

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : G  CIVIL

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

SUJET

R + 4 PORTIQUE

Proposé par : *ETAU*

Etudié par : *M. TALEB*

Dirigé par :

*M. NEIRYNLAK*



PROMOTION : *juin 84*

## REMERCIEMENTS.

Je tiens à remercier mon promoteur **NEIRYNCK**  
pour son aide et ses conseils.

Que tous les professeurs qui ont contribué à ma formation  
trouvent ici mon profond dévouement.

Mes respects aux membres du Jury qui me feront l'honneur  
d'apprécier ce modeste travail et à l'honorable assistance qui  
sera présente.

Taleb Hamou.

## DEDICACE

Je dedis ce modeste travail

A:

- Ma mère
- Mon père, pour son bon Cœur, sa compréhension, et ses  
soutiens continus au long de ma formation.
- Mes sœurs, mes frères; Saïd, Nacer, Mourad, Hakim, et Dyes  
tout en leur souhaitant la bonne chance, et la réussite.
- Mes amis (ies) en particulier à **MEBARKI - Louard** qui m'a  
[aidé]
- Mon ami **Igoussimène Abdelak**.
- Mon ami **BERKANE Salah**.

Taleb  
Hamou.

## BIBLIOGRAPHIE

- P. Charon.

*Calcul et vérification des ouvrages en béton armé (EYROLLES)*

- CCBA 68

*Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé.*

- RPA 81

*Règles parasismiques algériennes.*

- Aide MEMOIRE béton armé (DUNOD)

- Complément aux règles parasismiques (CTC)

## TABLE DE MATIERE

<i>Chapitre I</i> INTRODUCTION...	
<i>Presentation de l'ouvrage</i> .....	1
<i>Caracteristiques mecaniques des materiaux</i> .....	2
<i>Chapitre II</i> CALCUL DES ELEMENTS	
<i>Acrotère</i> .....	6
<i>Escaliers</i> .....	9
<i>Calcul des poutrelles</i> .....	17
<i>Etude des planchers dalles</i> .....	27
<i>Chapitre III</i> ETUDE AU SEISME	
<i>Generalités</i> .....	31
<i>Charges soumises à l'action sismique</i> .....	33
<i>Exposé de la méthode de BOWMAN</i> .....	37
<i>Efforts horizontaux agissant sur les portiques</i> .....	38
<i>Etude de la torsion</i> .....	41
<i>Deformations horizontales</i> .....	46
<i>Vérification au deversement</i> .....	50
<i>Chapitre IV</i> DESCENTE DE CHARGE VERTICALE SUR LES PORTIQUES	51
<i>Chapitre V</i> CHARGES VERTICALES	
<i>Méthode de CAQUOT</i> .....	58
<i>Chapitre VI</i> COMBINAISON DES EFFORTS	65
<i>Chapitre VII</i> FERRAILLAGE DES POUTRES	
<i>Méthode de Pierre Charon</i> .....	73
<i>Vérification</i> .....	74
<i>Chapitre VIII</i> FERRAILLAGE DES POTEAUX	
<i>Exposé de la méthode</i> .....	97
<i>Vérifications</i> .....	101
<i>Résultat des efforts</i> .....	101
<i>Résultats du Ferrailage</i> .....	109

Chapitre IX	VOILE PERIPHERIQUE .....	115
Chapitre X	Longrines .....	116
Chapitre XI	FONDACTIONS .....	120

1

## PRESENTATION DE L'OUVRAGE

Ce projet de fin d'étude porte sur l'étude et le calcul des éléments résistants d'un bâtiment à usage d'habitation (R+4), qui sera implanté dans une zone de moyenne sismicité, Il comporte un seul bloc. Le taux de travail du sol est de 2 bars pour une profondeur d'enracinement de 1,5 m.

### Ossature :

Longueur totale : 22,55 m.      Largeur totale : 10,19 m.  
hauteur totale : 16,64 m.

L'ossature sera composée de trois portiques longitudinaux et huit portique transversaux.

### Plancher :

- Il sera constitué de corps creux et une table de compression (16+4)
- Le plancher terrasse comporte en plus une isolation thermique et une forme de pente.

### Escaliers :

Ce bâtiment sera muni d'une cage d'escaliers dont ces derniers seront en béton armé avec poutre porteuse et seront construites indépendamment du bloc.

### Caractéristiques des matériaux.

- Le béton : le béton constituant cette ouvrage sera conforme aux règles du CCBA 68 et à tous les règlements en vigueur applicables en Algérie. Il sera dosé à 350 Kg/m<sup>3</sup> de CPA 325 à contrôle atténué, Le sable doit être propre; ne doit comporter ni terre, ni matière organique ni argile.

Dosage pour 1m<sup>3</sup> de béton. ( 800 l de gravillon, 400 l de sable, 350 Kg de CPA325  
grosseur des granulats : Gg = 5/15 mm. [ 175 l de eau

- Aciers : On utilisera des aciers doux (ronds, lisse) et des acier Haute adhérence [ en ce
- Maçonnerie : En briques creuses.

- murs double cloisons : - murs extérieurs 15 cm.  
- vide d'air 5 cm.  
- mur intérieurs 5 cm.

- Revêtements : carrelage.

## CARACTERISTIQUES MECANQUES DES MATERIAUX

### 1) Beton

Resistance nominale de compression à 28j  $\sigma_{28} = 270$  bars.

Resistance nominale de traction à 28j  $\sigma_{28} = 23,2$  bars.

a) Contrainte de compression admissible : CCBA 68 Art(9-4)

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

$\alpha$  : depend de la classe de ciment utilise'  $\alpha = 1$  (CpA 325)

$\beta$  : depend de l'efficacite du controle  $\beta = 5/6$  (controle atteneue)

$\gamma$  : depend des epaisseurs relatives des elements et des dimensions des granulats

$$\gamma = \begin{cases} 1 & \text{pour } h_m > 4 C_g \\ \frac{h_m}{4 C_g} & \text{si } h_m < 4 C_g \end{cases}$$

$h_m$  : epaisseur minimale de la piece

$C_g$  : grosseur d'un granulat c.a.d le diametre minimal des trous d'une passoire susceptible de livrer passage à 90% de ce granulat

$\delta$  : depend de la nature de la sollicitation

$$\delta = \begin{cases} 0,3 & \text{en compression simple} \\ 0,6 & \text{en flexion simple} \end{cases}$$

- En Flexion composee :

Si l'effort normal est de traction :  $\delta = 0,6$

$$\text{Si l'effort normal est de compression : } \delta = \begin{cases} 0,3 \left( 1 + \frac{e_0}{3e_1} \right) & \text{si } \delta < 0,6 \\ 0,6 & \text{si } \delta > 0,6 \end{cases}$$

avec :  $e_0$  : excentricite' de la resultante des forces exterieures par rapport au centre de gravite du beton seul.

$e_1$  : distance de la limite noyau central au C.D.G de la section du beton seul dans le plan radial passant par le centre de pression.

Quand il s'agira d'une sollicitation ponderee du 2e genre les valeurs de  $\delta$  sont multipliees par 1,5.

$\epsilon$  : depend de forme de la section et la position de l'axe neutre

$$\epsilon = \begin{cases} 1 & \text{en compression simple} \\ 0,5 < \epsilon \leq 1 & \text{dans les autres cas.} \end{cases}$$

En compression simple

- Sous  $SP_1$   $\bar{\sigma}'_{b0} = 1 \cdot \frac{5}{6} \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 270 = 67,5 \text{ bars} = 68,8 \text{ Kg/cm}^2$

- Sous  $SP_2$   $\bar{\sigma}'_{b0} = 1,5 \times 68,8 = 103,2 \text{ Kg/cm}^2$

En flexion simple

- Sous  $SP_1$   $\bar{\sigma}'_b = 135 \text{ bars} = 137,6 \text{ Kg/cm}^2$

- Sous  $SP_2$   $\bar{\sigma}'_b = 1,5 \times 137,6 = 206,4 \text{ Kg/cm}^2$

b) Contrainte de traction de reference (CCBA 68 Art. 95)

$$\bar{\sigma}_b = \alpha \beta \gamma \theta \sigma'_{28} \quad ; \quad \alpha, \beta, \gamma \text{ meme que precedement}$$

$$\theta = 0,018 + \frac{2,1}{\sigma'_{28}} \quad (\sigma'_{28} \text{ en bars})$$

Sous  $SP_1$   $\bar{\sigma}_b = 5,8 \text{ bars} = 5,9 \text{ Kg/cm}^2$

Sous  $SP_2$   $\bar{\sigma}_b = 1,5 \cdot 5,9 = 8,85 \text{ Kg/cm}^2$

c) Module de deformation du beton.

## 1) Module de deformation longitudinale.

Dans le cas des defcharges d'une durée d'application inferieure à 24 h le module de deformation instantanee  $E_i$  est egal à :

$$E_i = 2100 \cdot \sqrt{\sigma'_j} \quad (\text{bars}) \quad (\text{CCBA 68 Art 9.61})$$

$\sigma'_j$  : represente la resistance du beton à j jours et exprimee en bars.

- Le module de deformation longitudinal du beton sous des contraintes permanentes ou de longue durée d'application, ou module de deformation differcé.

$$E_v = 700 \cdot \sqrt{\sigma'_j} \quad (\text{bars})$$

- Lorsque on ne dispose que des resultats à 28j pour la resistance des betons ; on peut admettre que ; pour les grandes valeurs de j, on a sensiblement :

$$\sigma'_j = 1,2 \sigma'_{28} \text{ pour les betons à base de ciment de classe 325}$$

$$\sigma'_j = 1,1 \sigma'_{28} \text{ pour les betons à base de ciment superieur}$$

2 Les aciers

## a) aciers doux : rond lisse :

	aciers contraintes	Fe E 22	Fe E 24	Fe E 34
	$\sigma_{en}$	2160 bars = 2200 Kg/cm <sup>2</sup>	2350 b. = 2400 Kg/cm <sup>2</sup>	3340 b = 3400 Kg/cm <sup>2</sup>
$SP_1$	$\bar{\sigma}_a = \frac{2}{3} \sigma_{en}$	1440 Kg/cm <sup>2</sup>	1600 Kg/cm <sup>2</sup>	2270 Kg/cm <sup>2</sup>
$SP_2$	$\bar{\sigma}_a = \sigma_{en}$	2200 Kg/cm <sup>2</sup>	2400 Kg/cm <sup>2</sup>	3400 Kg/cm <sup>2</sup>



## b) Aciers haute adhérence.

Ce sont des armatures qui ont subi un traitement mécanique leur conférant une limite d'élasticité élevée. La haute adhérence est généralement obtenue par des nervures en saillie sur le corps de l'armature ou par torsion d'un profil circulaire ou par les deux procédures à la fois.

Les armatures à haute adhérence sont : FeE 40A ; FeE 40B ; FeE 45 FeE 50, généralement on utilise FeE 40A.

FeE 40 A	$\phi \leq 20 \text{ mm}$	$\phi > 20 \text{ mm}$ .
$\sigma_{en}$	4120 bars = 4200 Kg/cm <sup>2</sup>	3920 bars = 4000 Kg/cm <sup>2</sup>
SP <sub>1</sub> $\bar{\sigma}_a$	$\frac{2}{3} \sigma_{en} = 2800 \text{ Kg/cm}^2$	2667 Kg/cm <sup>2</sup>
SP <sub>2</sub> $\bar{\sigma}_a$	4200 Kg/cm <sup>2</sup>	4000 Kg/cm <sup>2</sup>

Le coefficient de fissuration désigné par  $\eta$  est égal à 1,6

Le coefficient de scellement désigné par  $\psi_d = 1,5$

## 3) Treillis soudés :

Sont des grillages en fils en croix se croisant perpendiculairement et soudés électriquement à leur point de croisement. Leurs caractéristiques mécaniques sont :

Coefficient de fissuration :  $\eta = 1,6$

Treillis soudés	$\phi \leq 6 \text{ mm}$	$\phi \geq 6 \text{ mm}$ .
$\sigma_{en}$	5300 Kg/cm <sup>2</sup>	4500 Kg/cm <sup>2</sup>
SP <sub>1</sub> $\bar{\sigma}_a = \frac{2}{3} \sigma_{en}$	3533 Kg/cm <sup>2</sup>	3000 Kg/cm <sup>2</sup>
SP <sub>2</sub> $\bar{\sigma}_a$	5300 Kg/cm <sup>2</sup>	4500 Kg/cm <sup>2</sup>

## Condition de fissuration du béton et contrainte de traction

La théorie de fissuration permet de calculer la répartition et l'ouverture des fissures en flexion et en traction.

On définit le pourcentage de fissuration par :

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} (\%)$$

A : section d'acier

B<sub>f</sub> : section d'enrobage des barres tendues.

Suivant les valeurs de  $\tilde{w}_f$ , deux types de fissurations sont susceptibles de se produire :

- fissuration systématique
- fissuration non systématique (accidentelle)

Fissuration systématique : lors de la mise en traction, l'effort transmis au béton est supérieur à son effort de rupture.

Les contraintes de traction admissibles sont données par :

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

Fissuration non systématiques (accidentelle) : elle est due au effets de retrait de la variation de température.

$$\sigma_2 = 2,4 \left( K \cdot \frac{\eta}{\phi} \bar{\sigma}_b \right)^{1/2}$$

$\phi$  : diamètre nominal (mm) de la plus grosse barre tendue.

$\eta$  : coefficient de fissuration

$$\eta = \begin{cases} 1 & \text{pour les ronds lisses} \\ 1,6 & \text{Pour les H.A.} \end{cases}$$

K : coefficient numérique dépendant des conséquences de la fissuration sur le comportement de l'ouvrage.

$$K = \begin{cases} 1,5 \cdot 10^6 & \text{Fissuration peu nuisible} \\ 1 \cdot 10^6 & \text{Fissuration préjudiciable} \\ 0,5 \cdot 10^6 & \text{Fissuration très préjudiciable} \end{cases}$$

La contrainte de traction des aciers à considérer sera :

$$\sigma_a = \min \begin{cases} \bar{\sigma}_a \\ \max(\sigma_1, \sigma_2) \end{cases}$$

Coefficient d'équivalence.

On suppose que l'adhérence béton-acier est non rompue avec la force (F) d'où déformation acier-béton identique cad  $\epsilon_a = \epsilon_b$ .

$$\text{Loi de Hooke : } \frac{\sigma'_a}{E_a} = \frac{\sigma'_b}{E_b} \quad \text{en posant } n = \frac{E_a}{E_b} \Rightarrow \sigma'_a = n \sigma'_b$$

$\sigma'_a$  et  $\sigma'_b$  contrainte dans l'acier et dans le béton.

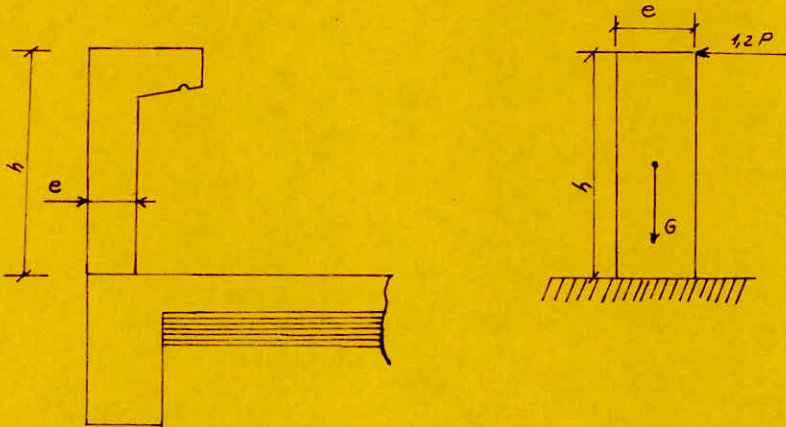
$n$  : coefficient d'équivalence.

$$E_a : 21000 \text{ Kg/mm}^2 \quad 1000 \text{ Kg/mm}^2 \leq E_b \leq 5000 \text{ Kg/mm}^2$$

d'où  $n$  varie  $4,5 \leq n \leq 21$

CCBA 68 fixe pour un béton moyen  $n = 15$

## ACROTERE



- On a trois types d'acroteres dont chacune differet de l'autre par sa hauteur "h"

- 1. Poids de l'acrotere de 0,7m de haut type 1

$$33,2 \times 0,1 \times 0,7 \times 2500 = 2,310 \text{ t}$$

- 2. Poids de l'acrotere de 1m de haut type 2

$$33,9 \times 0,1 \times 1 \times 2500 = 8,475 \text{ t}$$

- 3. Poids de l'acrotere de 1,40m de haut type 3

$$6,60 \times 0,1 \times 1,40 \times 2500 = 2,310 \text{ t}$$

- type 1 :

- Briques creuses de 5cm :  $(45 \times 0,7 \times 13,2) = 0,416 \text{ t}$

- Enduit 2cm :  $(18 \times 2 \times 0,7 \times 9,9) = 0,333 \text{ t}$

- type 2 :

- Briques creuses de 5cm :  $(45 \times 1 \times 33,9) = 1,525 \text{ t}$

- Enduit 2cm :  $(2 \times 18 \times 1 \times 33,9) = 1,22 \text{ t}$

- type 3

- Briques creuses de 5cm :  $(45 \times 1,40 \times 6,60) = 0,416 \text{ t}$

- Enduit 2cm :  $(2 \times 18 \times 1,40 \times 6,60) = 0,333 \text{ t}$

Poids total de l'acrotère type 1

$$2,310 + 0,333 + 0,416 = 3,06 \text{ t}$$

Poids total de l'acrotère type 2

$$8,475 + 1,525 + 1,220 = 11,22 \text{ t}$$

$$P_t = \sum_{i=1}^3 P_{Ti} = 16,58 \text{ t}$$

Poids total de l'acrotère type 3

$$2,31 + 0,416 + 0,333 = 3,06 \text{ t}$$

L'acrotère se calcule comme une console encadrée au niveau du plancher ; la section dangereuse est celle d'encastrement dans laquelle agissent les efforts suivants :

- Effort normal  $N$
- Effort tranchant  $T$
- Effort ou moment de flexion  $M$ .

- Acrotère type 1

$$N = G \cdot 1 \text{ m} = \frac{2,310}{13,2} \cdot 1 = 175 \text{ Kg}$$

$$T = 1,2 \cdot 100 = 120 \text{ Kg}$$

$$M = 1,2 P \cdot h = 120 \cdot 0,7 = 84 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{84}{175} = 47,4 \text{ cm} > \frac{h_t}{6} = \frac{70}{6} = 11,66 \text{ cm} = e_1$$

$e_0 > e_1$  la section est entièrement comprimée, la détermination des sections d'armatures se fera par la méthode des moments fictifs ( $M_f$ ), en flexion simple par rapport au centre de gravité des armatures tendues, puis on se rapporte à la flexion composée.

Détermination des armatures (Méthode de P. Charon)

- L'enrobage sera pris à 2 cm ( $d = 2 \text{ cm}$ )

-  $h_f = 10 \text{ cm}$ .

-  $h = 8 \text{ cm}$

-  $M_f = M + N \cdot f$  avec  $f = \frac{h_t}{2} - d = \frac{10}{2} - 2 = 3 \text{ cm}$ .

-  $M_f = 8400 + 175 \cdot 3 = 8925 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$ .

-  $\mu = \frac{n M_f}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 8925}{2800 \cdot 100 \cdot 8^2} = 0,0074 \rightarrow (K = 114 ; E = 0,9612)$

-  $\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 24,56 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow$  Les armatures de compression ne sont pas nécessaires

Section d'armatures tendues :

$$A = \frac{M_f}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = \frac{8925}{2800 \cdot 0,9612 \cdot 8} - \frac{175}{2800} = 0,35 \text{ cm}^2$$

Verification au non fragilité

On doit avoir:  $A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}}$  ( $\bar{\sigma}_{en} = 4200$ ;  $\bar{\sigma}_b = 5,9 \text{ Kg/cm}^2$ )

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

Or  $A < 0,78 \text{ cm}^2$ ; donc on adoptera un ferrailage de construction 1T6 tous les 20 cm.

Condition de non fissuration

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

Acier haute adhérence  $\eta = 1,6$

$\phi = 6 \text{ mm}$ .

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{1,7}{4,15 \cdot 100} = 0,00409$$

$$\sigma_1 = K \cdot \frac{\eta}{\phi} \cdot \frac{\omega_f}{1 + 10 \omega_f} = 1571,72 \text{ Kg/cm}^2; \quad \sigma_2 = 2,4 \left( \frac{K \eta \cdot \bar{\sigma}_b}{\phi} \right)^{1/2} = 3686,95 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = \min \left\{ \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 \text{ et } \max(\sigma_1, \sigma_2) \right\} \rightarrow \bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2$$

Verification à l'effort tranchant

On doit avoir  $A \bar{\sigma}_a \geq T - \frac{M}{Z}$  (Art. 35-32 CCBA 68)

$$Z = \frac{7}{8} h = \frac{7}{8} 8 = 7 \text{ cm}$$

$$T = 120 \text{ Kg}$$

$$A \bar{\sigma}_a = 1,7 \cdot 2800 = 4760 \text{ Kg}$$

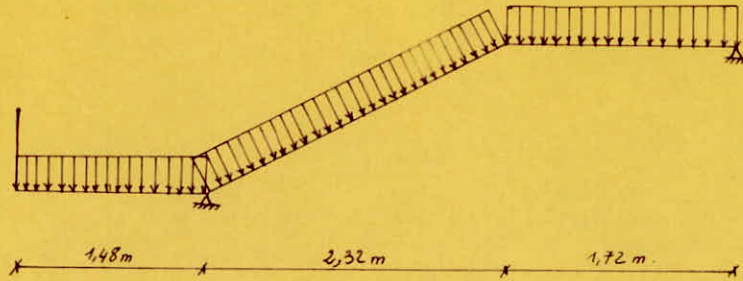
$$T - \frac{M}{Z} = 120 - \frac{8400}{7} = 1080 \text{ Kg}$$

$$A \bar{\sigma}_a > T - \frac{M}{Z} \text{ c'est vérifié à l'effort tranchant.}$$

Les mêmes calculs ont été faits pour les autres types d'acrotères et ont donné le même ferrailage c.a.d. des aciers de construction, 1T6 tous les 20cm. et que toutes les vérifications sont satisfaites

9

## ESCALIERS



Largeur de la marche  $g = 29 \text{ cm}$ .

hauteur de la contre marche  $h = 17 \text{ cm}$ .

$$\text{Tg}(\alpha) = \frac{h}{g} = \frac{17}{29} \Rightarrow \alpha = 31,26^\circ \rightarrow \text{Cos} \alpha = 0,85$$

Conditions de Blonde

$$\left\{ \begin{array}{l} g > h \\ (59 \leq 2h + g \leq 64) \text{ cm.} \end{array} \right. \quad \text{Vérifié.}$$

Predimensionnement des paliers et paillasses.

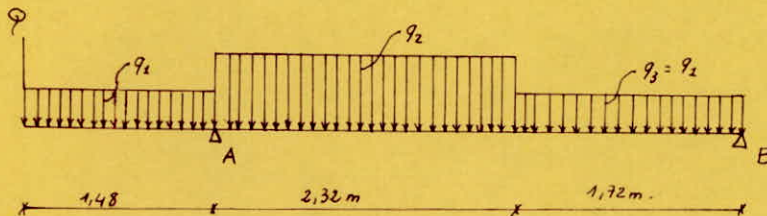
$$l = 1,48 + 1,72 + 2,32 = 5,52 \text{ m.}$$

$$\frac{l}{30} \leq e \leq \frac{l}{20} \Rightarrow 18,4 \leq e \leq 27,6 \text{ cm} \quad \text{on prend } e = 20 \text{ cm.}$$

Les marches seront considérées comme des charges uniformément réparties sur la paillasse

Charge et surcharge :

Le calcul se fera par mètre d'embranchement et par mètre de projection horizontale.



## Etage courant

- Paillasse:

$$\text{- Poids propre : } \frac{0,20 \cdot 2500}{0,85} = 588,23 \text{ Kg/ml.}$$

$$\text{- Poids des marches : } \frac{2200 \cdot 0,17 \cdot 1 \cdot 0,29}{2 \cdot 0,29} = 187 \text{ Kg/ml.}$$

$$\text{- Enduit ciment (1,5cm) : } 2000 \cdot 0,015 = 30 \text{ Kg/ml}$$

$$\text{- Granito (2cm) : } = 44 \text{ Kg/ml}$$

$$\text{- Enduit plâtre (1cm) : } = 20 \text{ Kg/ml}$$

$$\text{- Surcharges majorées : } 1,2P = 1,2 \cdot 400 = 480 \text{ Kg/ml}$$

$$\underline{q_2 = 1349,23 \text{ Kg/ml}}$$

- Palier:

$$\text{- Poids propre } 2500 \cdot 0,20 \cdot 1 = 500 \text{ Kg/ml}$$

$$\text{- granito (2cm) : } = 44 \text{ Kg/ml}$$

$$\text{- Sable (2cm) : } = 34 \text{ Kg/ml}$$

$$\text{- Mortier (1cm) : } = 20 \text{ Kg/ml}$$

$$\text{- Enduit plâtre (1cm) : } = 20 \text{ Kg/ml}$$

$$\text{- Surcharge majorée } 1,2P = 1,2 \cdot 400 = 480 \text{ Kg/ml}$$

$$\underline{q_1 = 1098 \text{ Kg/ml}}$$

Charge due au garde corp:

$$G_P = 2500 \cdot 1 \cdot 0,86 \cdot 0,1 = 215 \text{ kg.}$$

## Calcul des reactions

$$\sum M_B = 0 \rightarrow R_A = 4850,13 \text{ Kg/ml}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow R_B = 2008,70 \text{ Kg/ml}$$

## Calcul des moments maximum

$$T=0 \Rightarrow M = M_{\max}$$

$$T = q_2 \cdot (x - l_3) + q_1 \cdot l_3 - R_B$$

$$T=0 \Rightarrow x = \frac{R_B - q_1 l_3 + q_2 l_3}{q_2}$$

$$x = 1,81 \text{ m}$$

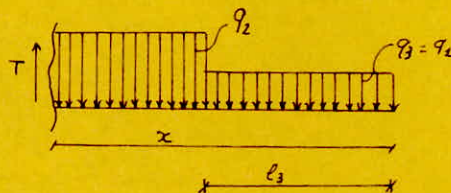
$$M = R_B \cdot x - q_2 \frac{(x - l_3)^2}{2} - q_1 l_3 (x - l_3 / 2)$$

$$M_{\max} = 2994,86 \text{ Kg.m.}$$

$$M_A = P l_1 + q_1 \frac{l_1^2}{2} = 1520,72 \text{ Kg.m.}$$

Moment sur appui B. ( $M_B$ .)

$$\text{On Prend } M_B = 0,2 M_{\max} = 599 \text{ Kg.m.}$$



## Ferrailage :

Le calcul de ferrailage se fera par la méthode de P. Charon

- En travée :

$$M = 2994,86 \text{ Kg.m.l.}$$

$$\eta = \frac{n \cdot M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 2994,86 \cdot 10^2}{2800 \cdot 100 \cdot 18^2} = 0,0592 \rightarrow (K = 34,5 ; E = 0,8990 ; \alpha = 0,3030)$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 81,16 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137, \text{ Kg/cm}^2 : \text{Les armatures comprimées ne sont pas nécessaires}$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = \frac{2994,86 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,8990 \cdot 18} = 6,61 \text{ cm}^2$$

On prend 6 T12 (6,78 cm<sup>2</sup>)  
/ml.

- Aux appuis :

$$\text{Appui A } M_A = 1520,72 \text{ Kg.m.l.}$$

$$\eta = \frac{n \cdot M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,0251 \rightarrow (K = 57,5 ; E = 0,9310 ; \alpha = 0,2069)$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 48,69 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' : \text{Les armatures comprimées ne sont pas nécessaires}$$

$$A = \frac{1520,72 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9310 \cdot 18} = 3,24 \text{ cm}^2$$

On adoptera 7 T8 /ml (3,51 cm<sup>2</sup>)

$$\text{Appui B } M_B = 599 \text{ Kg.m.l.}$$

$$\eta = 0,0099 \rightarrow (K = 97 ; E = 0,9554 ; \alpha = 13,39)$$

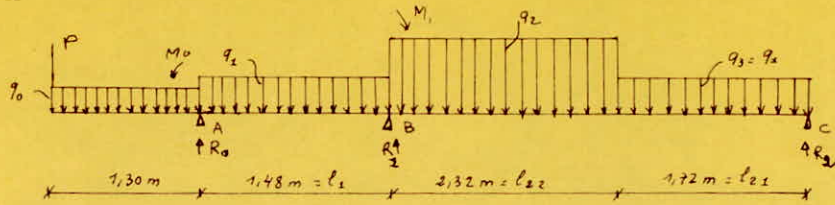
$$\bar{\sigma}_b' = 28,87 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' : \text{Les armatures comprimées ne sont pas nécessaires}$$

$$A = \frac{599 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9554 \cdot 18} = 1,24 \text{ cm}^2$$

On adoptera 7 T8 /ml (3,51 cm<sup>2</sup>)



Niveau I



Calcul de  $q_0$  :

- gravier  $80 \text{ Kg/m}^2$
- Etanchéité  $12 \text{ Kg/m}^2$
- Ecran par vapeur  $5 \text{ Kg/m}^2$
- Enduit plâtre  $17 \text{ Kg/m}^2$
- Poids Propre :  $0,15 \cdot 1,3 \cdot 2500 = 368,08 \text{ Kg/m}^2$
- +  $2 \cdot 0,08 \cdot 0,7 \cdot 2500 = 280 \text{ Kg/m}^2$

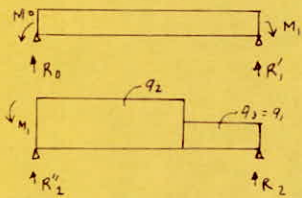
$$q_0 = 762,08 \text{ Kg/m}^2$$

$$P = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 2500 = 140 \text{ Kg/m}^2$$

$M_0$  en A dû à  $q_0$  et P sur la console.

$$M_0 = P \cdot 1,3 + q_0 \cdot 1,3^2/2 = 140 \cdot 1,30 + 762,08 \cdot \frac{1,3^2}{2} = 825,96 \text{ Kg.m}$$

Par l'équation des trois moment on trouve :  $M_1 = -639,37 \text{ Kg.m}$



$$\sum M/0 = 0 \Rightarrow R_1' = 726,99 \text{ Kg}$$

$$\sum M/2 = 0 \Rightarrow R_0 = 898,05 \text{ Kg}$$

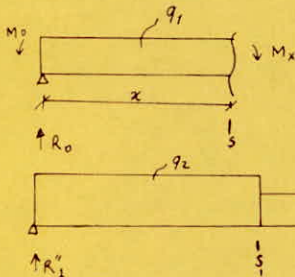
$$\sum M/2 = 0 \Rightarrow R_1'' = 2806,57 \text{ Kg}$$

$$\sum M/1 = 0 \Rightarrow R_2 = 2212,20 \text{ Kg}$$

donc :  $R_0 = 898,05 \text{ Kg}$

$$R_1 = R_1' + R_1'' = 3533,56 \text{ Kg}$$

$$R_2 = 2212,20 \text{ Kg}$$



$$\sum M/s = 0 \Rightarrow x = 0,82 \text{ m qui correspond à } \frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$M_{x=0,82m} = M_{\max} = -458,70 \text{ Kg.m}$$

$$M_{s_2}^d = 2180,82 \text{ Kg.m}$$

$$M_{s_2}^g = 2219,64 \text{ Kg.m}$$

donc on prend  $M_{s_2}^g = 2219,64 \text{ Kg.m}$

$$M_2 = 0,2 M_{s_2}^g = 453,93 \text{ Kg.m}$$

Ferraillage de la console :

$$\eta = \frac{15.825,95 \cdot 10^2}{2800 \cdot 100 \cdot 13^2} = 0,02618 \rightarrow (K=56; \epsilon=0,9296; \alpha=0,2113)$$

$$A = \frac{825,95 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9296 \cdot 13} = 2,44 \text{ cm}^2$$

Determination des aciers aux appuis.

- Appui (0)  $A = 2,44 \text{ cm}^2$

- Appui (1)

$$M_1 = 699,37 \text{ Kg.m}$$

$$\eta = \frac{15.699,37 \cdot 10^2}{2800 \cdot 100 \cdot 18^2} = 0,01156 \rightarrow (K=73,5; \epsilon=0,9435; \alpha=0,1695)$$

$$A = \frac{699,37}{2800 \cdot 0,9435 \cdot 18} = 1,47 \text{ cm}^2$$

- Appui (2)

$$M_2 = 453,95 \text{ Kg.m}$$

$$\eta = 0,0075 \rightarrow (K=113; \epsilon=0,9609; \alpha=0,1172)$$

$$A = 0,94 \text{ cm}^2$$

Determination des aciers en travée.

- travée (0-1)

$$M_e = 458,7 \text{ Kg.m}$$

$$\eta = 0,0075 \rightarrow (K=113; \epsilon=0,9609; \alpha=0,1172)$$

$$A = 0,95 \text{ cm}^2$$

- travée (1-2)

$$M_e = 2219,64 \text{ Kg.m}$$

$$\eta = 0,0368 \rightarrow (K=46; \epsilon=0,9180; \alpha=0,2459)$$

$$A = 4,797 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_b' = \frac{\bar{\sigma}_s}{K} = \frac{2800}{46} = 60,87 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' : \text{Les armatures comprimées ne sont pas nécessaires pour toutes les travées}$$

Condition de non fragilité

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \bar{\sigma}_b / \sigma_{en} = 0,69 \cdot 100 \cdot 18 \cdot 5,19 / 4200 = 1,74 \text{ cm}^2$$

donc on adoptera pour le ferraillage comme suit

- en travée (1-2)  $5 T_{12} / m\ell$  ( $5,65 \text{ cm}^2$ )

Pour la console :

$$\left. \begin{array}{l} \text{en Travée } 0,1 \\ \text{aux appuis } 0,1, 2 \end{array} \right\} 3 T_{10} / m\ell \quad (2,35 \text{ cm}^2)$$

## . Verification des contraintes :

- En travées :

$$A = 6,61 \text{ ; } M = 2994,68 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\hat{\omega} = \frac{100 \cdot A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 6,61}{100 \cdot 18} = 0,367 \rightarrow (K = 38,4 ; E = 0,9064)$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A E h} = \frac{299468}{6,61 \cdot 0,9064 \cdot 18} = 2776,80 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b \quad \text{Verifié}$$

- Aux appuis :

$$A = 10,77 \text{ cm}^2 \text{ ; } M = 4477,20 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\hat{\omega} = \frac{100 \cdot 10,77}{100 \cdot 18} = 0,5984 \rightarrow (E = 0,8996 ; K = 34,8)$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{4477,20 \cdot 10^2}{10,77 \cdot 0,8996 \cdot 18} = 2567,25 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b \quad \text{Verifié}$$

## Condition de non fragilité

$$A > 0,69 \cdot b h \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{en}} \Leftrightarrow A \text{ doit être supérieur ou égal à } 1,74 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 3,51 \text{ cm}^2 > 1,74 \text{ cm}^2 \quad \text{c'est vérifié}$$

## Condition de flèche : Art (61-21) CCBA 68

$$\frac{A}{b h} = \frac{9,99}{100 \cdot 18} = 0,0055 < \frac{43}{\sigma_{en}(\text{bars})} = \frac{43}{4120} = 0,0104 \quad \text{vérifié}$$

- Aciers transversaux :

$$R_A = 3493,5 \text{ Kg} \text{ ; } R_B = 1277,09 \text{ Kg} \rightarrow T_{max} = 3493,5 \text{ Kg}$$

- Contrainte de cisaillement maximale

$$\left. \begin{aligned} \tau_b = \frac{T_{max}}{b \cdot z} &= \frac{3493,5}{100 \cdot \frac{7 \cdot 18}{8}} = 2,22 \text{ Kg/cm}^2 \\ \bar{\tau}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b &= 1,15 \cdot 5,9 = 6,78 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \tau_b < \bar{\tau}_b \quad \text{Verifié}$$

Les armatures transversales ne sont pas nécessaires, mais nous disposons des aciers

[constructifs]

- Verification a la fissuration

$$\sigma_f = \frac{K n \hat{\omega}_f}{\phi (1 + 10 \hat{\omega}_f)} \quad (K = 1,5 \cdot 10^6 ; \eta = 1,6 \text{ (H.A.) ; } \phi = 14 \text{ mm})$$

$$\hat{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{9,99}{100 \cdot 4} = 0,0249 \quad \text{d'où } \sigma_f = 3417,59 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \left( \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 5,9}{14} \right)^{1/2} = 2413,67 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 < \max(\sigma_f, \sigma_2) \Rightarrow \bar{\sigma}_a = \sigma_a \quad \text{Verifié}$$

Verification à l'effort tranchant

$$T + \frac{M}{Z} = 3493,5 + \frac{4477,2}{\frac{7}{8} \cdot 18} = 6336,16 \text{ Kg} < A\bar{\sigma}_a = 9828 \text{ Kg}.$$

Verifié

## CHARGES.

. charges permanentes : "G"

## \* Plancher terrasse

- gravier roulé 4cm →  $20 \times 4 = 80 \text{ Kg/m}^2$
- étanchéité multicouches →  $= 12 \text{ Kg/m}^2$
- forme de pente : 2% →  $= 253 \text{ Kg/m}^2$
- Liège (4cm) →  $2 \times 4 = 8 \text{ Kg/m}^2$
- écran Pare-Vapeur →  $= 5 \text{ Kg/m}^2$
- dalle de compression 4cm }  $= 275 \text{ Kg/m}^2$
- plancher préfabriqué 16cm }
- Induit + plâtre (1cm) →  $1700 \times 0,01 = 17 \text{ Kg/m}^2$

$$G_1 = 650 \text{ Kg/m}^2.$$

## \* Plancher courant

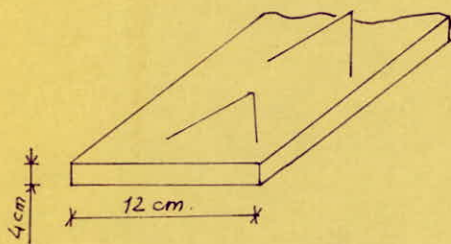
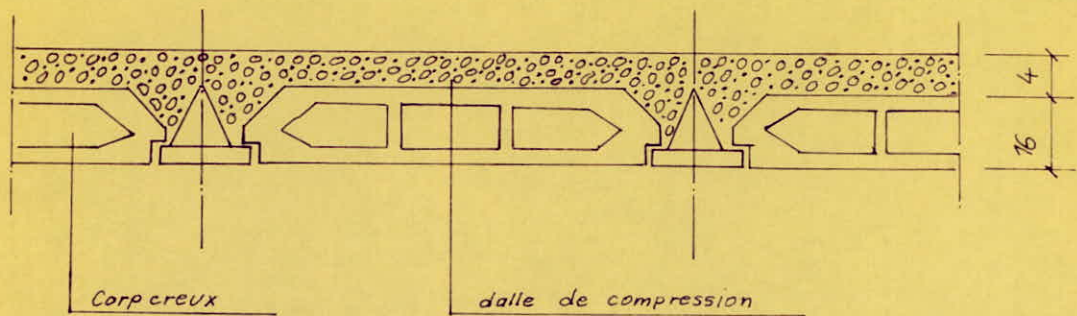
- dalle de compression 4cm →  $= 275 \text{ Kg/m}^2$
- Plancher préfabriqué 16cm
- carrelage 20.20.2 →  $= 44 \text{ Kg/m}^2$
- Sable 3cm →  $1700 \times 0,03 = 51 \text{ Kg/m}^2$
- Enduit plâtre 1cm →  $= 17 \text{ Kg/m}^2$
- cloison  $= 75 \text{ Kg/m}^2$

$$G_2 = 462 \text{ Kg/m}^2.$$

## \* R.D.C

- $G_2 + \text{Mortier de pose (2cm)} : 40 \text{ Kg/m}^2 \rightarrow G_3 = 502 \text{ Kg/m}^2.$

## CALCUL DES POUTRELLES



## Plancher a corp creux 16+4

Les poutrelles sont prefabriquées, elles sont calculées sous les sollicitation du Premier genre  $G+1,2P$ .

