{ex}$$

(on suppose qu'on a reprise  
de battonnage)

$$t = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = 20,28 \text{ cm.}$$

$$t \leq \min \left( \frac{h}{14}, 1,2 \phi, 30 \text{ cm} \right) = 13 \text{ en zone nodale.}$$

$$t \leq \frac{h}{2} = 26 \text{ en dehors de la zone nodale.}$$

On prend  $t = 10 \text{ cm}$  en zone nodale.

$t = 14 \text{ cm}$  en dehors de la zone nodale.

$$A_{t \min} = 0,003 \cdot b \cdot t \text{ (ABA 81)}$$

$$A_f = 2,01 \text{ cm}^2 >$$

$$0,003 \cdot 10 \cdot 45 = 1,35 \text{ cm}^2$$

$$0,003 \times 14 \times 45 = 1,89 \text{ cm}^2$$

niveau 2,1 :

x Section : 5T16 = 10,05 cm<sup>2</sup>; M<sub>max</sub> = 18,356 (SP<sub>2</sub>)

$$\tilde{\omega} = \frac{100 \cdot 10,05}{45 \cdot 52} = 0,4295 \xrightarrow{\text{charon}} \begin{cases} \epsilon = 0,9 \\ k = 35 \end{cases}$$

$$\sigma_a = \frac{18,356 \cdot 10^5}{10,05 \cdot 0,9 \cdot 52} = 3902,7 < \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{k} = 111,5 < \bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ Kg/cm}^2$$

x Section travee, A = 5T14; M = 7,127 t.m (SP) → vérifiée

$$\sigma_a = \frac{7,12 \cdot 10^5}{7,69 \cdot 0,9108 \cdot 52} = 1954 < 2800 \text{ Kg/cm}^2 = \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{vérifiée}$$

$$\sigma'_b = 47,68 < 137 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{vérifiée}$$

2- Condition de non fragilité :

$$A \gg bh \cdot \eta \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left( \frac{h_e}{h} \right)^2 = 45 \cdot 52 \cdot 0,54 \cdot \frac{885}{4200} \cdot \left( \frac{55}{52} \right)^2 = 3,15 \text{ cm}^2 \text{ . vérifiée}$$

3- fissuration :

x Section 5T14 :  $\tilde{\omega}_f = 0,028 \rightarrow \sigma_1 = 3750 \text{ Kg/cm}^2 ; \sigma_2 = 2956 \text{ Kg/cm}^2$

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \leq \max(\sigma_1; \sigma_2) = 3750 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{vérifiée}$$

x Section 5T16 :  $\tilde{\omega}_f = 0,037 \rightarrow \sigma_1 = 4069,5 \text{ Kg/cm}^2$

$$\sigma_2 = 2956 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a \leq \max(\sigma_1; \sigma_2) \rightarrow \text{vérifiée}$$

4- Fleche :

a -  $h_e = 55 \text{ cm} > \frac{l}{16} = \frac{4,55 \cdot 10^2}{16} = 28,44 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifiée}$

b -  $h_e = 55 \text{ cm} > \frac{l}{10} \cdot \frac{M_t}{M_0}$  il suffit de vérifier pour le cas le plus défavorable ( $M_t = M_0$ )

$$h_e = 55 \text{ cm} > \frac{4,55 \cdot 10^2}{10} = 45,5 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifiée}$$

c -  $A_{max} \leq bh \cdot \frac{43}{\sigma_{en}} \Rightarrow 10,05 \leq \frac{45 \cdot 52 \cdot 43}{4200} = 23,96 \rightarrow \text{vérifiée}$

Conclusion :

Les trois conditions sont vérifiées  $\Rightarrow$  il est inutile de justifier la fleche.

5- Conditions aux appuis :

. Béton :  $c \gg \frac{2T}{b_0 \sigma'_b} = c_0 ; c = a - (d+r) ; a = 25 \text{ cm} ; r = 5\phi \div 5,5\phi ; d = 4 \text{ cm}$

On a le même ferrailage aux appuis de rive, donc il suffit de vérifier cette condition pour l'appui où T est maximum

## Armatures supérieures et inférieures en travée

Niveau	Travée	Sollicit	$\frac{M_{sup}}{M_{inf}}$	$\mu$	$\epsilon$	$K$	$\sigma'_b$	$A_{calcul}$	$A_{adapt}$	$\phi_{sup}$ $\phi_{inf}$
4	1-2	/	/	/	/	/	/	/	7,69	5T14
	3-4	SP <sub>1</sub>	6,828	0,0301	0,9254	52	53,85	5,07	7,69	5T14
	2-3	SP <sub>2</sub>	6,558	0,0192	0,1829	67	62,69	/	7,69	5T14
3	1-2	/	/	/	/	/	/	/	7,69	5T14
	3-4	SP <sub>1</sub>	7,137	0,0315	0,9237	50,5	55,45	5,31	7,69	5T14
	2-3	SP <sub>2</sub>	3,267	0,0140	0,9474	80,0	35	2,30	7,69	5T14
2	1-2	/	/	/	/	/	/	/	7,69	5T14
	3-4	SP <sub>1</sub>	7,127	0,0314	0,9237	50,5	55,45	5,30	7,69	5T14
	2-3	SP <sub>2</sub>	5,297	0,0233	0,9334	60,0	46,67	3,90	7,69	5T14
1	1-2	/	/	/	/	/	/	/	7,69	5T14
	3-4	SP <sub>1</sub>	7,127	0,0314	0,9237	50,5	55,45	5,30	7,69	5T14
	2-3	SP <sub>2</sub>	5,297	0,0233	0,9334	60,0	46,67	3,90	7,69	5T14

## Ferrailage adaptée :

niveau 4	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14
	Δ	5T14	Δ	5T14	Δ	5T14	Δ
	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14
niveau 3	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14
	Δ	5T14	Δ	5T14	Δ	5T14	Δ
	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14
niveau 2	6T14	5T14	6T14	5T14	6T14	5T14	6T14
	Δ	5T14	Δ	5T14	Δ	5T14	Δ
	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14
niveau 1	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14
	Δ	5T14	Δ	5T14	Δ	5T14	Δ
	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14	5T14

## Verifications diverses :

1. Contraintes :

Sous SP<sub>2</sub>  $\begin{cases} \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \\ \bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ Kg/cm}^2 \end{cases}$

Sous SP<sub>1</sub>  $\begin{cases} \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 \\ \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ Kg/cm}^2 \end{cases}$

niveau 4;3 :

$$\bar{\omega} = \frac{100 \times 7,69}{45 \times 52} = 0,3286 \xrightarrow{\text{charon}} \begin{cases} \epsilon = 0,9108 \\ K = 41 \end{cases}$$

$$M_{max} = 14,916 \text{ t.m (SP}_2)$$

$$\sigma_a = \frac{M_{max}}{A E h} = \frac{14,916 \cdot 10^5}{769 \cdot 0,9108 \cdot 52} = 4093,78 < 4200 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{4093,78}{41} = 99,85 \text{ Kg/cm}^2 < 205,5 \text{ Kg/cm}^2$$

→ c'est vérifiée.

Niveau	4		3		2		1	
Appuis	1	4	1	4	1	4	1	4
T <sub>(t)</sub>	12,324	12,261	12,949	13,099	14,055	14,039	14,482	14,466
C <sub>0</sub>	5,33	5,30	5,60	5,67	6,08	6,07	6,26	6,26
C	14	14	14	14	14	14	14	14

→ C > C<sub>0</sub> → vérifiée.

. Acier: On doit vérifier que  $A > \frac{T}{\sigma_a} + \frac{M}{3 \cdot \sigma_a}$

il suffit de vérifier cette condition pour T<sub>max</sub> et M<sub>max</sub> pour tout les niveaux.

M<sub>max</sub> (positif) = 5,96 t.m.

T<sub>max</sub> = 14,55 t.

$$\frac{T}{\sigma_a} + \frac{M}{3 \cdot \sigma_a} = \frac{14,55 \cdot 10^3}{4200} + \frac{5,96 \cdot 10^5}{\frac{7}{8} \cdot 52 \cdot 4200} = 6,58 \text{ cm}^2 > A_{\text{adaptée}} \rightarrow \text{vérifiée}$$

6. Condition de non entrainement des barres:

$$\tau_{dmax} = \frac{T_{max}}{n \cdot p \cdot z} < \bar{\tau}_d = 2 \cdot \gamma_4 \cdot \bar{\sigma}_b = 2 \cdot 1,5 \cdot 5,9 = 17,7 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (sous SP}_1\text{)}$$

pour tous les niveaux on a:

$$\tau_{dmax} = \frac{14,55 \cdot 10^3}{5 \cdot (n \cdot 1,4) \cdot \frac{7}{8} \cdot 52} = 14,55 \text{ Kg/cm}^2 < 17,7 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \text{vérifiée}$$

7. Armatures transversales:

Sous SP<sub>2</sub>:  $\left\{ \begin{array}{l} \sigma'_b = 102,75 \text{ Kg/cm}^2, \bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b \text{ si } \sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_b \\ \sigma'_b = 205,5 \text{ Kg/cm}^2, \bar{\tau}_b = (4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_b}) \bar{\sigma}_b \text{ si } \bar{\sigma}'_b < \sigma'_b \leq 2 \bar{\sigma}'_b \end{array} \right.$

niveau	Traverse	Solicitation	T	σ' <sub>b</sub>	τ <sub>b</sub>	τ̄ <sub>b</sub>	σ <sub>at</sub>	A <sub>t</sub>	t <sub>calcul</sub>	t <sub>adaptée</sub>	
										zone nodale	zone courante
4;3	1-2 3-4	SP <sub>2</sub>	13,099	99,15	6,40	30,975	2400	2,01	16,76	10	14
	2-3	SP <sub>2</sub>	12,215	99,85	5,98	30,975	2400	2,01	17,93	10	14
2;1	1-2 3-4	SP <sub>2</sub>	14,482	111,5	7,07	30,220	2400	2,01	15,16	10	14
	2-3	SP <sub>2</sub>	13,991	111,5	6,83	30,220	2400	2,01	15,69	10	14

A<sub>t</sub><sup>min</sup> = 0,003 t.b = 0,003 · 10 · 45 = 1,35 < 2,01 cm<sup>2</sup> → vérifiée

t (en zone nodale) ≤ 13 cm = E → vérifiée.

t (en zone courante) ≤ 26 cm = E → vérifiée.