La surface revenant a chaque poutrelles est  $0,65 \ell = S$

Les poutrelle seront disposées dans le sens de la plus petite portée.

Le calcul de poutrelles se fait en deux etappes.

Premiere etape:

Avant le coulage du beton ( dalle de compression ), la poutrelle est considéré comme simplement appuyé ; sous l'effet de son poids propre, du hourdis et de la charge due à l'ouvrier

Deuxieme etape:

Aprés le coulage et durcissement de la dalle de compression la poutrelle travaillera comme une poutre en "T" et continue ; reposant sur plusieurs appuis.

## 1. Calcul des poutrelles du plancher terrasse

## Premiere etape

hourdis plus table de compression : 275 Kg/m<sup>2</sup>Surcharge ouvrier : 1,2 · 100 = 120 Kg/m<sup>2</sup>

$$q = G + 1,2P = 370 \text{ Kg/m}^2$$



## Moment flechissant :

$$M_0 = q \frac{l^2}{8} \quad l = 3 \text{ m} : M_0 = 416,25 \text{ Kg} \cdot \text{m} \quad l = 3,3 : M_0 = 503,7 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

## effort tranchant :

$$T = q \frac{l}{2} \quad l = 3 \text{ m} : T = 553 \text{ Kg} \quad l = 3,3 \text{ m} : T = 610,5 \text{ Kg}$$

## Calcul des armatures :

$$\mu = \frac{\alpha \cdot M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} \quad h = 4 \text{ cm} \quad l = 3 \text{ m} : \mu = 4,6456 \rightarrow K = 1,042$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{1,042} = 2687 \text{ Kg/cm}^2$$

$$l = 3,3 \text{ m} : \mu = 5,6216 \rightarrow K = 0,9 ; \sigma'_b = 2920 \text{ Kg/cm}^2$$

$\bar{\sigma}'_b > \bar{\sigma}'_b$ , les armatures comprimées sont nécessaires, mais, à cause de la faible hauteur de poutrelles (4 cm) ces armatures ne pourront pas être placées, on prévoit alors des échafaudages destinés à aider les poutrelles à supporter les charges et les surcharges avant le coulage du béton.

## Deuxieme etape:

## Calcul de la poutrelle en section en "T" continue

## Calcul de la largeur de la table de compression (CCBA Art 23.3)

$$-1. b_1 = \frac{b - b_0}{2} \leq \frac{l}{2} = \frac{5,3}{2} = 26,5 \text{ cm. } (l: \text{distance entre poutrelles})$$

$$-2. b_1 = \frac{b - b_0}{2} \leq \frac{L}{10} = \frac{2,75}{10} = 27,5 \text{ cm. } (L: \text{portée de la poutrelle entre nus.})$$

$$-3. b_1 = \frac{b - b_0}{2} \leq (6 \div 8) h_0 = 32 \text{ cm.}$$

On voit que la première condition est plus restrictive on prendra donc :

$$b_1 = 26,5 \text{ cm} \quad b = 2b_1 + b_0 = 65 \text{ cm.}$$

La comparaison entre la charge  $q$  (terrasse) et  $q$  (etage courant) donne une faible différence donc on calculera une seule fois avec la charge  $q_{\max}$ .

$$\left. \begin{array}{l} \text{Etage courant} : G + 1,2P = 672 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Terrasse} : G + 1,2P = 770 \text{ Kg/m}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow q_{\max} = 770 \text{ Kg/m}^2$$

## Etude des Poutrelles.

La charge qui revient à la poutrelle :  $P = q_{\max} \times 0,65 = 500,5 \text{ Kg/m}$ .

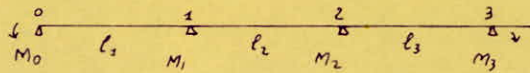
Pour le calcul des poutrelles on utilise la formule des trois moments.

Hypothèses de la formule :

L'origine des coordonnées est l'appui de gauche

L'élasticité de la poutre continue ne peut présenter qu'une seule pente sur un appui

Poutrelle à trois travées :



travée (0-2)

$$M_0 l_1 + 2M_1(l_1 + l_2) + M_2 l_2 = -q \frac{l_1^3}{4} - q \frac{l_2^3}{4}$$

travée (1-3)

$$M_1 l_2 + 2M_2(l_2 + l_3) + M_3 l_3 = -q \frac{l_2^3}{4} - q \frac{l_3^3}{4}$$

$$M_0 = M_3 = 0$$

$$l_2 = l_3 = 3,3 \text{ m}$$

$$l_1 = 3 \text{ m}$$

on a un système d'équation

$$2M_1(l_1 + l_2) + M_2 l_2 + \frac{q}{4}(l_1^3 + l_2^3) = 0$$

$$M_1(l_2) + 2M_2(l_2 + l_3) + M_3 l_3 + \frac{q}{4}(l_2^3 + l_3^3) = 0$$

$$2M_1(6,3) + M_2(3,3) + 500,5 \times 62,937 \frac{1}{4} = 0$$

$$2M_1(6,3) + 50,4M_2 + 34337,804 = 0$$

$$\text{on trouve } M_1 = -476,28 \text{ Kg.m.}, \quad M_2 = -561,843 \text{ Kg.m.}$$

Momenté en travée

$$M = y + M_i + \frac{M_j - M_i}{l} \cdot x \quad ; \quad y = q \frac{l}{2} x - q \frac{x^2}{2}$$

travée (0-1)

$$M = q \frac{l_1}{2} x - q \frac{x^2}{2} + M_0 + \frac{M_1 - M_0}{l_1} x = q \frac{l_1}{2} x - q \frac{x^2}{2} + \frac{M_1}{l_1} x$$

$$T = \frac{dM}{dx} = q \frac{l_1}{2} - qx + \frac{M_1}{l_1}$$

On trouve  $M_{\max}$  pour effort tranchant  $T = 0$

$$T = 0 \Rightarrow x = \left( \frac{M_1}{l_1} + q \frac{l_1}{2} \right) \frac{1}{q} = \frac{M_1}{q \cdot l_1} + \frac{l_1}{2}$$

$$x = \frac{-476,28}{3 \cdot 500,5} + \frac{3}{2} = 1,18 \text{ m.}$$

$$M_1^{\text{max}} = 350,1 \text{ Kg.m.}$$

travée (1-2)

le calcul est le même que pour travée (0-1) on trouve :

$$M_2^{\text{max}} = 163 \text{ Kg.m.}$$



travée (2-3)

$M_3^{\oplus} \max = 429,34 \text{ Kg.m.}$  ; avec  $M_0 = M_3 = 0,2 M_2 \max = 0,2 \times 429,34 = 85,87 \text{ Kg.m.}$   
 Pour les autres poutrelles on donnera uniquement les résultats.

Poutrelle à deux travées.

$$M_1 = -625 \text{ Kg.m.}$$

Moment entravée :

$$M_{2, \max}^{\oplus} = 294 \text{ Kg.m.} ; M_{2, \min}^{\ominus} = 404,64 \text{ Kg.m.}$$

$$M_0 = M_3 = 0,2 M_{2, \max} = -80,93 \text{ Kg.m.}$$

Poutrelle à une seule travée :

$$M_2 = 9 \frac{q l^2}{8} = 563,06 \text{ Kg.m.}$$

$$M_0 = M_1 = 0,2 M_2 = 112,61 \text{ Kg.m.}$$

Poutrelle à sept travées :

$$M_1 = -671,64 \text{ Kg.m.}$$

$$M_2 = -408,812 \text{ Kg.m.}$$

$$M_3 = -418,33 \text{ Kg.m.}$$

$$M_0 = M_4 = 134,33 \text{ Kg.m.}$$

$$M_{2,1} = 277,31 \text{ Kg.m.}$$

$$T_{0,1}^d = 526,87 \text{ Kg.}$$

$$T_{4,3}^g = -974,63 \text{ Kg.}$$

$$M_{2,2} = 147,42 \text{ Kg.m.}$$

$$T_{1,2}^d = 1373,18 \text{ Kg.}$$

$$T_{2,1}^g = -278,067 \text{ Kg.}$$

$$M_{2,3} = 267,74 \text{ Kg.m.}$$

$$T_{2,3}^d = 1107,87 \text{ Kg.}$$

$$T_{3,2}^g = -543,77 \text{ Kg.}$$

$$M_{2,4} = 144,70 \text{ Kg.m.}$$

$$T_{3,4}^d = 750,75 \text{ Kg.}$$

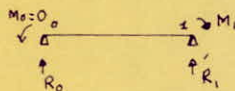
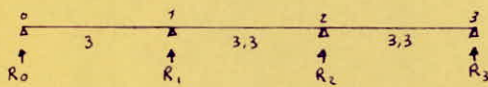
$$T_{4,3}^g = -750,75 \text{ Kg.}$$

Calcul des réactions :

Poutrelle à trois travées.

charge qui revient à la poutrelle : cas le plus défavorable étage courant

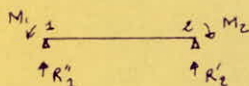
$$P = 500,5 \text{ Kg/ml.}$$



$$\sum M/0 = 0 : R_1' \cdot 3 - 500,5 \times \frac{3^2}{2} - M_1 = 0$$

$$M_1 = 476,28 \text{ Kg.m.} \rightarrow R_1' = 903,51 \text{ Kg/ml.}$$

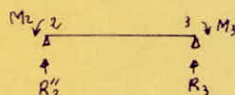
$$\sum M/1 = 0 : R_0 \cdot 3 + M_1 - 500,5 \cdot \frac{3^2}{2} \rightarrow R_0 = 591,99 \text{ Kg/ml.}$$



$$\sum M/1 = 0 : R_2' \cdot 3,3 - M_2 + M_1 = 0$$

$$M_2 = 561,84 \text{ Kg.m.} \rightarrow R_2' = 815,7 \text{ Kg.m.}$$

$$\sum M/2 = 0 : R_1'' \times 3,3 - M_1 - 500,5 \cdot \frac{3,3^2}{2} + M_2 = 0 \rightarrow R_1'' = 799,90 \text{ Kg/ml.}$$



$$\sum M/2 = 0 : R_3 \cdot 3,3 - 500,5 \times \frac{3,3^2}{2} + M_2 = 0 \rightarrow R_3 = 655,57 \text{ Kg/ml.}$$

$$\sum M/3 = 0 : R_2'' \times 3,3 - M_2 - 500,5 \cdot \frac{3,3^2}{2} = 0 \rightarrow R_2'' = 996,70 \text{ Kg/ml.}$$

$$R_0 = 591,99 \text{ Kg/ml.}$$

$$R_1 = R'_1 + R''_1 = 1709,41 \text{ Kg/ml}$$

$$R_2 = R'_2 + R''_2 = 1847,85 \text{ Kg/ml}$$

$$R_3 = 655,57 \text{ Kg/ml.}$$

Pour le calcul de reaction des autres poutrelle on donnera que les resultats:

*Poutrelle a 2 travées*

$$R_0 = 524,41 \text{ Kg/ml}$$

$$R_1 = 1974,30 \text{ Kg/ml}$$

$$R_2 = 636,43 \text{ Kg/ml}$$

*Poutrelle a 1 seule travée*

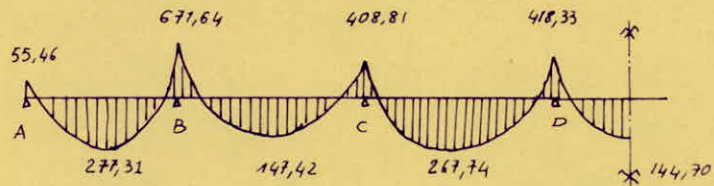
$$R_0 = R_1 = 750,75 \text{ Kg/ml.}$$

*Poutrelle à sept travées*

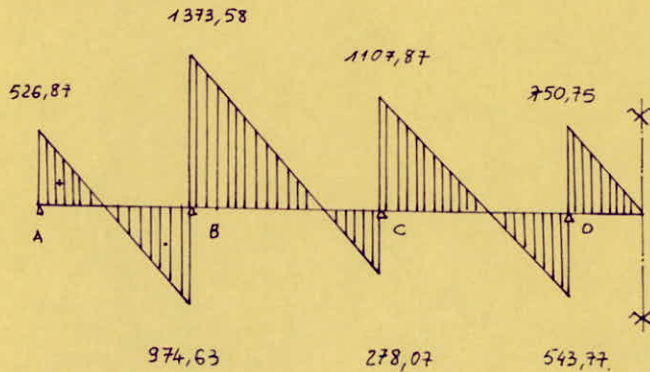
$R_0 = 526,87 \text{ Kg/ml}$	$R_0 = R_7$
$R_1 = 1880,10 \text{ Kg/ml}$	$R_1 = R_6$
$R_2 = 1569,12 \text{ Kg/ml}$	$R_2 = R_5$
$R_3 = 1579,46 \text{ Kg/ml}$	$R_3 = R_4$

*Diagramme des efforts pour la poutrelle a sept travées*

Moment flechissant: (Kg. m.)



Effort tranchant: Kg



Caractéristiques géométriques :

$$b_0 = 12 \text{ cm} \quad ; \quad h_0 = 4 \text{ cm} \quad ; \quad b_1 = 26,5 \text{ cm} \quad ; \quad b = 65 \text{ cm}$$

On prend  $d = 4 \text{ cm}$ . (enrobage)

Calcul des armatures longitudinales :

1. Appuis :

La section est rectangulaire  $b_0 \times h_0$ .

a) Poutrelles à sept travées :

$$M_B = 671,64 \text{ Kg.m.}$$

$$\mu_B = \frac{15 \cdot M_B}{\bar{\sigma}_a b_0 h^2} = \frac{15 \cdot 671,64 \cdot 10^2}{2800 \cdot 12 \cdot 18^2} = 0,0925 \rightarrow \begin{cases} K = 26 \\ \epsilon = 0,8780 \\ \alpha = 0,3659 \end{cases}$$

$$\mu_c \rightarrow \mu_D = \frac{15 \cdot 418,33 \cdot 10^2}{2800 \cdot 12 \cdot 18^2} = 0,0576 \rightarrow \begin{cases} K = 35 \\ \epsilon = 0,9000 \\ \alpha = 0,3000 \end{cases}$$

$$A_{\min} = 0,3\% B_f = 0,003 \cdot 12 \cdot 4 = 0,144 \text{ cm}^2$$

$$A_B = \frac{M_B}{\bar{\sigma}_a \epsilon h} = \frac{671,64 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,8780 \cdot 18} = 1,518 \text{ cm}^2 > A_{\min}$$

On prend : 4 T8 ( $2,01 \text{ cm}^2$ )

$$A_c = A_D = \frac{418,33}{2800 \cdot 0,9 \cdot 18} = 0,922 \text{ cm}^2 > A_{\min}$$

On prend : 2 T8 ( $1,00 \text{ cm}^2$ )

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{26} = 107,69 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ Kg/cm}^2$$

donc les armatures comprimées ne sont pas nécessaires

b) Poutrelles à trois travées :

$$M_1 = 476,28 \text{ Kg.m.} \quad ; \quad M_2 = 561,84 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\mu_1 = 0,0655 \rightarrow (K = 32,4 ; \epsilon = 0,8945 ; \alpha = 0,3165)$$

$$\mu_2 = 0,0773 \rightarrow (K = 29,2 ; \epsilon = 0,8869 ; \alpha = 0,3394)$$

$$A_1 = 1,056 \text{ cm}^2 > A_{\min} \quad \text{on prend } 3 \text{ T}_8 \quad (A = 1,5 \text{ cm}^2)$$

$$A_2 = 1,256 \text{ cm}^2 > A_{\min} \quad \text{on prend } 3 \text{ T}_8 \quad (A = 1,5 \text{ cm}^2)$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{2800}{29,2} = 95,89 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' : \text{ Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires.}$$

c) Poutrelles à deux travées :

$$M_1 = 625 \text{ Kg.m.}$$

$$\mu_1 = 0,0864 \rightarrow (\epsilon = 0,8915 ; K = 27,2 ; \alpha = 0,3555)$$

$$A_1 = 1,406 \text{ cm}^2 > A_{\min} \quad \text{on prend } 3 \text{ T}_8 \quad (A = 1,5 \text{ cm}^2)$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 102,94 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' : \text{ Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires.}$$

2) Entravée :

a) Poutrelle à sept travées :

- travée (0-1)

$$M_1 = 277,31 \text{ Kg.m.}$$

$$\mu_1 = \frac{15 \cdot 277,31 \cdot 10^2}{2800 \cdot 65 \cdot 182} = 0,00705 \rightarrow (K = 117; E = 0,9621; \alpha = 0,1136)$$

$$A_{\min} = 0,3\% B_f = 65 \cdot 4 \cdot 0,003 = 0,78 \text{ cm}^2.$$

$$y = \alpha h = 0,1136 \cdot 18 = 2,044 \text{ cm} < h_0$$

$\Rightarrow$  Section rectangulaire  $b \cdot h_e$ , car l'axe neutre tombe dans la table de compression.

$$\sigma_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 23,93 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' : \text{Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires.}$$

$$A = \frac{M_1}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = 0,572 \text{ cm}^2 \quad \text{on prend : } 3T_8 (1,50 \text{ cm}^2).$$

- travée (1-2)

$$M_2 = 147,42 \text{ Kg.m}$$

$$\mu_2 = 0,0037 \rightarrow (K = 164; E = 0,9721; \alpha = 0,0838)$$

$$y = \alpha h = 1,508 < h_0 = 4 \text{ cm.} \Rightarrow \text{section rectangulaire } b \times h_e.$$

$$\sigma_b' = 17,07 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' : \text{Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires.}$$

$$A = 0,30 \text{ cm}^2 \quad \text{on adoptera } 3T_8 (1,5 \text{ cm}^2)$$

- travée (2-3)

$$M = 267,74 \text{ Kg.m}$$

$$\mu_3 = 0,0068 \rightarrow (K = 119; E = 0,1119; E = 0,9627)$$

$$y = \alpha h = 2,01 < h_0 \Rightarrow \text{section rectangulaire } b \cdot h_e.$$

$$\sigma_b' = 23,53 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' \quad \text{Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires}$$

$$A = 0,552 \quad \text{on adoptera } 3T_8 (1,50 \text{ cm}^2).$$

- travée 3-4

$$M = 144,70 \text{ Kg.m.}$$

$$\mu_4 = 3,68 \cdot 10^{-3} = 0,0036 \rightarrow (K = 166; E = 0,9724; \alpha = 0,0829)$$

$$y = \alpha h = 1,49 \text{ cm} < h_0 \Rightarrow \text{Section rectangulaire } b \cdot h_e.$$

$$\sigma_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 16,867 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' : \text{Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires}$$

$$A = 0,295 \text{ cm}^2 \quad \text{On prendra } 3T_8 (1,5 \text{ cm}^2)$$

Les autres travées sont les symétriques de celles calculées, donc respectivement même ferrailage

## b) Poutrelles à trois travées

## - travée (0-1)

$$M = 350,1 \text{ Kg.m}$$

$$\eta = 0,0089 \rightarrow (K = 108; E = 0,9576; \alpha = 0,1271)$$

$$y = \alpha h = 0,1271 \times 18 = 2,28 \text{ cm} < h_0 \Rightarrow \text{section rectangulaire } b \times h_t$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{27,18}{108} \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' : \text{Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires.}$$

$$A = 0,725 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{On prend } 3T8 \text{ (1,50 cm}^2\text{)}$$

## - travée (1-2)

$$M = 163 \text{ Kg.m.}$$

$$\eta = 0,0041 \rightarrow (K = 156; E = 0,9708; \alpha = 0,0877)$$

$$y = \alpha h = 1,57 \text{ cm} < h_0 \Rightarrow \text{section rectangulaire } b \times h_t$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{2800}{156} < \bar{\sigma}_b' \text{ Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires.}$$

$$A = 0,333 \text{ cm}^2 \quad \text{On prend } 3T8 \text{ (1,50 cm}^2\text{)}$$

## - travée (2-3)

$$M = 429,34$$

$$\eta = 0,0109 \rightarrow (K = 92; E = 0,9533; \alpha = 0,1402)$$

$$y = \alpha h = 2,52 \text{ cm} < h_0 \Rightarrow \text{section rectangulaire } b \times h_t$$

$$\bar{\sigma}_b' = 30,4 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' \text{ Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires.}$$

$$A = 0,893 \text{ cm}^2 \quad \text{On prend } 3T8 \text{ (1,50 cm}^2\text{)}$$

## c) Poutrelle à 2 travées :

## - travée (0,1)

$$M = 294 \text{ Kg.m.}$$

$$\eta = 0,0074 \rightarrow (K = 114; E = 0,9612; \alpha = 0,1163)$$

$$y = \alpha h = 2,09 \text{ cm} < h_0 \Rightarrow \text{section rectangulaire } b \times h_t$$

$$\bar{\sigma}_b' = 24,6 < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow \text{Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires.}$$

$$A = 0,606 \text{ cm}^2 \quad \text{On prendra } 3T8 \text{ (1,50 cm}^2\text{)}$$

## - travée (1-2)

$$M = 404,64 \text{ Kg.m.}$$

$$\eta = 0,0103 \rightarrow (K = 95; E = 0,9545; \alpha = 0,1364)$$

$$y = \alpha h = 2,045 \text{ cm} < h_0 \Rightarrow \text{section rectangulaire } b \times h_t$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{2800}{95} < \bar{\sigma}_b' : \text{Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires}$$

$$A = 0,84 \text{ cm}^2 \quad \text{On prendra } 3T8 \text{ (1,50 cm}^2\text{)}$$

d) Poutrelle a une seule travée

$$M = 563,06 \text{ Kg.m.}$$

$$\mu = 0,0143 \rightarrow (K = 79; \alpha = 0,1596; \varepsilon = 0,9768)$$

$$y = \alpha h < h_0 \Rightarrow \text{section rectangulaire } b \times h$$

$$\sigma'_b = 35,44 < \bar{\sigma}'_b \quad \text{Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires}$$

$$A = 1,17 \text{ cm}^2 \quad \text{On prend } 3T_8 \text{ (1,50 cm}^2\text{)}$$

Verification de contraintes

- en travée :

$$\sigma_a = \frac{M}{A h \cdot E} = \frac{563,10^2}{2,01 \cdot 0,3363 \cdot 18} = 1662,15 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2$$

- Aux appuis :

$$\sigma_a = \frac{M}{A E h} = \frac{671,64 \cdot 10^2}{2,01 \cdot 0,8780 \cdot 18} = 2114,33 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2$$

Verification a la fleche (CCBA Art. 58. 58.4)

$$- 1) \frac{h_t}{l} = \frac{20}{3,3} = 0,060 > \frac{1}{22,5} = 0,044 \quad \text{verifie}$$

$$- 2) \frac{h_t}{l} = 0,060 > \frac{1}{15} \frac{M_t}{M_0} = \frac{1}{15} \frac{404,64 \cdot 10^2}{563,06 \cdot 10^2} = 0,048$$

$$- 3) \frac{A}{b_0 h} = \frac{1,5}{12 \cdot 18} \leq \frac{36}{4200} = 0,00857$$

Donc : la fleche est verifiée.

- Condition de non-fragilité.

$$A \geq b_0 h \cdot \psi_s \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left( \frac{h_t}{h} \right)^2 = 12 \cdot 18 \cdot 0,54 \left( \frac{20}{18} \right)^2 \frac{5,9}{2800} = 0,303 \text{ cm}^2$$

c'est verifiée entravée et aux appuis

- Condition de non entrainement des barres

- Contrainte d'adhérence

$$\tau_{d, \text{np. } \bar{z}} = \frac{T_{\text{max}}}{3 \cdot \pi \cdot 0,8 \cdot \frac{7}{8} \cdot 18} = \frac{1373,58}{3 \cdot \pi \cdot 0,8 \cdot \frac{7}{8} \cdot 18} = 9,26 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_d = 2 \psi_s \cdot \bar{\sigma}_b = 2 \cdot 1,5 \cdot 5,9 = 17,70 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\psi_s = 1,5 \quad \text{H.A (coef de scellement)}$$

$$\Rightarrow \tau_d < \bar{\tau}_d \quad \text{c'est verifiée.}$$

Armatures transversales.

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{26} = 107,69 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\epsilon}_b = \frac{T_{\max}}{b_0 \cdot z} = \frac{1373,58}{12 \cdot \frac{7}{8} \cdot 18} = 7,26 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\epsilon}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b = 3,5 \cdot 5,9 = 20,65 \text{ Kg/cm}^2$$

$\bar{\epsilon}_b < \bar{\epsilon}_b$  vérifié On prend un cadre  $\phi_8$  (Fe E 24)

Condition aux appuis de rive  $M=0$ .

$$A > \frac{T_{\max} + \frac{M}{z}}{\bar{\sigma}_a} = \frac{1373,58}{2800} = 0,49 \text{ cm}^2 \text{ Vérifié.}$$

Contrainte de traction admissible des armatures transversales.

$$\rho_a = 1 - \frac{\bar{\epsilon}_b}{9 \bar{\sigma}_b} = 1 - \frac{7,26}{9 \times 5,9} = 0,86 > \frac{2}{3} = 0,66$$

$$\Rightarrow \bar{\sigma}_{a_t} = \rho_a \bar{\sigma}_{en} = 0,86 \cdot 2400 = 2064 \text{ Kg/cm}^2.$$

Ecartement admissibles.

$$\bar{t} = \max(0,2h = 3,6 \text{ cm et } h(1 - \frac{0,3 \bar{\epsilon}_b}{\bar{\sigma}_b}) = 11,35 \text{ cm})$$

$$t = \frac{A_t \bar{\sigma}_{a_t} \cdot z}{T} = \frac{0,5 \cdot 2064 \cdot \frac{7}{8} \cdot 18}{1373,58 \cdot 8} = 11,83.$$

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

Le premier cours se trouve à une distance  $\frac{t}{2} = 5 \text{ cm}$ .

Vérification à la fissuration

$$\hat{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{1,5}{12 \cdot 4} = 0,03$$

$$\sigma_1 = \frac{K \eta \hat{\omega}_f}{\phi \cdot (1 + 10 \hat{\omega}_f)} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,16 \cdot 0,03}{0,8 \cdot (1 + 0,3)} = 0,06923 \cdot 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \left( \frac{2 \cdot K \bar{\sigma}_b \text{ (bars)}}{\phi} \right)^{1/2} = 2,4 \left( \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,16 \cdot 5,8}{0,8} \right)^{1/2} = 10697,12 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 < \max(\sigma_1, \sigma_2).$$

## Etude des planchers dalles.

On se donne une hauteur de dalle  $h = e = 15 \text{ cm}$ .

Les dalles seront calculées sous la charge  $G + 1,2P$ .

- Dalle au dessus des escaliers

Calcul de  $G$

- Poids propre de la dalle :  $2500 \cdot 0,15$  375  $\text{Kg/cm}^2$

- différentes couches : 375  $\text{Kg/m}^2$

---


$$G = 750 \text{ Kg/m}^2$$

$$q = G + 1,2P = 870 \text{ Kg/m}^2 \quad (P = 100 \text{ Kg/m}^2)$$

$$l_x = 275 \text{ cm}$$

$$l_y = 400 \text{ cm}$$

$\rho = \frac{l_x}{l_y} = \frac{275}{400} = 0,687 > 0,4$  : La dalle porte sur les deux sens, elle sera armée dans les deux directions d'après le (CCBA 68); on détermine les moments fléchissants au centre du panneau par bande de largeur unité.

$$M_{0x} = \mu_x \cdot q l_x^2 \quad \mu_x = 0,0751$$

$$M_{0y} = \mu_y M_{0x} \quad \mu_y = 0,5260$$

$q$ : charge uniformément répartie par unité d'aire et couvrant entièrement le panneau.

$\mu_x, \mu_y$  donnés en fonction de  $\rho = l_x/l_y$ .

$$M_{0x} = 0,0751 \cdot 870 \cdot 2,75^2 = 494,11 \text{ Kg.m.}$$

$$M_{0y} = 259,90 \text{ Kg.m.}$$

en travée ( $M_{Lx} = 0,85 M_{0x} = 419,99 \text{ Kg.m.}$ ;  $M_{Ly} = 0,85 M_{0y} = 220,91 \text{ Kg.m.}$ )

aux appuis ( $M_{Ax} = 0,3 M_{0x} = 0,3 \cdot 494,11 = 148,23 \text{ Kg.m.}$ ;  $M_{Ay} = 0,3 M_{0y} = 77,97 \text{ Kg.m.}$ )

Effort tranchant arrivant sur chacune des côtes est uniformes a pour valeur :

$$T_x = \frac{l_y^3}{l_y^3 + l_x^3} \cdot q \frac{l_x}{2}$$

$$T_y = \frac{l_x^3}{l_x^3 + l_y^3} \cdot q \frac{l_y}{2}$$

on trouve:  $T_x = 377,80 \text{ Kg}$

$T_y = 317,74 \text{ Kg}$

moment isostatique:  $M_0 = q \frac{l^2}{8} = \frac{870 \cdot 4}{8} = 1740 \text{ Kg.m}$

Déterminons le moment maximal susceptible d'être équilibré par cette dalle sans armatures comprimées et pour laquelle :

$$\bar{\sigma}_b = 137,7 \text{ Kg/cm}^2$$

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

le moment résistant pour le béton d'après p. charon :

est:  $M_{rb} = \mu \bar{\sigma}_b b \bar{h}^2$

on doit vérifier  $M_{rb} > M_0$



Calcul de  $M_{rb}$ .

$$K = \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_b'} = \frac{2800}{137,7} = 20,33 \quad (\mu = 0,1345; \mu' = 0,1823; \varepsilon = 0,8585; \alpha = 0,4247)$$

d'où  $M_{rb} = 0,1823 \cdot 137,7 \cdot 100 \cdot 15^2 = 5648,11 \text{ Kg.m} > M_0$  Vérifié.  
Donc les moments  $M_{tx}$  et  $M_{ty}$  étant faibles devant  $M_0$ , on ferrillera notre dalle suivant  $M_0$

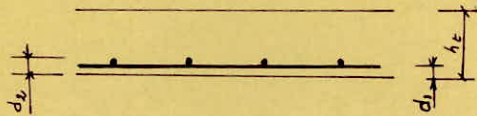
en travée:

On prend  $M_t = M_0$  (cas défavorable)

$$h_t = 15 \text{ cm}$$

$$d_1 = 2,5 \text{ cm}$$

$$d_2 = 3,5 \text{ cm}$$



hauteur utile (sens porteur):  $h_1 = 15 - 2,5 = 12,5 \text{ cm}$ .

hauteur utile (sens répartition):  $h_2 = 15 - 3,5 = 11,50 \text{ cm}$ .

- sens répartition (y, y)

$$\mu = \eta \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 1740 \cdot 10^2}{2800 \cdot 100 \cdot 12,5^2} = 0,0595 \rightarrow \begin{cases} K = 34,4 \\ \varepsilon = 0,8988 \\ \alpha = 0,3036 \end{cases}$$

$$A_y = \frac{1740 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,8988 \cdot 12,5} = 5,53 \text{ cm}^2 \quad 5 T_{12}/ml \quad (5,65 \text{ cm}^2)$$

- sens porteur (x, x)

$$\mu = \frac{15 \cdot 1740 \cdot 10^2}{2800 \cdot 100 \cdot 11,5^2} = 0,0703 \rightarrow \begin{cases} K = 31 \\ \varepsilon = 0,8913 \\ \alpha = 0,3261 \end{cases}$$

$$A_x = \frac{1740 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,8913 \cdot 11,5} = 9,43 \text{ cm}^2 \quad 9 T_{12}/ml \quad (10,18 \text{ cm}^2)$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{31} = 90,32 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow$$

Les armatures comprimées ne sont pas nécessaires.

Au appuis

On prend  $M_a = 0,3 M_0 = 0,3 \cdot 1740 = 522 \text{ Kg.m}$ .

- calcul des chapeaux:

- sens répartition (y, y)

$$\mu = \frac{15 \cdot (522) \cdot 10^2}{2800 \cdot 100 \cdot 12,5^2} = 0,0178 \rightarrow \begin{cases} K = 70 \\ \alpha = 0,1765 \\ \varepsilon = 0,9412 \end{cases}$$

$$A_y = \frac{522 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9412 \cdot 12,5} = 1,58 \text{ cm}^2 \quad 4 T_8/ml$$

- sens porteur (x, x)

$$\mu = \frac{15 \cdot 522 \cdot 10^2}{2800 \cdot 100 \cdot (11,5)^2} = 0,0211 \rightarrow \begin{cases} K = 63,5 \\ \alpha = 0,1911 \\ \varepsilon = 0,9363 \end{cases}$$

$$A_x = \frac{522 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9363 \cdot 11,5} = 1,73 \text{ cm}^2 \quad 4 T_8/ml$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{63,5} = 44,09 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow \text{Pas d'aciers comprimés.}$$

$A_x \approx A_y$ . On adoptera  $4 T_8/ml = 2,01 \text{ cm}^2$

## Dalles balcons

$$l_x = 145 \text{ cm} ; l_y = 305 \text{ cm} ; q = 397 \text{ Kg/cm}^2 = 187 + 1,2 \cdot 175.$$

$\rho = 0,47 > 0,4 \Rightarrow$  la dalle porte sur les deux sens.

$$(\mu_x = 0,1012 ; \mu_y = 0,302)$$

$$M_{0x} = 84,47 \text{ Kg/m} ; M_{0y} = 25,50 \text{ Kg/m}$$

$$M_{tx} = 0,85 M_{0x} = 71,80 \text{ Kg.m}$$

$$M_{ty} = 0,85 M_{0y} = 21,67 \text{ Kg.m}$$

$$M_{ax} = 0,3 M_{0x} = 25,34 \text{ Kg.m}$$

$$M_{ay} = 0,3 M_{0y} = 7,65 \text{ Kg.m}$$

$$T_x = 273,84 \text{ Kg} ; T_y = 29,42 \text{ Kg}$$

$$M_0 = 461,64 \text{ Kg.m}$$

Calcul de  $M_{rb}$ 

$$M_{rb} = 0,1823 \cdot 137,7 \cdot 100 \cdot 15^2 = 5648,1 \text{ Kg.m} \quad \text{Vérifié.}$$

$\rightarrow$  On prend  $M_t = M_0$ , ( $h_t = 15 \text{ cm}$ ,  $d_1 = 2,5 \text{ cm}$ ,  $d_2 = 3,5 \text{ cm}$ ,  $h_1 = 12,5 \text{ cm}$ )

## sens repartition (y,y)

$$\mu = 0,0159 \rightarrow (K = 75 ; \alpha = 0,1666 ; \epsilon = 0,9445)$$

$$A_y = 1,39 \text{ cm}^2$$

## sens porteur (x,x)

$$\mu = 0,0187 \rightarrow (K = 68 ; \alpha = 0,1807 ; \epsilon = 0,9398)$$

$$A_x = 1,53 \text{ cm}^2$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{68} = 41,17 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b : \text{Les armatures comprimées ne sont pas nécessaires}$$

$$A_x \approx A_y$$

On adoptera : 4T8/ml. ( $2,01 \text{ cm}^2$ )

Aux appuis :

## sens repartition (y,y)

$$M_a = 0,3 M_0 = 0,3 \cdot 461,64 = 138,49 \text{ Kg.m}$$

$$\mu = 0,0048 \rightarrow (K = 144 ; \alpha = 0,0943 ; \epsilon = 0,9686)$$

$$A_y = 0,41 \text{ cm}^2$$

## sens porteur (x,x)

$$\mu = 0,0056 \rightarrow (K = 132 ; \alpha = 0,1020 ; \epsilon = 0,9660)$$

$$A_x = 0,44 \text{ cm}^2$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{132} < \bar{\sigma}'_b : \text{Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires.}$$

$$A_x \approx A_y \quad \text{On adoptera 4 T8/ml } (2,01 \text{ cm}^2)$$

## Verifications

- Verification de la condition de non fragilité (Art. 52. CCBA 68)

\* suivant  $l_x$

$$\text{on doit avoir: } \frac{A_{tx}}{b_0 \cdot h_x} \geq \frac{\psi_4}{2} (2-\rho) \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left( \frac{h_0}{h_x} \right)^2$$

$$\frac{A_{tx}}{b_0 h_x} = \frac{2,01}{100 \cdot 11,5} = 0,0173 \quad ; \quad \frac{\psi_4}{2} (2-\rho) \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left( \frac{h_0}{h_x} \right)^2 = \frac{0,54}{2} (2-0,47) \frac{5,9}{2800} \left( \frac{13}{11,5} \right)^2 = 0,0071$$

c'est vérifié

\* suivant  $l_y$

$$\frac{A_{ty}}{b_0 h_y} = \frac{2,01}{100 \cdot 12,5} = 0,0016 \quad ; \quad \frac{\psi_4}{2} (2-\rho) \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left( \frac{h_0}{h_x} \right)^2 = \frac{0,54}{2} (2-0,47) \frac{5,9}{2800} \left( \frac{13}{12,5} \right)^2 = 0,00093$$

c'est vérifié

- Verification à l'effort tranchant

$$T_{max} = 977,8 \text{ Kg.} \quad ; \quad \tau_b = \frac{T}{b z} = \frac{9778}{100 \cdot \frac{7}{8} \cdot 11,5} = 0,97 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,78 \text{ Kg/cm}^2$$

Donc les armatures transversales ne sont pas nécessaires.

- Verification à la Flèche (Art 61.22. CCBA 68)

$$1) \frac{h_0}{l_x} > \frac{1}{20} \frac{M_{tx}}{M_{ox}}$$

$$\frac{13}{275} > \frac{1}{20} \frac{419,99}{494,11} = 0,043 \quad \text{c'est vérifiée}$$

$$2) \frac{A}{b h} \leq \frac{20}{\sigma_{en}} = 0,0048 \quad \text{c'est vérifiée}$$

d'où la justification de flèche est inutile.

- Verification à la Fissuration.

$$\sigma_1 = \frac{K \eta}{\phi} \frac{\tilde{\omega}}{1+10\tilde{\omega}} \quad ; \quad \sigma_2 = 2,4 \left( \frac{K \eta}{\phi} \cdot \bar{\sigma}_b \right)^{1/2}$$

$$K = 1,5 \cdot 10^{+6} \quad ; \quad \eta = 1,6 \text{ (H.A)} \quad ; \quad \bar{\sigma}_b = 5,9 \text{ Kg/cm}^2 \quad ; \quad \phi = 8 \text{ mm.}$$

$$\omega = \frac{A}{2b \cdot d} = \frac{2,01}{2 \cdot 2 \cdot 100} = 0,00502$$

$$\sigma_a = \min \begin{cases} \max(\sigma_1, \sigma_2) \begin{cases} \sigma_1 = 1434,0 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 3192,9 \text{ Kg/cm}^2 \end{cases} \\ \frac{2}{3} \sigma_{en} = 2800 \text{ Kg/cm}^2 \end{cases}$$

$$\sigma_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 = \bar{\sigma}_a \quad \text{Pas de risque de fissuration.}$$

## ETUDE AU SEISME

### Generalités

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

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

Par ailleurs quelques recommandations de conception générale de bâtiments:  
Réduire autant que possible la hauteur des bâtiments ainsi que le rapport de la hauteur avec sa largeur.

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

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

Prévoir si possible un sous-sol ou des fondations profondes armées qui ancrent la construction dans le sol.

Eviter les ouvertures de très grandes dimensions

Abaisser le plus possible le C.D.G de la construction.

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

Dans les poteaux les recouvrements des barres en attente devront être au moins égaux à 50 fois le diamètre de ces barres et réalisés sans crochets.

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

### Règlement suivi

Depuis le séisme d'EL-ASNAM le 10 octobre 1980, le C.T.C a élaboré un règlement parasismique ALGERIEN (RPA 81), rendant les conditions de sécurité plus strictes, donc le règlement suivi est: (RPA 81)

### Principe de calcul

On va faire un calcul simplifié en substituant aux effets dynamiques réels, des sollicitations statiques basées sur des coefficients (A, B, D, Q), ces coefficients sont censés être équivalents à celles des efforts sismiques.

Ces calculs ne sont valables que si les conditions suivantes sont vérifiées:

R.P.A Art 3-2-1.1

- 1- Le bâtiment ou bloc à étudier a une hauteur au plus égale à 45 m en Zone II
- 2- La forme du bâtiment étudié est simple, symétrique proche d'un rectangle avec des parties en saillie ou en retrait ne dépassent pas 25% des dimensions du rectangle inscrit de référence dans le sens considéré.

3. Dans le cas des décrochements en élévations, la variation des dimensions dans les deux directions ne dépassent pas 25% entre deux niveaux adjacents et ne s'effectue que dans le sens d'une réduction à hauteur croissante.
4. La distance entre le centre de masse et le centre de torsion ne dépassent pas aucun niveau 20% de la largeur effective du bâtiment mesurée perpendiculairement à la direction de l'action sismique considérée :
5. Le rapport masse sur rigidité de deux niveaux successifs ne doit pas varier de plus de 25% dans chaque direction
6. le bâtiment étudié présente un degré d'amortissement voisin à tous les niveaux. En particulier dans le cas des ossatures autostables avec remplissage en maçonnerie, les remplissages insérés entre les poteaux ont à tous les niveaux une densité du même ordre: Toutes les maçonneries utilisées dans les différents étages sont construites des mêmes matériaux, donc les remplissages auront une densité de même ordre, ainsi que les cloisons sont disposés presque de la même façon dans tous les étages. donc un degré d'amortissement voisin à tous les niveaux dans ce cas.
7. La structure représente pas plusieurs degrés de libertés dans un même plan horizontal.

. Détermination des charges soumises à l'action sismique :

Les charges sont supposées concentrées aux niveaux des planchers. La charge sismique est  $W = G$  ;  $G$  : poids propre (charge permanente)

Poids des dalles pleines :

1. Dalle au-dessus de l'escalier niveau terrasse :

$$0,15 \cdot 3 \cdot (4,20 + 1,22) \cdot 2500 = 6,098 \text{ t}$$

2. Dalle pleine du balcon :

$$0,15 \cdot 3,30 \cdot 1,45 \cdot 2500 = 1,79 \text{ t}$$

Poids des murs :

$$3,06 \cdot 59,97 \cdot 2500 = 45,86 \text{ t}$$

Poids des éléments préfabriqués

1. Garde corps terrasse :

$$P_1 = [3,06 \cdot (2,7 + 1,00) - 0,4 \cdot 2(1,35) - \frac{\pi}{2}(1,35)^2] \cdot 0,1 \cdot 2500 - 0,04 \cdot 2500 \left[ \frac{1,6^2}{2} \left( \frac{3,14}{2} - 1 \right) \right] = 1,77 \text{ t}$$

2. Garde corps sechoirs :

$$P_2 = \frac{\pi \cdot 1,35^2}{4} \cdot 0,06 \cdot 2500 + 1771,7 = 1,99 \text{ t}$$

$$P = 2(P_1 + P_2) = 7,73 \text{ t}$$

Poids des poutres longitudinales :

$$\text{Niveau terrasse : } 0,3 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 22,55 \cdot 2500 = 25368,75 \text{ Kg.}$$

$$\text{Niveau courant : } 25368,75 + (2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 3,30 \cdot 2500) = 27993,75 \text{ Kg.}$$

Poutres transversales :

$$\text{Niveau terrasse : } 0,35 \cdot 0,60 \cdot 8 \cdot 8,70 \cdot 2500 = 36,54 \text{ t}$$

$$\text{Niveau courant : } 18,79 + (1,60 \cdot 0,25 \cdot 0,4 \cdot 4 \cdot 2500) + (0,4 \cdot 0,25 \cdot 1,22 \cdot 2 \cdot 2500) = 41,18 \text{ t}$$

Poids total qui revient à la terrasse :

- Poids du plancher terrasse	$0,650 \times 183,58$	119,33 t
- Poids de dalle au dessus d'escalier		6,09 t
- Poids des Poutres longitudinales		25,37 t
- Poids des Poutres transversales		36,54 t
- Poids de l'acrotère		16,58 t
- Poids des murs		22,94 t
- Poids des cloison qui revient à la terrasse		7,36 t
- Poids des éléments préfabriqués		3,86 t
- Poids des poteaux		12,95 t
		<hr/>
	$W_t$	= 251,02 t

Poids total qui revient au niveau IV.

- Poids du plancher courant	$0,46 \cdot 183,58$	84,40 t
- Poids des dalles (balcons)		3,59 t
- Poids des poutres longitudinales		27,93 t
- Poids des poutres transversales		41,18 t
- Poids des murs		45,87 t
- Poids des éléments préfabriqués		7,73 t
- Poids des cloisons	$75 \cdot 22,55 \cdot 8,7$	14,71 t
- Poids des Poteaux		25,70 t
- Poids d'escalier plus garde corps		9,17 t
		<hr/>
	$W_4$	= 260,34 t

Poids total qui revient au niveau I, II, III

$$W_1 = W_2 = W_3 = W_4 + 3,024$$

$$W_1 = W_2 = W_3 = 263,36 t$$

Poids total du bâtiment

$$W = 2W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_t = 1564,80 t$$

Calcul du centre de masse.

$$X_M = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$$

$$Y_M = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$$

Les charges et les surcharges étant uniformément réparties, on peut remplacer les masses ( $m_i$ ) par les surfaces ( $A_i$ )

$$X_G = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i}$$

$$Y_G = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$$

$$X_G = 11,10 \text{ m} \quad (\text{par symétrie})$$

$$Y_G = \frac{8,7 \cdot 22,55 \cdot \frac{8,7}{2} + 2 \cdot 1,45 \cdot 3,30 \left( \frac{8,7 + 1,45}{2} \right) + 3 \cdot 1,27 \left( \frac{8,7 + 1,27}{2} \right)}{2 \cdot 3,30 \cdot 1,45 \cdot 8,70 \cdot 22,55} = 4,76 \text{ m}$$

Calcul du centre d'inertie des poteaux.

$$X_I = \frac{\sum I_{x_i} X_i}{\sum I_{x_i}}$$

$$Y_I = \frac{\sum I_{y_i} Y_i}{\sum I_{y_i}}$$

$$X_I = \frac{3 \cdot (0,35 \cdot 0,40^3) / 12 (3 + 6,3 + 9,6 + 12,6 + 15,9 + 19,2 + 22,2)}{24 \cdot 0,35 \cdot 0,40^3 / 12} = 11,10 \text{ m}$$

$$Y_I = \frac{8 \cdot 940 \cdot 0,35^3 / 12 (0,2 + 4,4 + 8,6)}{24 \cdot 0,40 \cdot 0,35^3 \cdot 1/12} = 4,4 \text{ m}$$

Calcul des excentricités :

D'après le C.T.C : A chaque niveau et dans chaque direction la résultante des forces horizontales à une excentricité par rapport au centre de torsion égale à 5% de la plus grande dimension du bâtiment à ce niveau.

$$e_0 = 5\% \cdot 22,55 = 1,127 \text{ m}$$

$$e_x = |X_I - X_G| = 0$$

$$\Rightarrow e = e_0 = 1,127 \text{ m}$$

$$e_y = |Y_I - Y_G| = |4,40 - 4,76| = 0,36 \text{ m}$$



## Calcul des forces sismiques :

Dans mon cas toutes les conditions de l'application de la méthode statique sont vérifiées, donc je peu faire un calcul statique équivalent.

Pour ce calcul, l'intensité de la force horizontale totale est donnée par la formule de (RPA 81 - Art. 33.1)  $V = A \cdot B \cdot D \cdot Q \cdot W$

- $V$  : force horizontale totale.
- $A$  : coefficient d'accélération de zones, il dépend du groupe d'usage de la structure et de la zone sismique  
Pour mon cas (groupe d'usage "2"; Zone II)  $\rightarrow A = 0,15$  (RPA Tab 1).
- $D$  : facteur d'amplification dynamique, la valeur de  $D$  sera déterminée d'après le type de sol, en fonction de la période  $T$  du bâtiment à partir du graphe de (RPA 81 P.37)

Détermination de la période  $T$ 

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

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

$$\text{donc } T = 0,1 \cdot 5 = 0,5 \text{ s.}$$

$$(T = 0,5, \text{ sol meuble}) \rightarrow D = 2,0$$

$B$  : facteur de comportement de la structure, il dépend du type de la structure et de la nature de ses contreventements. Les valeurs de  $B$  sont dans le tableau 2. (RPA 81)

$$\text{Portique autostable } B = 1/4$$

$Q$  : Facteur de qualité, fonction de l'hyperstaticité et de la surabondance du système, de ses symétries en plan, de sa régularité en élévation et de la qualité du contrôle pendant la construction. La valeur  $Q$  est donnée par

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^{q=6} P_q \quad \text{où } P_q \text{ est la pénalité}$$

$P_q$  dépend de l'observation ou non du critère de qualité  $q$ .

critère observé  $P_q = 0$

critère non observé  $P_q = 0,1$ . Pour critères : voir (R.P.A 81. P.24-25.)

q	Valeur de $P_q$	
	sens long.	sens trans
1	0	0,1
2	0,1	0
3	0	0
4	0	0
5	0,1	0,1
6	0,1	0,1
$\sum P_q$	0,3	0,3

$$Q_e = Q_t = 1 + 0,3 = 1,3$$

Force latérale totale  $V$

$$V = 0,15 \cdot 0,25 \cdot 2 \cdot 1,3 \cdot 1564,8 = 152,568 \text{ t}$$

$$V = F_t + \sum_{i=1}^4 F_i \quad F_t = 0 \text{ car } T < 0,75 \text{ (RPA-81)}$$

$$V = \sum_{i=1}^n F_i$$

Distribution des Forces laterales :

Niveau	$h_i$ (m)	$W_i$ (t)	$W_i \cdot h_i \cdot t \cdot m$	$F_i$ (t)	$F_{i \text{ cum}}$ (t)
V	15,24	218,05	3323,08	414	414
IV	12,24	222,34	2733,32	33,84	79,98
III	9,18	226,33	2077,71	25,72	100,7
II	6,12	226,33	1385,14	17,15	117,85
I	3,06	226,30	692,57	8,57	126,42
			10217,81		

$$F_i = V \cdot \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i}$$

Calcul de la constante de proportionalite' K

$$\sum I_x X^2 = [3^2 + 6,3^2 + 9,6^2 + 12,6^2 + 15,9^2 + 19,2^2 + 22,2^2] \cdot \frac{3 \cdot 35 \cdot 40^3}{12} = 7,918 \text{ m}^6$$

$$\sum I_y Y^2 = (4,2^2 + 8,4^2) \cdot 8 \cdot \frac{0,40 \cdot 0,35^2}{12} = 1,008 \text{ m}^6$$

$$K = \frac{1}{\sum I_x X^2 + \sum I_y Y^2} = 0,112$$

Pour chaque niveau :

Niveau	$F_H$ (t)	$e_0$ (m)	$M_e$ (t)	$K M_e$
V	49,25	1,127	55,50	6,22
IV	41,04	1,127	46,25	5,18
III	31,13	1,127	35,08	3,93
II	20,76	1,127	23,40	2,62
I	10,38	1,127	11,70	1,31

 $i$  : moment d'inertie / axe // à yy' $I$  : moment d'inertie / axe // à xx'Les inerties sont exprimees en  $m^5 \cdot 10^{-3}$ 

$$M_e = F_H \cdot e_0$$

Pot	$i_y$	$I_x$	Pot	$i_y$	$I_x$
1	6,81	22,82	13	0,81	0,70
2	6,81	17,22	14	0,81	6,86
3	6,81	11,06	15	0,81	13,02
4	6,81	4,90	16	0,81	18,60
5	6,81	0,70	17	5,19	22,82
6	6,81	6,86	18	5,19	17,22
7	6,81	13,02	19	5,19	11,06
8	6,81	18,60	20	5,19	4,90
9	0,81	22,82	21	5,19	0,70
10	0,81	17,22	22	5,19	6,86
11	0,81	11,06	23	5,19	13,02
12	0,81	4,90	24	5,19	18,60

## FORCES HORIZONTALES DANS LES PORTIQUES.

La méthode utilisée est celle de BOWMAN exposée dans l'ouvrage d'ALBERT-FUENTS intitulé "Calcul pratique des ossatures en béton armé".

Exposé de la méthode de BOWMAN.

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

L'effort tranchant total à chaque niveau se partage proportionnellement aux moments d'inertie des poteaux.

Les points d'inflexion dans les poteaux de hauteur "h" se situent :

- au dernier niveau à  $0,65h$  de la partie supérieure du poteau.
- à l'avant dernier niveau à  $0,60h$  de la partie supérieure du poteau.
- au niveau immédiatement en dessous à  $0,55h$  de la partie sup. du pot.
- à tous les niveaux sauf au premier, à  $0,50h$  de la partie sup. du poteau.
- au premier niveau à  $0,60h$  à partir de la base du poteau.

Le partage des moments dans les barres sera effectué proportionnellement aux raideurs des barres situées à droite et à gauche du nœud considéré.

La méthode de BOWMAN donne des résultats meilleurs que ceux obtenus par la méthode qui consiste à admettre un point d'inflexion à mi-hauteur du poteau à tous les niveaux.

Hypothèses de calcul :

Dans le cas où les poteaux d'un même étage ont tous la même hauteur, et où les raideurs de différentes travées des poutres porteuses du plancher parallèles aux forces appliquées et solidaires des poteaux sont toutes supérieures au  $\frac{1}{15}$  de la raideur du poteau le plus raide, on admet :

- que les forces horizontales agissantes sur une file de poteaux se répartissent entre les différents poteaux proportionnellement aux moments d'inertie des poteaux, les moments d'inertie des poteaux de rive étant toutefois affectés du coefficient 0,8.
- que les poteaux des étages courants sont encastres au niveau de chacun des planchers et articulés aux hauteurs définies plus haut. de

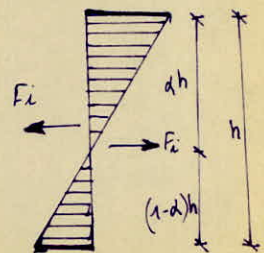
Compte tenu des hypothèses nous pouvons écrire :

$$F_i = \frac{F \cdot 0,8 I_i}{0,8 I_1 + I_2 + \dots + 0,8 I_n} ; F_2 = \frac{F \cdot I_2}{(0,8 I_1 + I_2 + \dots + 0,8 I_n)} ; \bar{F}_n = \frac{F \cdot 0,8 I_n}{(0,8 I_1 + I_2 + \dots + 0,8 I_n)}$$

Moments dans les poteaux :

$$\text{Moment en tête des poteaux: } M = F_i \cdot \alpha \cdot h.$$

$$\text{Moment en base des poteaux: } M = F_i \cdot (1 - \alpha) \cdot h.$$



Efforts horizontaux agissant sur les portiques :

$$F_x = \frac{F_i \cdot I_{y_i}}{\sum I_{x_i}} \quad F_y = F_i \frac{I_{x_i}}{\sum I_{x_i}}$$

$I_{x_i}, I_{y_i}$  : le moment d'inertie de tous les poteaux composant le portique au niveau considéré.

$\sum I_{x_i}, \sum I_{y_i}$  : moment d'inertie de tous les poteaux composant le plancher au niveau considéré.

Tous les poteaux ont une même section (35x40) donc même inertie.

Portiques transversaux

$$F_y = F_i \cdot \frac{3 I_{x_i}}{24 \cdot I_{x_i}} = \frac{F_i}{8}$$

Portiques Longitudinaux

$$F_x = F_i \frac{8 I_{y_i}}{24 I_{y_i}} = \frac{F_i}{3}$$

Portiques transversaux

Portique	Niveau	$F_i$ (t)	$F_y$ (t)	$F_y$ cum (t)
A-A	V	49,25	6,15	6,15
B-B C-C	IV	41,04	5,13	11,28
D-D E-E	III	31,13	3,89	15,17
F-F G-G	II	20,76	2,60	17,77
H-H	I	10,39	1,30	19,07

Portiques longitudinaux

Portique	Niv	$F_i$ (t)	$F_x$ (t)	$F_x$ cum (t)
1-1	V	49,25	16,42	16,42
	IV	41,04	13,68	30,10
2-2	III	31,13	10,38	40,48
	II	20,76	6,92	47,40
3-3	I	10,39	3,46	50,86

Portiques longitudinaux  $(F_E)_x$ 

Portique	1-1		2-2		3-3	
	Poteaux	effort (t)	Poteaux	effort (t)	Poteaux	effort (t)
V	2 ÷ 7	1,80	15 ÷ 10	1,80	18 ÷ 23	1,80
	1 et 8	1,44	9 et 16	1,44	17 et 24	1,44
IV	2 ÷ 7	1,48	10 ÷ 15	1,48	18 ÷ 23	1,48
	1 et 8	1,19	9 et 16	1,19	17 et 24	1,19
III	2 ÷ 7	1,28	10 ÷ 15	1,28	18 ÷ 23	1,28
	1 et 8	0,90	9 et 16	0,90	17 et 24	0,90
II	2 ÷ 7	0,75	10 ÷ 15	0,75	18 ÷ 23	0,75
	1 et 8	0,60	9 et 16	0,60	17 et 24	0,60
I	2 ÷ 7	0,24	10 ÷ 15	0,24	18 ÷ 23	0,24
	1 et 8	0,20	9 et 16	0,20	17 et 24	0,20

Portiques longitudinaux  $(F_t)_x$  cum

Portique	1-1		2-2		3-3	
	Poteaux	effort (t)	Poteaux	efforts	Poteaux	efforts
V	2 ÷ 7	1,80	10 ÷ 15	1,80	18 ÷ 23	1,80
	1 et 8	1,44	9 et 16	1,44	17 et 24	1,44
IV	2 ÷ 7	3,28	10 ÷ 15	3,28	18 ÷ 23	3,28
	1 et 8	2,63	9 et 16	2,63	17 et 24	2,63
III	2 ÷ 7	4,56	10 ÷ 15	4,56	18 ÷ 23	4,56
	1 et 8	3,53	9 et 16	3,53	17 et 24	3,53
II	2 ÷ 7	5,31	10 ÷ 15	5,31	18 ÷ 23	5,31
	1 et 8	4,13	9 et 16	4,13	17 et 24	4,13
I	2 ÷ 7	5,55	10 ÷ 15	5,55	18 ÷ 23	5,55
	1 et 8	4,33	9 et 16	4,33	17 et 24	4,33

Les Poteaux 1-8-9-16-17-24 sont de rive donc les efforts seront multipliés par un coefficient égal à 0,8 (D'après BOWMAN)

Portiques transversaux  $(F_t)_y$ 

Portique Niveau	A-A		B-B		C-C		D-D	
	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts (t)
V	1	1,58	2	1,58	3	1,58	4	1,58
	9	1,98	10	1,98	11	1,98	12	1,98
	17	1,58	18	1,58	19	1,58	20	1,58
IV	1	1,30	2	1,30	3	1,30	4	1,30
	9	1,63	10	1,63	11	1,63	12	1,63
	17	1,30	18	1,30	19	1,30	20	1,30
III	1	0,99	2	0,99	3	0,99	4	0,99
	9	1,24	10	1,24	11	1,24	12	1,24
	17	0,99	18	0,99	19	0,99	20	0,99
II	1	0,66	2	0,66	3	0,66	4	0,66
	9	0,82	10	0,82	11	0,82	12	0,82
	17	0,66	18	0,66	19	0,66	20	0,66
I	1	0,33	2	0,33	3	0,33	4	0,33
	9	0,41	10	0,41	11	0,41	12	0,41
	17	0,33	18	0,33	19	0,33	20	0,33

Portiques transversaux  $(F_t)_y$  Cum.

Portiques Niveaux	A-A		B-B		C-C		D-D	
	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts (t)
V	1	1,58	2	1,58	3	1,58	4	1,58
	9	1,98	10	1,98	11	1,98	12	1,98
	17	1,58	18	1,58	19	1,58	20	1,58
IV	1	2,88	2	2,88	3	2,88	4	2,88
	9	3,61	10	3,61	11	3,61	12	3,61
	17	2,88	18	2,88	19	2,88	20	2,88
III	1	3,87	2	3,87	3	3,87	4	3,87
	9	4,85	10	4,85	11	4,85	12	4,85
	17	3,87	18	3,87	19	3,87	20	3,87
II	1	4,53	2	4,53	3	4,53	4	4,53
	9	5,67	10	5,67	11	5,67	12	5,67
	17	4,53	18	4,53	19	4,53	20	4,53
I	1	4,86	2	4,86	3	4,86	4	4,86
	9	6,08	10	6,08	11	6,08	12	6,08
	17	4,86	18	4,86	19	4,86	20	4,86

## ETUDE DE LA TORSION

Dans le cas de bâtiments dissymétriques; il arrive que les efforts horizontaux ne passent pas par le centre de gravité du niveau qui sera donc entraîné dans une rotation autour du centre. La résultante de forces horizontales est remplacée par une force  $F$  appliquée au centre de torsion et par un couple de torsion ( $M = F \cdot d$ ) d'axe vertical passant par le centre de torsion (d'écartement de la résultante par rapport au centre de gravité des éléments résistants). Le couple de torsion a pour effet de produire une rotation du plancher supérieur par rapport au plancher inférieur.

Les poteaux vont subir des déplacements dans les deux sens transversal et longitudinal.

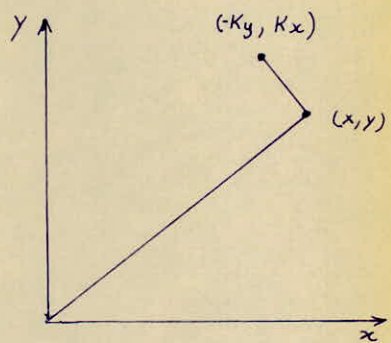
On peut considérer que ces déplacements sont provoqués par des forces appliquées aux extrémités des poteaux.

Le calcul des forces est basé sur deux hypothèses:

1. L'effort est proportionnel au déplacement de l'extrémité supérieure du poteau.
2. Les déplacements des extrémités supérieures sont proportionnels à la distance; à la distance de l'extrémité du poteau au centre de torsion.

Le déplacement subi par la tête du poteau de coordonnées  $(x, y)$  a pour composante  $(-Ky, Kx)$

$K$ : constante de proportionnalité



Moment d'inertie des poteaux. (35-40)

$$I_{T/y'y'} = I_y = 1,715 \cdot 10^6 \text{ cm}^4$$

$$I_{T/x'x'} = I_x = 1,68 \cdot 10^6 \text{ cm}^4$$

Portiques longitudinaux  $(Fr)_x$ 

Portiques	1-1		2-2		3-3	
	Poteaux	efforts(t)	Poteaux	efforts(t)	Poteaux	efforts(t)
V	1 ÷ 8	0,035	9 ÷ 16	0,0040	17 ÷ 24	0,027
IV	1 ÷ 8	0,029	9 ÷ 16	0,0030	17 ÷ 24	0,022
III	1 ÷ 8	0,022	9 ÷ 16	0,0026	17 ÷ 24	0,017
II	1 ÷ 8	0,0150	9 ÷ 16	0,0020	17 ÷ 24	0,011
I	1 ÷ 8	0,0070	9 ÷ 16	0,0010	17 ÷ 24	0,005

Portiques transversaux  $(Fr)_y$ 

Portique	A-A		B-B		C-C		D-D	
	Poteaux	effort (t)	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts(t)
V	1	0,118	2	0,089	3	0,057	4	0,025
	9	0,118	10	0,089	11	0,057	12	0,025
	17	0,118	18	0,089	19	0,057	20	0,025
IV	1	0,097	2	0,074	3	0,047	4	0,021
	9	0,097	10	0,074	11	0,047	12	0,021
	17	0,097	18	0,074	19	0,047	20	0,021
III	1	0,074	2	0,056	3	0,036	4	0,016
	9	0,074	10	0,056	11	0,036	12	0,016
	17	0,074	18	0,056	19	0,036	20	0,016
II	1	0,059	2	0,037	3	0,029	4	0,011
	9	0,059	10	0,037	11	0,029	12	0,011
	17	0,059	18	0,037	19	0,029	20	0,011
I	1	0,025	2	0,019	3	0,012	4	0,005
	9	0,025	10	0,019	11	0,012	12	0,005
	17	0,025	18	0,019	19	0,012	20	0,005

$$(Fr)_x = K \cdot M_t \cdot i_y$$

$$(Fr)_y = K \cdot M_t \cdot I_x$$

Les valeurs de  $K$ ,  $M_t$ ,  $i_y$ ,  $I_x$  sont déjà calculées; voir page:



$$F_x = (F_t)_x^{cum} + (F_r)_x$$

Portiques	1-1		2-2		3-3	
	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts (t)
V	2 ÷ 7	1,835	10 ÷ 15	1,804	18 ÷ 23	1,827
	1 et 8	1,475	9 et 16	1,444	17 et 24	1,467
IV	2 ÷ 7	3,309	10 ÷ 15	3,283	18 ÷ 23	3,302
	1 et 8	2,659	9 et 16	2,633	17 et 24	2,652
III	2 ÷ 7	4,582	10 ÷ 15	4,563	18 ÷ 23	4,577
	1 et 8	3,552	9 et 16	3,533	17 et 24	3,547
II	2 ÷ 7	5,325	10 ÷ 15	5,312	18 ÷ 23	5,321
	1 et 8	4,145	9 et 16	4,132	17 et 24	4,147
I	2 ÷ 7	5,557	10 ÷ 15	5,552	18 ÷ 23	5,555
	1 et 8	4,337	9 et 16	4,332	17 et 24	4,335

$$F_y = (F_t)_y^{cum} + (F_r)_y$$

Portiques	A-A		B-B		C-C		D-D	
	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts (t)	Poteaux	efforts (t)
V	1	1,698	2	1,669	3	1,637	4	1,605
	9	2,098	10	2,069	11	2,037	12	2,005
	17	1,698	18	1,669	19	1,637	20	1,605
IV	1	2,977	2	2,954	3	2,927	4	2,901
	9	3,707	10	3,684	11	3,657	12	3,631
	17	2,977	18	2,954	19	2,927	20	2,901
III	1	3,944	2	3,926	3	3,906	4	3,886
	9	4,924	10	4,906	11	4,886	12	4,866
	17	3,944	18	3,926	19	3,906	20	3,886
II	1	4,579	2	4,567	3	4,554	4	4,541
	9	5,719	10	5,707	11	5,694	12	5,681
	17	4,579	18	4,567	19	4,554	20	4,541
I	1	4,885	2	4,876	3	4,872	4	4,865
	9	6,105	10	6,099	11	6,092	12	6,085
	17	4,885	18	4,876	19	4,872	20	4,865

## Moments flechissants dans les poteaux

- Portiques longitudinaux.

Portiques		1-1		2-2		3-3	
Niveaux		Poteaux	Moments	Poteaux	Moments	Poteaux	Moments
V	tête	2 ÷ 7	3,650	10 ÷ 15	3,588	18 ÷ 23	3,634
		1 et 8	2,934	9 et 16	2,872	17 et 24	2,918
	base	2 ÷ 7	1,965	10 ÷ 15	1,932	18 ÷ 23	1,956
		1 et 8	1,579	9 et 16	1,546	17 et 24	1,572
III	tête	2 ÷ 7	6,075	10 ÷ 15	6,027	18 ÷ 23	6,062
		1 et 8	4,882	9 et 16	4,834	17 et 24	4,869
	base	2 ÷ 7	4,050	10 ÷ 15	4,018	18 ÷ 23	4,041
		1 et 8	3,255	9 et 16	3,222	17 et 24	3,246
III	tête	2 ÷ 7	7,712	10 ÷ 15	7,679	18 ÷ 23	7,703
		1 et 8	5,978	9 et 16	5,943	17 et 24	5,969
	base	2 ÷ 7	6,309	10 ÷ 15	6,283	18 ÷ 23	6,302
		1 et 8	4,891	9 et 16	4,864	17 et 24	4,884
II	tête	2 ÷ 7	8,147	10 ÷ 15	8,127	18 ÷ 23	8,141
		1 et 8	6,432	9 et 16	6,322	17 et 24	6,335
	base	2 ÷ 7	8,147	10 ÷ 15	8,127	18 ÷ 23	8,141
		1 et 8	6,432	9 et 16	6,322	17 et 24	6,335
I	Tete	2 ÷ 7	6,802	10 ÷ 15	6,794	18 ÷ 23	6,799
		1 et 8	5,304	9 et 16	5,301	17 et 24	5,306
	base	2 ÷ 7	10,203	10 ÷ 15	10,192	18 ÷ 23	10,199
		1 et 8	7,963	9 et 16	7,952	17 et 24	7,959

Les moments flechissants sont donnés en t.m.

## Moments flechissants dans les poteaux.

- Portiques transversaux.

Portique	AA		B-B		C-C		D-D		
Niveaux	Poteaux	Moments	Poteaux	Moments	Poteaux	Moments	Poteaux	Moments	
V	tête	1	3,380	2	3,320	3	3,256	4	3,192
		9	4,173	10	4,115	11	4,052	12	3,988
		17	3,380	18	3,320	19	3,256	20	3,192
	base	1	1,818	2	1,787	3	1,753	4	1,719
		9	2,247	10	2,216	11	2,182	12	2,147
		17	1,818	18	1,787	19	1,753	20	1,719
IV	tête	1	5,466	2	5,423	3	5,374	4	5,326
		9	6,806	10	6,764	11	6,714	12	6,666
		17	5,466	18	5,423	19	5,374	20	5,326
	base	1	3,644	2	3,616	3	3,583	4	3,551
		9	4,537	10	4,509	11	4,476	12	4,444
		17	3,644	18	3,616	19	3,583	20	3,551
III	tête	1	6,638	2	6,607	3	6,574	4	6,540
		9	8,287	10	8,257	11	8,223	12	8,1830
		17	6,638	18	6,607	19	6,574	20	6,540
	base	1	5,431	2	5,406	3	5,378	4	5,351
		9	6,780	10	6,607	11	6,728	12	6,728
		17	5,431	18	5,406	19	5,378	20	5,351
II	tête	1	7,006	2	6,987	3	6,968	4	6,948
		9	8,750	10	8,732	11	8,712	12	8,692
		17	7,006	18	6,987	19	6,968	20	6,948
	base	1	7,006	2	6,987	3	6,968	4	6,948
		9	8,750	10	8,732	11	8,712	12	8,692
		17	7,006	18	6,987	19	6,968	20	6,948
I	tête	1	5,979	2	5,968	3	5,963	4	5,955
		9	4,473	10	7,465	11	7,457	12	7,448
		17	5,979	18	5,968	19	5,963	20	5,955
	base	1	8,968	2	8,952	3	8,945	4	8,932
		9	11,210	10	11,200	11	11,185	12	11,172
		17	8,968	18	8,952	19	8,945	20	8,932

Les moments flechissants sont exprimés en t.m.

## Deformations horizontales

Les déplacements relatifs latéraux d'un étage, par rapport aux étages qui lui sont adjacents, ne doivent pas dépasser 0,0075 fois la hauteur de l'étage à moins qu'il ne puisse être prouvé qu'un plus grand déplacement relatif peut être toléré (R.P.A 81)

On doit donc avoir

$$\frac{1}{2B} \cdot \Delta \leq 0,0075 h$$

$$\Delta = \text{déplacement}$$

$$\frac{1}{2B} \cdot \Delta = \text{déplacement relatif.}$$

B : facteur de comportement de la structure.

$$B = \frac{1}{4}$$

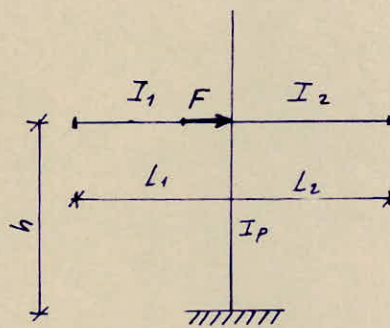
Pour les poteaux :

$$\Delta_1 = \frac{F \cdot h^3}{12 E I_p}$$

Pour les poutres :

$$\Delta_2 = \frac{F \cdot h^2}{6E \left( \frac{I_1}{L_1} + \frac{I_2}{L_2} \right)}$$

$I_p =$



$$E = 3 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$$

Dans mon cas :  $I_1 = I_2 = I$  ;  $L_1 = L_2 = L$ .

$$0,0075 \cdot h = 0,0075 \cdot 3,06 = 2,295 \text{ cm.}$$

Sens longitudinal :

$$F = 6,69 \text{ t en R.D.C.}$$

$$I_p = 1,42916 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I = 1,33333 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$\Delta_1 = 0,0041 \text{ m} = 0,37 \text{ cm.}$$

$$\Delta_2 = 0,0047 \text{ m} = 0,43 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = 0,80 \text{ cm} < 2,295 \text{ cm.}$$

Sens transversal

$$F = 6,08 \text{ t en R.D.C.}$$

$$I_p = 1,86666 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I = 1,89843 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

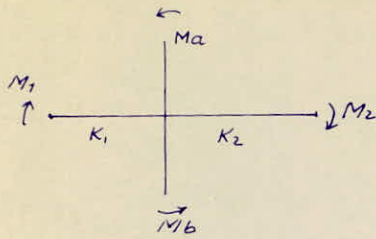
$$\Delta_1 = 0,0026 \text{ m} = 0,26 \text{ cm.}$$

$$\Delta_2 = 0,0028 \text{ m} = 0,28 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = 0,54 \text{ cm} < 2,295 \text{ cm.}$$

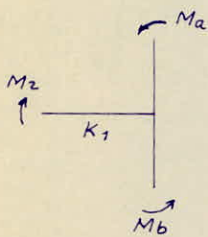
## Calcul des moments dans les poutres

Dans un nœud, le moment résultant des poteaux aboutissant à ce nœud est répartie entre les poutres, proportionnellement à leur rigidité linéaire.