## Ferraillage des poteaux

Les poteaux sont soumis à des efforts normaux, des efforts tranchants et à des moments fléchissants en tête et à la base, dans le sens longitudinal et dans le sens transversal.

Ils seront donc calculés en flexion composée. On fera le calcul sous  $CSP1$  et sous la plus défavorable des combinaisons du second genre, et on adaptera la section la plus grande de section d'acier

- On distingue 3 types d'efforts :

\*  $N^{\min}$ ,  $M^{\text{corr}}$  → pour le calcul des armatures tendues.

\*  $N^{\max}$ ,  $M^{\text{corr}}$  } → pour le calcul du béton comprimé et

\*  $M^{\max}$ ,  $N^{\text{corr}}$  } éventuellement pour les armatures comprimées

\* Méthode de calcul.

On a adapté la méthode de "P. Charon"

- La contrainte admissible du béton est donnée par :

\*  $\bar{\sigma}_b' = 2 \bar{\sigma}_{b0}' \rightarrow$  si  $e_0 > \frac{h_t}{2}$ ,  $e_0 = \frac{M}{N}$

\*  $\bar{\sigma}_b' = \left(1 + \frac{e_0}{3e_1}\right) \bar{\sigma}_{b0}' \rightarrow$  si  $e_0 < \frac{h_t}{2}$ ,  $e_1 > \frac{h_t}{6}$

- On peut avoir 3 cas de sollicitations.

1° -  $e_0 > e_1 \rightarrow$  section partiellement comprimée

2° -  $e_0 \leq e_1 \rightarrow$  } section entièrement comprimée (N: compression)

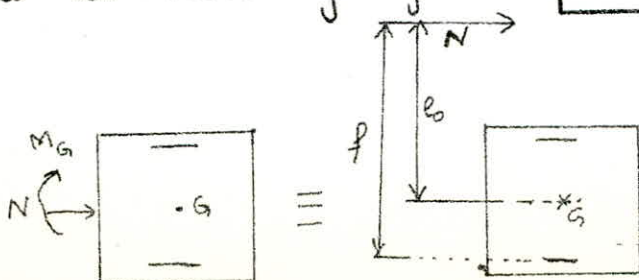
3° -  $e_0 = 0 \rightarrow$  } on a une compression tendue (N: traction) simple.

1° - Section partiellement comprimée ( $e_0 > e_1$ )

On ferraille symétriquement, d'où la marche à suivre est la suivante.

On calcule le moment fictif :

$$M_f = N \cdot f$$



$$f = \frac{h_t}{2} - d + e_0$$

On calcul la section en flexion simple sous Mb (voir poteaux).

En calculant  $\sigma'_b$  on peut avoir 2 cas :

\*  $\sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_b \rightarrow$  les armatures comprimées ne sont pas nécessaires

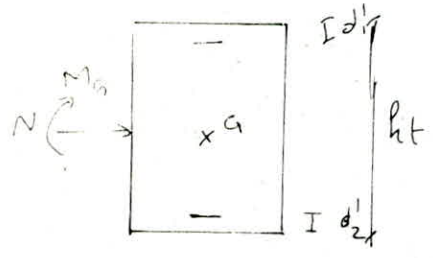
On calculera une section  $A_{fs}$  sous Mb. la section d'acier sous la flexion composée sera :  $A_{fc} = A_{fs} - \frac{N}{\sigma_a}$  ( $N < 0$  si on a une traction)

\*  $\sigma'_b > \bar{\sigma}'_b \rightarrow$  les armatures comprimées sont nécessaires, on calculera les sections d'acier  $A'_{fs}$  et  $A_{fs}$  sous Mb. Les sections sous la flexion composée seront

$$A'_{fc} = A'_{fs} \quad A_{fc} = A_{fs} - \frac{N}{\sigma_a}$$

( $N < 0 \rightarrow$  traction)

2° - Section entièrement comprimée ( $e_0 \leq e_1$ ) (formules données par Charon exercices P41), on ferraillera symétriquement



$$s' = \frac{d_1}{ht} = \frac{d_2}{ht}$$

$$\rho = \frac{\bar{\sigma}'_b \cdot b \cdot ht}{N}, \quad \beta = \frac{6 M_G}{N' \cdot ht}$$

$$C = 0,27(1 - 2s')^2 \cdot \rho$$

$$D = 0,30(\rho - \beta) - 0,9(1 - \rho)(1 - 2s')^2$$

$$E = -(1 + \beta - \rho), \quad \bar{w}' = \frac{-D + \sqrt{D^2 - 4EC}}{2C} \rightarrow \boxed{A = A' = \bar{w}' \frac{b \cdot ht}{100}}$$

3° - Section en Compression simple:

la section d'armatures longitudinales doit vérifier les 3 conditions.

- Section théorique :  $A_L \geq \frac{1}{\eta} \left( \frac{N}{\sigma'_{b0}} - B \right)$ ; B : section du béton.
- Condition de sécurité :  $A_L \leq \frac{B}{20} \left( \frac{A_L}{B} \leq 5\% \rightarrow$  CCA 62.32-26)
- $A_L \geq \frac{1,25}{1000} \cdot \theta_1 \theta_2 \theta_3 \cdot \frac{N}{\sigma'_{b0}}$

où  $\theta_1$  : Coeff. qui tient compte de l'excentricité de la charge

$\theta_1 = 1,8 \rightarrow$  poteau d'angle

$\theta_1 = 1,4 \rightarrow$  poteau de rive



$\theta_1 = 1 \rightarrow$  pour autres poteaux

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

$l_c$ : longueur de

$a$ : plus petite dimension transversale

$c$ : enrobage des aciers

longitudinaux.

$$\theta_3 = 1 + \frac{2160}{\sigma_{en}} \text{ (dépend de la nuance des aciers longitudinaux)}$$

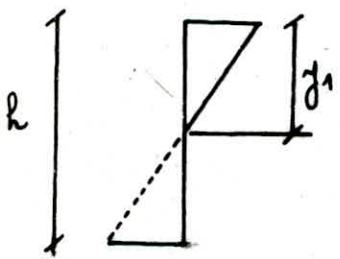
4° - Pourcentage minimal d'armatures

$$A_L / B = W_L \gg \frac{1,25}{1000} \theta_1 \theta_2 \theta_3 \frac{\sigma'_m}{\sigma'_{b_0}}, \theta_1, \theta_2, \theta_3 \text{ définies ci-dessus}$$

$\sigma'_m$ : Contrainte moyenne de compression de la pièce sous les sollicitations du 1<sup>er</sup> genre sur la section du béton seul.

$$\sigma'_m = \frac{N}{B}$$

pour les sections partiellement comprimées,  $\sigma'_m$  sera déterminé en considérant le diagramme de "NAVIER"



$$\gamma_1 = \frac{h \cdot \sigma'_b}{\sigma'_b + \frac{\sigma'_a}{n}}$$

$$B = b \cdot \gamma_1$$

$$\sigma'_m = N / b \gamma_1$$

5° - flambement des poteaux

\* longueur de flambement: pour les bâtiments à étages multiples (contreventé par ossature auto-stable) la longueur de flambement est en fonction de la hauteur du poteau et de la liaison aux extrémités. tous les poteaux:  $l_c = 0,7 l_0$

o Vérification du flambement

poteau (45 x 45)  $\rightarrow \frac{l_c}{a} = \frac{0,7 \times 3,30 \times 10^2}{45} = 5,13 < 14,4$

poteau (25 x 70)  $\rightarrow \frac{l_c}{a} = \frac{0,7 \times 330}{25} = 9,24 < 14,4$

$\rightarrow$  on ne tient pas compte du flambement (C.C.BA 32.31).