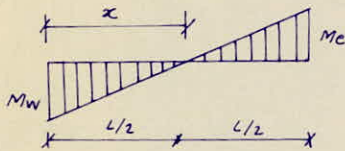
$$M_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} (M_a + M_b)$$

$$M_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2} (M_a + M_b)$$



$$K_2 = 0 \quad M_2 = M_a + M_b$$

Moment en travée :



$$\frac{x}{M_w} = \frac{l-x}{M_e} \Rightarrow x = \frac{M_w}{M_e + M_w} \quad (1)$$

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

$$(1) \text{ et } (2) \Rightarrow M_e = \frac{M_e - M_w}{2} = \frac{M_2 - M_1}{l}$$

Efforts tranchant :

A partir des moments dans les poutres, on peut calculer les efforts tranchants pour une travée indépendante (fig. 9 ci-dessus)

$$M = ax + b$$

$$T = \frac{dM}{dx} = a$$

$$x=0 \quad M_w = b$$

$$x=l \quad -M_e = al + M_w$$

$$\Rightarrow a = -\frac{M_e - M_w}{l}$$

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

Efforts normaux :

Pour un niveau "i" l'effort normal dans les poteaux sera :

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

Remarque: On a pris comme convention de signe ;  $N > 0$  pour compression.

Moment dans les poutres sous  $\vec{S}_{1H}$ 

: Portiques transversaux :

Portiques		A-A			B-B		
Niveaux	nœuds moments	1	9	17	2	10	18
V	$M_1(t)$	0	2,0865	3,380	0	2,0565	3,320
	$M_2(t)$	3,380	2,0865	0	3,320	2,0565	0
IV	$M_1(t)$	0	5,65	7,284	0	4,490	1,850
	$M_2(t)$	7,284	5,65	0	7,21	4,490	5,360
III	$M_1(t)$	0	6,412	10,282	0	6,383	2,624
	$M_2(t)$	10,282	6,412	0	10,223	6,383	7,599
II	$M_1(t)$	0	7,765	12,437	0	7,746	3,181
	$M_2(t)$	12,437	7,785	0	12,393	7,746	9,212
I	$M_1(t)$	0	8,115	12,985	0	8,0985	3,325
	$M_2(t)$	12,985	8,115	0	12,955	8,0985	9,630

Portiques		C-C			D-D		
Niveaux	nœuds moments	3	11	19	4	12	20
V	$M_1(t)$	0	2,026	3,256	0	1,994	3,192
	$M_2(t)$	3,256	2,026	0	3,192	1,994	0
IV	$M_1(t)$	0	4,451	1,829	0	4,4065	1,836
	$M_2(t)$	7,127	4,451	5,298	7,045	4,4065	5,209
III	$M_1(t)$	0	6,349	2,607	0	6,334	2,629
	$M_2(t)$	10,157	6,349	7,550	10,091	6,334	7,462
II	$M_1(t)$	0	7,720	3,168	0	7,71	3,205
	$M_2(t)$	12,346	7,720	9,178	12,299	7,71	9,094
I	$M_1(t)$	0	8,085	3,319	0	8,070	3,362
	$M_2(t)$	12,931	8,085	9,612		8,070	9,541

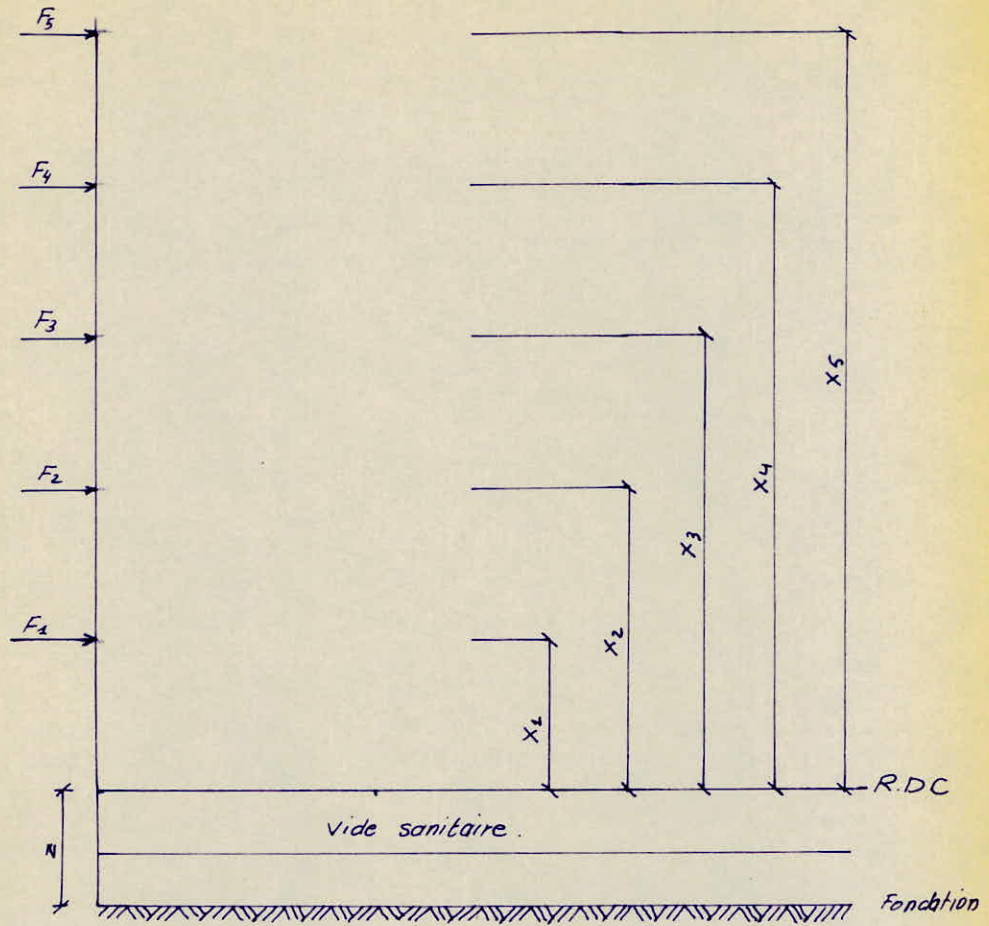
Moments dans les poutres sous  $\vec{S}_H$

Portiques longitudinaux:

Portique		1-1							
Niveaux	Nœuds Moments	1	2	3	4	5	6	7	8
V	$M_1 (t)$	0	1,912	1,825	1,738	1,912	1,825	1,738	2,936
	$M_2 (t)$	2,936	1,738	1,825	1,912	1,738	1,825	1,912	0
IV	$M_1 (t)$	0	4,211	4,02	7,011	4,211	4,02	3,828	6,46
	$M_2 (t)$	6,46	3,828	4,02	4,211	7,011	4,02	4,211	0
III	$M_1 (t)$	0	6,161	7,906	5,601	6,161	7,906	5,600	9,233
	$M_2 (t)$	9,233	5,600	7,906	6,161	5,601	7,906	6,161	0
II	$M_1 (t)$	0	7,572	10,383	6,884	7,572	10,383	6,884	11,323
	$M_2 (t)$	11,323	6,884	10,383	7,572	6,884	10,383	7,572	0
I	$M_1 (t)$	0	7,830	11,548	7,119	7,830	11,548	7,119	12,736
	$M_2 (t)$	12,736	7,119	11,548	7,830	7,119	11,548	7,830	0

Portiques		2-2							
Niveaux	Nœuds Moments	9	10	11	12	13	14	15	16
V	$M_1 (t)$	0	1,879	1,794	1,709	1,879	1,794	1,709	2,872
	$M_2 (t)$	2,872	1,709	1,794	1,879	1,709	1,794	1,879	0
IV	$M_1 (t)$	0	4,169	7,980	3,790	4,169	7,980	3,790	6,380
	$M_2 (t)$	6,380	3,79	7,980	4,169	3,790	7,980	4,169	0
III	$M_1 (t)$	0	6,127	5,849	5,570	6,127	5,849	5,570	9,165
	$M_2 (t)$	9,165	5,570	5,849	6,127	5,570	5,849	6,127	0
II	$M_1 (t)$	0	7,548	7,205	6,862	7,548	7,205	6,862	11,186
	$M_2 (t)$	11,186	6,862	7,205	7,548	6,862	7,205	7,548	0
I	$M_1 (t)$	0	7,816	7,461	7,105	7,816	7,461	7,105	11,623
	$M_2 (t)$	11,623	7,105	7,461	7,816	7,105	7,461	7,816	0

## VERIFICATION AU DEVERSEMENT



Moment de renversement = moment extérieur en console  $\sum_{R.D.C} F_i x_i$  + effort tranchant  $\times Z$   $\sum_{Base}$

Moment en console  $\sum_{R.D.C} F_i x_i = F_1 x_1 + F_2 x_2 + F_3 x_3 + F_4 x_4 + F_5 x_5$

Moment dû à l'effort tranchant/base =  $Z \times \sum F_i = (F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5) Z$

Moment résistant :  $M_r = b \cdot \sum w_i$  avec  $b = \frac{e}{2}$ .

Sens longitudinal et transversal :

$$\text{Moment de renversement} = 8,57 \cdot 3,06 + 17,15 \cdot 6,12 + 25,72 \cdot 9,18 + 33,84 \cdot 12,24 + 41,14 \cdot 15,24 + 126,42 \cdot 2,55 = 1606,410 \text{ t.m.}$$

Moment résistant :

$$M_{rL} = \frac{22,2}{2} \times 1296,49 = 14391,04 \text{ t.m.}$$

$$M_{rE} = \frac{8,40}{2} \times 1296,49 = 5445,26 \text{ t.m.}$$

$M_r > \sqrt{M_r}$  donc pas de risque de renversement



## DESCENTE DE CHARGE VERTICALE SUR LES PORTIQUES

### A. Portique longitudinal

#### 1. Portique 1-1

Niveau V (terrasse)

- charges permanentes : travée (1,2,4)	
- acrotère	331 Kg/ml
- Plancher : $\frac{0,65}{2} \cdot 650$	= 211,25 Kg/ml
- Poutres longitudinales	150 Kg/ml
G <sub>1</sub> = 692,25 Kg/ml	

travée (3)

- acrotère	232 Kg/ml
- Plancher	211,25 Kg/ml
- Poutres longitudinales	150 Kg/ml
G' <sub>1</sub> = 593,25 Kg/ml	

Etage courant

- charges permanentes : travée (1,2,4)	
- Poutres longitudinales	150 Kg/ml
- Plancher : $\frac{0,65}{2} \cdot 462$	= 150,15 Kg/ml
- mur	= 764,96 Kg/ml
G'' <sub>1</sub> = 1065,11 Kg/ml	

travée (3)

- Poutres longitudinales	150 Kg/ml
- Plancher	150,15 Kg/ml
- garde-corps sechoir	601,81 Kg/ml
G''' <sub>1</sub> = 901,96 Kg/ml	

#### 2. Portique 2-2

Niveau V (terrasse)

- charges permanentes : travée (1,2,3)	
- Poutres longitudinales	150 Kg/ml
- Plancher terrasse : $0,65 \cdot 650$	= 422,5 Kg/ml
G <sub>2</sub> = 572,5 Kg/ml	

## travée (4)

- Poutres longitudinales	150 Kg/ml
- dalle (terrasse)	281,25 Kg/ml
- Plancher (terrasse)	211,25 Kg/ml

$$G'_2 = 642,50 \text{ Kg/ml}$$

## . Etage courant

- charge permanente: travées (1, 2, 3)

- Poutres longitudinales	150 Kg/ml
- Plancher $0,65 \cdot 462$	= 300,3 Kg/ml

$$G''_2 = 450,30 \text{ Kg/ml}$$

## travée (4)

- Poutres longitudinales	150 Kg/ml
- Plancher $\frac{0,65}{2} \cdot 462$	= 250 Kg/ml
- Reaction d'escalier	2008,7 Kg/ml

$$G'''_2 = 2308,70 \text{ Kg/ml}$$

## Portiques transversaux:

## Portique AA

## Niveau II (terrasse)

- charge permanente:

- Poids de la poutre	250 Kg/ml
- Reaction des poutrelles	$\left\{ \begin{array}{l} AB = 910,75 \text{ Kg/ml} \\ BC = 810,56 \text{ Kg/ml} \end{array} \right.$
- Acrotère	331 Kg/ml
* travée A-B	= 1491,75 Kg/ml
* travée BC	= 1392,31 Kg/ml

## Etage courant

- charge permanentes:

- Poids propre de la poutre	250 Kg/ml
- Reaction des poutrelles	$\left\{ \begin{array}{l} AB = 910,75 \text{ Kg/ml} \\ BC = 810,56 \text{ Kg/ml} \end{array} \right.$
- mur	764,96 Kg/ml
* travée AB	= 1925,71 Kg/ml
* travée BC	= 1825,52 Kg/ml

## Portique BB

Niveau IV (terrasse)  
charge permanente

- Poids propre de la poutre	250 Kg/ml				
- Reaction des poutrelles	<table> <tr> <td>AB :</td> <td>2629,86 Kg/ml</td> </tr> <tr> <td>BC</td> <td>2892,46 Kg/ml</td> </tr> </table>	AB :	2629,86 Kg/ml	BC	2892,46 Kg/ml
AB :	2629,86 Kg/ml				
BC	2892,46 Kg/ml				
* travée AB	2879,86 Kg/ml				
* travée BC	4449,94 Kg/ml				

Etage courant  
charge permanente

- Poids propre de la poutre	250 Kg/ml						
- Reaction des poutrelles	<table> <tr> <td>AB</td> <td>2629,86 Kg/ml</td> </tr> <tr> <td>BC</td> <td>2892,46 Kg/ml</td> </tr> <tr> <td>CD</td> <td>266,57 Kg/ml</td> </tr> </table>	AB	2629,86 Kg/ml	BC	2892,46 Kg/ml	CD	266,57 Kg/ml
AB	2629,86 Kg/ml						
BC	2892,46 Kg/ml						
CD	266,57 Kg/ml						
* travée AB	2879,86 Kg/ml						
* travée BC	3142,46 Kg/ml						
* travée CD	516,57 Kg/ml						

## Portique CC

Niveau V (terrasse)  
charge permanente

- Poids propre de la poutre	250 Kg/ml				
- Reaction des poutrelles	<table> <tr> <td>AB</td> <td>2842,85 Kg/ml</td> </tr> <tr> <td>BC</td> <td>2414,03 Kg/ml</td> </tr> </table>	AB	2842,85 Kg/ml	BC	2414,03 Kg/ml
AB	2842,85 Kg/ml				
BC	2414,03 Kg/ml				
* travée AB	3092,85 Kg/ml				
* travée BC	2664,03 Kg/ml				

Etage courant  
charge permanente

- Poids propre de la poutre	250 Kg/ml						
- Reaction des poutrelles	<table> <tr> <td>AB</td> <td>2842,85 Kg/ml</td> </tr> <tr> <td>BC</td> <td>2414,03 Kg/ml</td> </tr> <tr> <td>CD</td> <td>266,57 Kg/ml</td> </tr> </table>	AB	2842,85 Kg/ml	BC	2414,03 Kg/ml	CD	266,57 Kg/ml
AB	2842,85 Kg/ml						
BC	2414,03 Kg/ml						
CD	266,57 Kg/ml						
* travée AB	3092,85 Kg/ml						
* travée BC	2664,03 Kg/ml						
* travée CD	516,57 Kg/ml						

charge concentrée :

$$\begin{aligned}
 \text{- Poutre} &: 0,22 \cdot 0,3 \cdot 3,3 \cdot 2500 \cdot \frac{1}{2} = 272,25 \text{ Kg} \\
 \text{- mur} &: 764,96 \cdot 3,30 \cdot \frac{1}{2} = 1262,18 \text{ Kg} \\
 P &= 1534,43 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

P, située à  $x = 1,22 \text{ m}$ .

Portique DD.

Niveau terrasse

- charge permanente

- Poids propre de la poutre		250 Kg/m <sup>l</sup>						
- Reaction des poutrelles	<table> <tr> <td>AB</td> <td>1023,95 Kg/m<sup>l</sup></td> </tr> <tr> <td>BC</td> <td>2429,94 Kg/m<sup>l</sup></td> </tr> <tr> <td>CD</td> <td>228,75 Kg/m<sup>l</sup></td> </tr> </table>	AB	1023,95 Kg/m <sup>l</sup>	BC	2429,94 Kg/m <sup>l</sup>	CD	228,75 Kg/m <sup>l</sup>	
AB	1023,95 Kg/m <sup>l</sup>							
BC	2429,94 Kg/m <sup>l</sup>							
CD	228,75 Kg/m <sup>l</sup>							
- acrotère		723,21 Kg/m <sup>l</sup>						
* travée AB		1997,16 Kg/m <sup>l</sup>						
* travée BC		2679,94 Kg/m <sup>l</sup>						
* travée CD		478,75 Kg/m <sup>l</sup>						

Etage courant

- charge permanente

- Poids propre de la poutre		250 Kg/m <sup>l</sup>						
- Reaction des Poutrelles	<table> <tr> <td>AB</td> <td>1023,95 Kg/m<sup>l</sup></td> </tr> <tr> <td>BC</td> <td>2429,94 Kg/m<sup>l</sup></td> </tr> <tr> <td>CD</td> <td>933,3 Kg/m<sup>l</sup></td> </tr> </table>	AB	1023,95 Kg/m <sup>l</sup>	BC	2429,94 Kg/m <sup>l</sup>	CD	933,3 Kg/m <sup>l</sup>	
AB	1023,95 Kg/m <sup>l</sup>							
BC	2429,94 Kg/m <sup>l</sup>							
CD	933,3 Kg/m <sup>l</sup>							
* travée AB		1273,95 Kg/m <sup>l</sup>						
* travée BC		2679,94 Kg/m <sup>l</sup>						
* travée CD		1183 Kg/m <sup>l</sup>						

- charge concentrée :

P

1534,43 Kg/m<sup>l</sup>

P située à une distance  $x = 1,22$  m.

La charge permanente de la console CD est due au poutre + dalle balcon

## Portique longitudinal A1

Niveau terrasse

- surcharges : travée (1,2,3,4) :

$$100 \cdot 0,65/2 = 32,5 \text{ Kg/ml}$$

Etage courant

- surcharges : travée (1,2,3,4)

$$175 \cdot \frac{0,65}{2} = 56,87 \text{ Kg/ml}$$

## Portique 2-2

Niveau terrasse:

- surcharges : travée (1,2,3,4) :

$$100 \cdot 0,65 = 65 \text{ Kg/ml}$$

Etage courant:

surcharges : travée (1,2,3,4)

$$175 \cdot 0,65 = 113,75 \text{ Kg/ml}$$

## Portique transversal AA

Niveau terrasse

surcharges : travée (1,2)

$$1,5 \cdot 100 = 150 \text{ Kg/ml}$$

Etage courant

surcharges : travée (1,2)

$$1,5 \cdot 175 = 262,5 \text{ Kg/ml}$$

## Portique transversal BB

Niveau terrasse

surcharges : travée (1,2) :

$$100 \times 3,15 = 315 \text{ Kg/ml}$$

Etage courant

surcharges : travée (1,2) :

$$175 \cdot 3,15 = 551,25 \text{ Kg/ml}$$

$$\text{console CD} : 1,03 \cdot 300 = 309 \text{ Kg/ml}$$

## Portique transversal CC

Niveau terrasse

surcharges : travée (1,2)

$$100 \cdot 3,3 = 330 \text{ Kg/ml}$$

Etage courant

surcharges : travée (1,2)

$$175 \cdot 3,3 = 577,5 \text{ Kg/ml}$$

$$\text{console CD} : 300 \cdot 1,03 = 3,09 \text{ Kg/ml}$$

## Portique transversal DD

Niveau terrasse

Surcharges : travée (1)

$$1,65 \cdot 100 + 0,96 \cdot 100 = 261 \text{ Kg/m}^2$$

travée (2)

$$3,15 \cdot 100 = 315 \text{ Kg/m}^2$$

Niveau courant

Surcharges : travée (1)

$$1,65 \times 1,75 = 288,75 \text{ Kg/m}^2$$

travée (2)

$$3,15 \cdot 1,75 = 551,25 \text{ Kg/m}^2$$

Resultats sous forme de tableau.

G = charge permanente

P = Surcharge

Q = charge concentrée

Portiques transversaux

Niveau	Travée Portique	1 = AB		2 = BC			x (cm)
		G (t)	P (t)	G (t)	P (t)	Q (t)	
V	A-A	1,492	0,150	1,392	0,15	/	/
	B-B	2,880	0,315	4,450	0,315	/	/
	C-C	3,093	0,330	2,664	0,330	/	/
	D-D	1,997	0,261	2,680	0,315	/	/
IV	A-A	1,926	0,263	1,826	0,263	/	/
	B-B	2,880	0,551	3,142	0,551	/	/
	C-C	3,093	0,578	2,664	0,578	1,534	1,22
	D-D	1,274	0,289	2,680	0,551	1,534	1,22
III	A-A	1,926	0,263	1,826	0,263	/	/
	BB	2,880	0,551	3,142	0,551	/	/
	C-C	3,093	0,578	2,664	0,578	1,534	1,22
	DD	1,274	0,289	2,680	0,551	1,534	1,22
II	AA	1,926	0,263	1,826	0,263	/	/
	BB	2,880	0,551	3,142	0,551	/	/
	C-C	3,093	0,578	2,664	0,578	1,534	1,22
	D-D	1,274	0,289	2,680	0,551	1,534	1,22
I	A-A	1,926	0,263	1,826	0,263	/	/
	BB	2,880	0,551	3,142	0,551	/	/
	C-C	3,093	0,578	2,664	0,578	1,534	1,22
	DD	1,274	0,289	2,680	0,551	1,534	1,22

## Portiques Longitudinaux:

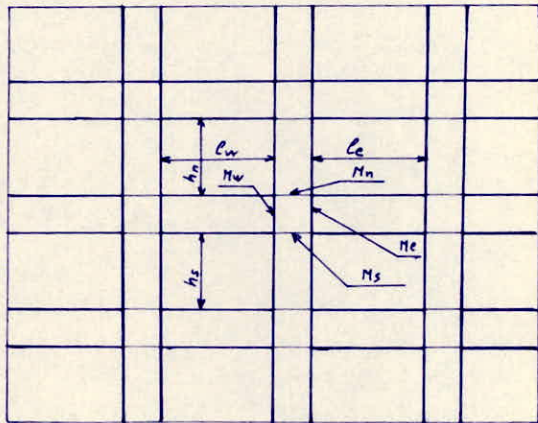
Niveau	Travée Portique	1		2		3		4	
		G (t)	P (t)	G (t)	P (t)	G (t)	P (t)	G (t)	P (t)
V	1-1	0,692	0,325	0,692	0,325	0,593	0,325	0,692	0,325
	2-2	0,573	0,065	0,573	0,065	0,573	0,065	0,643	0,065
	3-3	0,692	0,033	0,592	0,033	0,825	0,033	0,924	0,108
IV	1-1	1,065	0,057	1,065	0,057	0,901	0,057	1,065	0,057
	2-2	0,450	0,114	0,450	0,114	0,450	0,114	2,309	0,114
	3-3	1,065	0,057	0,996	0,346	1,065	0,057	5,000	0,690
III	1-1	1,065	0,057	1,065	0,057	0,901	0,057	1,065	0,057
	2-2	0,450	0,114	0,450	0,114	0,450	0,114	2,309	0,114
	3-3	1,065	0,057	0,996	0,346	1,065	0,057	5,000	0,690
II	1-1	1,065	0,057	1,065	0,057	0,901	0,057	1,065	0,057
	2-2	0,450	0,114	0,450	0,114	0,450	0,114	2,309	0,114
	3-3	1,065	0,057	0,996	0,346	1,065	0,057	5,000	0,690
I	1-1	1,065	0,057	1,065	0,057	0,901	0,057	1,065	0,057
	2-2	0,450	0,114	0,450	0,114	0,450	0,114	2,309	0,114
	3-3	1,065	0,057	0,996	0,346	1,065	0,057	5,000	0,690

## CHARGES VERTICALES

Le calcul des portiques, sous les charges verticales sera fait par la méthode de CAQUOT exposée en annexe A du CCBA 68.

Exposé de la méthode de CAQUOT.

Les moments de continuité agissant dans les sections des nus d'un appui considéré, considérées comme section dangereuse, sur les éléments qui se rencontrent en formant un nœud, peuvent être évalués en ne tenant compte que des charges de travées encadrant l'appui considéré (travée de gauche indice  $w$ ) et travée de droite indice ( $e$ ), et la résistance offerte par les tronçons inférieurs et supérieurs des poteaux aboutissant au nœud considéré (tronçon supérieur indice  $n$ ) et tronçon inférieur indice ( $s$ )



On considère des hauteurs fictives des poteaux :

$h'_n = 0,8 h_n$  si le nœud considéré appartient à l'avant dernier plancher

$h'_n = 0,8 h_n$  pour les autres cas

$h'_s = 0,8 h_s$  dans tous les cas hormis le cas exceptionnel où les poteaux seraient articulés sur leur fondations, on prend alors  $h'_s = h_s$

On considère également des travées fictives  $l'_e$  et  $l'_w$

Pour les travées intermédiaires ( $l'_w = 0,8 l_w$  ;  $l'_e = 0,8 l_e$ )

avec ( $l'_e =$  portée libre de travée de droite ;  $l'_w =$  portée libre de travée de gauche)

$q_w$  : la charge uniformément répartie par unité de longueur sur la travée de gauche ( $q_e$  sur celle de droite)

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

On pose :

$$M'_w = \frac{q_w l'_w{}^2}{8,5} + l'_w R_w q_w$$

$$M'_e = \frac{q_e l'_e{}^2}{8,5} + l'_e R_e q_e$$

Soit  $I_w, I_e, I_s$ , et  $I_n$  designant respectivement les moments d'inertie de la travée de gauche, de la travée de gauche, de la travée de droite du poteau inférieur et du poteau supérieur

On pose :

$$K_w = \frac{I_w}{l'_w} ; K_e = \frac{I_e}{l'_e} ; K_s = \frac{I_s}{h'_s} ; K_n = \frac{I_n}{h'_n} ; D = K_w + K_e + K_n + K_s$$

Les moments dans les sections dangereuses (nus des appuis) sont en valeurs absolues



- Au nu de l'appui dans la travée de gauche.

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

- Au nu de l'appui dans la travée de droite.

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

- Au nu inférieur des poutres dans le poteau inférieur

$$M_s = \frac{K_s}{D} (M_e - M'_w)$$

- Au nu supérieur du plancher dans le poteau supérieur.

$$M_n = \frac{K_n}{D} (M_e - M'_w)$$

Pour les traverses ; les moments  $M_e$  et  $M_w$  sont négatifs, pour les poteaux la face tendue du tronçon supérieur est du côté correspondant à la plus grande des deux (2) valeurs absolues  $M'_w$ ,  $M_e$

La face tendue du tronçon inférieur est du côté opposé.

### Travée de rive

- nœud de rive (sans console) (ave console voir CCBA)

$$M_e = M_e \left(1 - \frac{K_e}{D}\right) ; M_s = M_e \frac{K_s}{D} ; M_n = M_e \frac{K_n}{D}$$

- Nœud voisin du nœud de rive

La longueur  $l'_w$  de la travée fictive de rive est prise égale à :

$$l'_w = \chi l_w \text{ avec } (\chi = 0,8 \text{ si } K_s + K_n \geq 1,5 K_e ; \chi = 1 - \frac{K_s + K_n}{1,5 K_e} \text{ si } K_s + K_n < 1,5 K_e)$$

- Moment dans les poteaux

On admet que les points de moment nul dans les poteaux se trouvent à  $h'_n$  au-dessus du plancher et à  $h'_s$  au-dessous du nu inférieur des poteaux.

- Efforts tranchants dans les poutres.

- Efforts tranchants sous les charges verticales dans les poutres.

Conformément à l'annexe A13 du CCBA 68 ; les efforts tranchants seront calculés, en considérant la travée indépendante et en faisant état des moments de continuité et de la charge qui lui est appliquée

$$\sum M/B = 0$$

$$R_A \cdot l - M_w + M_e - q \frac{l^2}{2} = 0$$

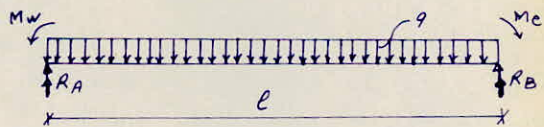
$$R_A = \frac{M_w - M_e}{l} + q \frac{l}{2}$$

d'où l'équation de l'effort tranchant

$$T = R_A - qx = q \frac{l}{2} + \frac{M_w - M_e}{l} - qx$$

$$T_w(x=0) = q \frac{l}{2} + \frac{M_w - M_e}{l}$$

$$T_e(x=l) = -q \frac{l}{2} + \frac{M_w - M_e}{l}$$

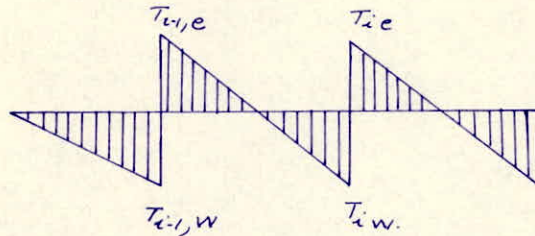


Efforts normaux dans les poutres - Efforts tranchants dans les poteaux  
- Par simplification ; on ne fait pas état ; dans les calculs des efforts tranchants dans les poteaux ; ni des efforts normaux dans les poutres. Ils seront ainsi déterminés à partir des efforts tranchants définis ci-dessus.

Pour les traverses, les moments  $M_e$  et  $M_w$  sont négatifs. Pour les poteaux la force tendue du tronçon supérieur est du côté, correspondant à la plus grande des 2 valeurs absolues  $M_e$  et  $M'_w$ .

La face tendue du tronçon inférieur est du côté opposé.

Ainsi pour les charges verticales uniformément réparties provoquant des efforts tranchants schématisés dans les diagramme ci-dessous.



Les réactions développées dans les appuis  $(i-1)$  et  $(i)$  donnent des efforts de compression dans les poteaux, valant :

$$N_{i-1} = T_{(i-1)e} - T_{(i-1)w} , \quad N_i = T_{i,e} - T_{i,w}$$

$T_{(i-1)e}$ ,  $T_{(i-1)w}$ ,  $T_{i,e}$  et  $T_{i,w}$  sont en valeurs algébriques.

Niveaux	Nœuds	$l_w$ (m)	$l_e$ (m)	$h_n$ (m)	$h_s$ (m)	$I_w$ $10^3 m^4$	$I_e$ $10^3 m^4$	$I_n$ $10^3 m^4$	$I_s$ $10^3 m^4$	$l'_w$ (m)	$l'_e$ (m)	$h'_n$ (m)	$h'_s$ (m)	$K_w$ $10^3 (m)$	$K_e$ (m)	$K_n$ $10^3 (m)$	$K_s$ $10^3 m^3$	$D$ $10^3 m^3$
V	1	/	3,800	/	2,600	/	1,333	/	1,866	/	3,040	/	2,128	/	0,438	/	0,877	1,315
	2	3,800	3,800	/	2,600	1,333	1,333	/	1,866	3,040	3,040	/	2,128	0,438	0,438	/	0,877	1,753
	3	3,800	/	/	2,600	1,333	/	/	1,866	3,040	/	/	2,128	0,438	/	/	0,877	1,315
IV	4	/	3,800	2,600	2,600	/	1,333	1,866	1,866	/	3,040	2,394	2,128	/	0,438	0,779	0,877	2,094
	5	3,800	3,800	2,600	2,600	1,333	1,333	1,866	1,866	3,040	3,040	2,394	2,128	0,438	0,438	0,779	0,877	2,532
	6	3,800	/	2,600	2,600	1,333	/	1,866	1,866	3,040	/	2,394	2,128	0,438	/	0,779	0,877	2,094
III	7	/	3,800	2,600	2,600	/	1,333	1,866	1,866	/	3,040	2,128	2,128	/	0,438	0,877	0,877	2,192
	8	3,800	3,800	2,600	2,600	1,333	1,333	1,866	1,866	3,040	3,040	2,128	2,128	0,438	0,438	0,877	0,877	2,630
	9	3,800	/	2,600	2,600	1,333	/	1,866	1,866	3,040	/	2,128	2,128	0,438	/	0,877	0,877	2,192
II	10	/	3,800	2,600	2,600	/	1,333	1,866	1,866	/	3,040	2,128	2,128	/	0,438	0,877	0,877	2,192
	11	3,800	3,800	2,600	2,600	1,333	1,333	1,866	1,866	3,040	3,040	2,128	2,128	0,438	0,438	0,877	0,877	2,630
	12	3,800	/	2,600	2,600	1,333	/	1,866	1,866	3,040	/	2,128	2,128	0,438	/	0,877	0,877	2,192
I	13	/	3,800	2,600	2,600	/	1,333	1,866	1,866	/	3,040	2,128	2,128	/	0,438	0,877	0,877	2,192
	14	3,800	3,800	2,600	2,600	1,333	1,333	1,866	1,866	3,040	3,040	2,128	2,128	0,438	0,438	0,877	0,877	2,630
	15	3,800	/	2,600	2,600	1,333	/	1,866	1,866	3,040	/	2,128	2,128	0,438	/	0,877	0,877	2,192

Caracteristiques geometriques du portiques transversal AA

Niveau	Noeuds	$q_c$ t/m	$q_w$ t/m	$M_c$ t.m	$M_w$ t.m	$M_e$ t.m	$M_w$ t.m	$M_p$ t.m	$M_s$ t.m
I	1	0,150	/	0,163	/	0,109	/	/	0,109
	2	0,150	0,150	0,163	0,163	0,163	0,163	/	/
	3	/	0,150	/	0,163	/	0,109	/	-0,109
IV	4	0,263	/	0,286	/	0,226	/	0,106	0,120
	5	0,263	0,263	0,286	0,286	0,286	0,286	/	/
	6	/	0,263	/	0,286	/	0,226	-0,106	-0,120
III	7	0,263	/	0,286	/	0,229	/	0,114	0,114
	8	0,263	0,263	0,286	0,286	0,286	0,286	/	/
	9	/	0,263	/	0,286	/	0,229	-0,114	-0,114
II	10	0,263	/	0,286	/	0,229	/	0,114	0,114
	11	0,263	0,263	0,286	0,286	0,286	0,286	/	/
	12	/	0,263	/	0,286	/	0,229	-0,114	-0,114
I	13	0,263	/	0,286	/	0,229	/	0,114	0,114
	14	0,263	0,263	0,286	0,286	0,286	0,286	/	/
	15	/	0,263	/	0,286	/	0,229	-0,114	-0,114

Portique transversal AA :

Moments aux appuis sous P

Niveau	Noeuds	$q_c$ t/m	$q_w$ t/m	$M_c$ t.m	$M_w$ t.m	$M_e$ t.m	$M_w$ t.m	$M_n$ t.m	$M_s$ t.m
IV	1	1,492	/	1,622	/	1,081	/	/	1,081
	2	1,392	1,492	1,513	1,622	1,540	1,595	/	-0,054
	3	/	1,392	/	1,513	/	1,008	/	-1,008
III	4	1,926	/	2,094	/	1,655	/	0,779	0,876
	5	1,826	1,926	1,985	2,094	2,004	2,075	-0,034	-0,013
	6	/	1,826	/	1,985	/	1,569	-0,739	-0,831
II	7	1,926	/	2,094	/	1,675	/	0,837	0,837
	8	1,826	1,926	1,985	2,094	2,003	2,076	-0,036	-0,036
	9	/	1,826	/	1,985	/	1,588	-0,794	-0,794
I	10	1,926	/	2,094	/	1,675	/	0,837	0,837
	11	1,826	1,926	1,985	2,094	2,003	2,076	-0,036	-0,036
	12	/	1,826	/	1,985	/	1,588	-0,796	-0,796
I	13	1,926	/	2,094	/	1,675	/	0,837	0,837
	14	1,826	1,926	1,985	2,094	2,003	2,076	-0,036	-0,036
	15	/	1,826	/	1,985	/	1,588	-0,794	-0,794

Portique transversal AA : Moments aux appuis sous G

Niveau	Travée	q t/m	Me t.m	Mw t.m	Tw (t)	Tc (t)
V	AB	0,15	0,163	0,109	0,328	-0,302
	BC	0,15	0,109	0,163	0,302	-0,328
IV	AB	0,263	0,286	0,226	0,567	-0,538
	BC	0,263	0,226	0,286	0,538	-0,567
III	AB	0,263	0,286	0,229	0,566	-0,539
	BC	0,263	0,229	0,286	0,539	-0,566
II	AB	0,263	0,286	0,229	0,566	-0,539
	BC	0,263	0,229	0,286	0,539	-0,566
I	AB	0,263	0,286	0,229	0,566	-0,539
	BC	0,263	0,229	0,286	0,539	-0,566

Efforts tranchants sous P

Niveau	Travée	q t/m	Me t.m	Mw t.m	Tw (t)	Tc (t)
V	AB	1,492	1,595	1,081	3,255	-3,011
	BC	1,392	1,008	1,540	2,797	-3,049
IV	AB	1,926	2,075	1,655	4,145	-3,944
	BC	1,826	1,569	2,004	3,731	-3,938
III	AB	1,926	2,076	1,675	4,140	-3,949
	BC	1,826	1,588	2,003	3,735	-3,934
II	AB	1,926	2,076	1,675	4,140	-3,949
	BC	1,826	1,988	2,003	3,735	-3,934
I	AB	1,926	2,076	1,675	4,140	-3,949
	BC	1,826	1,988	2,003	3,735	-3,934

Efforts tranchants sous G Portique AA

Efforts normaux dans les poteaux sous  $S_{iH}$ , G, P.

Niveau	Poteau	Portique AA			Portique BB			Portique CC			Portique DD		
		$S_{iH}$	G	P	$S_{iH}$	G	P	$S_{iH}$	G	P	$S_{iH}$	G	P
		N(t)	N(t)	N(t)	N(t)	N(t)	N(t)	N(t)	N(t)	N(t)	N(t)	N(t)	N(t)
V	AA	-1,438	3,255	0,328	-1,415	6,398	0,689	-1,390	6,734	0,722	-1,365	4,410	0,574
	BB	0	5,808	0,604	0	14,772	1,268	0	11,594	1,328	0	9,423	1,344
	CC	1,438	3,049	0,328	1,415	9,627	0,689	1,390	5,852	0,722	+1,365	6,203	0,549
IV	A-A	-3,404	4,145	0,567	-3,079	6,213	1,187	-3,047	6,820	1,245	-3,014	2,984	0,634
	B-B	0	7,675	1,076	1,411	12,358	2,271	1,304	11,032	2,382	1,372	7,892	1,721
	CC	3,404	3,938	0,567	-2,029	7,147	1,483	-2,002	6,341	1,542	-1,877	6,700	1,221
III	AA	-4,393	4,140	0,566	-4,370	6,208	1,186	-4,344	6,815	1,244	-1,954	2,980	0,633
	B-B	0	7,684	1,078	2,00	12,368	2,272	1,987	11,602	2,383	-0,405	7,917	1,722
	CC	4,393	3,934	0,566	-2,872	7,142	1,483	-2,850	5,777	1,542	-2,683	6,679	1,221
II	A-A	-5,316	4,140	0,566	-5,300	6,208	1,186	-5,281	6,815	1,244	-5,266	2,980	0,633
	B-B	0	7,684	1,078	2,424	12,368	2,272	2,416	11,602	2,383	2,394	7,917	1,722
	C-C	5,316	3,934	0,566	-3,477	7,142	1,483	-3,465	5,777	1,542	3,273	6,679	1,221
I	A-A	-5,553	4,100	0,566	5,549	6,208	1,186	-5,531	6,815	1,244	-5,519	2,980	0,633
	B-B	0	7,684	1,078	2,534	12,368	2,272	2,530	11,602	2,383	2,511	7,917	1,722
	C-C	5,553	3,934	0,566	-3,635	7,142	1,483	-3,628	5,777	1,542	-3,439	6,679	1,221

Niveau	Poteau	Portique 1-1			Portique 2-2		
		$S_{iH}$	G	P	$S_{iH}$	G	P
		N(t)	N(t)	N(t)	N(t)	N(t)	N(t)
V	1-9	-1,829	1,074	0,504	-1,793	0,890	0,1
	2-10	0,622	2,145	1,009	0,606	1,778	0,204
	3-11	0	2,115	1,068	0	1,886	0,213
	4-12	-0,235	2,015	1,025	-0,231	1,912	0,205
IV	9-17	-4,1027	1,632	0,087	-3,981	0,689	0,180
	10-18	1,367	6,516	0,178	-0,009	1,611	0,352
	11-19	-1,1079	3,238	0,188	0	1,592	0,374
	12-20	0,562	3,09	0,180	0,844	3,892	0,357
III	17-25	-5,809	1,630	0,087	-5,771	0,852	0,179
	18-26	1,231	6,518	0,178	1,900	1,448	0,353
	19-27	0	3,242	0,188	0	1,309	0,374
	20-28	-0,072	3,086	0,180	-0,753	4,175	0,357
II	25-33	-7,130	1,630	0,087	-7,069	0,852	1,790
	26-34	1,277	6,516	0,178	2,302	1,448	0,353
	27-35	0	3,242	0,188	0	1,309	0,374
	28-36	0,138	3,086	0,180	-0,929	4,175	0,357
I	33-41	-7,762	1,630	0,087	-7,335	0,852	1,790
	34-42	1,433	6,516	0,178	2,397	1,448	0,353
	35-43	0	3,242	0,188	0	1,309	0,374
	36-44	0,419	3,086	0,180	-9962	4,175	0,357

## COMBINAISON DES EFFORTS

Moment en travée

$$\text{Sous } (G+1,2P) \quad M_t = M_o(G+1,P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$$

$$\text{Sous } (G+P+S_{iH}^{\rightarrow}) \quad M_t = M_o(G+P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} + M_t(S_{iH}^{\rightarrow})$$

$$\text{Sous } (0,8G+S_{iH}^{\rightarrow}) \quad M_t = M_o(0,8G) - \frac{M_w(0,8G) + M_e(0,8G)}{2} + M_t(S_{iH}^{\rightarrow})$$

$$\text{Sous } S_{iH}^{\rightarrow} \quad M_t = \frac{M_e - M_w}{2}$$

Moment aux appuis

$$\text{Sous } (G+1,2P) \quad M_a = M_a(G) + 1,2 M_a(P)$$

$$\text{Sous } (G+P+S_{iH}^{\rightarrow}) \quad M_a = M_a(G) + M_a(P) + M_a(S_{iH}^{\rightarrow})$$

$$\text{Sous } (0,8G+S_{iH}^{\rightarrow}) \quad M_a = M_a(0,8G) + M_a(S_{iH}^{\rightarrow})$$

Effort tranchant (T)

$$\text{Sous } (G+1,2P) \quad T = T(G) + 1,2 T(P)$$

$$\text{Sous } (G+P+S_{iH}^{\rightarrow}) \quad T = T(G) + T(P) + T(S_{iH}^{\rightarrow})$$

$$\text{Sous } (0,8G+S_{iH}^{\rightarrow}) \quad T = 0,8 T(G) + T(S_{iH}^{\rightarrow})$$

Partique AA.

Niv	Travee	l	sous G	G + 1,2p				G + p + $\overrightarrow{S_iH}$			G + p + $\overleftarrow{S_iH}$			0,8 G + $\overrightarrow{S_iH}$			0,8 G + $\overleftarrow{S_iH}$			
			$\frac{M_e + M_s}{2}$	q <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>w</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>
I	A-B	4,20	1,338	1,672	3,687	2,349	1,212	1,791	2,190	2,930	-3,844	-4,570	1,636	0,329	2,515	2,209	-3,363	-4,245	0,915	0,810
	B-C	4,20	1,274	1,572	3,466	2,192	1,736	1,139	0,382	1,477	-4,497	-3,788	2,773	2,263	0,853	0,790	-4,186	-3,317	2,084	2,574
IV	A-B	4,20	1,865	2,321	5,118	3,253	1,926	2,418	5,403	3,779	-8,011	-9,165	2,145	3,289	5,860	2,723	-7,310	-8,608	1,089	9,990
	B-C	4,20	1,786	2,221	4,897	3,111	2,347	1,840	3,360	2,003	-9,079	-7,940	3,637	5,489	4,047	0,975	-8,539	-7,253	2,609	6,029
III	A-B	4,20	1,876	2,321	5,118	3,253	1,950	1,419	8,378	4,886	-8,774	-12,186	1,016	4,050	8,942	3,832	-8,073	-11,622	0,038	4,752
	B-C	4,20	1,796	2,221	4,897	3,111	2,346	1,863	4,123	0,875	-13,687	-8,702	4,745	6,877	4,810	-0,152	-11,552	-8,014	3,719	9,02
II	A-B	4,20	1,876	2,321	5,118	3,253	1,950	2,419	10,533	5,289	-10,127	-14,342	0,615	5,403	11,097	4,707	-9,426	-13,777	0,035	6,104
	B-C	4,20	1,796	2,221	4,897	3,111	2,346	1,863	5,476	0,474	-15,842	-10,054	5,146	8,432	6,163	-0,106	-13,707	-9,367	4,516	11,867
I	A-B	4,20	1,876	2,321	5,118	3,253	1,950	2,419	11,081	5,386	-10,477	-14,809	0,516	5,753	11,645	4,806	-9,776	-14,325	0,064	6,454
	B-C	4,20	1,796	2,221	4,897	3,111	2,346	1,863	5,826	0,375	-16,390	-10,404	5,245	9,580	6,573	-0,205	-14,257	-9,717	4,665	11,713

La charge q est exprimée en tone, les moments en t.m.  
Moments flechissants dans les poutres. (Combinaison)



Niv	Travée	$G + 1,2P$		$G + P + \overrightarrow{S_i H}$		$G + P + \overleftarrow{S_i H}$		$0,8G + \overrightarrow{S_i H}$		$0,8G + \overleftarrow{S_i H}$	
		$T_w$	$T_e$	$T_w$	$T_e$	$T_w$	$T_e$	$T_w$	$T_e$	$T_w$	$T_e$
V	A-B	3,649	-3,373	2,145	-4,751	5,021	-1,875	1,166	-3,847	4,042	-0,971
	B-C	3,160	-3,443	1,661	-4,815	4,537	-1,936	0,799	-3,877	3,676	-7,001
IV	A-B	4,825	-4,590	1,308	-7,886	8,116	-1,078	-0,089	-6,559	6,720	0,249
	B-C	4,377	-4,618	0,865	-7,909	7,673	-1,101	-0,419	-6,554	6,389	0,254
III	A-B	4,819	-4,596	0,313	-8,881	9,099	-1,095	-1,081	-7,552	7,705	1,234
	B-C	4,382	-4,613	-0,119	-8,893	8,667	-0,107	-1,405	-7,540	7,381	1,246
II	A-B	4,819	-4,596	-0,610	-9,804	10,022	+0,828	-2,004	-8,475	8,628	2,157
	B-C	4,382	-4,613	-1,042	-9,816	9,590	+0,816	-2,328	-8,463	8,304	2,169
I	A-B	4,819	-4,596	-0,847	-10,041	10,259	+2,065	-2,241	-8,712	8,865	2,394
	B-C	4,382	-4,613	-1,279	-10,053	9,827	+1,053	-2,565	-8,700	8,541	2,406

Les efforts tranchants sont exprimés en (t)

Combinaison des efforts tranchants dans les poutres. Part. A.A.

68

Niveau	Poleau	G		P		SiH		G+1,2P		G+P+SiH		G+P+SiH		0,8G+SiH		0,8G+SiH		G+P+1,2SiH		G+P+1,2SiH	
		M <sub>L</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>L</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>L</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>L</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>L</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>L</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>L</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>L</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>L</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>L</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)
V	AA	1,081	0,779	0,109	0,106	-3,380	-1,818	1,212	0,906	-2,119	2,703	4,570	-0,933	-2,152	2,942	4,608	-0,696	-2,866	3,067	3,894	-0,569
IV	AA	0,876	0,837	0,120	0,114	-5,468	3,644	7,020	0,974	-4,477	4,595	6,462	-2,693	-4,763	4,134	6,767	-9,974	-5,563	5,324	5,369	-1,964
III	AA	0,837	0,837	0,114	0,114	-6,638	5,437	0,974	0,974	-5,687	6,382	7,589	-4,480	-5,968	6,100	7,308	-4,762	-7,015	7,468	6,261	-3,394
II	AA	0,837	0,837	0,114	0,114	-7,006	7,006	0,974	0,974	-6,055	7,957	9,957	-6,055	-6,336	7,676	9,676	-6,336	-7,456	9,358	8,556	-4,654
I	AA	0,837	0,837	0,114	0,114	-5,979	8,968	0,974	0,974	-5,028	9,919	8,930	8,017	-5,309	9,638	8,649	-8,298	-6,224	11,710	7,734	-6,226
V	BB	-0,054	-0,034	-	-	-4,173	2,247	-0,054	-0,034	-4,227	2,213	4,119	-2,281	-4,216	2,220	4,130	-2,274	-5,062	2,662	3,284	-1,832
IV	BB	-0,073	-0,036	-	-	-6,206	4,537	-0,073	-0,036	-6,879	4,501	6,733	-4,573	-6,864	4,508	6,748	4,566	-8,240	5,408	5,372	-3,666
III	BB	-0,036	-0,036	-	-	-8,287	6,780	-0,036	-0,036	-8,323	6,744	8,252	-6,816	-8,316	6,751	8,258	-6,809	-9,980	8,1	5,594	-5,460
II	BB	-0,036	-0,036	-	-	-8,750	8,750	-0,036	-0,036	-8,786	8,714	8,714	-8,786	-8,779	8,721	8,721	-8,779	-10,536	10,464	6,964	-7,036
I	BB	-0,036	-0,036	-	-	-7,473	11,210	-0,036	-0,036	-7,509	11,174	7,437	-4,246	-7,502	11,181	7,444	-11,239	-9,004	13,416	5,942	-9,004
V	AA	2,088	1,165	0,288	0,233	-3,200	1,897	2,439	1,433	-0,824	3,174	5,576	-0,399	-3,530	2,719	4,870	-0,855	-7,464	2,822	4,936	-0,752
IV	AA	1,317	1,253	0,251	0,240	-5,423	3,616	1,612	1,548	-3,861	5,109	6,985	-2,123	-4,374	4,618	6,472	-2,674	-4,946	5,832	5,900	-1,400
III	AA	1,253	1,253	0,240	0,240	-6,607	5,406	1,541	1,541	-5,714	6,899	8,100	-3,913	-5,605	6,408	7,609	-4,403	-6,435	7,980	6,779	-2,832
II	AA	1,253	1,253	0,240	0,240	-6,987	6,987	1,541	1,541	-5,494	8,480	8,480	-5,494	-5,985	7,957	7,989	-5,984	-6,891	9,877	7,083	-4,097
I	AA	1,253	1,253	0,240	-0,240	-5,968	8,952	1,541	0,945	-4,475	9,265	7,461	-7,939	-4,974	9,954	6,962	-7,943	-5,669	9,249	6,287	-2,655
V	BB	0,854	0,088	-	-	-4,115	2,216	0,854	0,088	-3,261	2,304	4,969	-2,728	-3,432	2,286	4,798	-2,746	-4,084	2,747	4,146	-1,685
IV	BB	0,099	0,095	-	-	-6,764	4,509	0,099	0,095	-6,665	4,604	6,863	-4,414	-6,685	4,585	6,843	-4,433	-8,018	5,506	5,510	-3,512
III	BB	0,095	0,095	-	-	-8,257	6,760	0,095	0,095	-8,112	6,855	8,352	-6,665	-8,182	6,836	8,333	-6,684	-9,813	8,207	6,701	5,313
II	BB	0,095	0,095	-	-	-8,732	8,732	0,095	0,095	-8,637	8,827	8,827	-8,637	-8,456	8,808	8,808	-8,656	-10,383	10,573	7,081	6,891
I	BB	0,095	-0,095	-	-	-7,465	11,200	0,095	0,095	-7,370	11,295	7,560	-11,705	-7,389	11,276	7,541	-11,724	-8,863	13,345	6,067	-9,055
V	AA	1,448	0,524	0,189	0,117	-3,192	1,719	0,664	1,675	-1,555	2,360	4,829	-1,078	-2,034	2,138	4,350	-1,299	-2,193	2,704	5,467	-1,422
IV	AA	0,590	0,563	0,132	0,126	-5,326	3,551	0,714	0,748	-4,604	4,240	6,048	-2,862	-4,954	4,001	5,798	-3,700	-5,669	4,950	7,113	-3,572
III	AA	0,563	0,563	0,126	0,126	-6,540	5,351	0,714	0,714	-5,851	6,040	7,229	-4,662	-6,089	5,801	6,990	-4,900	-7,159	7,110	8,537	-5,732
II	AA	0,563	0,563	0,126	0,126	-6,948	6,948	0,714	0,714	-6,259	7,637	7,637	-6,259	-6,497	7,328	7,308	-6,497	-7,648	9,027	9,027	-7,648
I	AA	0,563	-0,563	0,126	-0,126	-5,955	8,932	0,714	0,714	-5,266	7,943	6,644	-9,921	-5,505	8,481	6,405	-9,382	-6,457	9,729	7,835	-11,707
V	BB	0,372	0,189	0,029	0,088	-3,988	2,147	0,294	0,406	-3,587	2,423	4,389	-1,871	-3,690	2,297	4,286	-1,997	-4,385	2,852	5,187	-2,500
IV	BB	0,211	0,203	0,099	0,095	-6,666	4,444	0,317	0,330	-6,356	4,742	6,976	-4,146	-6,497	5,057	6,835	-3,831	-7,689	5,631	8,309	-5,035
III	BB	0,203	0,203	0,095	0,095	-8,223	6,728	0,317	0,317	-7,925	7,026	8,521	-6,430	-8,061	7,340	8,385	-6,715	-9,569	8,372	10,166	-7,776
II	BB	0,203	0,203	0,095	0,095	-8,692	8,692	0,317	0,317	-8,394	8,990	8,990	-8,394	-8,529	9,305	8,854	-8,079	-10,130	10,728	10,728	-10,132
I	BB	0,203	-0,203	0,095	-0,095	-7,448	11,172	0,317	0,317	-7,150	10,874	7,746	-11,470	-7,286	11,009	7,670	-11,335	-8,639	13,708	9,236	-13,704

Portique. A-A.

Portique BB

Portique DD.

Portique 11

NIVEAUX	Poutres	G		P		S <sub>1</sub> H		G+1,2P		G+P+S <sub>1</sub> H		G+P+S <sub>1</sub> H		0,8G+S <sub>1</sub> H		0,8G+S <sub>1</sub> H		G+P+1,2S <sub>1</sub> H		G+P+1,2S <sub>1</sub> H	
		M <sub>e</sub> (t)	M <sub>b</sub> (t)	M <sub>e</sub> (t)	M <sub>b</sub> (t)	M <sub>e</sub> (t)	M <sub>b</sub> (t)	M <sub>e</sub> (t)	M <sub>b</sub> (t)	M <sub>e</sub> (t)	M <sub>b</sub> (t)	M <sub>e</sub> (t)	M <sub>b</sub> (t)	M <sub>e</sub> (t)	M <sub>b</sub> (t)	M <sub>e</sub> (t)	M <sub>b</sub> (t)	M <sub>e</sub> (t)	M <sub>b</sub> (t)	M <sub>e</sub> (t)	M <sub>b</sub> (t)
V	1-9	0,276	0,226	0,13	0,012	-2,934	1,579	0,432	0,240	-1,594	1,877	4,174	-1,347	-2,773	1,760	3,155	-1,400	-3,115	2,133	3,927	-1,657
IV	9-17	0,254	0,242	0,014	0,013	-4,881	3,255	0,272	0,257	-4,673	3,540	5,149	-3,030	-4,678	3,479	5,084	-3,091	-5,589	4,197	6,125	-3,687
III	17-25	0,242	0,242	0,013	0,013	-5,978	4,891	0,257	0,257	-5,723	5,146	6,233	-4,636	-5,784	5,085	6,172	-4,697	-6,919	6,124	7,429	-5,614
II	25-33	0,242	0,242	0,013	0,013	-6,432	6,432	0,257	0,257	-6,177	6,687	6,687	-6,177	-6,238	6,626	6,626	-6,238	-7,463	7,973	7,973	-7,463
I	33-41	0,242	-0,242	0,013	-0,013	-5,304	7,983	0,257	-0,257	-5,049	7,708	5,559	-8,218	-5,110	7,721	5,500	-8,205	-6,110	9,301	6,620	-9,811
V	2-10	0,147	0,048	0,025	0,002	-3,650	1,965	0,177	0,050	-3,478	2,015	3,822	-1,915	-3,532	2,003	3,768	-1,927	-4,208	2,408	4,552	-2,308
IV	10-18	0,054	0,051	0,003	0,003	-6,075	4,050	0,057	0,054	-6,078	4,104	6,132	-3,996	-6,032	4,091	6,118	-4,009	-7,233	4,914	7,342	-4,806
III	18-26	0,051	0,051	0,003	0,003	-7,712	6,309	0,054	0,054	-7,658	6,364	7,766	-6,255	-7,671	6,350	7,753	-6,268	-9,200	7,625	9,308	-7,577
II	26-34	0,051	0,051	0,003	0,003	-8,147	8,147	0,054	0,054	-8,093	8,202	8,201	-8,093	-8,106	8,188	8,188	-8,106	-9,722	9,830	9,830	-9,722
I	34-42	0,051	-0,051	0,003	-0,003	-6,802	10,203	0,054	-0,054	-6,748	10,149	6,856	-10,257	-6,761	10,152	6,843	-10,254	-8,108	12,190	8,216	-12,288
V	3-11	-0,04	0,025	-	-	-3,650	1,965	-0,04	-0,039	-3,69	1,926	3,610	-2,004	-3,682	1,926	-3,618	-2,004	-4,420	2,319	4,340	-2,397
IV	11-19	-0,044	0,003	-	-	-6,075	4,050	-0,044	-0,042	-6,119	4,008	6,031	-4,092	-6,110	4,016	6,040	-4,084	-7,334	4,918	7,246	-4,902
III	19-27	-0,042	0,003	-	-	-7,712	6,309	-0,042	-0,042	-7,754	6,267	7,167	-6,351	-7,754	6,275	7,167	-6,343	-9,296	7,529	9,212	-7,615
II	27-35	-0,042	0,003	-	-	-8,147	8,147	-0,042	-0,042	-8,189	8,105	8,105	-8,189	-8,181	8,113	8,113	-8,181	-9,818	9,734	9,734	-9,818
I	35-43	-0,042	-0,003	-	-	-6,802	10,203	-0,042	0,042	-6,844	10,245	6,76	-10,161	-6,836	10,237	6,768	-10,169	-8,204	12,286	8,120	-12,202
V	4-12	-0,014	-0,012	-0,025	-0,002	-3,660	1,965	-0,044	-0,014	-3,689	1,952	3,611	-7,979	-3,661	1,955	3,639	-7,975	-4,419	2,344	4,342	-2,372
IV	12-20	-0,073	-0,013	-0,003	-0,003	-6,075	4,050	-0,077	-0,077	-6,091	4,034	6,059	-4,066	-6,085	4,040	-6,065	-4,060	-7,306	4,844	7,274	-4,876
III	20-28	-0,073	-0,013	-0,003	-0,003	-7,712	6,309	-0,077	-0,077	-7,728	6,293	7,696	-6,325	-7,729	6,229	7,702	-6,319	-9,270	7,555	9,238	-7,581
II	28-36	-0,073	-0,013	-0,003	-0,003	-8,147	8,147	-0,077	-0,077	-8,163	8,132	8,132	-8,163	-8,157	8,137	8,137	-8,157	-9,792	9,760	9,760	-9,792
I	36-44	-0,073	0,073	-0,003	0,003	-6,802	10,203	-0,077	0,077	-6,818	10,219	6,786	-10,187	-6,813	10,213	6,790	-10,193	-8,178	12,260	8,147	-12,228

69

Portique 2-2

Niveau X	Poteaux	G		P		S <sub>1H</sub> <sup>0</sup>		G+1/2P		G+P+S <sub>1H</sub> <sup>0</sup>		G+P+S <sub>1H</sub> <sup>+</sup>		0,8G+S <sub>1H</sub> <sup>0</sup>		0,8G+S <sub>1H</sub> <sup>+</sup>		G+P+1/2S <sub>1H</sub> <sup>0</sup>		G+P+1/2S <sub>1H</sub> <sup>+</sup>		
		M <sub>E</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>E</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>E</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>E</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>E</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>E</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>E</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>E</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>E</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	M <sub>E</sub> (t)	M <sub>B</sub> (t)	
V	1-9	0,228	0,095	0,026	0,024	-2,872	1,546	0,259	0,124	-2,618	1,691	3,126	-1,401	-2,690	1,622	3,054	-4,470	-3,192	2,334	2,552	-3,758	
IV	9-17	0,107	0,102	0,028	0,026	-4,834	3,222	0,139	0,133	-4,700	3,350	4,968	-3,094	-4,748	3,304	4,920	-3,40	-5,667	3,994	4,001	-2,450	
III	17-25	0,102	0,102	0,026	0,026	-5,943	4,864	0,128	0,133	-5,815	4,992	6,071	-4,736	-5,862	4,946	6,025	-4,782	-6,644	5,965	5,242	-3,763	
II	25-33	0,102	0,102	0,026	0,026	-6,322	6,322	0,128	0,133	-6,194	6,450	6,450	-6,194	-6,240	6,404	6,404	-6,240	-7,458	7,714	5,188	-4,930	
I	33-41	0,102	-0,102	0,026	-0,026	-5,502	7,952	0,128	-0,133	-5,173	7,824	5,429	-8,080	-5,219	7,870	5,383	-8,034	-6,233	9,418	4,369	-6,486	
V	2-10	0,044	0,020	0,006	0,005	-3,588	1,932	0,051	0,026	-3,538	1,957	3,638	-1,907	-3,535	1,950	3,640	-1,900	-4,256	2,343	2,920	-1,521	
IV	10-18	0,023	0,022	0,006	0,006	-6,027	4,018	0,030	0,029	-5,998	4,046	6,056	-3,99	-5,999	4,036	6,055	-4,000	-7,203	4,850	4,851	-3,186	
III	18-26	0,022	0,022	0,006	0,006	-7,672	6,283	0,028	0,029	-7,652	6,311	7,693	-6,255	-7,654	6,300	7,690	-6,266	-9,178	7,568	6,166	-4,998	
II	26-34	0,022	0,022	0,006	0,006	-8,127	8,127	0,028	0,029	-8,099	8,155	8,155	-8,099	-8,109	8,145	8,145	-8,109	-9,724	9,780	6,530	-6,474	
I	34-42	0,022	-0,022	0,006	-0,006	-6,794	10,192	0,028	-0,029	-6,766	10,164	8,822	-10,220	-6,776	10,174	6,812	-10,210	-8,125	12,202	5,463	-8,182	
V	3-11	/	/	/	/	-3,588	1,932	/	/	-3,588	1,932	3,588	-1,932	-3,588	1,932	3,588	-1,932	-3,588	1,932	3,588	-1,932	
IV	11-19	/	/	/	/	-6,027	4,018	/	/	-6,027	4,018	6,027	-4,018	-6,027	4,018	6,027	-4,018	-6,027	4,018	6,027	-4,018	
III	19-27	/	/	/	/	-7,672	6,283	/	/	-7,672	6,283	6,283	-6,283	-7,672	6,283	6,283	-6,283	-7,672	6,283	6,283	-7,672	
II	27-35	/	/	/	/	-8,127	8,127	/	/	-8,127	8,127	8,127	-8,127	-8,127	8,127	8,127	-8,127	-8,127	8,127	8,127	-8,127	
I	35-43	/	/	/	/	-6,794	10,192	/	/	-6,794	10,192	10,192	-10,192	-6,794	10,192	10,192	-10,192	-6,794	10,192	10,192	-10,192	
V	4-12	0,022	0,325	-0,006	-0,005	-3,588	1,932	0,014	0,319	-3,565	2,252	3,611	-1,612	-3,563	2,192	3,613	-1,672	-4,291	2,638	2,885	-1,226	
IV	12-20	0,364	0,349	-0,006	-0,006	-6,027	4,018	0,357	0,342	-5,669	4,362	6,385	-3,675	-5,748	4,297	6,306	-3,739	-6,874	5,165	5,180	-2,871	
III	20-28	0,349	0,349	-0,006	-0,006	-7,692	6,283	0,342	0,342	-7,336	6,626	8,022	-5,940	-7,400	6,562	7,958	-6,004	-8,872	7,883	6,486	-4,623	
II	28-36	0,349	0,349	-0,006	-0,006	-8,127	8,127	0,342	0,342	-7,784	8,470	8,470	-7,784	-7,848	8,406	8,406	-7,848	-9,409	10,095	6,845	-2,847	
I	36-44	0,349	-0,349	-0,006	0,006	-6,794	10,192	0,342	-0,342	-6,451	9,849	7,137	-10,535	-6,575	9,913	7,073	-10,471	-7,810	11,887	5,778	-8,497	

70

Portique 1-1

Niv	Pot	G + 1,2P		G + P + S <sub>1H</sub> <sup>+</sup>		G + P + S <sub>1H</sub> <sup>-</sup>		0,8G + S <sub>1H</sub> <sup>+</sup>		0,8G + S <sub>1H</sub> <sup>-</sup>		G + P + 1,2S <sub>1H</sub> <sup>+</sup>		G + P + 1,2S <sub>1H</sub> <sup>-</sup>	
		N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)
V	1-9	1,679	1,679	-0,251	-0,251	3,407	3,407	-0,969	-0,969	2,688	2,688	-0,617	-0,617	3,773	3,773
IV	9-17	1,735	3,414	-2,303	-2,560	5,745	9,152	-2,722	-3,692	5,332	8,020	-3,114	-3,731	6,550	10,323
III	17-25	1,734	5,148	-4,092	-6,652	7,526	16,678	-4,505	-8,196	7,113	15,133	-5,254	-8,985	8,690	19,013
II	25-33	1,734	6,882	-5,413	-12,065	8,847	25,525	-5,826	-14,022	8,434	23,567	-6,839	-15,824	10,27	29,283
I	33-41	1,734	8,616	-6,044	-18,109	9,478	35,003	-6,457	-20,479	9,065	32,632	-7,600	-23,424	11,03	40,313
V	2-10	3,356	3,356	3,775	3,775	2533	2533	2,337	2,377	1,095	1,095	3,899	-3,899	2,409	2,409
IV	10-18	6,730	10,086	8,061	11,836	5,327	7,860	6,580	8,917	3,844	4,941	8,334	-12,833	5,327	7,736
III	18-26	6,732	16,818	7,927	19,763	6,853	14,713	6,451	15,368	3,977	8,918	8,173	20,406	5,220	12,954
II	26-34	6,730	23,548	7,973	27,736	5,419	20,152	6,492	21,859	3,937	12,855	8,226	28,632	5,162	18,118
I	34-42	6,730	30,278	8,129	35,865	5,263	25,395	6,647	28,506	3,781	16,636	8,414	37,046	4,974	23,092
V	3-11	3,397	3,397	5,883	5,883	3,183	3,183	1,692	1,692	1,692	1,692	3,183	3,183	3,183	3,183
IV	11-19	3,464	6,861	2,337	8,22	4,495	7,678	1,511	3,203	3,689	5,381	2,131	5,314	4,722	7,904
III	19-27	3,467	10,328	3,429	11,649	3,429	11,707	2,586	5,789	2,599	7,980	3,429	8,743	3,429	11,333
II	27-35	3,467	13,795	3,429	15,078	3,429	14,536	2,593	8,382	2,593	10,573	4,072	12,820	3,429	14,762
I	35-43	3,467	17,262	3,425	18,503	3,425	17,962	2,590	10,972	2,590	13,163	3,429	16,249	3,429	18,792
V	4-12	3,245	3,245	2,811	2,811	3,281	3,281	1,381	1,381	1,851	1,851	2,758	2,758	3,322	3,322
IV	12-20	3,306	6,551	3,851	6,662	3,913	7,194	3,033	4,414	1,911	3,762	3,943	6,701	2,60	5,922
III	20-28	3,302	9,853	3,194	9,856	3,338	10,532	2,397	6,811	2,541	6,303	3,180	9,881	3,352	9,274
II	28-36	3,302	13,155	3,404	13,260	3,128	13,660	2,607	9,418	2,331	8,634	3,432	13,313	3,106	12,374
I	36-44	3,302	16,457	3,689	16,949	2,851	16,511	2,892	12,31	2,053	10,687	3,770	17,083	2,763	15,137
V	1-9	1,01	1,01	-0,803	-0,803	-4,389	-4,389	1,081	-1,081	2,505	2,505	-1,162	-1,162	3,142	3,142
IV	9-17	0,905	1,915	-3,112	-3,915	4,185	0,461	-3,420	-4,501	0,156	2,662	-3,910	-5,072	5,650	8,792
III	17-25	3,000	4,915	-4,740	-8,655	6,802	7,263	-5,089	-9,159	6,453	9,114	-5,294	-10,366	6,802	15,594
II	25-33	3,000	7,915	-6,038	-14,693	5,504	12,767	-6,387	-15,931	7,752	16,865	-5,840	-16,206	11,925	26,719
I	33-41	3,000	10,915	-6,304	-20,997	7,834	20,601	-6,653	-22,630	8,017	24,882	-6,160	-22,366	11,440	38,159
V	2-10	2,023	2,023	2,588	2,588	1,376	1,376	2,028	2,028	0,816	0,816	2,709	2,709	1,254	1,254
IV	10-8	2,033	4,056	1,954	4,152	1,972	3,348	1,280	3,308	1,28	2,096	-1,952	4,661	1,974	3,228
III	18-26	1,872	5,928	3,701	8,143	-0,099	3,249	3,058	6,366	0,742	2,838	4,081	8,742	-0,479	2,749
II	26-34	1,872	7,800	4,102	12,345	-2,294	0,955	3,459	9,825	-1,142	1,695	4,562	13,304	-0,96	1,789
I	34-42	1,872	9,672	4,198	16,543	-0,936	0,019	3,552	13,377	-1,239	0,456	4,677	17,981	-1,075	0,714
V	3-11	2,142	2,142	2,099	2,099	2,099	2,099	1,509	1,509	1,509	1,509	2,099	2,099	2,099	2,099
IV	11-19	2,041	4,183	1,966	4,1065	1,966	4,1065	1,274	2,783	1,274	2,783	1,966	4,1065	1,966	4,1065
III	19-27	1,758	5,941	1,683	5,748	1,683	5,748	1,047	3,830	1,047	3,830	1,683	5,748	1,683	5,748
II	27-35	1,758	7,699	1,683	7,431	-0,111	5,637	1,047	4,877	1,047	4,877	1,683	7,431	1,683	7,431
I	35-43	1,758	9,457	1,683	9,114	1,343	6,980	1,047	5,924	1,047	5,924	1,683	9,114	1,683	9,114
V	4-12	2,158	2,158	1,880	1,880	2,348	2,348	1,299	1,299	1,761	-1,767	1,400	1,400	1,862	-1,862
IV	12-20	4,320	6,478	4,119	5,999	2,431	4,779	3,957	5,256	3,019	4,780	5,262	6,662	3,236	5,098
III	20-28	4,603	11,081	3,779	9,778	5,246	10,065	2,587	7,843	4,093	8,873	3,628	10,29	5,436	10,534
II	28-36	4,603	15,684	3,603	13,381	3,315	13,380	2,411	10,294	4,269	13,742	3,420	13,710	5,650	16,784
I	36-44	4,603	20,287	3,571	16,952	5,089	18,469	2,379	12,633	4,301	17,443	3,38	17,09	5,685	21,869
Niv	Pot	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)
		G + 1,2P	G + P + S <sub>1H</sub> <sup>+</sup>	G + P + S <sub>1H</sub> <sup>-</sup>	0,8G + S <sub>1H</sub> <sup>+</sup>	0,8G + S <sub>1H</sub> <sup>-</sup>	G + P + 1,2S <sub>1H</sub> <sup>+</sup>	G + P + 1,2S <sub>1H</sub> <sup>-</sup>							

Portique 22

Portique A-A.