POT: C2, D2;

$e_1 = 0,075$

Sens	niv	SP1					SP2					SP2					SP2				
		N	M	$e_0$	roll	$\bar{\sigma}_b'$	$N^{max}$	$M^{form}$	$e_0$	roll	$\bar{\sigma}_b'$	$N^{max}$	$M^{max}$	$e_0$	roll	$\bar{\sigma}_b'$	$N^{max}$	$M^{max}$	$e_0$	roll	$\bar{\sigma}_b'$
Longitudinal	4	7,152	0	0	E.C	68,5	7,042	4,326	0,61	P.C	205,5	5,168	2,95	0,57	P.C	205,5	7,042	4,326	0,61	P.C	205,5
	3	14,132	0	0	E.C	68,5	13,832	7,547	0,55	P.C	205,5	9,824	5,577	0,57	P.C	205,5	13,832	7,547	0,55	P.C	205,5
	2	21,112	0	0	E.C	68,5	20,622	9,464	0,46	P.C	205,5	14,48	7,887	0,54	P.C	205,5	20,622	9,464	0,46	P.C	205,5
	1	28,092	0	0	E.C	68,5	27,412	7,634	0,28	P.C	205,5	19,136	6,862	0,33	P.C	205,5	27,412	7,634	0,28	P.C	205,5
Trans	4	19,17	0,802	0,042	E.C	78,96	18,886	4,188	0,22	P.C	205,5	19,96	4,166	0,32	P.C	205,5	18,886	6,378	0,34	P.C	205,5
	3	38,654	0,72	0,019	E.C	73,23	38,034	8,162	0,21	P.C	205,5	29,953	7,588	0,25	P.C	205,5	36,686	10,31	0,28	P.C	205,5
	2	58,021	0,678	0,012	E.C	71,49	57,235	13,084	0,23	P.C	205,5	34,26	10,77	0,31	P.C	205,5	57,235	13,084	0,23	P.C	205,5
	1	77,407	1,218	0,016	E.C	72,48	76,658	16,092	0,21	P.C	205,5	38,394	11,691	0,30	P.C	205,5	76,658	16,092	0,21	P.C	205,5

Sens long.  $e_1 = 0,075$

poten E2

POT	niv	SP1					SP2					SP2					SP2				
		N	M	$e_0$	roll	$\bar{\sigma}_b'$	$N^{max}$	$M^{form}$	$e_0$	roll	$\bar{\sigma}_b'$	$N^{max}$	$M^{max}$	$e_0$	roll	$\bar{\sigma}_b'$	$N^{max}$	$M^{max}$	$e_0$	roll	$\bar{\sigma}_b'$
E2; E3	4	4,943	0,103	0,021	E.C	73,73	4,726	4,284	0,86	P.C	205,5	3,177	3,649	1,15	P.C	205,5	4,516	4,368	0,97	P.C	205,5
	3	10,057	0,115	0,011	E.C	71,24	9,89	7,432	0,75	P.C	205,5	6,535	6,381	0,98	P.C	205,5	9,638	7,662	0,79	P.C	205,5
	2	15,721	0,01	0	E.C	68,5	14,875	9,454	0,64	P.C	205,5	9,974	7,879	0,79	P.C	205,5	15,609	6,474	0,61	P.C	205,5
	1	21,385	0,17	0,007	E.C	70,51	19,811	7,794	0,39	P.C	205,5	13,162	6,45	0,42	P.C	205,5	19,811	7,794	0,39	P.C	205,5
B2; B3	4	6,532	0,019	0,003	E.C	69,25	6,629	4,304	0,65	P.C	205,5	4,532	3,633	0,80	P.C	205,5	6,217	4,348	0,7	P.C	205,5
	3	12,796	0	0	E.C	68,5	13,122	7,547	0,58	P.C	205,5	8,306	6,289	0,76	P.C	205,5	11,88	7,547	0,64	P.C	205,5
	2	19,09	0	0	E.C	68,5	19,802	9,464	0,48	P.C	205,5	11,773	7,887	0,66	P.C	205,5	17,416	9,464	0,34	P.C	205,5
	1	25,384	0,011	0,0	E.C	68,5	26,472	7,649	0,29	P.C	205,5	15,649	6,334	0,40	P.C	205,5	26,472	7,649	0,29	P.C	205,5

Poteau, C<sub>3</sub>, D<sub>3</sub>

niv	S P <sub>1</sub>					S P <sub>2</sub>					S P <sub>2</sub>					S P <sub>2</sub>				
	N	M	e <sub>0</sub>	all	$\bar{\sigma}_b^{-1}$	N	M	e <sub>0</sub>	all	$\bar{\sigma}_b^{-1}$	N	M	e <sub>0</sub>	all	$\bar{\sigma}_b^{-1}$	N	M	e <sub>0</sub>	all	$\bar{\sigma}_b^{-1}$
4	19,326	0,802	0,04	EC	78,46	12,96	5,359	0,42	PC	205,5	18,886	4,888	0,26	PC	205,5	18,526	6,378	0,34	PC	205,5
3	38,66	0,72	0,02	EC	73,48	27,73	8,449	0,28	PC	205,5	38,034	10,31	0,27	PC	205,5	36,686	8,93	0,24	PC	205,5
2	58,046	0,678	0,012	EC	71,49	34,101	10,77	0,32	PC	205,5	57,235	13,084	0,23	PC	205,5	54,605	13,084	0,24	PC	205,5
1	80,012	1,218	0,015	EC	72,24	40,824	13,179	0,32	PC	205,5	78,824	13,752	0,17	PC	205,5	70,136	16,092	0,23	PC	205,5

Calcul des armatures longitudinales

Armatures min sous (S P<sub>1</sub>)

$\sigma_2 = 2,32; \sigma_3 = 1,52$

Deux transversal

section entièrement comprimée

pot	pot	C <sub>2</sub> , D <sub>2</sub> , E <sub>2</sub>			C <sub>3</sub> , D <sub>3</sub> , E <sub>3</sub>			
niv	4	3	2	1	4	3	2	1
N	19,170	38,654	58,021	77,407	19,326	38,66	58,046	80,012
$\theta_1$	1	1	1	1	1	1	1	1
A <sub>min</sub>	1,23	2,49	3,73	4,98	1,24	2,49	3,74	5,15

$\sigma_2 = 2,32, \sigma_3 = 1,52$

Deux longitudinal

section entièrement comprimée

pot	C <sub>2</sub> , D <sub>2</sub>		C <sub>3</sub> , D <sub>3</sub>		E <sub>2</sub> , E <sub>3</sub>			
niv	4	3	2	1	4	3	2	1
N	7,152	14,132	21,112	28,092	4,843	10,057	15,721	21,385
$\theta_1$	1	1	1	1	1	1	1	1
A <sub>min</sub>	0,46	0,91	1,36	1,81	0,31	0,65	1,01	1,38

Sous site

Soll	$(N^{max}, M^{corr})$								$(N^{min} et M^{corr})$							
	long				trans				long				trans			
dens	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
N	7,042	13,832	20,622	27,412	18,886	38,034	57,235	76,658	5,168	9,824	14,48	19,136	12,96	27,95	34,26	38,38
M	4,326	7,547	9,464	7,634	4,188	8,162	13,084	16,092	2,95	5,577	7,885	6,362	4,166	2,588	10,774	11,691
co	0,161	0,55	0,46	0,28	0,22	0,21	0,23	0,21	0,57	0,57	0,54	0,33	0,32	0,25	0,31	0,31
$\sigma_b^{-1}$	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	198,7	205,5	198,7	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5
f	0,805	0,745	0,66	0,48	0,42	0,41	0,43	0,41	0,77	0,77	0,74	0,53	0,52	0,45	0,51	0,50
Mf	5,70	10,37	13,61	13,16	7,93	15,59	24,61	31,43	3,98	0,0179	10,72	10,14	6,74	13,48	17,47	19,19
$\mu$	0,0256	0,0467	0,0612	0,0592	0,0357	0,0701	0,1107	0,1414	0,0179	0,0340	0,0482	0,0456	0,0270	0,0539	0,0699	0,0768
K	57,0	39,8	33,8	34,5	46,8	31,05	23,1	19,6	70,0	48,2	39,0	40,4	55,0	36,6	31,1	29,3
E	0,9306	0,9088	0,8975	0,8990	0,9191	0,8914	0,8688	0,8555	0,9412	0,9209	0,9074	0,9098	0,9286	0,9031	0,8916	0,8871
$\sigma_b$	73,68	105,53	124,26	121,74	89,74	135,266	181,828	214,29	60,0	87,14	107,69	103,96	76,36	114,75	135,102	143,34
K	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	21,14	20,44	21,14	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44
d								0,4151								
E								0,8617								
$\mu$								0,1788								
y1								17,43								
$\sigma_a$								2467,5								
$\pi_1$								28,20								
$\Delta \pi$								323								
A'	0	0	0	0	0	0	0	3,36								
Af <sub>d</sub>	3,47	6,47	8,60	8,3	4,89	9,92	16,06	20,68	2,40	4,66	6,70	6,32	4,12	8,46	11,11	12,27
Afc	1,80	3,18	3,69	1,97	0,40	0,86	2,43	2,43	1,17	2,32	3,25	1,76	1,03	1,33	2,95	3,13

Arm long potesw E<sub>2</sub> (Sow sp<sub>2</sub>)

Soll	(N <sub>max</sub> , M <sub>corr</sub> )								(N <sub>min</sub> et M <sub>corr</sub> )							
	long				trans				long				trans			
Sono	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
N	4,286	9,89	14,875	19,911	18,886	38,034	57,235	79,658	3,177	6,535	9,974	13,162	12,96	29,953	34,26	38,384
M	4,284	7,432	9,454	7,794	4,1990	8,162	13,084	16,092	3,649	6,381	7,879	6,45	4,166	7,588	10,77	11,691
e <sub>0</sub>	0,86	0,75	0,64	0,39	0,22	0,21	0,23	0,21	1,15	0,98	0,79	0,42	0,32	0,25	0,31	0,30
σ <sub>b</sub> <sup>-1</sup>	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	198,7	205,5	198,7	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5
f	1,06	0,95	0,84	0,59	0,42	0,41	0,43	0,41	1,35	1,18	0,99	0,62	0,52	0,45	0,51	0,50
n <sub>b</sub>	5,253	9,396	12,499	11,698	7,932	15,594	24,611	31,430	4,289	7,711	9,874	8,160	6,739	13,479	17,473	19,192
μ	0,0236	0,0423	0,0562	0,0526	0,0357	0,0701	0,1107	0,1414	0,0193	0,0347	0,0444	0,0367	0,0270	0,0539	0,0699	0,0768
K	59,5	42,4	35,6	37,1	46,8	31,05	23,1	19,6	67	47,6	41,1	46	55,0	36,6	31,1	29,3
E	0,9329	0,9129	0,9012	0,9038	0,9191	0,8914	0,8688	0,8555	0,939	0,9201	0,9108	0,918	0,9286	0,9031	0,8915	0,8871
σ <sub>b</sub>	70,59	99,06	117,97	113,21	89,74	135,266	181,828	214,29	62,69	98,24	102,19	91,30	76,36	114,75	135,02	143,74
K̄	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	21,14	20,44	21,14	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44
α								0,4151								
E								0,8617								
μ'								0,1788								
γ <sub>1</sub>								17,43								
σ <sub>a</sub>								2467,5								
n <sub>1</sub>								28,20								
Δ n								3,23								
A'	0	0	0	0	0	0	0	3,36	0	0	0	0	0	0	0	0
A <sub>80</sub>	3,19	5,86	7,84	7,33	4,89	9,92	16,26	20,68	2,59	4,75	6,15	5,04	4,12	8,46	11,11	12,27
A <sub>80</sub>	2,01	3,51	4,32	2,6	0,40	0,86	2,43	2,43	1,83	3,19	3,78	1,91	1,03	1,33	2,95	3,13