Niv.	Poteau	G+1,2P		G+P+S <sub>1</sub> H		G+P+S <sub>1</sub> H		0,8G+S <sub>1</sub> H		0,8G+S <sub>1</sub> H		G+P+1,2S <sub>1</sub> H		G+P+1,2S <sub>1</sub> H	
		N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)
V	AA	3,649	3,649	2,145	2,145	5,021	5,021	1,166	1,166	4,042	4,042	1,860	1,860	5,809	5,309
IV	AA	4,825	8,474	1,308	3,453	8,116	13,137	-0,088	1,078	6,720	10,762	0,621	2,487	8,800	14,109
III	AA	4,219	13,293	0,303	3,766	9,099	22,236	-1,081	-0,003	7,705	18,467	-0,566	1,921	9,980	24,089
II	AA	4,819	18,112	-0,61	3,156	10,022	32,258	-2,044	-2,047	6,147	24,614	-1,673	0,248	11,085	35,174
I	AA	4,779	22,891	-0,847	2,309	10,259	42,517	-2,241	-4,288	8,865	33,479	-1,998	-1,750	11,330	46,504
V	BB	6,533	6,533	6,412	6,412	6,412	6,412	4,646	4,646	4,647	4,647	6,412	6,412	0,412	0,412
IV	BB	8,966	15,499	8,751	15,163	8,752	15,163	6,140	10,786	6,140	10,787	8,751	15,163	8,751	9,163
III	BB	8,978	24,477	8,762	23,925	8,762	23,925	6,147	16,933	6,147	16,934	8,762	23,925	8,762	17,925
II	BB	8,978	33,455	8,762	32,687	8,762	32,687	6,147	23,080	6,147	23,081	8,762	32,687	8,762	26,687
I	BB	8,978	42,433	8,762	41,95	8,762	41,450	6,147	29,227	6,147	29,228	8,762	41,450	8,762	35,45

Portique BB

Niveau	Poteau	G+1,2P		G+P+S <sub>1</sub> H		G+P+S <sub>1</sub> H		0,8G+S <sub>1</sub> H		0,8G+S <sub>1</sub> H		G+P+1,2S <sub>1</sub> H		G+P+1,2S <sub>1</sub> H	
		N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)
V	AA	7,225	7,225	5,672	5,672	8,502	8,502	3,703	3,703	6,533	6,533	5,385	5,385	8,785	8,785
IV	AA	7,637	14,862	4,321	9,930	10,479	18,981	1,891	5,194	8,049	14,582	3,705	9,090	11,095	19,880
III	AA	7,631	22,493	3,024	13,017	11,764	30,745	0,596	5,790	9,336	23,918	2,150	11,240	12,638	32,518
II	AA	7,631	30,124	2,094	15,177	12,694	43,439	-0,334	5,456	10,934	34,852	1,034	12,274	13,750	46,268
I	AA	7,631	37,755	1,854	16,965	12,934	56,373	-0,574	4,882	11,654	46,506	0,746	13,020	14,042	60,310
V	BB	16,293	16,293	16,039	16,039	16,039	16,039	11,546	11,546	11,546	11,546	16,040	16,040	16,040	16,040
IV	BB	15,083	31,376	16,040	32,079	13,218	29,257	11,297	22,845	8,475	20,021	16,320	32,360	12,934	28,374
III	BB	15,094	46,470	16,640	48,719	12,640	41,897	11,894	34,737	7,894	27,875	17,040	49,400	12,240	41,214
II	BB	15,094	61,564	17,064	65,783	12,216	54,143	12,318	47,055	7,470	35,345	17,550	64,950	11,730	52,944
I	BB	15,094	76,658	17,174	82,957	12,106	62,219	12,428	51,483	7,360	42,705	17,68	84,630	11,600	64,544

Portique DD.

Niveau	Poteau	G+1,2P		G+P+S <sub>1</sub> H		G+P+S <sub>1</sub> H		0,8G+S <sub>1</sub> H		0,8G+S <sub>1</sub> H		G+P+1,2S <sub>1</sub> H		G+P+1,2S <sub>1</sub> H	
		N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)	N(E)	Nc(E)
V	AA	5,099	5,099	3,619	3,619	6,349	6,349	2,737	2,737	5,467	5,467	3,364	3,364	6,622	6,622
IV	AA	3,745	8,844	0,604	4,223	6,632	12,981	0,007	2,744	6,035	11,502	0,001	3,365	7,255	13,857
III	AA	3,740	12,584	1,659	5,882	5,567	18,548	1,063	3,807	4,971	16,473	1,268	4,633	5,958	19,815
II	AA	3,740	16,324	-1,653	4,229	8,879	27,427	-2,249	1,558	8,283	24,758	-2,706	1,927	9,932	29,747
I	AA	3,740	20,064	-1,906	2,323	9,132	36,559	-2,502	-0,944	8,536	33,292	-3,010	-1,083	10,23	39,977
V	BB	11,036	11,036	10,767	10,767	10,767	10,767	8,883	8,883	8,883	8,883	10,767	10,767	10,767	10,767
IV	BB	9,957	20,993	10,984	21,751	8,142	19,009	9,406	18,299	6,664	15,547	11,260	22,021	7,970	18,737
III	BB	9,983	30,976	9,234	30,985	10,044	29,053	7,652	25,940	8,461	24,008	9,234	37,261	10,206	28,943
II	BB	9,983	40,959	12,033	43,018	7,245	36,198	10,450	36,390	5,662	29,670	12,512	43,773	6,766	35,709
I	BB	9,983	50,942	12,15	55,168	7,128	43,326	10,567	46,957	5,545	35,215	12,650	56,423	6,624	42,333

## FERRAILLAGE DES POUTRES

Conformément à l'article A15 du CCBA 68, il ne sera pas fait état dans les calculs des efforts normaux dans les poutres. Les poutres seront donc ferrillées en flexion simple sous la combinaison la plus défavorable entre les sollicitations du premier genre ( $SP_1$ ):  $G+1,2P$  et les sollicitations du deuxième genre ( $SP_2$ ) la plus défavorable avec les conditions suivantes:

- Si  $\max[1,5 M(SP_1); M(SP_2)] = 1,5 M(SP_1)$ ; on calcul la section sous  $SP_1$ .
- Si  $\max[1,5 M(SP_1); M(SP_2)] = M(SP_2)$ ; on calcul la section sous  $SP_2$ .

Calcul des armatures longitudinales:

Afin d'obtenir la valeur minimale pour la section des armatures on prendra  $\bar{\sigma}_a = \sigma_a$

On calcule  $\mu = \frac{nM}{\bar{\sigma}_a b h^2}$  tableau  $K$  et  $E$

$$\Rightarrow \bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K}$$

Si  $\bar{\sigma}_b' < \bar{\sigma}_b$  les armatures comprimées ne sont pas nécessaires, la section des armatures tendues est donnée par:

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

Si  $\bar{\sigma}_b' > \bar{\sigma}_b$  il est nécessaire de prévoir des armatures comprimées, on calcule alors:

$$K_1 = \frac{15 \cdot \bar{\sigma}_a}{n \bar{\sigma}_b'} ; K_2 = \frac{15 (h-d')}{\frac{\bar{\sigma}_a'}{\bar{\sigma}_a} (h+d')}$$

Par conséquent si  $K_1 > K_2$  on prend  $K_2$

et  $\bar{\sigma}_b' = \bar{\sigma}_b$  tableau  $\alpha, \mu', E$ , on aura:

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

$$y = \alpha h \longrightarrow \sigma_a' = \frac{15 (y-d')}{y} \bar{\sigma}_b'$$

La section des armatures comprimées sera:  $A' = \frac{M_2}{(h-d') \cdot \sigma_a'}$

La section des armatures tendues sera:  $A = \frac{M_1}{\bar{\sigma}_a \cdot E h} + \frac{M_2}{(h-d') \bar{\sigma}_a}$ ; avec  $\bar{\sigma}_a = K \bar{\sigma}_b'$

Si  $K_1 < K_2$  on prend  $K_1$  et  $\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K}$  tableau  $\mu'; E$

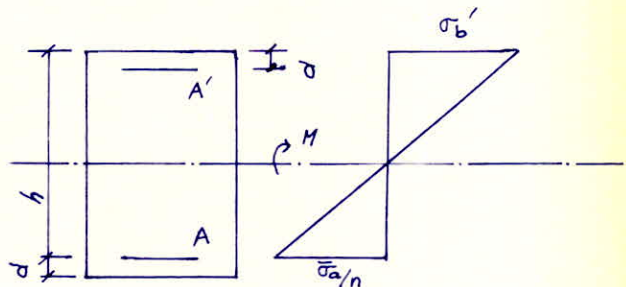
$$\Rightarrow M_1 = \mu' \bar{\sigma}_b' b h^2 \longrightarrow M_2 = M - M_1$$

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

La section des armatures tendues sera:  $A = A' + \frac{M_1}{\bar{\sigma}_a \cdot E h}$

Armatures transversales:

Les armatures transversales seront calculées avec l'effort tranchant maximal du niveau. Les armatures seront adoptées pour toutes les travées du niveau considéré.



### Contrainte de cisaillement

La contrainte tangente du plan neutre  $\tau_b$  est donnée par :  $\tau_b = \frac{T}{b \cdot z}$

T: effort tranchant maximal

b: largeur de la nervure

z: bras de levier =  $\frac{2}{3}h$ .

### Contrainte de cisaillement admissible

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

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

si  $\tau_b < \bar{\tau}_b$  on utilise des cadres  $\bar{\sigma}_{b0}'$  et étriers droits

si  $\bar{\tau}_b < \tau_b < 5\bar{\tau}_b$  on emploie des cadres et étriers droits plus de armatures

si  $\bar{\tau}_b < \tau$  on doit changer le béton. [Inclinées]

### Contrainte admissible des armatures transversales:

La contrainte admissible de traction  $\bar{\sigma}_{at}$  des armatures transversales droites est:  
 $\bar{\sigma}_{at} = \rho_a \bar{\sigma}_{en}$  avec  $\rho_a = \max[\frac{2}{3}; 1 - \frac{\tau_b}{9\bar{\sigma}_b}]$  si la section comporte de reprise de [bétonnage].

### Ecartement des armatures transversales:

Elle est donnée par:  $t = z \cdot \bar{\sigma}_{at} \cdot A_t$   $A_t$ : section d'armature transvers.  
 L'écartement maximal admissible  $\bar{t}$ .  $T_{max}$

### 1 Disposition pratique des armatures (cadres)

Le premier plan d'armatures transversales sera placé à une distance de l'appui égal à  $\frac{t}{2}$ ,

### Verifications

Condition de non fragilité:

$$A \geq 0,69 bh \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} = 0,69 \cdot \frac{5,9}{4200} =$$

Pourcentage d'armatures

Le pourcentage total minimal des aciers longitudinaux sur toute la longueur de la poutre doit être de 0,3% pour les aciers de haute adhérence.  
 Le pourcentage total maximum doit être de 2,5% b.h.

Condition de non fissuration.

Dans les justifications de calcul relatives à la fissuration du béton, on prend en compte les sollicitations de service uniquement soit  $G + 1,4 P = S$



On calcule :

$$\sigma_1 = \frac{K \eta \bar{\omega}_f}{\phi \cdot 1 + 10 \bar{\omega}_f} ; \sigma_2 = 2,4 \left( \frac{K R \bar{\sigma}_b}{\phi} \right)^{1/2} ; K = 1,5 \cdot 10^6 \text{ fissuration peu nuisible.}$$

$\eta = 1,6$  barres hautes adhérence

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{b \cdot d} = \frac{A}{2 b \cdot d}$$

et on doit vérifier que  $\sigma_a \leq \min \left[ \max(\sigma_1, \sigma_2) ; \frac{2}{3} \sigma_{en} = 2800 \text{ Kg/cm}^2 \right]$

Vérification à la flèche :

La justification de flèche se fait également sous l'effet des sollicitations de service - Les calculs ne comprennent pas l'action des surcharges climatiques soit  $S = G + 1,2 P$ .

Il n'est pas nécessaire de donner une justification de flèche pour les poutres si les conditions suivantes sont vérifiées

$$1. \frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{16}$$

$h_t$  : hauteur totale de la section

$$2. \frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0}$$

$l$  : portée libre de la poutre.

$M_t$  : moment max en travée

$$3. \frac{A}{b h} \leq \frac{43}{\sigma_{en}}$$

$M_0$  : moment max dans les travées supposées indépendantes

$A$  : section des armatures tendues.

$b$  : largeur de la portée.

$h$  : hauteur utile de la section.

$\sigma_{en}$  : limite d'élasticité nominale des armatures.

Vérification de l'adhérence.

La contrainte de l'adhérence vis-à-vis de l'entraînement des armatures est :

$$\bar{\sigma}_d = \frac{T}{P \cdot s} \quad \begin{array}{l} - T \text{ effort tranchant} \\ - P \text{ périmètre utile de l'armature.} \end{array}$$

La contrainte d'adhérence admissible  $\bar{\sigma}_b = 2 \psi_d \cdot \bar{\sigma}_d = 2 \cdot 1,5 \cdot 5,9 = 17,7 \text{ Kg/cm}^2$ .

Condition de non écrasement du béton.

Dans une partie courbe d'une barre tendue (encrage ou changement de direction de l'armature de traction), le rayon de courbure  $r$  doit satisfaire à l'exigence suivante

$$r \geq 0,10 \phi \frac{\sigma_a}{\sigma_{b_0}} \left( 1 - \frac{\phi}{d} \right) \nu$$

$\phi$  : diamètre de barre

$d$  : distance du centre de courbure de la barre à la paroi dont la proximité augmente le danger d'écartement du béton ( $d = 3,5 \text{ cm}$ )

$\nu = 1$  barre faisant partie d'un ensemble de barres disposées en un seul

[Lit.]

$$\text{Pour } \phi = 26 \text{ mm } r \geq 0,10 \phi \frac{2800}{68,8} \left( 1 + \frac{16}{3,5} \right) \cdot 1 = 10 \text{ cm}$$

Conditions aux appuis.

a) l'effort tranchant crée des efforts de compression dans des bielles de béton inclinées à  $45^\circ = T \sqrt{2}$

Pour que  $\bar{\sigma}_b' \leq \bar{\sigma}_{b_0}'$ , on doit avoir:  $C > \frac{2T}{b_0 \cdot \bar{\sigma}_{b_0}'} = C_0$

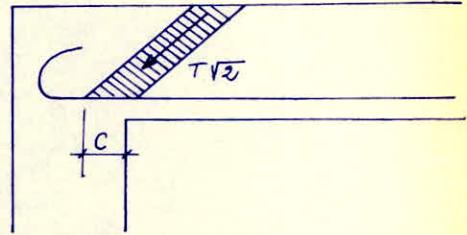
$T$ : effort tranchant maximal (aux appuis de rive)

$b_0$ : largeur minimale de la poutre.

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

$a$ : largeur du poteau.

$r$ : rayon de courbure.



b) Conditions sur les armatures inférieures:

La section minimale des armatures de traction inférieures, qui doivent être conduites jusqu'à cet appui et ancrées totalement au delà, doit être susceptible d'équilibrer un effort admissible égale à  $T + \frac{M}{3}$ .

$M$ : moment flechissant considéré en valeur algébrique.

$T$ : effort tranchant considéré comme positif.

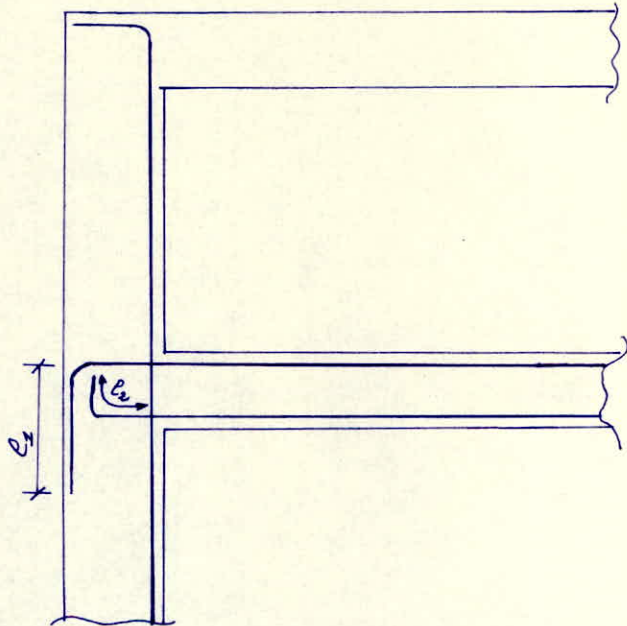
$T + \frac{M}{3}$  doit résulter de la combinaison la plus défavorable.

c) Ancrage des armatures:

L'ancrage des armatures longitudinales dans les poteaux de rive et d'angle doit être effectué conformément à la figure suivante.

$l_2 > \max(30\phi, 50\text{ cm})$

$l_1 > 20\phi$



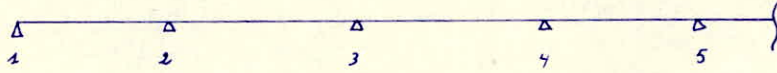
## Ferrailage des poutres du portique Longitudinal 2-2

Niveau	Section	M t.m	Origine	$\mu$	K	E	A cm <sup>2</sup>	Ferrailage adap	
V	1	-3,194	SP <sub>2</sub>	0,0333	48,8	0,9216	2,230	4,62	3T <sub>14</sub>
	1-2	0,942	SP <sub>2</sub>	0,0098	97,5	0,9556	0,634	4,62	3T <sub>14</sub>
	2	-2,231	SP <sub>2</sub>	0,0233	60	0,9334	1,538	4,62	3T <sub>14</sub>
	2-3	0,517	SP <sub>2</sub>	0,0080	109	0,9597	0,52	4,62	3T <sub>14</sub>
	3	-2,212	SP <sub>2</sub>	0,0230	60,5	0,9338	1,524	4,62	3T <sub>14</sub>
	3-4	0,514	SP <sub>2</sub>	0,0080	109	0,9597	0,517	4,62	3T <sub>14</sub>
	4	-2,262	SP <sub>2</sub>	0,0236	59,5	0,9329	1,560	4,62	3T <sub>14</sub>
	4-5	0,464	SP <sub>2</sub>	0,0072	115	0,9615	0,465	4,62	3T <sub>14</sub>
IV	5	-2,26	SP <sub>2</sub>	0,0235	59,5	0,9329	1,558	4,62	3T <sub>14</sub>
	9	-6,634	SP <sub>2</sub>	0,0692	31,5	0,8920	4,785	5,65	3T <sub>12</sub> + 2T <sub>12</sub>
	9-10	1,690	SP <sub>2</sub>	0,0176	70,5	0,9415	1,151	4,62	3T <sub>14</sub>
	10	-4,474	SP <sub>2</sub>	0,0466	41	0,9108	3,161	4,62	3T <sub>14</sub>
	10-11	2,819	SP <sub>2</sub>	0,0294	52,5	0,9259	1,956	4,62	3T <sub>14</sub>
	11	-8,350	SP <sub>2</sub>	0,0871	27,7	0,8812	6,097	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
	11-12	2,865	SP <sub>2</sub>	0,0299	52	0,9254	1,992	4,62	3T <sub>14</sub>
	12	-5,331	SP <sub>2</sub>	0,0556	35,8	0,9016	3,805	4,62	3T <sub>14</sub>
III	12-13	2,958	SP <sub>2</sub>	0,0308	51	0,9242	2,059	4,62	3T <sub>14</sub>
	13	-5,329	SP <sub>2</sub>	0,0556	35,8	0,9016	3,803	4,62	3T <sub>14</sub>
	17	-9,429	SP <sub>2</sub>	0,0983	25	0,8750	6,928	7,70	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>14</sub>
	17-18	2,104	SP <sub>2</sub>	0,0219	62	0,9351	1,447	4,62	3T <sub>14</sub>
	18	-6,432	SP <sub>2</sub>	0,0671	31,9	0,8934	4,632	5,65	3T <sub>12</sub> + 2T <sub>12</sub>
	18-19	0,864	SP <sub>2</sub>	0,0090	102	0,9573	0,581	4,62	3T <sub>14</sub>
	19	-6,219	SP <sub>2</sub>	0,0648	32,6	0,8950	4,471	5,65	3T <sub>12</sub> + 2T <sub>12</sub>
	19-20	0,908	SP <sub>2</sub>	0,0094	99,6	0,9563	0,610	4,62	3T <sub>14</sub>
II	20	-7,294	SP <sub>2</sub>	0,0761	29,5	0,8876	5,288	5,65	3T <sub>12</sub> + 2T <sub>12</sub>
	20-21	2,962	SP <sub>2</sub>	0,0309	51	0,9242	2,002	4,62	3T <sub>14</sub>
	21	-7,299	SP <sub>2</sub>	0,0761	29,5	0,8876	5,291	5,65	3T <sub>12</sub> + 2T <sub>12</sub>
	25	-11,442	SP <sub>2</sub>	0,1193	22	0,8649	8,513	10,05	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>16</sub>
	25-26	2,406	SP <sub>2</sub>	0,0251	57,5	0,9310	1,663	4,62	3T <sub>14</sub>
	26	-7,853	SP <sub>2</sub>	0,0819	28,1	0,8840	5,8716	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
	26-27	0,896	SP <sub>2</sub>	0,0091	102	0,9573	0,602	4,62	3T <sub>14</sub>
	27	-7,575	SP <sub>2</sub>	0,0790	28,8	0,8858	5,503	5,65	3T <sub>12</sub> + 2T <sub>12</sub>
I	27-28	0,940	SP <sub>2</sub>	0,0098	97,5	0,9556	0,633	4,62	3T <sub>14</sub>
	28	-8,715	SP <sub>2</sub>	0,0909	26,3	0,8789	6,381	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
	28-29	2,962	SP <sub>2</sub>	0,0309	51	0,9242	2,062	4,62	3T <sub>14</sub>
	29	-8,713	SP <sub>2</sub>	0,0909	26,3	0,8789	6,379	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
	33	-11,879	SP <sub>2</sub>	0,1239	21,5	0,8630	8,857	10,05	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>16</sub>
	33-34	2,764	SP <sub>2</sub>	0,0288	53	0,9265	1,919	4,62	3T <sub>14</sub>
	34	-7,466	SP <sub>2</sub>	0,0779	29,1	0,8866	5,419	5,65	3T <sub>12</sub> + 2T <sub>12</sub>
	34-35	0,902	SP <sub>2</sub>	0,0094	99,5	0,9563	0,607	4,62	3T <sub>14</sub>
	35	-8,186	SP <sub>2</sub>	0,0854	27,4	0,8821	5,972	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
	35-36	0,946	SP <sub>2</sub>	0,0098	97,5	0,9556	0,637	4,62	3T <sub>14</sub>
	36	-8,983	SP <sub>2</sub>	0,0937	25,8	0,8774	6,588	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
	36-37	2,962	SP <sub>2</sub>	0,0309	51	0,9242	2,062	4,62	3T <sub>14</sub>
	37	-8,981	SP <sub>2</sub>	0,0937	25,8	0,8774	6,587	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>

## Verification des contraintes.

Niveau	section	A (cm <sup>2</sup> )	M t.m	$\hat{\omega}$	E	K	$\sigma_a$	$\sigma_b'$
V	1	4,62	3,194	0,499	0,8936	32	2090,97	65,34
	1-2	4,62	0,942	0,499	0,8936	32	616,68	19,27
	2	4,62	2,232	0,499	0,8936	32	1460,53	45,64
	2-3	4,62	0,517	0,499	0,8936	32	338,46	10,58
	3	4,62	2,212	0,499	0,8936	32	1448,1	45,25
	3-4	4,62	0,514	0,499	0,8936	32	336,50	10,51
	4	4,62	2,262	0,499	0,8936	32	1480,83	46,27
	4-5	4,62	0,464	0,499	0,8936	32	303,76	9,50
	5	4,62	2,26	0,499	0,8936	32	1479,52	46,23
IV	9	5,65	6,634	0,611	0,8845	28,3	3587,79	126,77
	9-10	4,62	1,690	0,499	0,8936	32	1106,36	34,57
	10	4,62	4,474	0,499	0,8936	32	2928,9	91,53
	10-11	4,62	2,819	0,499	0,8936	32	1845,48	57,67
	11	6,88	8,350	0,743	0,8753	25,1	3747,48	149,30
	11-12	4,62	2,865	0,499	0,8936	32	1875,59	58,61
	12	4,62	5,331	0,499	0,8936	32	3483,97	109,06
	12-13	4,62	2,958	0,499	0,8936	32	1936,47	60,51
	13	4,62	5,329	0,499	0,8936	32	3488,66	109,02
III	17	7,70	9,921	0,832	0,8698	23,4	3807,76	162,47
	17-18	4,62	2,104	0,499	0,8936	32	1377,4	43,04
	18	5,65	6,432	0,611	0,8845	28,3	3478,55	122,91
	18-19	4,62	0,864	0,499	0,8936	32	565,62	17,67
	19	5,65	6,219	0,611	0,8845	28,3	3363,35	118,85
	19-20	4,62	0,908	0,499	0,8936	32	594,43	18,58
	20	5,65	7,294	0,611	0,8845	28,3	3944,70	139,40
	20-21	4,62	2,962	0,499	0,8936	32	1939,09	60,60
	21	5,65	7,299	0,611	0,8845	28,3	3947,4	139,48
II	25	10,05	11,442	1,086	0,8563	19,8	3593,42	181
	25-26	4,62	2,406	0,499	0,8936	32	1575,10	49,22
	26	6,88	7,853	0,743	0,8753	25,1	3524,42	140,41
	26-27	4,62	0,896	0,499	0,8936	32	586,57	18,33
	27	5,65	7,575	0,611	0,8845	28,3	4096,70	144,76
	27-28	4,62	0,940	0,499	0,8936	32	675,38	19,23
	28	6,88	8,775	0,743	0,8753	25,1	3911,29	155,82
	28-29	4,62	2,962	0,499	0,8936	32	1939,09	60,60
	29	6,88	8,713	0,743	0,8753	25,1	3910,39	155,79
I	33	10,05	11,879	1,083	0,8563	19,8	3730,66	188,42
	33-34	4,62	12,764	0,499	0,8936	32	8556,03	261,12
	34	5,65	7,466	0,611	0,8845	28,3	4077,75	142,68
	34-35	4,62	0,902	0,499	0,8936	32	590,50	18,45
	35	6,88	8,186	0,743	0,8753	25,1	3673,87	146,37
	35-36	4,62	0,946	0,499	0,8936	32	679,30	19,35
	36	6,88	8,983	0,743	0,8753	25,1	4031,57	160,62
	36-37	4,62	2,962	0,499	0,8936	32	1939,09	60,60
	37	6,88	8,981	0,743	0,8753	25,1	4030,67	160,58

Armatures inférieures aux appuis.



Niveau	Section	M L.m	Origine	$\mu$	K	E	A (cm <sup>2</sup> )	Ferrillage (cm <sup>2</sup> )
V	1	2,462	SP <sub>2</sub>	0,0275	54,5	0,9281	3,830	(3,39) 3T <sub>2</sub>
	2	1,607	SP <sub>2</sub>	0,0167	72,5	0,9429	1,090	3,39 3T <sub>2</sub>
	3	1,494	SP <sub>2</sub>	0,0156	75,5	0,9448	1,077	3,39 3T <sub>2</sub>
	4	1,496	SP <sub>2</sub>	0,0156	75,5	0,9448	1,019	3,39 3T <sub>2</sub>
	5	1,601	SP <sub>2</sub>	0,0167	72,5	0,9429	1,092	3,39 3T <sub>2</sub>
IV	9	6,218	SP <sub>2</sub>	0,0648	32,6	0,8950	4,470	5,65 3T <sub>2</sub> +2T <sub>2</sub>
	10	3,973	SP <sub>2</sub>	0,0414	42,8	0,9135	2,790	4,62 3T <sub>4</sub>
	11	7,744	SP <sub>2</sub>	0,0808	28,4	0,8848	5,630	6,88 3T <sub>4</sub> +2T <sub>2</sub>
	12	3,467	SP <sub>2</sub>	0,0362	46,4	0,9186	2,430	4,62 3T <sub>4</sub>
	13	3,289	SP <sub>2</sub>	0,0343	48	0,9206	2,290	4,62 3T <sub>4</sub>
III	17	9,002	SP <sub>2</sub>	0,0939	25,8	0,8774	6,602	7,70 3T <sub>4</sub> +2T <sub>4</sub>
	18	5,931	SP <sub>2</sub>	0,0618	33,6	0,8971	4,250	5,65 3T <sub>2</sub> +2T <sub>2</sub>
	19	5,613	SP <sub>2</sub>	0,0585	34,8	0,8996	4,015	5,65 3T <sub>2</sub> +2T <sub>2</sub>
	20	5,251	SP <sub>2</sub>	0,0547	36,2	0,9023	3,740	5,65 3T <sub>2</sub> +T <sub>2</sub>
	21	5,243	SP <sub>2</sub>	0,0547	36,2	0,9023	3,739	4,62 3T <sub>4</sub>
II	25	11,023	SP <sub>2</sub>	0,1150	22,5	0,8667	8,184	9,71 3T <sub>6</sub> +2T <sub>4</sub>
	26	7,352	SP <sub>2</sub>	0,0767	29,3	0,8871	5,330	6,88 3T <sub>4</sub> +2T <sub>2</sub>
	27	6,969	SP <sub>2</sub>	0,0727	30,3	0,8896	5,040	6,88 3T <sub>4</sub> +2T <sub>2</sub>
	28	6,664	SP <sub>2</sub>	0,0695	31,2	0,8918	3,820	6,88 3T <sub>4</sub> +2T <sub>2</sub>
	29	6,664	SP <sub>2</sub>	0,0695	31,2	0,8918	3,820	6,88 3T <sub>4</sub> +2T <sub>2</sub>
I	33	11,46	SP <sub>2</sub>	0,1196	22	0,8649	8,530	10,05 3T <sub>6</sub> +2T <sub>6</sub>
	34	8,222	SP <sub>2</sub>	0,0858	27,3	0,8818	6,000	7,70 3T <sub>4</sub> +2T <sub>4</sub>
	35	7,580	SP <sub>2</sub>	0,0791	28,8	0,8858	5,500	6,88 3T <sub>4</sub> +2T <sub>2</sub>
	36	6,932	SP <sub>2</sub>	0,0723	30,4	0,8899	5,010	6,88 3T <sub>4</sub> +2T <sub>2</sub>
	37	6,932	SP <sub>2</sub>	0,0723	30,4	0,8899	5,010	6,88 3T <sub>4</sub> +2T <sub>2</sub>

## Armatures inferieures

Niveaux	Appuis	M (E.m)	T (E)	$T + \frac{M}{3}$ (E)	A (cm <sup>2</sup> )	$A \bar{\sigma}_a$ Kg
V	1	$\frac{-3,194}{2,642}$	4,389	$\frac{<0}{11578}$	$\frac{4,62}{3,39}$	$\frac{19404}{14238}$
	2	$\frac{-2,231}{1,607}$	2,717	$\frac{<0}{7089}$	$\frac{4,62}{3,39}$	$\frac{19404}{14238}$
	3	$\frac{-2,212}{1,494}$	2,235	$\frac{<0}{6300}$	$\frac{4,62}{3,39}$	$\frac{19404}{14238}$
	4	$\frac{-2,262}{1,496}$	2,480	$\frac{<0}{6550}$	$\frac{4,62}{3,39}$	$\frac{19404}{14238}$
	5	$\frac{-2,260}{1,601}$	3,098	$\frac{<0}{7454}$	$\frac{4,62}{3,39}$	$\frac{19404}{14238}$
IV	9	$\frac{-6,634}{6,218}$	4,850	$\frac{<0}{27769}$	$\frac{5,65}{5,65}$	$\frac{23730}{23730}$
	10	$\frac{-4,474}{3,933}$	5,130	$\frac{<0}{15940}$	$\frac{4,62}{4,62}$	$\frac{19404}{19404}$
	11	$\frac{-8,350}{7,744}$	4,836	$\frac{<0}{25908}$	$\frac{6,88}{6,88}$	$\frac{28896}{28896}$
	12	$\frac{-5,331}{3,467}$	6,667	$\frac{<0}{16101}$	$\frac{4,62}{4,62}$	$\frac{19404}{19404}$
	13	$\frac{-5,329}{3,289}$	6,782	$\frac{<0}{15731}$	$\frac{4,62}{4,62}$	$\frac{19404}{19404}$
III	17	$\frac{-9,421}{9,002}$	6,802	$\frac{<0}{31297}$	$\frac{7,70}{7,70}$	$\frac{32340}{32340}$
	18	$\frac{-6,432}{5,931}$	6,432	$\frac{<0}{22570}$	$\frac{5,65}{5,65}$	$\frac{23730}{23730}$
	19	$\frac{-6,219}{5,613}$	4,833	$\frac{<0}{20106}$	$\frac{5,65}{5,65}$	$\frac{23730}{23730}$
	20	$\frac{-7,294}{5,251}$	8,257	$\frac{<0}{22545}$	$\frac{5,65}{5,65}$	$\frac{23730}{23730}$
	21	$\frac{-7,299}{5,243}$	2,260	$\frac{<0}{16526}$	$\frac{5,65}{4,62}$	$\frac{23730}{19404}$
II	25	$\frac{-11,442}{11,023}$	7,751	$\frac{<0}{37745}$	$\frac{10,05}{9,11}$	$\frac{42210}{38262}$
	26	$\frac{-7,853}{7,352}$	7,730	$\frac{<0}{27735}$	$\frac{6,88}{6,88}$	$\frac{28896}{28896}$
	27	$\frac{-7,575}{6,969}$	5,489	$\frac{<0}{24452}$	$\frac{6,65}{6,88}$	$\frac{23730}{28896}$
	28	$\frac{-9,715}{6,664}$	8,468	$\frac{<0}{26601}$	$\frac{6,88}{6,88}$	$\frac{28896}{28896}$
	29	$\frac{-9,713}{6,664}$	9,333	$\frac{<0}{27466}$	$\frac{6,88}{6,88}$	$\frac{28896}{28896}$
I	33	$\frac{-11,879}{11,146}$	8,077	$\frac{<0}{39200}$	$\frac{4,62}{10,05}$	$\frac{19404}{42210}$
	34	$\frac{-7,466}{8,222}$	7,996	$\frac{<0}{30368}$	$\frac{4,62}{7,70}$	$\frac{19404}{32340}$
	35	$\frac{-9,186}{7,580}$	5,659	$\frac{<0}{26284}$	$\frac{4,62}{6,88}$	$\frac{19404}{28896}$
	36	$\frac{-9,983}{6,932}$	9,128	$\frac{<0}{27991}$	$\frac{6,88}{6,88}$	$\frac{28896}{28896}$
	37	$\frac{-9,981}{6,932}$	9,535	$\frac{<0}{28397}$	$\frac{6,88}{6,88}$	$\frac{28896}{28896}$

## Armatures transversales portique 22.

(SP<sub>2</sub>)

Niveau	Appui	T <sub>max</sub> (t)	σ <sub>b</sub> ' (kg/cm <sup>2</sup> )	ε <sub>b</sub>	ε̄ <sub>b</sub>	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	t (cm)	ε̄ (cm)	t <sub>adapté</sub> (cm)
II	1	4,389	65,34	8,13	31	2,01	47,51	27,70	20
	2	2,717	45,64	5,03	31	2,01	67,06	27,54	20
	3	2,235	45,25	4,14	31	2,01	81,52	29,21	20
	4	2,480	46,27	4,59	31	2,01	73,47	28,36	20
	5	3,098	46,27	5,74	31	2,01	58,82	26,20	20
IV	9	4,850	126,77	8,99	28,95	2,01	37,56	20,09	20
	10	5,130	97,53	9,50	31	2,01	35,52	19,13	19
	11	4,836	149,30	8,96	27,02	2,01	37,67	20,14	20
	12	6,667	109,06	12,35	30,47	2,01	27,32	13,76	10
	13	6,782	109,02	12,56	30,47	2,01	26,86	13,37	10
III	17	6,802	162,47	12,60	25,89	2,01	26,78	13,29	10
	18	6,432	122,91	11,92	23,28	2,01	28,32	14,57	10
	19	4,833	118,85	8,96	29,63	2,01	37,70	20,14	20
	20	8,257	139,40	15,30	27,87	2,01	22,06	8,21	8
	21	8,260	139,48	15,31	27,86	2,01	22,05	8,19	8
II	25	7,751	181	14,36	24,30	2,01	23,50	9,98	8
	26	7,730	140,41	14,32	27,78	2,01	23,57	10,06	8
	27	5,489	144,76	10,77	27,41	2,01	33,19	7,40	7
	28	8,468	155,82	15,69	26,46	2,01	21,51	7,40	7
	29	9,333	155,79	17,29	26,46	2,01	19,52	7,40	7
I	33	8,017	188,42	14,86	23,66	2,01	22,72	7,40	7
	34	7,996	142,68	14,82	27,59	2,01	22,78	7,40	7
	35	5,659	146,37	10,49	27,27	2,01	32,19	7,40	7
	36	9,128	160,62	16,91	26,05	2,01	19,96	7,40	7
	37	9,535	160,62	17,67	26,05	2,01	19,10	7,40	7

zone nodale:  $t \leq \text{Min}(\frac{h}{4}, 12\phi, 30\text{cm}) = 8,6\text{cm}$ ; zone courante  $t \leq \frac{h}{2} = 20\text{cm}$ .

Conditions aux appuis

$$c_0 = \frac{2.8.468.10^3}{25.68,5} = 9,85 \text{ cm.}$$

$$c = 40 - (4 + 10) = 26 \text{ cm.}$$

$c > c_0$  Verifié.

Condition de non entrainement de barres.

$$T_{\max} = 8,462 \text{ t.}$$

$$\bar{\sigma}_d = \frac{8.468.10^3.8}{20,51.7.37} = 12,75 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_d = 17,7 \text{ Kg/cm}^2$$

verifié.

Verification à la fissuration

$$\omega_f = \frac{3,39}{2.25.3,5} = 0,019$$

$$K = 1,15 \cdot 10^6$$

$$\eta = 1,6$$

$$\bar{\phi}_{\max} = 1,6 \text{ cm.}$$

$$\sigma_1 = K \cdot \frac{\eta}{\bar{\phi}} \cdot \frac{\omega_f}{1 + 10\omega_f} = 23949,58 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \left( \frac{K \eta \bar{\sigma}_b}{\bar{\phi}} \right)^{1/2} = 7139,74 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_a \leq \min \{ (\max(\sigma_1, \sigma_2), 2800 \text{ Kg/cm}^2) \} = 2800 \text{ Kg/cm}^2.$$

Verification à la flèche

$$1- \frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{16} \Leftrightarrow 0,112 > 0,065$$

$$2- \frac{h_t}{l} \geq \frac{M_b}{10 M_0} \Leftrightarrow 0,112 > 0,107.$$

$$3- \frac{A}{b_0 h} \leq \frac{43}{\sigma_{en}} \Rightarrow A \leq \frac{43 b_0 h}{\sigma_{en}} \Leftrightarrow A \leq \frac{43.25.37}{4200} = 9,47$$

c'est vérifiée, il n'est pas utile de donner une justification de flèche.

Condition de non fragilité.

$$A \geq \begin{cases} A_0 : \text{la plus petite section d'armature adoptée} : 3,39 \text{ cm}^2 \\ \min \begin{cases} A_1 = 1,2 A_0 = 4,068. \\ A_2 = 0,69 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{en}} b \cdot h = 0,896 \text{ cm}^2 \end{cases} \end{cases}$$

Verifié.