Soil	(N <sup>max</sup> , M <sup>corr</sup> )								(N <sup>min</sup> et M <sup>corr</sup> )							
	long				trans				long				trans			
Sens	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
N	7,042	13,832	20,622	27,412	18,986	38,034	57,235	78,824	5,168	9,824	14,48	19,136	12,96	29,773	34,101	40,824
M	4,326	7,547	9,464	7,634	4,888	10,31	13,084	13,752	2,95	5,577	7,885	6,362	5,399	8,449	10,77	13,179
Co	0,61	0,55	0,46	0,28	0,26	0,27	0,23	0,17	0,57	0,57	0,54	0,33	0,42	0,28	0,32	0,32
$\bar{\sigma}'_b$	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	180,4	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5
f	0,81	0,745	0,66	0,48	0,42	0,41	0,43	0,42	0,77	0,77	0,74	0,53	0,52	0,45	0,51	0,50
M <sub>f</sub>	5,70	10,37	13,61	13,16	7,93	15,59	24,61	32,32	3,98	7,56	10,72	10,14	6,74	13,40	17,39	20,41
$\mu$	0,0256	0,0467	0,0612	0,0592	0,0357	0,0701	0,1107	0,1454	0,0179	0,0340	0,0482	0,0456	0,0270	0,0539	0,0696	0,0817
K	57,0	39,8	37,8	34,5	46,8	31,05	23,1	19,3	70	41,2	39,0	40,4	55,0	36,6	31,2	28,2
E	0,9306	0,9098	0,8975	0,8990	0,9191	0,8914	0,8688	0,8542	0,9412	0,9209	0,9074	0,9098	0,9286	0,9031	0,8918	0,8843
$\bar{\sigma}'_a$	73,68	105,53	124,26	121,74	89,74	135,266	181,828	217,62	60,0	87,14	107,69	103,96	76,36	114,75	134,6	148,94
$\bar{K}$	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	23,28	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44
$\alpha$								0,3920								
E								0,8675								
$\mu'$								0,1703								
$y_1$								16,46								
$\bar{\sigma}'_a$								2212,80								
M <sub>1</sub>								24,39								
$\delta \Pi$								7,93								
A'	0	0	0	0	0	0	0	9,19	0	0	0	0	0	0	0	0
	3,47	6,47	8,60	8,30	4,89	9,91	16,06	21,07	2,40	4,66	6,70	6,32	4,11	8,61	11,05	13,08
		3,18	3,69	1,77	0,39	0,85	2,43	2,30	1,17	2,32	3,25	1,76	1,02	1,32	2,93	3,36

poteaux B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>

$e_1 = 0,117$

Sens	S P <sub>1</sub>						S P <sub>2</sub>						S P <sub>2</sub>						S P <sub>2</sub>					
	N <sub>2V</sub>	N	M	e <sub>0</sub>	Soll	$\sigma^{-1}_b$	N <sub>max</sub>	$\eta^{G_{20}}$	e <sub>0</sub>	Soll	$\sigma^{-1}_b$	N <sub>min</sub>	$\eta^{G_{20}}$	e <sub>0</sub>	Soll	$\sigma^{-1}_b$	N <sub>max</sub>	M <sub>max</sub>	e <sub>0</sub>	Soll	$\sigma^{-1}_b$			
longitudinal	4	5,193	0	0	EC	68,5	5,271	5,066	0,96	PC	205,5	3,812	5,066	1,33	PC	205,5	5,193	5,116	0,99	PC	205,5			
	3	14,103	0	0	EC	68,5	14,275	8,523	0,60	PC	205,5	10,565	8,523	0,81	PC	205,5	14,275	8,523	0,60	PC	205,5			
	2	23,02	0	0	EC	68,5	23,46	10,238	0,44	PC	205,5	17,767	10,288	0,58	PC	205,5	23,466	10,338	0,44	PC	205,5			
	1	31,937	0	0	EC	68,5	32,614	7,735	0,24	PC	173,01	24,657	7,735	0,31	PC	193,5	32,614	7,735	0,24	PC	173,01			
transversal	4	11,835	1,332	0,11	EC	89,9	12,479	24,95	0,20	PC	161,3	7,319	2,475	0,34	PC	205,5	10,619	3,176	0,30	PC	19,3			
	3	23,296	1,138	0,05	EC	78,260	25,818	4,123	0,16	PC	149,6	15,812	3,241	0,21	PC	164,22	19,282	4,163	0,22	PC	167,0			
	2	34,874	1,123	0,03	EC	74,35	40,463	5,254	0,13	PC	141,0	15,749	4,159	0,26	PC	178,86	26,824	5,286	0,20	PC	161,3			
	1	46,452	1,416	0,03	EC	74,35	55,622	6,005	0,11	PC	135	15,259	3,823	0,25	PC	175,9	55,622	6,005	0,11	PC	135,0			

$e = 0,075$

poteaux B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>

Sens	S P <sub>1</sub>						S P <sub>2</sub>						S P <sub>2</sub>						S P <sub>2</sub>					
	N <sub>2V</sub>	N	M	e <sub>0</sub>	Soll	$\sigma^{-1}_b$	N <sub>max</sub>	$\eta^{G_{20}}$	e <sub>0</sub>	Soll	$\sigma^{-1}_b$	N <sub>min</sub>	$\eta^{G_{20}}$	e <sub>0</sub>	Soll	$\sigma^{-1}_b$	N <sub>max</sub>	M <sub>max</sub>	e <sub>0</sub>	Soll	$\sigma^{-1}_b$			
long	4	5,404	0,129	0,02	EC	74,59	6,432	2,532	0,39	PC	205,5	3,144	2,651	0,84	PC	205,5	4,262	2,806	0,66	PC	205,5			
	3	10,594	0,16	0,02	EC	74,59	13,641	2,562	0,19	PC	189,52	5,062	2,09	0,41	PC	205,5	13,641	2,562	0,19	PC	189,52			
	2	15,314	0,16	0,01	EC	71,54	21,054	3,354	0,16	PC	175,82	6,108	275	0,45	PC	205,5	21,054	3,354	0,16	PC	175,82			
	1	20,044	0,16	0,01	EC	71,54	28,328	2,369	0,08	PC	139,28	7,27	2,039	0,28	PC	205,5	11,236	2,51	0,22	PC	205,5			
trans	4	10,25	1,092	0,11	PC	102	10,065	5,427	0,54	PC	205,5	6,505	5,049	0,78	PC	205,5	9,841	6,887	0,70	PC	205,5			
	3	26,28	0,882	0,03	EC	77,63	24,227	9,631	0,34	PC	205,5	14,928	9,121	0,61	PC	205,5	23,758	10,581	0,45	PC	205,5			
	2	39,859	0,7	0,02	EC	74,59	38,365	12,761	0,32	PC	205,5	23,146	12,701	0,55	PC	205,5	39,213	12,841	0,34	PC	205,5			
	1	53,438	1,284	0,02	EC	74,59	53,183	31,124	0,59	PC	205,5	30,492	32,710	1,07	PC	205,5	53,183	32,944	0,62	PC	205,5			

\* Armatures min sans (S p<sub>i</sub>) Calcul des armatures long  
 $\theta_3 = 1,52$

\* section E - c

Pot	F <sub>1</sub>		A <sub>1</sub>			B <sub>1</sub> , C <sub>1</sub> , D <sub>1</sub> , E <sub>1</sub>						B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>							
	Trans		Trans		long	Trans			long			Trans			long				
niv	2	1	2	1	1	3	2	1	4	3	2	1	3	2	1	4	3	2	1
N	21,715	29,575	21,715	29,575	10,241	23,296	34,874	46,452	5,193	14,103	23,02	31,937	26,88	39,859	53,438	5,404	10,586	15,314	20,044
$\theta_1$	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,4	1,4	1,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$\theta_2$	2,32	2,32	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
A <sub>min</sub>	2,539	3,458	3,79	5,16	2,84	3,16	4,73	6,30	0,50	1,37	2,23	3,09	1,71	2,59	3,47	0,35	0,69	0,99	1,30

\* section P - c

Pot	B <sub>1</sub> , C <sub>1</sub> , D <sub>1</sub> , E <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>		F <sub>1</sub>						A <sub>1</sub>				
	Trans	Trans	Trans		long				Trans		long		
niv	4	4	4	3	4	3	2	1	4	3	4	3	2
N	11,835	10,25	5,995	13,555	2,805	7,52	12,221	16,922	5,995	13,855	2,732	7,34	11,802
$\alpha$		0,352	0,423	0,359	0,423	0,304	0,291	0,339	0,401	0,330	0,423	0,348	0,318
$y_1 = \alpha R$		14,826	17,766	15,078	17,766	12,768	12,222	14,238	26,867	22,11	28,341	23,316	21,306
$\sum_{i=1}^n m_i$	EC	15,84	7,50	20,42	3,51	13,09	22,22	26,41	8,93	25,07	3,86	12,59	22,16
$\theta_1$	1,4	1	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
$\theta_2$	3,46	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46
	1,59	2,06	1,76	4,79	0,82	3,07	5,20	6,19	2,70	7,57	1,17	3,80	6,69



S <sub>id</sub>	(N <sup>max</sup> , M <sup>corr</sup> )								(N <sup>min</sup> et M <sup>corr</sup> )							
	long				trans				long				trans			
Sens	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
N	5,271	14,279	24,466	32,614	12,479	25,818	40,463	55,622	3,812	10,569	17,767	24,659	7,319	15,812	15,749	15,259
M	5,066	8,523	10,288	7,735	2,495	4,123	4,254	6,005	5,066	8,523	10,288	7,735	2,475	3,241	4,159	3,823
e <sub>0</sub>	0,96	0,60	0,44	0,24	0,20	0,16	0,13	0,11	1,33	0,81	0,58	0,31	0,34	0,21	0,26	0,25
T <sub>b</sub>	205,5	205,5	205,5	173,01	161,3	149,6	141,0	135	205,5	205,5	205,5	193,5	205,5	164,22	178,86	175,9
f	1,28	0,92	0,76	0,56	0,52	0,18	0,45	0,43	1,65	1,23	0,90	0,63	0,66	0,53	0,58	0,57
M <sub>f</sub>	6,75	13,13	17,83	18,26	6,49	4,65	18,21	23,92	6,29	13,0	15,99	15,53	4,83	8,38	9,13	8,70
u	0,0215	0,0418	0,0567	0,058	0,0207	0,0148	0,0579	0,0761	0,02	0,044	0,0509	0,0494	0,0154	0,0267	0,0291	0,0277
k	63	42,7	35,4	34,9	64	77,5	35,0	29,5	65,5	628	37,9	38,6	76	55,5	52,5	54,5
E	0,9359	0,9132	0,9008	0,8998	0,9367	0,9460	0,9000	0,8876	0,9379	0,9135	0,9053	0,9067	0,9451	0,9286	0,9259	0,9281
T <sub>a</sub>	66,67	98,36	118,64	120,3	65,63	54,19	120	142,4	64,12	98,13	110,82	108,81	55,26	75,68	80	77,06
K	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44
α																
E																
u'																
y <sub>1</sub>																
T <sub>a</sub>																
M <sub>1</sub>																
Δπ																
A <sub>1</sub>																
A <sub>f</sub>	4,08	8,15	11,22	11,50	3,93	2,79	11,47	15,28	3,80	8,07	10,01	9,71	2,9	5,12	5,59	5,31
A <sub>f</sub> s	2,83	4,75	5,63	3,73	0,96	≤ 0,11	1,84	2,04	2,89	5,55	5,78	3,84	1,16	1,36	1,84	1,68

Soll	$(N^{max}, M^{all})$								$(N^{min}, n^{all})$							
	long				trans				long				trans			
NiV	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
N	3,97	11,904	19,431	27,051	5,372	17,406	29,045	41,943	0,9484	1,983	2,153	2,565	3,072	5,677	7,014	7,092
M	2,617	5,194	7,412	7,034	2,991	5,48	7,537	11,556	4,523	6,625	7,186	3,65	4,075	5,902	7,053	7,394
$e_0$	0,66	0,48	0,38	0,26	0,56	0,31	0,25	0,28	4,77	3,34	3,34	1,42	1,33	1,04	1,01	1,04
$\bar{J}_b$	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
$\beta$	0,98	0,70	0,60	0,58	0,78	0,63	0,58	0,60	5,09	3,66	3,66	1,74	1,65	1,36	1,33	1,36
$M_y$	3,89	8,33	11,66	15,69	4,19	10,97	16,85	25,17	4,83	7,26	7,88	4,46	5,07	7,72	9,33	9,65
$\mu$	0,0124	0,0265	0,037	0,0499	0,0133	0,0349	0,0536	0,0801	0,0154	0,0231	0,0251	0,0142	0,0161	0,0246	0,0297	0,0307
k	85,5	55,5	45,8	38,4	82,5	47,6	36,6	28,4	76,0	60	57,5	79,5	74,0	58	52,0	51
$\epsilon$	0,9502	0,9291	0,9178	0,9044	0,9487	0,9201	0,9035	0,8848	0,9451	0,9334	0,9310	0,9471	0,9438	0,9315	0,9254	0,9242
$\bar{J}_b$	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44
K																
$\alpha$																
$\epsilon$																
$M'$																
$y_1$																
$\sigma_b$																
$M_1$																
DM																
A'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Af_0$	1,45	3,19	4,51	6,15	1,57	4,24	6,63	10,11	1,52	2,77	3,01	1,67	1,91	2,95	3,57	3,73
$Af_c$	0,51	0,35	<0	<0	0,29	0,09	<0	0,12	1,59	2,30	2,50	1,06	1,18	1,60	1,90	2,04

Poteau. C<sub>2</sub>, D<sub>2</sub>

niv	S P <sub>1</sub>			S P <sub>2</sub>		A min (RDA)	A Max (RDA)	A adapté	ferrailage	
	A min long	A min trans	A min total	A=A' long	A=A' trans				long	trans
4	0,46	1,23	1,69	1,70	1,03	20,25	81	22,23	2(2T14+2T16)	2(4T16)
3	0,91	2,49	3,40	3,18	1,33	20,25	81	22,23	2(2T14+2T16)	2(4T16)
2	1,36	3,73	5,09	3,69	2,95	20,25	81	22,23	2(2T14+2T16)	2(4T16)
1	1,81	4,98	6,79	4,77	3,36	20,25	81	22,23	2(2T14+2T16)	2(4T16)

Poteau C<sub>3</sub>, D<sub>3</sub>

niv	S P <sub>1</sub>			S P <sub>2</sub>		A min (RDA)	A max (RDA)	A adapté	ferrailage	
	A min long	A min trans	A min total	A=A' long	A=A' trans				long	trans
4	0,46	1,24	1,70	1,80	1,02	20,25	81	22,23	2(2T14+2T16)	2(4T16)
3	0,91	2,49	3,40	3,18	1,32	20,25	81	22,23	2(2T14+2T16)	2(4T16)
2	1,36	3,74	5,10	3,69	2,93	20,25	81	22,23	2(2T14+2T16)	2(4T16)
1	1,81	5,15	6,96	4,77	3,19	20,25	81	22,23	2(2T14+2T16)	2(4T16)

Poteau. E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>

niv	S P <sub>1</sub>			S P <sub>2</sub>		A min (RDA)	A max (RDA)	A adapté	ferrailage	
	A min long	A min trans	A min total	A=A' long	A=A' trans				long	trans
4	0,31	1,24	1,55	2,01	1,03	20,25	81	22,23	2(2T14+2T16)	2(4T16)
3	0,65	2,49	3,14	3,51	1,33	20,25	81	22,23	2(2T14+2T16)	2(4T16)
2	1,01	3,74	4,75	4,32	2,95	20,25	81	22,23	2(2T14+2T16)	2(4T16)
1	1,38	5,15	6,53	2,61	3,36	20,25	81	22,23	2(2T14+2T16)	2(4T16)

$e_1 = 0,075$  potreau F1

Sens	SP1					SP2					SP2					SP2								
	Niv	N	M	Co	Soll	$\bar{V}_b^{-1}$	N <sub>max</sub>	M <sub>max</sub>	Co	Soll	$\bar{V}_b^{-1}$	N <sub>min</sub>	M <sub>min</sub>	N <sub>max</sub>	Co	Soll	$\bar{V}_b^{-1}$	N <sub>min</sub>	M <sub>min</sub>	Co	Soll	$\bar{V}_b^{-1}$		
long	4	4,995	1,1750	0,29	Pc	137	5,372	2,991	0,56	Pc	205,5	3,02	4,075	1,33	Pc	205,5	4,725	4,558	0,96	Pc	205,5			
	3	13,855	1,648	0,119	Pc	104,73	17,406	5,48	0,31	Pc	205,5	5,677	5,902	1,04	Pc	205,5	9,664	6,376	0,66	Pc	205,5			
	2	21,715	1,022	0,070	Ec	89,81	29,066	7,537	0,26	Pc	205,5	7,104	7,104	1,01	Pc	205,5	29,066	7,537	0,26	Pc	205,5			
	1	29,575	1,622	0,05	Ec	89,72	41,943	11,556	0,28	Pc	205,5	7,1092	7,394	1,04	Pc	205,5	41,943	11,556	0,28	Pc	205,5			
trans	4	2,805	0,900	0,32	Pc	13,7	3,809	3,307	0,87	Pc	205,5	1,244	2,441	1,96	Pc	205,5	3,809	3,307	0,87	Pc	205,5			
	3	7,52	1,010	0,13	Pc	81,69	10,904	5,194	0,48	Pc	205,5	2,632	4,199	1,95	Pc	205,5	10,904	5,194	0,48	Pc	205,5			
	2	12,221	0,97	0,079	Pc	76,52	19,025	6,017	0,32	Pc	205,5	2,973	5,823	1,96	Pc	205,5	19,025	6,017	0,32	Pc	205,5			
	1	16,922	1,46	0,09	Pc	95,90	26,621	3,098	0,12	Pc	205,5	3,839	4,951	1,29	Pc	205,5	7,223	5,243	0,73	Pc	205,5			