Condition de non écrasement du béton:

Le rayon de courbure  $\mathcal{R}$  doit être ou satisfaire à l'inégalité suivante:

$$\mathcal{R} \geq 0,10 \bar{\phi} \frac{\sigma_a}{\bar{\sigma}'_{b_0}} \left( 1 + \frac{\bar{\phi}}{d} \right) \mathcal{V}$$

$$\bar{\phi}_{\max} = 16 \text{ mm}; \quad \mathcal{V} = 1.$$

$$\mathcal{R} \geq 0,1 \cdot 1,6 \cdot \frac{2800}{68,8} \left( 1 + \frac{1,6}{3,5} \right) = 9,48 \approx 10 \text{ cm}$$



## Ferrailage des poutres du portique longitudinal 4-1

Niv.	section	M. t.m	origine	$\delta$	K	E	A (cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	aciers adoptés.
V	1	-3,342	SP <sub>2</sub>	0,0348	47,6	0,9201	2,337	3,39	3T <sub>12</sub>
	1-2	0,887	SP <sub>2</sub>	0,0138	80,5	0,9476	0,90	3,39	3T <sub>12</sub>
	2	-2,476	SP <sub>2</sub>	0,0258	56,5	0,9301	1,713	3,39	3T <sub>12</sub>
	2-3	1,034	SP <sub>2</sub>	0,0161	74	0,9438	1,06	3,39	3T <sub>12</sub>
	3	-2,439	SP <sub>2</sub>	0,0254	57	0,9306	1,686	3,39	3T <sub>12</sub>
	3-4	0,945	SP <sub>2</sub>	0,0148	77,5	0,9460	0,96	3,39	3T <sub>12</sub>
	4	-2,463	SP <sub>2</sub>	0,0257	56,5	0,9301	1,704	3,39	3T <sub>12</sub>
	4-5	0,846	SP <sub>2</sub>	0,0132	82,5	0,9487	0,860	3,39	3T <sub>12</sub>
	5	-2,463	SP <sub>2</sub>	0,0257	56,5	0,9301	1,704	3,39	3T <sub>12</sub>
IV	9	-6,366	SP <sub>2</sub>	0,0726	30,4	0,8899	5,037	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	9-10	1,856	SP <sub>2</sub>	0,0193	67	0,9390	1,270	3,39	3T <sub>12</sub>
	10	-4,823	SP <sub>2</sub>	0,0503	38,2	0,9060	3,425	4,62	3T <sub>14</sub>
	10-11	0,858	SP <sub>2</sub>	0,0134	82	0,9485	0,870	3,39	3T <sub>12</sub>
	11	-4,742	SP <sub>2</sub>	0,0494	38,6	0,9067	5,229	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	11-12	2,202	SP <sub>2</sub>	0,0229	60,5	0,9338	1,520	3,39	3T <sub>12</sub>
	12	7,639	SP <sub>2</sub>	0,0797	28,6	0,8853	5,551	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	12-13	0,708	SP <sub>2</sub>	0,0110	91,5	0,9531	0,720	3,39	3T <sub>12</sub>
	13	-4,809	SP <sub>2</sub>	0,0501	38,2	0,9060	3,415	4,62	3T <sub>14</sub>
III	17	-9,743	SP <sub>2</sub>	0,1016	24,5	0,8734	6,569	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	17-18	2,265	SP <sub>2</sub>	0,0236	59,5	0,9329	1,562	3,39	3T <sub>12</sub>
	18	-6,778	SP <sub>2</sub>	0,0707	30,9	0,8911	4,894	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	18-19	1,995	SP <sub>2</sub>	0,0208	64	0,9367	1,370	3,39	3T <sub>12</sub>
	19	-8,629	SP <sub>2</sub>	0,0900	26,5	0,8795	6,313	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	19-20	1,860	SP <sub>2</sub>	0,0194	67	0,9390	1,270	3,39	3T <sub>12</sub>
	20	-10,336	SP <sub>2</sub>	0,1078	23,6	0,8705	7,640	7,70	3T <sub>14</sub> +2T <sub>14</sub>
	20-21	0,708	SP <sub>2</sub>	0,0110	91,5	0,9531	0,720	3,39	3T <sub>12</sub>
	21	-6,759	SP <sub>2</sub>	0,0705	31	0,8913	4,879	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
II	25	-11,533	SP <sub>2</sub>	0,1234	21,5	0,8630	8,823	9,11	3T <sub>16</sub> +2T <sub>14</sub>
	25-26	2,605	SP <sub>2</sub>	0,0271	55	0,9286	1,805	3,39	3T <sub>12</sub>
	26	-8,133	SP <sub>2</sub>	0,0850	27,5	0,8824	5,967	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	26-27	2,592	SP <sub>2</sub>	0,0270	55	0,9286	1,796	3,39	3T <sub>12</sub>
	27	-11,106	SP <sub>2</sub>	0,1158	22,5	0,8667	8,242	9,11	3T <sub>16</sub> +2T <sub>14</sub>
	27-28	2,457	SP <sub>2</sub>	0,0256	57	0,9306	1,690	3,39	3T <sub>12</sub>
	28	-11,620	SP <sub>2</sub>	0,1212	21,8	0,8641	8,653	9,11	3T <sub>16</sub> +2T <sub>14</sub>
	28-29	0,708	SP <sub>2</sub>	0,0110	91,5	0,9531	0,720	3,39	3T <sub>12</sub>
	29	-8,170	SP <sub>2</sub>	0,0852	27,4	0,8821	5,960	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
I	33	-12,246	SP <sub>2</sub>	0,1025	24,5	0,8734	8,04	9,11	3T <sub>16</sub> +2T <sub>14</sub>
	33-34	3,182	SP <sub>2</sub>	0,0332	48,8	0,9216	2,220	3,39	3T <sub>12</sub>
	34	-8,442	SP <sub>2</sub>	0,0880	26,9	0,8807	6,167	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	34-35	3,057	SP <sub>2</sub>	0,0319	50	0,9231	2,130	3,39	3T <sub>12</sub>
	35	-12,271	SP <sub>2</sub>	0,1280	21	0,8611	9,170	10,05	3T <sub>16</sub> +2T <sub>16</sub>
	35-36	2,922	SP <sub>2</sub>	0,0305	51,5	0,9248	2,033	3,39	3T <sub>12</sub>
	36	-11,855	SP <sub>2</sub>	0,1257	21,5	0,8630	8,839	9,11	3T <sub>16</sub> +2T <sub>14</sub>
	36-37	0,708	SP <sub>2</sub>	0,0110	91,5	0,95	0,720	3,39	3T <sub>12</sub>
	37	-8,428	SP <sub>2</sub>	0,0879	26,9	0,8807	6,158	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>

verification des contraintes.

P. 1-1

Niv	Sect.	M t.m	A cm <sup>2</sup>	$\bar{\omega}$	E	K	$\sigma_a$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_b$ Kg/cm <sup>2</sup>
V	1	-3,342	3,39	0,366	0,9064	38,4	2939,5	76,55
	1-2	0,887	3,39	0,366	0,9064	38,4	780,19	20,32
	2	-2,476	3,39	0,366	0,9064	38,4	2777,8	56,31
	2-3	1,034	3,39	0,366	0,9064	38,4	909,49	23,68
	3	-2,439	3,39	0,366	0,9064	38,4	2145,3	55,87
	3-4	0,945	3,39	0,366	0,9064	38,4	831,21	21,65
	4	-2,153	3,39	0,366	0,9064	38,4	2166,42	56,42
	4-5	0,846	3,39	0,366	0,9064	38,4	744,13	19,38
IV	5	-2,463	3,39	0,366	0,9064	38,4	2166,42	56,42
	9	-6,966	5,65	0,611	0,8845	28,3	3767,34	133,12
	9-10	1,856	3,39	0,366	0,9064	38,4	1632,51	42,51
	10	-4,823	4,62	0,499	0,8936	32	3157,40	98,67
	10-11	0,858	3,39	0,366	0,9064	38,4	754,68	19,65
	11	-4,742	5,65	0,611	0,8845	28,3	2564,56	90,62
	11-12	2,202	3,39	0,366	0,9064	38,4	1936,85	50,44
	12	-7,639	5,65	0,611	0,8845	28,3	4131,30	145,98
III	12-13	0,708	3,39	0,366	0,9064	38,4	622,75	16,22
	13	-4,809	4,62	0,499	0,8936	32	3148,24	98,38
	17	-9,743	6,88	0,743	0,8753	25,1	4372,66	174,20
	17-18	2,265	3,39	0,366	0,9064	38,4	1992,26	51,88
	18	-6,778	5,65	0,611	0,8845	28,3	3665,67	129,53
	18-19	1,995	3,39	0,366	0,9064	38,4	1754,77	45,69
	19	-8,629	6,88	0,743	0,8753	25,1	3872,69	154,29
	19-20	1,860	3,39	0,366	0,9064	38,4	1636,03	42,60
II	20	-10,336	7,70	0,832	0,8698	23,4	4771	178,25
	20-21	0,708	3,39	0,366	0,9064	38,4	622,75	16,22
	21	-6,959	5,65	0,611	0,8845	28,3	3655,40	129,16
	25	-11,833	9,11	0,985	0,8615	21,1	4074,92	193,12
	25-26	2,605	3,39	0,366	0,9064	38,4	2291,32	59,67
	26	-8,183	6,88	0,743	0,8753	25,1	3672,53	146,31
	26-27	2,592	3,39	0,366	0,9064	38,4	2279,89	59,37
	27	-11,106	9,11	0,985	0,8615	21,1	3824,56	181,25
I	27-28	2,457	3,39	0,366	0,9064	38,4	2161,14	56,28
	28	-11,620	9,11	0,985	0,8615	21,1	4001,75	189,65
	28-29	0,708	3,39	0,366	0,9064	38,4	622,75	16,22
	29	-8,170	6,88	0,743	0,8753	25,1	3666,69	146,08
	33	-12,246	9,11	0,985	0,8615	21,1	3759,86	178,19
	33-34	3,182	3,39	0,366	0,9064	38,4	2798,80	72,88
	34	-8,441	6,88	0,743	0,8753	25,1	3788,32	150,93
	34-35	3,057	3,39	0,366	0,9064	38,4	2688,90	70,02
I	35	-12,271	10,05	1,086	0,8567	19,9	3851,97	193,56
	35-36	2,922	3,39	0,366	0,9064	38,4	2570,15	66,93
	36	-11,855	9,11	0,985	0,8615	21,1	4082,50	193,48
	36-37	0,708	3,39	0,366	0,9064	38,4	622,75	16,22
	37	-8,428	6,88	0,743	0,8753	25,1	3782,49	150,70

## Armatures inférieures aux appuis.

P. 11.

Niveau	Section	M (t.m)	$\mu$	K	$\epsilon$	A	aciers adoptés.	
V	1	2,715	0,0283	53,5	0,9270	1,884	3,39	3T <sub>12</sub>
	2	9,348	0,0140	80	0,9474	0,915	3,39	3T <sub>12</sub>
	3	1,505	0,0157	75	0,9445	1,025	3,39	3T <sub>12</sub>
	4	1,615	0,0168	72	0,9425	1,10	3,39	3T <sub>12</sub>
	5	1,441	0,0150	77	0,9457	0,98	3,39	3T <sub>12</sub>
II	9	6,076	0,0634	33,1	0,8960	4,36	5,65	3T <sub>12</sub> + 2T <sub>12</sub>
	10	3,747	0,0391	44,4	0,9158	2,63	4,62	3T <sub>14</sub>
	11	3,538	0,0369	46	0,9180	2,48	3,39	3T <sub>12</sub>
	12	6,537	0,0682	31,6	0,8927	4,71	5,65	3T <sub>12</sub> + 2T <sub>12</sub>
	13	3,357	0,0392	44,4	0,9158	2,64	4,62	3T <sub>14</sub>
III	17	8,846	0,0923	26	0,8780	6,48	7,70	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>14</sub>
	18	5,697	0,0594	34,4	0,8988	4,08	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
	19	7,424	0,0774	29,2	0,8869	5,39	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
	20	5,707	0,0595	34,4	0,8988	4,08	5,65	3T <sub>12</sub> + 2T <sub>12</sub>
	21	5,707	0,0595	34,4	0,8988	4,08	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
II	25	10,936	0,1141	22,7	0,8674	8,11	10,05	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>16</sub>
	26	7,108	0,0741	30	0,8889	5,15	7,70	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>14</sub>
	27	9,836	0,1026	24,3	0,8728	7,25	9,11	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>14</sub>
	28	7,118	0,0742	29,9	0,8886	5,15	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
	29	7,118	0,0742	29,9	0,8886	5,15	7,70	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>14</sub>
I	33	12,226	0,1275	21,1	0,8615	9,13	9,11	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>14</sub>
	34	7,366	0,0768	29,3	0,8871	5,34	9,11	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>14</sub>
	35	11,006	0,1148	22,6	0,8671	8,16	9,11	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>14</sub>
	36	11,006	0,1148	22,6	0,8671	8,16	9,11	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>14</sub>
	37	7,376	0,0769	29,3	0,8871	5,35	5,65	3T <sub>12</sub> + 2T <sub>12</sub>

Armatures inferieures.

Niveau	Appuis	M (t.m)	T (t)	$T \cdot M / 3$ Kg	A (cm <sup>2</sup> )	A $\bar{T}_a$ Kg
V	1	-3,342 2,715	3,407	<0 10794	3,39 339	14238 14238
	2	-2,476 1,348	3,302	<0 6970	3,39 3,39	14238 14238
	3	-2,439 1,505	2,883	<0 6978	3,39 3,39	14238 14238
	4	-2,463 1,615	2,968	<0 7362	3,39 3,39	14238 14238
	5	-2,463 1,441	2,974	<0 6895	3,39 3,39	14238 14238
IV	9	-6,966 6,076	5,745	<0 22278	5,65 5,65	23730 23730
	10	-4,823 3,747	8,870	<0 19065,9	4,62 4,62	19404 19404
	11	-4,742 3,538	4,502	<0 14129	5,65 3,39	23730 14238
	12	-7,639 0,537	6,065	<0 17793	5,65 5,65	23730 23730
	13	-4,809 3,757	8,057	<0 18280	4,62 4,62	19404 19404
III	17	-9,743 8,846	7,526	<0 31596	6,88 7,70	28896 32340
	18	-6,778 5,697	10,653	<0 26152	5,65 6,88	23730 28896
	19	-8,629 7,424	6,429	<0 26630	6,88 6,88	28896 28896
	20	-10,336 5,707	6,333	<0 21862	7,70 5,65	32340 23730
	21	-6,759 5,707	9,529	<0 25058	5,65 6,88	23730 28896
II	25	-11,833 10,936	8,847	<0 38604	9,11 10,05	38262 42210
	26	-8,183 7,108	11,974	<0 31315	6,88 7,70	28896 32340
	27	-11,106 9,836	7,704	<0 34468	7,70 9,11	32340 38262
	28	-11,62 7,118	7,398	<0 26766	9,11 6,88	38262 28896
	29	-8,170 7,118	9,672	<0 29040	6,88 7,70	28896 32340
I	33	-12,146 12,226	9,478	<0 92746	9,11 72,31	38262 51702
	34	-8,442 7,366	12,607	<0 32650	6,88 9,11	28896 38262
	35	-12,271 11,006	8,179	<0 38127	10,05 9,11	42210 38262
	36	-11,855 11,006	7,915	<0 37863	9,11 9,11	38262 38262
	37	-8,428 7,376	10,788	<0 30818,7	6,88 5,65	28896 23730

## Ferrailage des poutres des portiques transversaux.

## Portique A-A.

Niv	sect	M	origine	$\mu$	K	E	A cm <sup>2</sup>	Ferrailage adopté	
V	A	-4,570	SP <sub>2</sub>	0,0370	45,8	0,9178	2,822	4,62	3T <sub>14</sub>
	A-B	2,349	SP <sub>1</sub>	0,0285	53,5	0,9270	2,154	4,62	3T <sub>14</sub>
	B	-3,844	SP <sub>2</sub>	0,0311	51	0,9242	2,357	4,62	3T <sub>14</sub>
	BC	2,192	SP <sub>1</sub>	0,0226	55,5	0,9291	2,006	4,62	3T <sub>14</sub>
	C	-4,497	SP <sub>2</sub>	0,0364	46,4	0,9186	2,775	4,62	3T <sub>14</sub>
IV	A	-9,165	SP <sub>2</sub>	0,0740	30	0,8889	5,845	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	A-B	3,253	SP <sub>1</sub>	0,0395	44,2	0,9155	3,021	4,62	3T <sub>14</sub>
	B	-8,011	SP <sub>2</sub>	0,0648	32,6	0,8950	5,074	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	B-C	3,111	SP <sub>1</sub>	0,0378	45,2	0,9169	2,885	4,62	3T <sub>14</sub>
	C	-9,079	SP <sub>2</sub>	0,0735	30,1	0,8891	5,788	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
III	A	-12,186	SP <sub>2</sub>	0,0987	25	0,8750	7,895	10,05	3T <sub>16</sub> +2T <sub>16</sub>
	A-B	4,886	SP <sub>2</sub>	0,0397	44	0,9153	3,026	4,62	3T <sub>14</sub>
	B	-8,774	SP <sub>2</sub>	0,0710	30,8	0,8908	5,585	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	BC	4,745	SP <sub>2</sub>	0,0384	44,8	0,9164	2,935	4,62	3T <sub>14</sub>
	C	-13,687	SP <sub>2</sub>	0,1108	23,1	0,8686	8,931	10,05	3T <sub>16</sub> +2T <sub>16</sub>
II	A	-14,341	SP <sub>2</sub>	0,1161	22,4	0,8663	9,385	10,05	3T <sub>16</sub> +2T <sub>16</sub>
	B-A	5,287	SP <sub>2</sub>	0,0428	42	0,9123	3,285	4,62	3T <sub>14</sub>
	B	-10,127	SP <sub>2</sub>	0,0820	28,1	0,8840	6,494	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	BC	5,146	SP <sub>2</sub>	0,0417	42,8	0,9135	3,193	4,62	3T <sub>14</sub>
	C	-15,842	SP <sub>2</sub>	0,1283	21	0,8611	10,429	12,31	3T <sub>16</sub> +2T <sub>20</sub>
I	A	14,889	SP <sub>2</sub>	0,1206	21,9	0,8645	9,763	10,05	3T <sub>16</sub> +2T <sub>16</sub>
	A-B	5,386	SP <sub>2</sub>	0,0436	41,6	0,9117	3,349	4,62	3T <sub>14</sub>
	B	-10,477	SP <sub>2</sub>	0,0848	27,5	0,8824	6,730	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	BC	5,245	SP <sub>2</sub>	0,0425	42,2	0,9126	3,258	4,62	3T <sub>14</sub>
	C	-16,370	SP <sub>2</sub>	0,1327	20,5	0,8592	10,813	12,31	3T <sub>16</sub> +2T <sub>20</sub>

## Chapeaux inférieurs aux appuis.

Niv	Section	M (t.m)	origine	$\mu$	K	E	A cm <sup>2</sup>	Ferrailage adopté cm <sup>2</sup>	
V	A	2,515	SP <sub>2</sub>	0,0203	65	0,9375	1,52	3,39	3T <sub>12</sub>
	B	0,853	SP <sub>2</sub>	0,007	117	0,9621	0,50	3,39	3T <sub>12</sub>
	C	2,574	SP <sub>2</sub>	0,0208	64	0,9367	1,55	3,39	3T <sub>12</sub>
IV	A	5,96	SP <sub>2</sub>	0,0482	39,2	0,9077	3,72	3,39 <sub>x</sub>	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
	B	4,047	SP <sub>2</sub>	0,0327	49,2	0,9221	2,48	4,62	3T <sub>14</sub>
	C	6,029	SP <sub>2</sub>	0,0488	38,8	0,9071	3,76	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
III	A	8,942	SP <sub>2</sub>	0,0724	30,4	0,8899	5,69	9,11	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>14</sub>
	B	4,81	SP <sub>2</sub>	0,0389	44,6	0,9161	2,97	5,65	3T <sub>12</sub> + 2T <sub>12</sub>
	C	9,012	SP <sub>2</sub>	0,0729	30,9 <sub>x</sub>	0,8896	5,74	9,11	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>20</sub>
II	A	11,097	SP <sub>2</sub>	0,0898	26,5	0,8795	7,15	10,05	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>16</sub>
	B	6,163	SP <sub>2</sub>	0,0499	38,4	0,9064	3,85	6,88	3T <sub>14</sub> + 3T <sub>12</sub>
	C	11,167	SP <sub>2</sub>	0,0904	26,4	0,8792	7,2	10,05	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>16</sub>
I	A	11,645	SP <sub>2</sub>	0,0943	25,7	0,8771	7,5	10,05	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>16</sub>
	B	6,513	SP <sub>2</sub>	0,0527	37	0,9038	4,08	6,88	3T <sub>14</sub> + 2T <sub>12</sub>
	C	11,713	SP <sub>2</sub>	0,0948	25,6	0,8768	7,57	10,05	3T <sub>16</sub> + 2T <sub>16</sub>

## Armatures transversales portique AA.

Niv	APRuis	T <sub>max</sub> (t)	$\sigma'_b$	$\epsilon_b$	$\bar{\epsilon}_b$	A <sub>t</sub> (cm <sup>2</sup> )	t <sub>(cm)</sub>	$\bar{t}_{(cm)}$	t adopt.
V	A	5,021	76,17	8,19	31	2,01	41,19	24,52	20
	B	4,751	64,75	7,75	31	2,01	43,53	25,42	20
	C	4,815	74,95	7,86	31	2,01	42,95	25,21	20
IV	A	8,116	132,81	13,25	28,43	2,01	25,48	13,70	20
	B	7,886	123,92	12,87	29,20	2,01	26,22	14,51	10
	C	7,909	131,57	12,91	28,54	2,01	26,15	14,42	10
III	A	9,099	155,60	14,86	26,48	2,01	22,73	10,27	10
	B	8,881	137,72	14,50	28,19	2,01	23,28	11,03	10
	C	8,893	174,76	14,51	24,84	2,01	23,25	11,01	10
II	A	10,022	183,11	16,36	24,12	2,01	20,63	7,40	7
	B	9,804	146,75	16,00	27,24	2,01	21,09	7,83	7
	C	9,816	190,17	16,03	23,52	2,01	21,07	7,76	7
I	A	10,259	190,11	16,75	23,52	2,01	20,16	7,40	7
	B	10,041	151,83	16,39	26,80	2,01	20,59	7,40	7
	C	10,053	196,75	16,41	22,95	2,01	20,57	7,40	7

## Verification des contraintes portique A-A.

Niveau	Section	A (cm <sup>2</sup> )	M(t)	$\tilde{w}$	E	K	$\sigma_a$ Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_b'$ Kg/cm <sup>2</sup>
I	A	4,62	5,57	0,440	0,8988	34,4	2620,36	76,17
	AB	4,62	2,350	0,440	0,8988	34,4	1346,87	39,15
	B	4,62	3,844	0,440	0,8988	34,4	2227,24	64,75
	BC	4,62	2,192	0,440	0,8988	34,4	1266,86	36,53
	C	4,62	4,497	0,440	0,8988	34,4	2578,5	74,95
II	A	6,88	9,165	0,655	0,8812	27,1	3599,32	132,81
	AB	4,62	3,253	0,440	0,8988	34,4	1865,22	54,22
	B	5,65	8,011	0,538	0,8903	30,6	3791,86	123,92
	BC	4,62	3,111	0,440	0,8988	34,4	1783,80	51,85
	C	6,88	9,079	0,655	0,8812	27,1	3565,54	131,57
III	A	10,05	12,186	0,957	0,8630	21,5	3345,29	155,60
	AB	4,62	4,886	0,440	0,8988	34,4	2801,55	81,44
	B	5,65	8,774	0,538	0,8903	30,6	4253,01	135,72
	BC	4,62	4,745	0,440	0,8988	34,4	2720,70	79,09
	C	10,05	13,687	0,957	0,8630	21,5	3757,35	174,76
IV	A	20,05	14,342	0,957	0,8650	21,5	3936,89	183,11
	AB	4,62	5,287	0,440	0,8988	34,4	3031,48	88,12
	B	6,88	10,127	0,655	0,8812	27,1	3977,12	146,75
	BC	4,62	5,146	0,440	0,8988	34,4	2950,63	85,77
	C	12,31	15,842	1,172	0,8525	18,9	3534,25	190,17
V	A	10,05	14,889	0,957	0,8630	21,5	4087,33	190,11
	AB	4,62	5,386	0,440	0,8988	34,4	3088,24	89,77
	B	6,88	10,477	0,655	0,8812	27,1	4114,57	151,83
	BC	4,62	5,245	0,440	0,8988	34,4	3007,40	87,42
	C	12,31	16,390	1,172	0,8525	18,9	3718,58	196,75



## Armatures inferieures portique A-A.

Niveau	Appuis	M. (t.m)	T (t)	$T + \frac{M}{Z}$ (Kg)	A (cm <sup>2</sup> )	A $\bar{\sigma}_a$ (Kg)
V	A	-4,57 2,515	5,021	<0 11864	3,39 3,39	14238 14238
	B	-3,844 0,853	4,751	<0 7072	3,39 3,39	14238 14238
	C	-4,447 2,574	4,815	<0 11819	3,39 3,39	14238 14238
IV	A	-9,765 5,96	8,116	<0 24333,6	6,88 6,88	28896 28896
	B	-8,011 4,047	7,886	<0 18898,2	5,65 4,62	23730 19404
	C	-9,079 6,029	7,909	<0 24314,4	6,88 6,88	28896 28896
III	A	-12,186 8,942	9,009	<0 33341	10,05 9,11	42210 38262
	B	-8,774 4,81	8,881	<0 21969	5,65 5,65	23730 23730
	C	13,687 9,012	8,893	<0 33415,4	10,05 9,11	42210 38262
II	A	-14,341 11,097	10,022	<0 40218	10,05 10,05	42210 42210
	B	-10,127 6,163	9,804	<0 26574	6,88 6,88	28896 28896
	C	-15,842 11,167	9,816	<0 40202	12,31 10,05	51702 42210
I	A	-14,889 11,645	10,259	<0 41946	10,05 10,05	42210 42210
	B	-10,477 6,513	10,041	<0 27763	6,88 6,88	28896 28896
	C	-16,39 11,713	10,053	<0 42925	12,31 10,05	51702 42210

## Portique BB.

Niv	sect	M (t)	origine	N	K	E	A cm <sup>2</sup>	Ferrailage adopté	
II	A	5,636	SP <sub>2</sub>	0,0457	40,4	0,9098	3,15	4,62	3T <sub>14</sub>
	AB	4,361	SP <sub>1</sub>	0,0529	37,0	0,9038	4,10	4,62	3T <sub>14</sub>
	B	4,821	SP <sub>1</sub>	0,0586	34,7	0,8994	4,56	4,62	3T <sub>14</sub>
	BC	6,827	SP <sub>1</sub>	0,0829	27,9	0,8834	6,57	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	C	6,775	SP <sub>2</sub>	0,0548	36,2	0,9023	4,26	4,62	3T <sub>14</sub>
IV	A	10,160	SP <sub>2</sub>	0,0822	28,1	0,8840	6,52	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	AB	5,278	SP <sub>1</sub>	0,0642	32,8	0,8954	5,01	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	B	8,456	SP <sub>2</sub>	0,0684	31,5	0,8925	5,38	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	BC	5,278	SP <sub>1</sub>	0,0641	32,8	0,8954	5,01	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	C	6,389	SP <sub>2</sub>	0,0517	37,6	0,9049	4,00	4,62	3T <sub>14</sub>
III	A	13,207	SP <sub>2</sub>	0,1069	23,7	0,8708	9,59	10,05	3T <sub>16</sub> +2T <sub>16</sub>
	AB	4,966	SP <sub>1</sub>	0,0603	31,1	0,8982	4,70	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	B	10,361	SP <sub>2</sub>	0,0839	27,7	0,8829	6,62	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	BC	5,264	SP <sub>1</sub>	0,0639	32,9	0,8956	5,00	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	C	8,628	SP <sub>2</sub>	0,0698	31,1	0,8915	5,50	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
II	A	15,377	SP <sub>2</sub>	0,1245	21,4	0,8626	10,10	12,31	3T <sub>16</sub> +2T <sub>20</sub>
	AB	4,966	SP <sub>1</sub>	0,0603	31,1	0,8982	4,70	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	B	11,523	SP <sub>2</sub>	0,0933	25,9	0,8777	7,45	7,70	3T <sub>14</sub> +2T <sub>14</sub>
	BC	5,264	SP <sub>1</sub>	0,0639	32,9	0,8956	5,08	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	C	10,241	SP <sub>2</sub>	0,0829	27,9	0,8834	6,58	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
I	A	15,936	SP <sub>2</sub>	0,1290	20,9	0,8607	10,49	12,31	3T <sub>16</sub> +2T <sub>20</sub>
	AB	7,596	SP <sub>2</sub>	0,0615	33,7	0,8973	4,79	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	B	11,876	SP <sub>2</sub>	0,0961	25,4	0,8762	7,68	7,70	3T <sub>14</sub> +2T <sub>14</sub>
	BC	5,264	SP <sub>2</sub>	0,0639	32,9	0,8956	5,08	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	C	10,619	SP <sub>2</sub>	0,0863	27,2	0,8815	6,86	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>

chapeaux inferieurs au niveau des appuis.

Portique. BB.

Niv.	section	M (t)	origine	M	K	E	A	Ferrailage adopté.	
II	A	1,65	SP <sub>2</sub>	0,0733	82,5	0,9487	0,985	3,39	3T <sub>12</sub>
	B	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	0,738	SP <sub>2</sub>	0,0059	128	0,9650	0,43	3,39	3T <sub>12</sub>
IV	A	5,229	SP <sub>2</sub>	0,0423	42,4	0,9129	3,24	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	B	1,946	SP <sub>2</sub>	0,0157	75	0,9445	1,16	4,62	3T <sub>14</sub>
	C	4,331	SP <sub>2</sub>	0,0350	47,4	0,9199	2,66	4,62	3T <sub>14</sub>
III	A	8,219	SP <sub>2</sub>	0,0665	32,1	0,8938	5,21	9,11	3T <sub>16</sub> +2T <sub>14</sub>
	B	3,841	SP <sub>2</sub>	0,0311	50,5	0,9237	2,35	5,65	3T <sub>12</sub> +2T <sub>12</sub>
	C	7,036	SP <sub>2</sub>	0,0569	35,4	0,9008	4,42	7,70	3T <sub>14</sub> +2T <sub>14</sub>
II	A	10,389	SP <sub>2</sub>	0,0842	27,7	0,8829	6,67	10,05	3T <sub>16</sub> +2T <sub>16</sub>
	B	5,204	SP <sub>2</sub>	0,0421	42,4	0,9129	3,23	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	C	8,649	SP <sub>2</sub>	0,0700	37,1	0,8915	5,50	9,11	3T <sub>16</sub> +2T <sub>14</sub>
I	A	10,915	SP <sub>2</sub>	0,0884	26,8	0,8804	7,02	19,31	3T <sub>16</sub> +2T <sub>20</sub>
	B	5,556	SP <sub>2</sub>	0,0449	40,8	0,9104	3,46	6,88	3T <sub>14</sub> +2T <sub>12</sub>
	C	9,067	SP <sub>2</sub>	0,0734	30,2	0,8894	5,78	9,11	3T <sub>16</sub> +2T <sub>14</sub>

Pour la verification des contraintes et armatures inferieures ainsi que d'autres verifications, sont toutes faites et verifiées. (Voir exemple portique AA).

## Portique CC

Niv	Sect	M(k)	origine	$\mu$	K	E	A(cm <sup>2</sup> )	Ferrailage adopte.	
V	A	5,738	SP <sub>2</sub>	0,0464	40	0,9091	3,578	4,62	3 T <sub>14</sub>
	A-B	4,948	SP <sub>1</sub>	0,0601	34,2	0,8984	4,683	5,65	3 T <sub>12</sub> + 2 T <sub>12</sub>
	B	5,632	SP <sub>2</sub>	0,0556	40,4	0,9098	3,509	4,62	3 T <sub>14</sub>
	B-C	4,275	SP <sub>1</sub>	0,0519	37,4	0,9046	4,019	4,62	3 T <sub>14</sub>
	C	5,426	SP <sub>2</sub>	0,0439	41,4	0,9114	3,375	4,62	3 T <sub>14</sub>
IV	A	10,303	SP <sub>2</sub>	0,0834	27,8	0,8832	6,613	6,88	3 T <sub>14</sub> + 2 T <sub>12</sub>
	A-B	4,990	SP <sub>2</sub>	0,0606	34	0,8980	4,725	5,65	3 T <sub>12</sub> + 2 T <sub>12</sub>
	B	9,121	SP <sub>2</sub>	0,0738	27,8	0,8832	5,854	6,88	3 T <sub>14</sub> + 2 T <sub>12</sub>
	B-C	4,634	SP <sub>1</sub>	0,0563	35,6	0,9012	4,372	4,62	3 T <sub>14</sub>
	C	6,327	SP <sub>2</sub>	0,0512	37,8	0,9053	3,962	4,62	3 T <sub>14</sub>
III	A	13,369	SP <sub>2</sub>	0,1082	23,5	0,8701	8,710	20,05	5 T <sub>16</sub> + 2 T <sub>16</sub>
	A-B	4,970	SP <sub>1</sub>	0,0603	34,1	0,8982	4,705	5,65	3 T <sub>12</sub> + 2 T <sub>12</sub>
	B	11,028	SP <sub>2</sub>	0,0893	26,6	0,8798	7,106	7,70	3 T <sub>14</sub> + 2 T <sub>14</sub>
	B-C	4,629	SP <sub>1</sub>	0,0562	35,6	0,9012	4,367	4,62	3 T <sub>14</sub>
	C	8,579	SP <sub>2</sub>	0,0694	37,3	0,8920	5,452	5,65	3 T <sub>12</sub> + 2 T <sub>12</sub>
II	A	15,558	SP <sub>2</sub>	0,1259	21,2	0,8619	10,233	12,31	3 T <sub>16</sub> + 2 T <sub>20</sub>
	AB	4,970	SP <sub>1</sub>	0,0603	34,1	0,8982	4,705	5,65	3 T <sub>12</sub> + 2 T <sub>12</sub>
	B	12,399	SP <sub>2</sub>	0,1004	24,7	0,8741	8,042	10,05	3 T <sub>16</sub> + 2 T <sub>16</sub>
	BC	4,629	SP <sub>1</sub>	0,0562	35,6	0,9012	4,367	4,62	3 T <sub>14</sub>
	C	10,207	SP <sub>2</sub>	0,0826	28	0,8837	6,548	6,88	3 T <sub>14</sub> + 2 T <sub>12</sub>
I	A	16,143	SP <sub>2</sub>	0,1307	20,7	0,8599	10,642	12,31	3 T <sub>16</sub> + 2 T <sub>20</sub>
	A-B	4,970	SP <sub>1</sub>	0,0603	34,1	0,8982	4,705	5,65	3 T <sub>12</sub> + 2 T <sub>12</sub>
	B	12,764	SP <sub>2</sub>	0,1033	22,8	0,8677	8,339	10,05	3 T <sub>16</sub> + 2 T <sub>16</sub>
	BC	4,629	SP <sub>1</sub>	0,0562	35,6	0,9012	4,367	4,62	3 T <sub>14</sub>
	C	10,641	SP <sub>2</sub>	0,0861	27,3	0,8812	6,841	6,88	3 T <sub>14</sub> + 2 T <sub>12</sub>

Chapeaux inférieurs aux niveaux des appuis.

Portique CC.

Niveau	Sect.	M(k)	origine	$\mu$	K	E	A	Ferrailage adopté.	
V	A	1,223	SP <sub>2</sub>	0,0090	102	0,9573	0,72	3,39	3 T <sub>12</sub>
	B	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	1,472	SP <sub>2</sub>	0,0119	87,5	0,9512	0,87	3,39	3 T <sub>12</sub>
IV	A	4,488	SP <sub>2</sub>	0,0363	46,4	0,9186	2,77	5,65	3 T <sub>12</sub> + 2 T <sub>12</sub>
	B	1,314	SP <sub>2</sub>	0,0106	93,5	0,9539	0,78	3,39	3 T <sub>12</sub>
	C	4,410	SP <sub>2</sub>	0,0357	46,8	0,9191	2,72	5,65	3 T <sub>12</sub> + 2 T <sub>12</sub>
III	A	7,487	SP <sub>2</sub>	0,0606	34	0,8980	4,72	9,11	3 T <sub>16</sub> + 2 T <sub>14</sub>
	B	3,219	SP <sub>2</sub>	0,0260	56,5	0,9301	1,96	5,65	3 T <sub>12</sub> + 2 T <sub>12</sub>
	C	6,662	SP <sub>2</sub>	0,0539	36,6	0,9031	4,18	6,88	3 T <sub>14</sub> + 2 T <sub>12</sub>
II	A	9,676	SP <sub>2</sub>	0,0783	29	0,8864	6,18	10,05	3 T <sub>16</sub> + 2 T <sub>16</sub>
	B	4,590	SP <sub>2</sub>	0,0371	45,8	0,9178	2,83	6,88	3 T <sub>14</sub> + 2 T <sub>12</sub>
	C	8,290	SP <sub>2</sub>	0,0671	31,9	0,8934	5,26	9,11	3 T <sub>16</sub> + 2 T <sub>14</sub>
I	A	10,261	SP <sub>2</sub>	0,0831	27,9	0,8834	6,58	12,31	3 T <sub>16</sub> + 2 T <sub>20</sub>
	B	4,955	SP <sub>2</sub>	0,0401	43,8	0,9150	3,069	6,88	3 T <sub>14</sub> + 2 T <sub>12</sub>
	C	8,724	SP <sub>2</sub>	0,0706	30,9	0,8911	5,55	9,11	3 T <sub>16</sub> + 2 T <sub>14</sub>

remarque : toutes les vérifications sont satisfaites. (Voir Port. AA.)