$e_1 = 0,117$  potreau A1

Sens	SP1					SP2					SP2					SP2								
	Niv	N	M	Co	Soll	$\bar{V}_b^{-1}$	N <sub>max</sub>	M <sub>max</sub>	Co	Soll	$\bar{V}_b^{-1}$	N <sub>min</sub>	M <sub>min</sub>	N <sub>max</sub>	Co	Soll	$\bar{V}_b^{-1}$	N <sub>min</sub>	M <sub>min</sub>	Co	Soll	$\bar{V}_b^{-1}$		
long	4	2,732	1,08	0,40	Pc	13,7	3,970	2,618	0,66	Pc	205,5	0,948	4,158	1,77	Pc	205,5	1,494	0,578	0,35	Pc	205,5			
	3	7,134	1,18	0,16	Pc	99,73	11,229	4,917	0,44	Pc	205,5	1,973	6,685	3,34	Pc	205,5	7,34	1,13	0,15	Pc	205,5			
	2	11,802	1,13	0,096	Pc	187,24	19,431	7,412	0,38	Pc	205,5	2,153	7,186	3,34	Pc	205,5	11,802	1,13	0,096	Pc	205,5			
	1	16,264	1,18	0,073	Ec	82,75	27,051	7,034	0,26	Pc	205,5	2,565	3,650	1,42	Pc	205,5	16,264	1,18	0,073	Pc	205,5			
trans	4	5,795	1,750	0,29	Pc	125,4	5,372	2,981	0,56	Pc	205,5	3,072	4,075	1,33	Pc	205,5	4,725	4,558	0,96	Pc	205,5			
	3	11,855	1,648	0,112	Pc	91,92	27,406	5,48	0,30	Pc	205,5	5,677	5,902	1,04	Pc	205,5	9,664	6,376	0,66	Pc	205,5			
	2	21,715	1,622	0,075	Ec	83,14	29,066	7,537	0,26	Pc	205,5	7,104	7,104	1,04	Pc	205,5	29,066	7,537	0,26	Pc	205,5			
	1	27,575	1,622	0,05	Ec	78,260	41,943	11,556	0,28	Pc	205,5	7,092	7,394	1,04	Pc	205,5	41,943	11,556	0,28	Pc	205,5			

# Tableaux récapitulatifs du ferrailage des poteaux

Poteau : B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>

Soll	S <sub>p1</sub>			S <sub>p2</sub>		A <sub>min</sub> (RPA)	A <sub>max</sub> (RPA)	Adaptée	Ferrailage	
	A <sub>min</sub> long	A <sub>min</sub> Trans	A <sub>min</sub> Total	A=A' long	A=A' Trans				longitudinal	Transversal
4	0,50	1,59	2,09	2,89	1,16	17,5	70	18,71	2(2T20 + T14)	2(2T20 + T14)
3	1,37	3,16	4,53	5,55	1,36	17,5	70	18,71	2(T20 + T14)	2(2T20 + T14)
2	2,23	4,73	6,96	5,78	1,84	17,5	70	18,71	2(2T20 + T14)	2(2T20 + T14)
1	3,09	6,30	9,39	3,84	2,04	17,5	70	18,71	2(2T20 + T14)	2(2T20 + T14)

poteau A<sub>1</sub>

Soll	S <sub>p1</sub>			S <sub>p2</sub>		A <sub>min</sub> (RPA)	A <sub>max</sub>	Adaptée	Ferrailage	
	A <sub>min</sub> long	A <sub>min</sub> Trans	A <sub>min</sub> Total	A=A' long	A=A' Trans				longitudinal	Transversal
4	1,17	2,70	3,87	1,59	1,18	20,25	70	18,71	2(2T20 + T14)	2(2T20 + T14)
3	3,80	7,57	11,37	2,3	1,6	20,25	70	18,71	2(2T20 + T14)	2(2T20 + T14)
2	6,69	3,79	10,48	2,5	1,9	20,25	70	18,71	2(2T20 + T14)	2(2T20 + T14)
1	2,84	5,16	8	1,06	2,04	20,25	70	18,71	2(2T20 + T14)	2(2T20 + T14)

\* Vérification de la résistance à l'effort tranchant

$$\tau_b = \frac{n T_{\text{calc}}}{b \cdot z} \leq \bar{\tau}_b = 0,15 \sigma_{28} = 0,15 \times 275 = 41,25 \text{ kg/cm}^2$$

T: l'effort tranchant de calcul.

$$z = \frac{7}{8} \cdot h \quad ; \quad b = \text{largeur du poteau}$$

$$n = \begin{cases} 2 & \text{si } d \geq 15 \\ 3 & \text{si } d < 15 \end{cases}$$

avec  $d = \frac{l_c}{i}$  et  $i = \sqrt{\frac{I}{B}}$  (rayon de gyration)

I: moment d'inertie de la section

B: surface de la section.

Remarque: l'effort tranchant T a été choisi comme suit:

$$T = \max(T_l^{\text{max}}, T_t^{\text{max}})$$

$T_l^{\text{max}}$  = effort longitudinal max pour tous les niveaux.

$T_t^{\text{max}}$  = effort transversal max " " " "

Poteau	$l_c$ (m)	I (m <sup>4</sup> )	B (m <sup>2</sup> )	i	d	n	T (t)	z (cm)	$\tau_b$ kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{\tau}_b$ kg/cm <sup>2</sup>
B2	2,31	341,73.10 <sup>5</sup>	0,2025	0,130	17,77	2	11,005	36,75	13,310	41,25
B1	2,31	714,58.10 <sup>5</sup>	0,175	0,202	11,43	3	13,035	58,63	26,68	41,25

$\tau_b < \bar{\tau}_b$  Condition vérifiée.

\* Espacement des armatures transversales.

Espacement admissible  $\bar{e} \leq \min(10 \phi_{l \text{ min}}, 15 \text{ cm})$  Zone nodale.

$\bar{e} \leq 12 \phi_{l \text{ min}}$  → Zone courante.

- l'espacement théorique des armatures est:  $e = \frac{A_t \cdot 3 \bar{\sigma}_a}{T_c}$

- la largeur de recouvrement doit être  $l_d = \begin{cases} \geq 50 \phi_l \\ \frac{\phi_l \cdot \bar{\sigma}_a}{4 \cdot \bar{\tau}_b} \end{cases}$

$$\frac{\phi_l \cdot 2800}{4 \cdot 1,25 \times \psi_s \cdot \bar{\tau}_b} = 42,17 \phi_l \rightarrow \text{donc on prend } l_d \geq 50 \phi_l$$

$A_t = 0,004 \cdot e \cdot b$ ; b: largeur du poteau.

Poteau	A <sub>t</sub>	nT	e calculé	zone courante		zone nodale	
				E (cm)	e adopté	E (cm)	e adopté
B2	2,01 cm <sup>2</sup>	22,010	14	16,8	12	14	10
B1	2,01	33,045	12	16,8	12	14	10

Prescription du RPA 81/83

Art 4.2.3.1.2.

$$\frac{A_t}{e} = \frac{1,25 T}{n \cdot \bar{\sigma}_a}$$

Pour tous les niveaux:  $A_t \geq 2,01$  (1 cadre + 1 tige)

# FONDATION

• Contrainte admissible du sol:

le rapport de sol nous donne:

$$\varphi = 7^\circ \Rightarrow N_c = 7,262$$

$$N_q = 1,932$$

$$N_\gamma = 0$$

$$c = 0,350 \text{ (Cohesion)}, \quad D = 1,5 \text{ m}$$

$$\gamma_h = 1,9 \text{ t/m}^3 = 0,19 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{m}$$

• La contrainte admissible:

$$\bar{\sigma}_s = \frac{\gamma_r \cdot D + \rho \cdot \gamma_r \cdot N_\gamma + \gamma_h \cdot D (N_q - 1) + 1,3 \cdot c \cdot N_c}{F}; \quad F = 3 \text{ à } 4$$

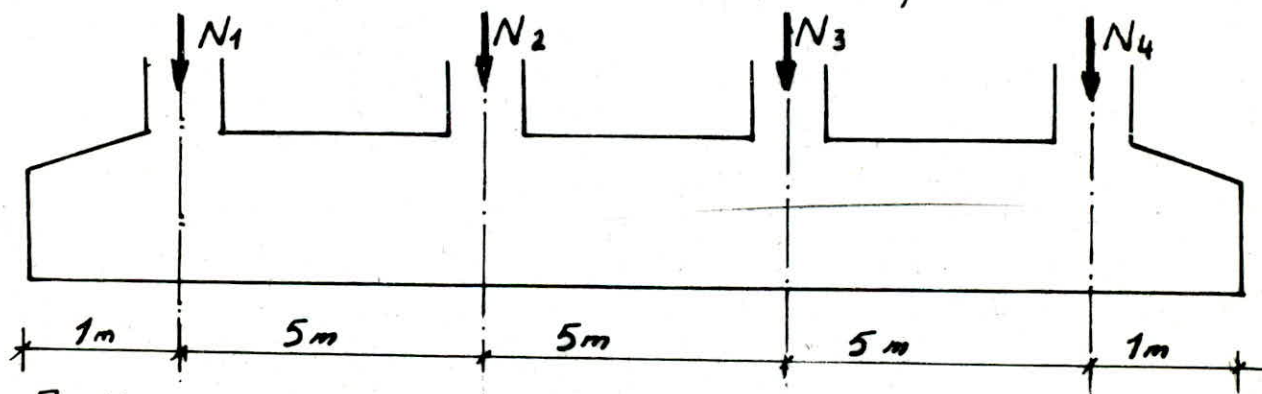
Coefficient de sécurité.

$$\bar{\sigma}_s = 0,19 \cdot 1,5 + \frac{0,19 \times 1,5 \times (1,932 - 1) + 1,3 \times 0,350 \times 7,262}{4}$$

$$\bar{\sigma}_s = 1,18 \text{ bars} \Rightarrow \bar{\sigma}_s = 1,2 \text{ kg/cm}^2$$

si je prend  $F = 3,5$  j'aurais  $\bar{\sigma}_s = 1,31 \text{ bars}$ .

• Type de fondation: - Semelles filantes rigides sous quatre poteaux dans le sens transversal à une profondeur de 1,50 m.



$$R = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$$

$$\left. \begin{array}{l} N_1 = 46,452 \text{ t} \\ N_2 = 77,407 \text{ t} \\ N_3 = 80,012 \text{ t} \\ N_4 = 46,452 \text{ t} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

sous SP1:  $R = 250,323 \text{ t}$

$$S = B \cdot L \geq R / \bar{\sigma}_s \Rightarrow B \geq \frac{R}{\bar{\sigma}_s \cdot L}$$

$$\Rightarrow B \geq 147,25 \text{ cm on prend: } B = 2 \text{ m.}$$

•  $h_t = (\frac{l}{6} \div \frac{l}{9})$  on prend  $h_t = 80 \text{ cm}$ ;  $d = 5 \text{ cm}$ ;  $\Rightarrow h = 75 \text{ cm}$ .

•  $e \geq 6\phi + 6 \text{ cm}$  avec  $\phi 16 \Rightarrow e \geq 15,6 \text{ cm} \rightarrow$  on prend  $e = 20 \text{ cm}$ .

$$x = 2,48 \Rightarrow M_{max} = 55,11 \text{ t.m.}$$

$$p \frac{d^2 M(x)}{dx^2} = q \frac{d}{dx} + \frac{M_w - M_e}{L} = 9 \frac{d}{dx} + \frac{M_w - M_e}{L} = 0 \Rightarrow x = \frac{L}{2} + \frac{M_w - M_e}{9L}$$



$$T = \pm q \frac{x}{L} + \frac{M_w - M_e}{L}$$

$$M(x) = q \cdot \frac{x}{L} \cdot x + \frac{M_w - M_e}{L} x - q \frac{x^2}{2} - M_w$$

$$5M_0 + 20M_2 + 5M_2 = -267,5 \quad \text{et} \quad M_1 = M_2 = -12,84 \text{ t.m.}$$

On calcule les moments aux appuis par l'équation des trois moments.



$$\left. \begin{aligned} &8 = 2,00 \text{ m} \\ &G_m = 10,70 \text{ t/m}^2 \\ &q = G_m \cdot B = 21,4 \text{ t/ml.} \end{aligned} \right\}$$

• Détermination des efforts:

se fait sous SP1.

1,5  $\sigma(SR_1) = 1,61 > G_m(SR_2)$  le ferrillage de la semelle

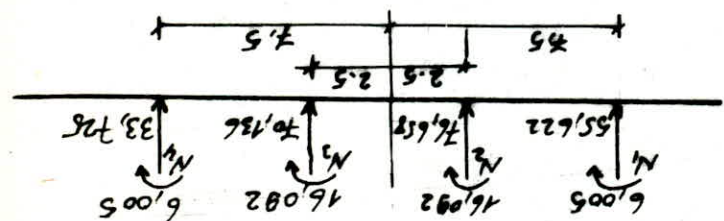
$$G_m = \frac{361 + G_2}{4} = 1,11 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_1 = 1,18 \text{ kg/cm}^2; \quad G_2 = 0,89 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_{1,2} = \frac{351,4 \cdot 10^3}{17 \times 2 \times 10^4} (1 \pm 6 \times 0,39) = 1,034 (1 \pm 0,14)$$

$$= \frac{136,34 \cdot 10^5}{351,4 \cdot 10^3} = 38,8 \text{ cm} \rightarrow e \approx 0,39 \text{ cm}$$

$$e = \frac{\sum M}{\sum N} = \frac{6,005 \times 2 + 16,092 \times 2 + (70,136 - 76,658) \times 2,5 + (33,725 - 55,622) \times 7,5}{55,622 + 76,658 + 70,136 + 33,725 + \text{poids de la semelle}}$$



$$G_{1,2} = \frac{N}{S} (1 \pm \frac{L}{6e})$$

- sous SP2:

$$G_1 = \frac{365,583 \cdot 10^3}{17 \times 2} = 10,70 \text{ t/m}^2 = 1,07 \text{ kg/cm}^2$$

$$N = 250,323 + (76,5 + 38,76) = 365,583 \text{ t}$$

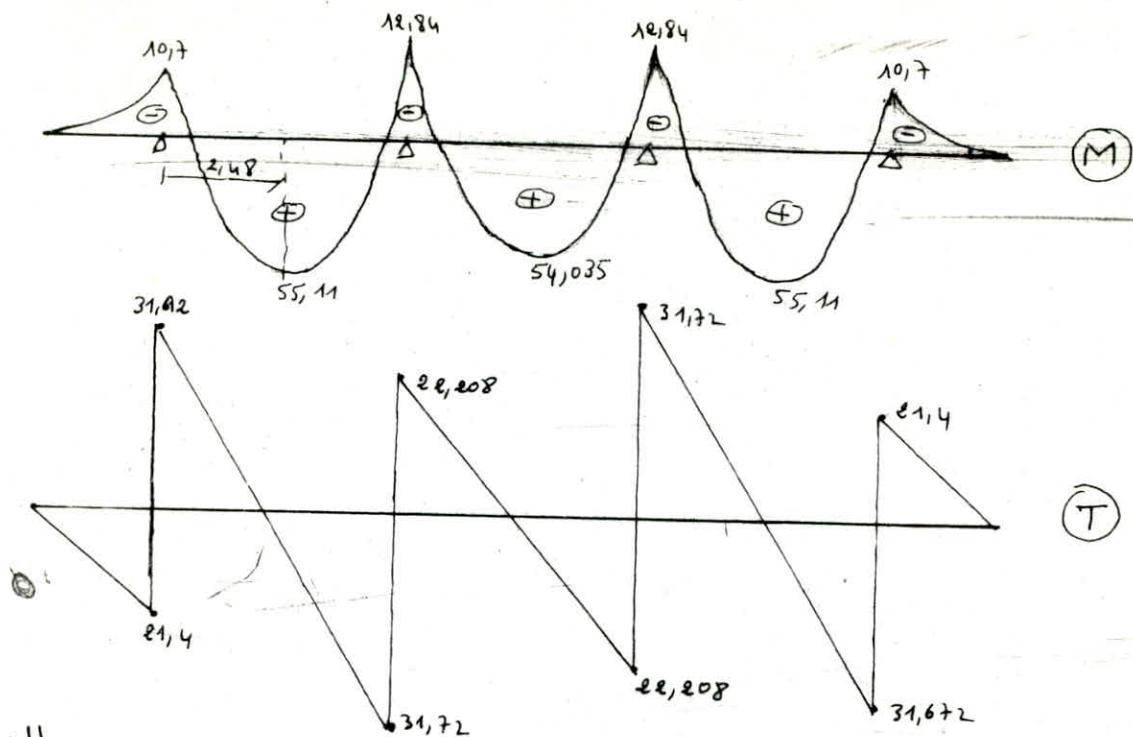
$$G_1 = G_2 = \frac{N}{S}; \quad N = \sum N_i + \text{poids de la semelle} + \text{poids des terre}$$

- sous SP1: on a un chargement symétrique:

• Calcul des contraintes:



On trouve :



Ferraillage :

• entrée :  $M_{max} = 55,11 \text{ t.m} \rightarrow \mu = 0,0409 \text{ Choron} \left\{ \begin{array}{l} E = 0,9141 \\ K = 43,2 \end{array} \right.$   
 $\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_b}{K} = \frac{2800}{43,2} = 64,8 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow A' = 0$   
 $A = \frac{55,11 \cdot 10^5}{2800 \times 0,9141 \times 7,5} = 25,33 \text{ cm}^2 \rightarrow (5T20 + 5T16) = 25,75 \text{ cm}^2$

• appui :  $M_{max} = 12,84 \text{ t.m. Choron}$  en trouee  $A = 6,4 \text{ cm}^2 (A' = 0) \rightarrow 4T16 (8,04 \text{ cm}^2)$

Verification : 1) Condition aux appuis :  
 $A \cdot \bar{\sigma}_a \geq (T + \frac{M}{3}) = 5,16 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{verifiée}$

2) Condition de non-entraînement des barres.  
 $\tau_d = \frac{T_{max}}{n.p.z} = 24,05 < \bar{\tau}_d = 17,7 \text{ Kg/cm}^2$   
 n'est pas vérifiée.

Il faut augmenter A. On prend  $A = 6T16$   
 d'où  $\tau_d = 16,03 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\tau}_d$  (vérifiée).

Armatures transversales :  $\tau_b = \frac{T_{max}}{b \cdot z} = 6,44 \text{ Kg/cm}^2$   
 $\sigma'_b = 28,3 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow \bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}'_b = 20,65 \text{ Kg/cm}^2$

$\tau_b < \bar{\tau}_b$  on peut utiliser des cadres et des étriers  $\perp$  à la ligne moyenne

soit : (2 cadres, 1 étrier) T10  $\rightarrow A_t = 4,71 \text{ cm}^2$  ;  $\bar{\sigma}_{ot} = 2800 \text{ Kg/cm}^2$

- espacement :  $t = \frac{4,71 \cdot 7/8 \times 75 \times 2800}{31,72 \times 10^3} = 27 \text{ cm}$

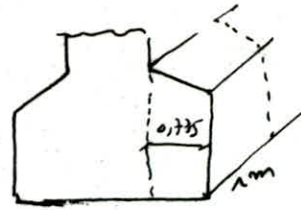
$\bar{E} = \text{max}$   $t_1 = 0,2A = 17$   
 $t_2 = 75 \left( 1 - \frac{0,3 \times 4,3}{5,9} \right) = 58 \text{ cm}$

On prend un espacement  $t = 25 \text{ cm}$ .

Détermination des armatures perpendiculaires à la poutre de rigidité  
- méthode de console.

$$M = \frac{\sigma \times P \times (B-b)^2}{2}$$

$$M = \frac{21,4 \times 0,775^2}{2} = 6,43 \text{ t.m.}$$



$$T^{\max} = q \cdot P = 21,4 \times 0,775 = 16,58 \text{ t}$$

$$\mu = 0,0061 \xrightarrow{\text{Chiron}} A = 5,29 \text{ cm}^2 \quad (A' = 0)$$

$$\text{soit } 6 \text{ T12/ml} \quad (A = 6,78 \text{ cm}^2)$$

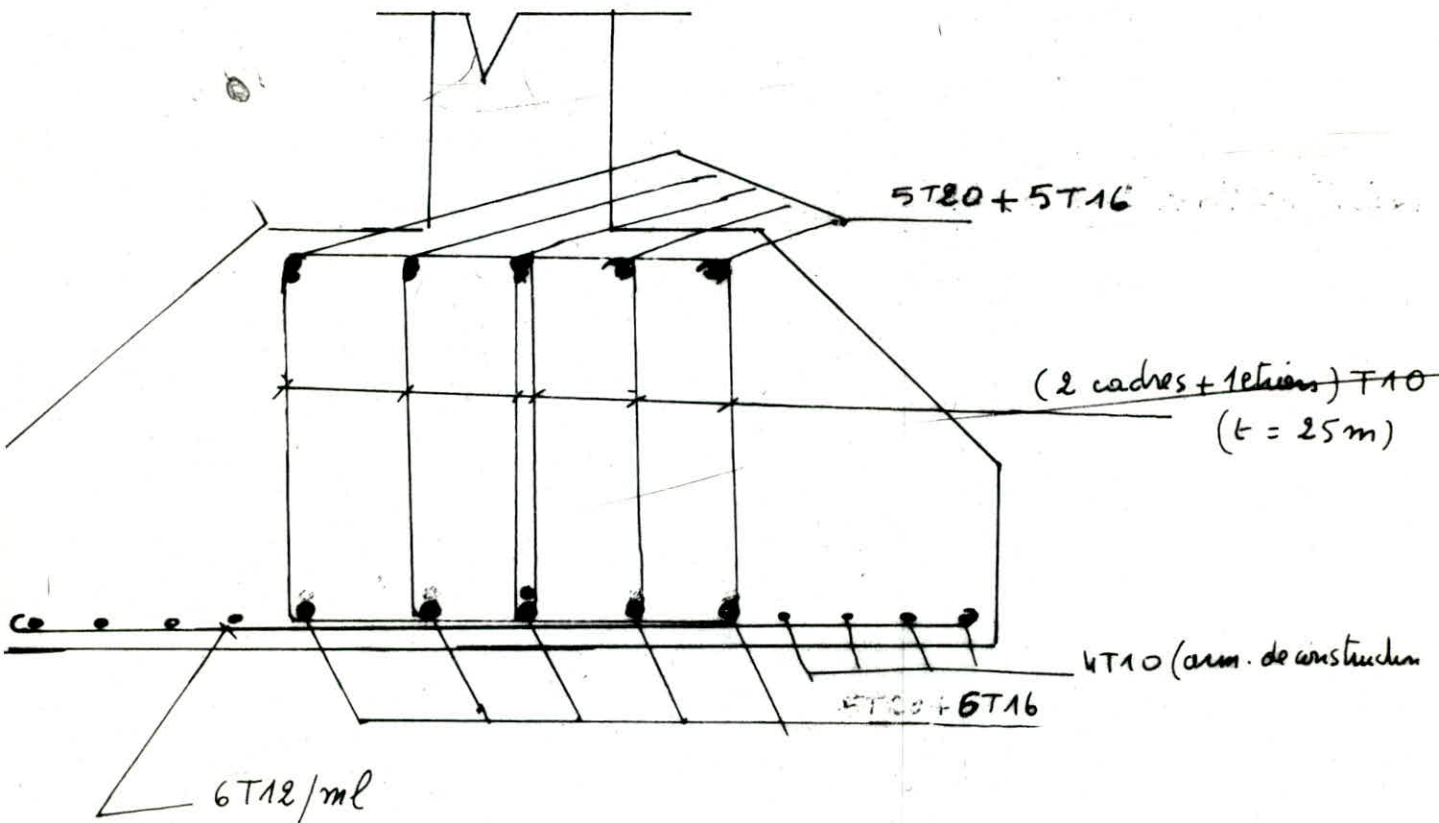
$$e = 20 \text{ cm.}$$

Vérification de cisaillement au niveau de l'encastrement :

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = 2,53 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b' < \bar{\sigma}_{b_0}' \Rightarrow \bar{\tau}_b = 30,975 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b < \bar{\tau}_b \text{ pas de risque de cisaillement.}$$



### Semelle filante sous voile périphérique

hauteur du voile = 2,55 m.

- poids/ml de voile :

$$1.2,55 \cdot 0,2 \cdot 2,5 = 1,275 \text{ t/ml}$$

- poids/ml de la semelle :

$$0,4 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 2,5 = 0,6 \text{ t/ml}$$

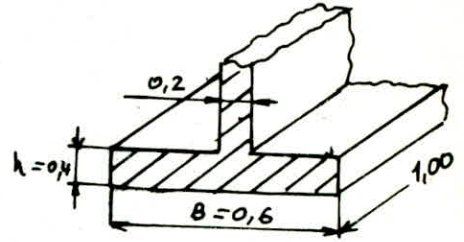
- poids/ml des terres au dessus de la semelle :

$$(0,6 - 0,2) \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1,9 = 0,798 \text{ t/ml}$$

- charge totale/ml :  $q = 2,673 \text{ t/ml}$

- contrainte dans le sol :

$$\bar{\sigma}_s = \frac{q}{s} = \frac{2,673 \cdot 10^3}{60 \times 100} = 0,45 < \bar{\sigma}_s$$



### Ferraillage de la semelle

- sans transversal :

on utilise la méthode des bielles :

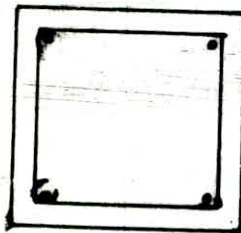
$$F = \frac{N(B-b)}{8e} = \frac{2,673 (60-20)}{8(40-4)} = 371,25 \text{ kg}$$

$$A = \frac{F}{\bar{\sigma}_a} = 0,13 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{on prend } 4T10/\text{ml}$$

$$(e = 25 \text{ cm}) ; (A = 3,14 \text{ cm}^2)$$

Armatures de répartition :

$$A_2 > \frac{A'}{4} = 0,03 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{on prend } 3T8/\text{ml}$$



$\phi 8$  avec un espacement  $e = 16 \text{ cm}$ .

$$\text{condition de non fragilité : } A \gg 0,69 \cdot 30 \cdot 27 \cdot \frac{5,9}{2800} = 1,17 \rightarrow \text{vérifié.}$$

Longrines :

les longrines seront calculées conformément à l'article (4-2-3-3 RPA 81)

les longrines doivent pouvoir équilibrer une force axiale de compression ou de traction au moins égale à 15%

(pour les terrains de consistance moyenne) de la plus grande charge verticale :

$$N = \frac{N_{\max}}{15} = \frac{80,012}{15} = 5,334 \text{ t}$$

on prendra des longrines de  $30 \times 30$

• En compression :

$$\sigma_b' = \frac{5,334 \cdot 10^3}{30 \times 30} = 5,93 < \bar{\sigma}_b'$$

$$Ae = \frac{1}{15} \cdot \left( \frac{N}{\sigma_b} - B \right) = \frac{1}{15} \left( \frac{5,33 \cdot 10^3}{68,5} - 30 \cdot 30 \right) < 0$$

• En traction :

$$Ae \geq \frac{N}{\sigma_a} = \frac{5,334 \cdot 10^3}{2800} = 1,91 \text{ cm}^2$$

On prend 4 T 14 ( $A = 6,16 \text{ cm}^2$ )

avec des cadres  $\phi 8$ .

# CALCUL DES TASSEMENTS

100

Le module de réaction n'est pas une caractéristique intrinsèque du sol, mais dépend de la forme et des dimensions de la semelle.

$$K = K_0 \left( \frac{30 + B}{2B} \right) ; K_0: \text{module de Terzaghi.}$$

La méthode globale de calcul de tassement ne peut être valablement utilisée que si le sol peut être considéré comme homogène.

$$q = K \cdot S ; \quad S: \text{tassement}$$

$q$ : contrainte moyenne appliquée sur le sol.

$K$ : module de réaction.

$$\gamma_h = 1,9 \text{ t/m}^3 ; \Rightarrow \gamma_d \approx 1,3 \div 1,6 \text{ T/m}^3 \Rightarrow K_0 = 19 \text{ MN/m}^3 ; B = 2,00 \text{ m.}$$

$$K = K_0 \left( \frac{30 + B}{2B} \right) = 19 \left[ \frac{200 + 30}{2 \cdot 200} \right] = 10,925 \text{ MN/m}^3.$$

semelle filante:  $q = 10,7 \text{ t/m}^2.$

$$S_m = q/K = \frac{10,7 \cdot 10^4}{10,925 \cdot 10^6} = 0,009 = 0,9 \text{ cm} < \Delta_{adm} = 5 \text{ cm}$$

On a pas un risque de tassement.