## Poutres à mi-hauteur du portique 3-3 (transversal)

On suppose que les efforts sismiques sont repris par les deux portiques de part et d'autre des poutres à mi-hauteur, d'où ces dernières seront ferrillées sous les charges verticales uniquement, soit sous  $G+1,2P$ . (1<sup>er</sup> genre)

Pour:  $P_5 - P_4 - P_3 - P_2$

- Reaction d'escalier + poids propre de la poutre égale à :  
 $4850,13 + 150 = 5000,13 \text{ Kg/ml} \approx 5 \text{ t/ml} = G$

Pour:  $P_1$  au R.D.C.

- Reaction d'escalier + poids propre de la poutre égale à :  
 $3533,56 + 150 = 3683,56 \text{ Kg/ml} = 3,7 \text{ t/ml} = G$

Surcharges pour  $P_2 - P_3 - P_4 - P_5$  :  $(0,75 + 1,22) \cdot 350 = 689,5 \text{ Kg/ml}$

$$G+1,2P = 5 + 1,2 \cdot 0,69 = 5,828 \text{ t/ml} = Q$$

$$M_t = \frac{QL^2}{20} = \frac{5,828 \times 3^2}{20} = 2,623 \text{ t.m.}$$

$$M_{ap} = \frac{QL^2}{10} = \frac{5,828 \times 3^2}{10} = 5,245 \text{ t.m.}$$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,0423 \rightarrow (K=42,4 \text{ } \epsilon = 0,9129)$$

$$\mu_{ap} = 0,0843 \rightarrow (K=27,6 \text{ } \epsilon = 0,8826)$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{2,623 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9129 \cdot 36,5} = 2,81 \text{ cm}^2 \text{ (en travée)}$$

$$A = 5,81 \text{ cm}^2 \text{ (aux appuis)}$$

en travée 3T<sub>12</sub> (3,39)

aux appuis 3T<sub>14</sub> + 3T<sub>12</sub> (6,88 cm<sup>2</sup>)

Remarque: toutes les conditions sont vérifiées. (Voir ex. P. AA.)

$P_i$  désigne les poutres à mi-hauteur du portique 3-3. (transversal)

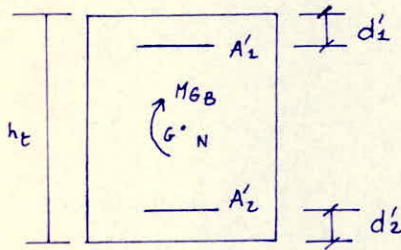
## FERRAILLAGE DES POTEAUX.

Les poteaux seront calculés en flexion composée ; chaque poteau est soumis à un effort normal  $N$  et à des moments flechissants en tête et à la base, dans les sens longitudinal et dans le sens transversal.

Le calcul se fera sous la sollicitation du 1<sup>er</sup> genre ( $G+1,2P$ ) et sous la plus défavorable des sollicitations du 2<sup>eme</sup> genre, et ils seront ferrillés symétriquement, deux cas peuvent se présenter

Exposé de la méthode.

a) section rectangulaire entièrement comprimée  $A'_1 = A'_2$ .



$M_{GB}$  = moment de flexion / C.G du béton seul de la section.

La section est entièrement comprimée si :

$$e_0 = \frac{M_{GB}}{N'} < \frac{h_t}{6} = e_1 \quad \text{avec :}$$

$N'$  = effort normal au CDG du béton seul.

$e_0$  = excentricité de la charge.

Dans ce cas, la section sera armée symétriquement ;  $A'_1 = A'_2$ .  
La détermination des armatures se fera par les formules suivantes :

$$\rho = \frac{\bar{\sigma}_b' \cdot b h_t}{N'} ; \quad \beta = \frac{\delta M_{GB}}{N' h_t} ; \quad c = 0,27 (1 - 2\delta')^2 \rho$$

$$D = 0,30 (\rho - \beta) - 0,90 (1 - \rho) (1 - 2\delta')^2 ; \quad E = -(1 + \beta - \rho)$$

$$\hat{\omega} = \frac{-D + \sqrt{D^2 - 4EC}}{2C} ; \quad A'_1 = A'_2 = \hat{\omega} \frac{b h_t}{100}$$

b) Section partiellement comprimée :

La section est rectangulaire, on applique la méthode de p. Charon pour la détermination des armatures  $A$  et  $A'$  de manière que  $A' = A$  (page 280) au moyen des abaques.

Exposé de la méthode.

$M_a^t$  : moment des forces extérieures situées à gauche de la section / aux armatures

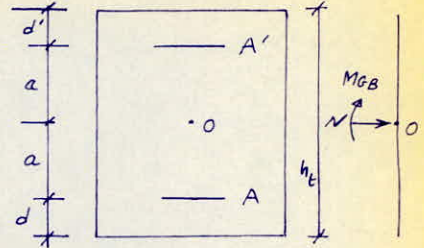
$M_a^c$  : moment des forces extérieures par rapport aux armatures comprimées. [comprimées

$M_a^t = M + N a$  avec  $N > 0$  dans le cas d'une compression

$M_a^c = M - N a$   $N < 0$  dans le cas d'une traction.

Posons  $d = \delta h$   
 $K_0 = \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_b}$   
 $h_t = h + d$

$\mu_1 = \frac{n \cdot M_a^t}{\bar{\sigma}_a \cdot b h^2}$  ;  $\mu_2 = \frac{n \cdot M_a^c}{\bar{\sigma}_a \cdot b h^2}$

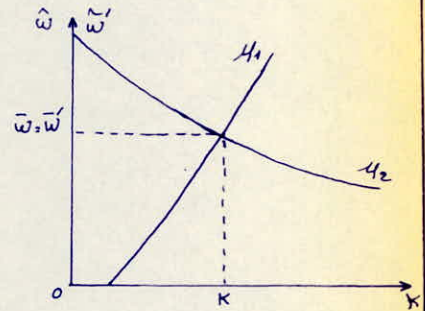


On utilisera l'abaque; établi à partir de  $\bar{\sigma}_a$  correspondant à la valeur de  $\delta'$  relative à la section étudiée. La valeur de  $\hat{\omega}$  et  $\hat{\omega}'$  sera obtenue à l'intersection C des courbes  $\mu_1$  et  $\mu_2$  à condition que l'on ait pour l'abscisse K du point C,  $K > K_0 = \bar{K} \Rightarrow A = \frac{\hat{\omega} b h}{100}$ . Si  $K < K_0$  on calculera alors

$\mu_1' = \frac{M_a^t}{\bar{\sigma}_b' b h^2}$  ;  $\mu_2' = \frac{M_a^c}{\bar{\sigma}_b' b h^2}$

et on utilisera l'abaque, établi à partir de  $\bar{\sigma}_b'$  et correspondant à la valeur de  $\delta'$  et on tire  $\hat{\omega}$ .

$A' = A = \frac{\hat{\omega} \cdot b h}{100}$



Evaluation de la contrainte admissible du béton

Pour une section rectangulaire

$\bar{\sigma}_b' = \left(1 + \frac{e_0}{3e_1}\right) \bar{\sigma}_{b_0}'$  si  $e_0 \leq \frac{h_t}{2}$   
 $\bar{\sigma}_b' = 2 \bar{\sigma}_{b_0}'$  si  $e_0 > \frac{h_t}{2}$

Sections soumises à la compression simple.

$A_e \geq \frac{1}{n} \left( \frac{N'}{\bar{\sigma}_{b_0}'} - B' \right)$

- $N'$  = effort de compression.
- $B'$  = section du béton comprimé
- $\bar{\sigma}_{b_0}'$  = contrainte de compression simple.
- $A_e$  = sections d'aciers longitudinaux.

Pourcentage minimale

$\frac{A}{B} = \hat{\omega}' \geq \frac{1,25}{1000} \theta_1 \theta_2 \theta_3 \frac{\sigma_m'}{\bar{\sigma}_{b_0}'}$

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

$\theta_1$  depend de la position du poteau :  $\theta_2 = 1,4$  poteau de rive

$\theta_1 = 1$  Poteau quelconque.

$l_c$  = longueur de flambement  
 $a$  = la plus petite dimension de la section

$\theta_3 = 1 + \frac{l_c}{4a - 2c}$

$c$  = enrobage.

$\theta_3 = 1 + \frac{2160}{\sigma_{en}}$

$\sigma_{en}$  = contrainte limite des aciers longitudinaux.



$\sigma'_m = \frac{N'}{B}$  pour les sections entièrement comprimées ou les sections soumises à la compression simple.

$$B = b \cdot h_e$$

$\sigma'_m = \frac{N'}{B} = \frac{N'}{b y_1}$  pour les sections partiellement comprimées, on se référera au diagramme de Navier

$$y_1 = h \cdot \frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}'_b + \frac{\bar{\sigma}'_a}{n}}$$

- La distance entre les barres verticales sur une face du poteau ne doit pas dépasser 35 cm en Zone I et II et 20 cm en Zone III.
- La longueur minimale de recouvrement est  $50\phi$ .
- Les armatures transversales doivent être des cadres et des étriers fermés.

Espacement des armatures transversales.

Zone nodale  $l \leq \min(10\phi; 15 \text{ cm}) = 14 \text{ cm}$ .

Zone courante  $l \leq 12\phi = 16,8 \text{ cm}$ .

c) Flambement des poteaux.

Tous les poteaux ne sont pas sujet au flambement car  $\frac{l_e}{a} \leq 14,4 \text{ cm}$ .

$$l_e = 0,7l_0$$

$l_e$  = longueur de flambement

$l_0$  = longueur libre du poteau.

$a$  = plus petite dimension de la section.

Armatures transversales.

- Ces armatures sont destinées à s'opposer au gonflement du béton et au flambement des armatures.
- Positionner les armatures longitudinales.
- reprendre l'effort tranchant dans les poteaux.
- Dans ce cas-ci, les armatures transversales sont: (cadres + étriers fermés)

Recommandation du CTC.

Armature longitudinales: ces barres doivent être des barres à haute adhérence. La longueur minimale de recouvrement est  $50\phi = 70 \text{ cm}$ .

- Diamètre minimum est 12 mm en Zone I et 14 en zone II et II
- Pourcentage minimal total des armatures est de :

Zone I et II	0,8 % S	Poteaux intérieurs
	0,9 % S	Poteaux courants (de façade)
	1,0 % S	Poteaux d'angle.

Zone III 1,0% S poteaux intérieurs.  
 1,1% S Poteaux courants (de façade)  
 1,25% S Poteaux d'angle.

Pourcentage maximum dans ce cas-ci.

Pour les poteaux :

$$\text{Zone nodale : } 4\% = 904 \cdot 40 \cdot 35 = 56 \text{ cm.}$$

$$\text{Zone courante : } 2,5\% = 9025 \cdot 40 \cdot 35 = 35 \text{ cm.}$$

Vérification à l'effort tranchant :

$$T = T_{\max}(T_c, T_t) = 6,092 \text{ t} = 6092 \text{ Kg.}$$

Pour un cadre + étrier.  $A_t = 2,01 \text{ cm}^2$ ,  $z = \frac{7}{8}h = \frac{7}{8}36,5$

$$\bar{\sigma}_{at} = 2400 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$t = \frac{2400 \cdot \frac{7}{8} \cdot 36,5 \cdot 2,01}{6092} = 25 \text{ cm.}, 37,8 \text{ cm.}$$

zone courante:  $t' \leq 12\phi = 14 \text{ cm.}$

zone nodale  $t \leq \text{Min}(10\phi, 15 \text{ cm}) = 12 \text{ cm.}$

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

Armatures transversales

$$\bar{\sigma}_b = \frac{nT}{bZ} \leq \bar{\sigma}_b = 0,15 \sigma_{c1} = 0,15 \cdot 273 = 40,95 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{0,2 \cdot 6092}{35 \cdot \frac{7}{8} \cdot 36,5} = 10,8 \text{ Kg/cm}^2 < 40,95 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$n = \begin{cases} 2 & \text{si } \lambda \geq 15 \\ 3 & \text{si } \lambda < 15 \end{cases} \text{ dans la direction considérée.}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{\sqrt{I/B}}$$

Portique AA

	Niveaux	Poteaux	M (tm)	N (t)	e <sub>0</sub> (cm)	e <sub>±</sub> (cm)	Sollicitation	$\bar{\sigma}_b$ Kg/cm <sup>2</sup>
Met N. SPz	V	AA	1,212	5,328	22,75	6,66	P.C	137,60
	IV	AA	7,020	12,958	7,87	6,66	P.C	95,87
	III	AA	0,974	20,581	4,73	6,66	E.C	85,07
	II	AA	0,974	28,204	3,45	6,66	E.C	80,57
	I	AA	0,974	35,787	2,72	6,66	E.C	77,23
	V	BB	0,054	7,543	0,007	6,66	E.C	68,82
	IV	BB	0,073	18,484	0,004	6,66	E.C	68,81
	III	BB	0,036	31,532	0,001	6,66	E.C	68,80
	II	BB	0,036	44,58	0,0008	6,66	E.C	68,80
	I	BB	0,036	57,628	0,0006	6,66	E.C	68,80
Mcorr. Nmax. SPz	V	AA	3,894	6,988	55,72	6,66	P.C	206,4
	IV	AA	5,369	18,593	28,88	6,66	P.C	206,4
	III	AA	6,261	31,377	19,95	6,66	P.C	206,14
	II	AA	8,556	45,266	18,90	6,66	P.C	200,72
	I	AA	7,734	59,400	13,02	6,66	P.C	170,38
	V	BB	5,062	7,422	68,20	6,66	P.C	206,4
	IV	BB	8,240	18,748	45,40	6,66	P.C	206,4
	III	BB	9,980	30,980	32,21	6,66	P.C	206,4
	II	BB	10,536	43,812	34,01	6,66	P.C	206,4
	I	BB	13,416	56,645	23,68	6,66	P.C	206,4
Mcorr. Nmin SPz	V	AA	2,940	2,845	103,34	6,66	P.C	206,4
	IV	AA	4,765	5,562	85,67	6,66	P.C	206,4
	III	AA	7,468	9,209	81,09	6,66	P.C	206,4
	II	AA	9,358	10,399	90,51	6,66	P.C	206,4
	I	AA	9,919	15,205	65,24	6,66	P.C	206,4
	V	BB	3,284	1,422	230,94	6,66	P.C	206,4
	IV	BB	5,372	12,148	44,22	6,66	P.C	206,4
	III	BB	8,316	23,988	34,67	6,66	P.C	206,4
	II	BB	8,779	34,205	36,60	6,66	P.C	206,4
	I	BB	11,181	44,422	25,17	6,66	P.C	206,4
Mmax Ncorr. SPz	V	AA	64,57	6,700	68,20	6,66	P.C	206,4
	IV	AA	6,462	17,621	36,67	6,66	P.C	206,4
	III	AA	7,589	29,524	25,70	6,66	P.C	206,4
	II	AA	9,957	42,350	23,51	6,66	P.C	206,4
	I	AA	9,919	15,205	65,24	6,66	P.C	206,4
	V	BB	5,062	7,422	68,19	6,66	P.C	206,4
	IV	BB	8,240	18,748	45,40	6,66	P.C	206,4
	III	BB	9,980	30,980	32,21	6,66	P.C	206,4
	II	BB	10,536	43,812	24,05	6,66	P.C	206,4
	I	BB	13,416	56,645	23,68	6,66	P.C	206,4

## Portique BB.

	Niveaux	Poteaux	M (t.m)	N (t)	e <sub>0</sub> (cm)	e <sub>1</sub> (cm)	Sollicitation	$\bar{\sigma}_b$ Kg/cm <sup>2</sup>	
M et N	S <sub>P2</sub>	V	AA	2,434	10,581	23,00	6,66	P.C	137,60
		IV	AA	1,612	26,078	6,19	6,66	E.C	90,09
		III	AA	1,541	41,451	3,72	6,66	E.C	81,60
		II	AA	1,541	56,882	2,71	6,66	E.C	78,12
		I	AA	1,541	72,313	2,13	6,66	E.C	76,13
	M et N	V	BB	0,854	18,316	4,66	6,66	E.C	84,83
		IV	BB	0,099	36,502	0,003	6,66	E.C	68,81
		III	BB	0,095	54,538	0,002	6,66	E.C	68,81
		II	BB	0,095	72,574	0,001	6,66	E.C	68,80
		I	BB	0,095	90,610	0,001	6,66	E.C	68,80
M <sub>corr.</sub> N <sub>max</sub> S <sub>P2</sub>	V	AA	4,936	12,141	40,65	6,66	P.C	206,4	
	IV	AA	5,900	31,036	19,01	6,66	P.C	207,29	
	III	AA	6,779	51,476	13,17	6,66	P.C	171,76	
	II	AA	7,083	73,026	9,70	6,66	P.C	153,25	
	I	AA	8,655	94,870	9,12	6,66	P.C	150,26	
	V	BB	4,084	18,063	22,61	6,66	P.C	206,4	
	IV	BB	8,018	37,486	21,39	6,66	P.C	206,4	
	III	BB	9,813	57,468	17,08	6,66	P.C	197,33	
	II	BB	10,573	77,960	13,56	6,66	P.C	173,17	
	I	BB	13,345	98,582	13,54	6,66	P.C	173,07	
M <sub>corr.</sub> N <sub>min</sub> S <sub>P2</sub>	V	AA	2,719	7,059	38,52	6,66	P.C	206,4	
	IV	AA	4,618	16,350	28,24	6,66	P.C	206,4	
	III	AA	6,408	24,748	25,89	6,66	P.C	206,4	
	II	AA	7,957	32,214	24,70	6,66	P.C	206,4	
	I	AA	9,954	39,440	25,24	6,66	P.C	206,4	
	V	BB	4,798	13,569	35,36	6,66	P.C	206,4	
	IV	BB	6,843	25,147	27,21	6,66	P.C	206,4	
	III	BB	8,333	35,943	23,18	6,66	P.C	206,4	
	II	BB	8,808	46,355	19,00	6,66	P.C	201,24	
	I	BB	11,124	56,657	19,63	6,66	P.C	204,49	
M <sub>max</sub> N <sub>corr.</sub> S <sub>P2</sub>	V	AA	5,576	11,858	47,02	6,66	P.C	206,0	
	IV	AA	6,985	30,137	23,18	6,66	P.C	206,4	
	III	AA	8,100	49,703	16,30	6,66	P.C	187,30	
	II	AA	9,877	39,082	25,30	6,66	P.C	206,4	
	I	AA	9,965	51,523	19,34	6,66	P.C	203,0	
	V	BB	4,969	18,062	27,51	6,66	P.C	206,4	
	IV	BB	6,863	34,383	19,96	6,66	P.C	206,2	
	III	BB	9,813	57,468	17,08	6,66	P.C	191,3	
	II	BB	10,583	77,96	13,32	6,66	P.C	171,9	
	I	BB	13,545	98,582	13,54	6,66	P.C	173,1	

## Portique CC

	Niveaux	Poteaux	M (t.m)	N (t)	C <sub>0</sub> (cm)	e <sub>z</sub> (cm)	Sollicitati-	$\bar{\sigma}_b$ Kg/cm <sup>2</sup>
M et N S <sub>Pz</sub>	V	AA	2,529	10,997	23,000	6,66	P.C	437,6
	IV	AA	1,734	20,380	8,520	6,66	P.C	98,07
	III	AA	1,565	36,690	4,760	6,66	EC	83,45
	II	AA	1,565	49,540	3,160	6,66	EC	79,67
	I	AA	1,565	62,380	2,510	6,66	EC	77,43
	V	BB	0,426	15,330	2,780	6,66	EC	78,36
	IV	BB	0,480	32,331	1,480	6,66	EC	73,89
	III	BB	0,462	49,620	0,009	6,66	EC	68,83
	II	BB	0,462	66,910	0,007	6,66	EC	68,82
	I	BB	0,462	84,198	0,005	6,66	EC	68,81
M <sub>corr</sub> N <sub>max</sub> S <sub>Pz</sub>	V	AA	6,388	12,521	51,02	6,66	P.C	206,4
	IV	AA	8,130	28,777	28,25	6,66	P.C	206,4
	III	AA	9,495	46,586	20,38	6,66	P.C	206,4
	II	AA	9,968	65,523	15,21	6,66	P.C	181,68
	I	AA	12,340	84,760	14,56	6,66	P.C	178,33
	V	BB	11,096	15,064	73,66	6,66	P.C	206,4
	IV	BB	8,537	33,262	25,67	6,66	P.C	206,4
	III	BB	10,329	52,460	19,69	6,66	P.C	204,80
	II	BB	10,916	72,168	15,13	6,66	P.C	181,27
	I	BB	13,884	92,017	11,09	6,66	P.C	181,06
M <sub>corr</sub> N <sub>min</sub> S <sub>Pz</sub>	V	AA	2,761	7,304	37,34	6,66	P.C	206,4
	IV	AA	4,667	14,337	32,35	6,66	P.C	206,4
	III	AA	6,462	19,982	32,34	6,66	P.C	206,4
	II	AA	8,052	24,982	32,23	6,66	P.C	206,4
	I	AA	7,861	29,306	26,82	6,66	P.C	206,4
	V	BB	8,864	11,418	77,63	6,66	P.C	206,4
	IV	BB	6,330	21,261	28,82	6,66	P.C	206,4
	III	BB	7,853	32,084	24,48	6,66	P.C	206,4
	II	BB	9,084	41,778	21,74	6,66	P.C	206,4
	I	BB	10,815	51,358	21,06	6,66	P.C	206,4
M <sub>max</sub> N <sub>corr</sub> S <sub>Pz</sub>	V	AA	6,388	12,521	51,02	6,66	P.C	206,4
	IV	AA	8,130	28,777	28,25	6,66	P.C	206,4
	III	AA	9,495	46,586	20,38	6,66	P.C	206,4
	II	AA	9,968	65,523	15,21	6,66	P.C	181,68
	I	AA	12,340	84,760	14,56	6,66	P.C	178,33
	V	BB	11,096	15,065	73,66	6,66	P.C	206,4
	IV	BB	8,537	33,262	25,67	6,66	P.C	206,4
	III	BB	10,329	52,460	19,69	6,66	P.C	204,8
	II	BB	10,916	72,168	15,13	6,66	P.C	181,3
	I	BB	13,884	92,017	11,09	6,66	P.C	181,06

## Portique DD

	Niveaux	Poteaux	M (t.m)	N (t)	e <sub>0</sub> (cm)	e <sub>1</sub> (cm)	sollicita-	$\bar{\sigma}_b$ Kg/cm <sup>2</sup>	
M et N	SR	V	AA	1,675	8,344	20,07	6,66	P.C	137,6
		IV	AA	0,748	16,465	4,54	6,66	EC	84,42
		III	AA	0,714	24,580	2,90	6,66	EC	78,78
		II	AA	0,714	32,690	2,18	6,66	EC	76,30
		I	AA	0,714	40,800	1,75	6,66	EC	74,82
	M	V	BB	0,406	13,194	3,08	6,66	EC	79,40
		IV	BB	0,330	28,481	1,16	6,66	EC	72,79
		III	BB	0,317	44,197	0,007	6,66	EC	68,82
		II	BB	0,317	59,853	0,005	6,66	EC	68,82
		I	BB	0,317	75,509	0,004	6,66	EC	68,82
M <sub>corr.</sub> et N <sub>max</sub>	SR	V	AA	5,467	9,867	55,42	6,66	P.C	206,4
		III	AA	7,113	21,478	33,12	6,66	P.C	206,4
		III	AA	8,537	31,808	26,84	6,66	P.C	206,4
		II	AA	9,027	46,112	19,58	6,66	P.C	204,23
		I	AA	11,707	60,714	19,28	6,66	P.C	202,68
	M	V	BB	4,385	12,925	33,93	6,66	P.C	206,4
		IV	BB	7,689	29,575	26,00	6,66	P.C	206,4
		III	BB	9,569	44,482	21,51	6,66	P.C	206,4
		II	BB	10,728	62,667	17,12	6,66	P.C	199,54
		I	BB	13,108	80,99	16,185	6,66	P.C	186,71
M <sub>corr.</sub> et N <sub>min</sub>	SR	V	AA	2,738	5,982	35,74	6,66	P.C	206,4
		IV	AA	4,854	10,365	46,83	6,66	P.C	206,4
		III	AA	6,089	15,800	38,54	6,66	P.C	206,4
		II	AA	7,398	17,923	41,28	6,66	P.C	206,4
		I	AA	7,943	23,060	34,44	6,66	P.C	206,4
	M	V	BB	4,286	11,042	38,82	6,66	P.C	206,4
		IV	BB	6,835	23,095	29,60	6,66	P.C	206,4
		III	BB	8,385	37,229	22,52	6,66	P.C	206,4
		II	BB	8,854	48,564	18,23	6,66	P.C	197,27
		I	BB	11,335	59,818	18,95	6,66	P.C	200,98
M <sub>max</sub>	SR	V	AA	5,467	9,867	55,42	6,66	P.C	206,4
		IV	AA	7,113	21,478	33,12	6,66	P.C	206,4
		III	AA	8,537	31,808	26,84	6,66	P.C	206,4
		II	AA	9,027	46,112	19,58	6,66	P.C	204,23
		I	AA	11,707	60,714	19,28	6,66	P.C	202,68
	M	V	BB	5,187	12,925	40,13	6,66	P.C	206,4
		III	BB	8,309	24,285	34,21	6,66	P.C	206,4
		III	BB	10,166	42,164	24,11	6,66	P.C	206,4
		II	BB	10,728	54,603	19,65	6,66	P.C	204,59
		I	BB	13,704	66,900	20,48	6,66	P.C	206,4

## Portique 1-1

	Niveau	Poteaux	M (k-m)	N (t)	e <sub>0</sub> (cm)	e <sub>s</sub> (cm)	Sollicitat.	$\bar{\sigma}_b'$ Kg/cm <sup>2</sup>
S <sub>2</sub>	V	1-9	3,927	7,422	52,90	5,83	P.C	206,40
	IV	9-17	6,125	19,867	30,83	5,83	P.C	206,40
	III	17-25	7,429	34,463	21,55	5,83	P.C	206,40
	II	25-33	7,973	50,605	15,75	5,83	P.C	196,08
	I	33-41	9,811	67,484	14,54	5,83	P.C	188,94
	V	2-10	4,208	11,124	37,83	5,83	P.C	206,40
	IV	10-18	7,233	28,165	25,68	5,83	P.C	206,40
	III	18-26	9,200	40,039	22,97	5,83	P.C	206,40
	II	26-34	9,722	61,966	15,90	5,83	P.C	196,96
	I	34-42	12,190	79,081	15,41	5,83	P.C	194,07
N <sub>max</sub>	V	3-11	3,690	13,483	27,36	5,83	P.C	206,40
	IV	11-19	6,119	25,204	24,28	5,83	P.C	206,40
	III	19-27	7,754	38,011	20,40	5,83	P.C	206,40
	II	27-35	8,189	50,818	16,11	5,83	P.C	198,20
	I	35-43	10,245	63,621	16,10	5,83	P.C	198,14
M <sub>corr.</sub>	V	4-12	4,341	8,421	51,55	5,83	P.C	206,40
	IV	12-20	7,274	17,108	42,52	5,83	P.C	206,40
	III	20-28	9,239	25,256	36,58	5,83	P.C	206,40
	II	28-36	9,760	33,194	29,40	5,83	P.C	206,40
	I	36-44	12,228	41,293	29,61	5,83	P.C	206,40
S <sub>1</sub>	V	1-9	3,155	6,337	49,78	5,83	P.C	206,40
	IV	9-17	5,084	17,564	28,95	5,83	P.C	206,40
	III	17-25	6,172	30,566	20,19	5,83	P.C	206,40
	II	25-33	6,626	44,889	14,76	5,83	P.C	190,24
	I	33-41	8,205	59,803	13,72	5,83	P.C	184,11
	V	2-10	3,768	8,320	45,28	5,83	P.C	206,40
	IV	10-18	6,118	20,873	29,31	5,83	P.C	206,40
	III	18-26	7,753	33,551	23,11	5,83	P.C	206,40
	II	26-34	8,188	46,189	17,73	5,83	P.C	206,40
	I	34-42	10,254	58,671	17,48	5,83	P.C	206,28
N <sub>min</sub>	V	3-11	3,682	9,292	39,62	5,83	P.C	206,40
	IV	11-19	6,110	20,187	30,27	5,83	P.C	206,40
	III	19-27	7,754	32,151	24,12	5,83	P.C	206,40
	II	27-35	8,181	44,124	18,54	5,83	P.C	206,40
	I	35-43	10,237	56,090	18,23	5,83	P.C	206,40
M <sub>corr.</sub>	V	4-12	3,639	6,950	52,36	5,83	P.C	206,40
	IV	12-20	6,065	13,676	44,35	5,83	P.C	206,40
	III	20-28	7,702	21,027	36,63	5,83	P.C	206,40
	II	28-36	8,157	28,168	28,96	5,83	P.C	206,40
	I	36-44	10,193	35,031	29,20	5,83	P.C	206,40

## Portique 22

	niveaux	Poteaux	M(t.m)	N(t)	e <sub>0</sub> (cm)	e <sub>1</sub> (cm)	sollicitation	$\bar{\sigma}_b$ kg/cm <sup>2</sup>	
S <sub>B</sub>	V	1-9	0,259	7,543	3,43	5,83	EC	82,28	
	IV	9-17	0,139	18,484	0,008	5,83	EC	68,83	
	III	17-25	0,128	31,532	0,004	5,83	EC	68,82	
	II	25-33	0,128	44,58	0,003	5,83	EC	68,81	
	I	33-41	0,128	57,628	0,002	5,83	EC	68,81	
	V	2-10	0,051	18,316	0,003	5,83	EC	68,81	
	IV	10-18	0,030	36,502	0,0008	5,83	EC	68,80	
	III	18-26	0,029	54,538	0,0005	5,83	EC	68,80	
	II	26-34	0,029	72,574	0,0004	5,83	EC	68,80	
	I	34-42	0,029	90,610	0,0003	5,83	EC	68,80	
	M et N	V	3-11	—	15,330	—	5,83	CS	68,80
		IV	11-19	—	32,331	—	5,83	CS	68,80
		III	19-27	—	49,620	—	5,83	CS	68,80
		II	27-35	—	66,910	—	5,83	CS	68,80
		I	35-43	—	84,198	—	5,83	CS	68,80
	M	V	4-12	0,319	13,194	2,42	5,83	EC	78,31
IV		12-20	0,357	28,481	1,25	5,83	EC	73,71	
III		20-28	0,342	44,197	0,008	5,83	EC	68,83	
II		28-36	0,342	59,853	0,006	5,83	EC	68,82	
I		36-44	0,342	75,509	0,005	5,83	EC	68,82	
S <sub>B</sub>		V	1-9	3,126	9,675	32,31	5,83	PC	206,4
		IV	9-17	4,001	25,361	15,78	5,83	PC	196,26
		III	17-25	5,242	42,211	12,42	5,83	PC	176,44
		II	25-33	5,186	63,384	8,18	5,83	PC	151,44
		I	33-41	6,486	84,872	7,64	5,83	PC	148,25
	N <sub>max</sub>	V	2-10	4,256	19,002	22,40	5,83	PC	206,4
		IV	10-18	7,203	37,107	19,41	5,83	PC	206,4
		III	18-26	9,178	57,352	16,00	5,83	PC	197,55
		II	26-34	9,780	78,078	12,53	5,83	PC	177,09
		I	34-42	12,202	98,919	12,34	5,83	PC	175,97
M <sub>corr</sub>	V	3-11	3,588	15,287	23,47	5,83	PC	206,4	
	IV	11-19	6,027	32,213	18,71	5,83	PC	206,4	
	III	19-27	7,672	49,427	15,52	5,83	PC	194,72	
	II	27-35	8,127	66,641	12,20	5,83	PC	175,15	
	I	35-43	10,192	83,855	12,15	5,83	PC	174,85	
	V	4-12	3,611	13,474	26,80	5,83	PC	206,4	
	IV	12-20	6,874	28,725	23,93	5,83	PC	206,4	
	III	20-28	6,486	43,65	14,86	5,83	PC	190,83	
	II	28-36	6,845	60,353	11,34	5,83	PC	170,07	
	I	36-44	8,497	77,091	11,02	5,83	PC	168,19	



Portique 2-2

	Niveaux	Poteaux	M (tm)	N (t)	e <sub>0</sub> (cm)	e <sub>1</sub> (cm)	Sollicit	$\bar{\sigma}_b$ kg/cm <sup>2</sup>	
M <sub>max</sub>	V	1-9	3,192	5,371	59,43	5,83	P.C	206,4	
	IV	9-17	5,667	11,497	49,29	5,83	P.C	206,4	
	III	17-25	6,644	16,251	40,88	5,83	P.C	206,4	
	II	25-33	7,714	20,459	37,70	5,83	P.C	206,4	
	I	33-41	9,418	24,347	38,68	5,83	P.C	206,4	
	V	2-10	4,256	19,002	22,40	5,83	P.C	206,4	
	IV	10-18	7,203	37,107	19,41	5,83	P.C	206,4	
	III	18-26	9,178	57,352	16,00	5,83	P.C	197,55	
	II	26-34	9,780	78,078	12,53	5,83	P.C	177,09	
	I	34-42	12,202	98,919	12,33	5,83	P.C	175,91	
	M <sub>min</sub>	V	3-11	3,588	15,287	23,47	5,83	P.C	206,4
		IV	11-19	6,027	32,213	18,71	5,83	P.C	206,4
		III	19-27	7,672	49,427	15,52	5,83	P.C	194,72
		II	27-35	8,127	66,641	12,20	5,83	P.C	175,15
		I	35-43	10,192	83,855	12,15	5,83	P.C	174,85
V		4-12	4,291	12,436	34,50	5,83	P.C	206,4	
IV		12-20	6,874	28,725	24,79	5,83	P.C	206,4	
III		20-28	8,872	43,406	20,44	5,83	P.C	206,4	
II		28-36	10,095	57,879	17,44	5,83	P.C	206,05	
I		36-44	11,887	72,312	16,44	5,83	P.C	200,15	
M <sub>cor</sub> N <sub>min</sub> S <sub>R</sub>		V	1-9	3,054	9,038	33,80	5,83	P.C	206,40
		IV	9-17	4,968	17,030	29,17	5,83	P.C	206,40
		III	17-25	6,071	33,880	17,92	5,83	P.C	206,40
		II	25-33	6,450	49,432	11,05	5,83	P.C	180,16
		I	33-41	8,080	67,314	12,00	5,83	P.C	173,97
	V	2-10	3,640	17,109	21,28	5,83	P.C	206,40	
	IV	10-18	6,055	34,542	17,53	5,83	P.C	206,40	
	III	18-26	6,966	51,136	12,06	5,83	P.C	174,32	
	II	26-34	8,145	66,469	12,25	5,83	P.C	175,44	
	I	34-42	10,210	81,394	12,54	5,83	P.C	177,15	
	V	3-11	3,588	14,697	24,41	5,83	P.C	206,40	
	IV	11-19	6,027	30,931	19,49	5,83	P.C	206,40	
	III	19-27	7,672	47,509	16,15	5,83	P.C	198,44	
	II	27-35	8,127	64,087	12,68	5,83	P.C	177,98	
	I	35-43	10,192	80,665	12,63	5,83	P.C	177,68	
V	4-12	3,563	12,335	28,89	5,83	P.C	206,40		
IV	12-20	6,385	26,842	23,79	5,83	P.C	206,40		
III	20-28	7,400	40,939	18,07	5,83	P.C	206,40		
II	28-36	8,406	54,423	16,45	5,83	P.C	194,52		
I	36-44	9,913	67,855	14,61	5,83	P.C	189,36		

109

Niveau	Poteau	M <sub>1</sub> cm	N (t)	E <sub>0</sub> cm	E <sub>2</sub> cm	Sollici-	$\bar{\sigma}_b$ kg	Y <sub>1</sub> cm	R	M <sub>act</sub> cm	M <sub>1</sub>	M <sub>act</sub> cm	M <sub>2</sub>	K	$\bar{\omega}$	M <sub>1</sub> '	M <sub>2</sub> '	$\bar{\omega}$	$\frac{A_1}{m} = \frac{A_2}{m}$	
V	AA	2,94	2,85	103,34	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	3,41	0,0261	2,47	0,0129	59,5	0,12	/	/	/	1,53	
IV	AA	4,77	5,56	85,67	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	5,69	0,044	3,85	0,0295	44,5	0,20	/	/	/	2,56	SF <sub>2</sub>
III	AA	7,47	9,21	81,09	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	8,99	0,0688	5,95	0,0456	36	0,33	/	/	/	4,22	
II	AA	9,36	10,40	90,51	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	11,09	0,0849	7,64	0,0586	32,5	0,44	/	/	/	5,62	
I	AA	9,92	15,21	65,24	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	12,43	0,0952	7,41	0,0567	30	0,42	/	/	/	5,37	
V	BB	3,28	1,42	230,94	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	3,51	0,0269	3,05	0,0233	59,5	0,16	/	/	/	2,04	
IV	BB	5,37	12,15	44,22	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	7,37	0,0564	3,37	0,0258	38	0,19	/	/	/	2,43	
III	BB	8,32	23,99	34,67	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	12,28	0,0940	4,36	0,0334	28	0,25	/	/	/	3,19	
II	BB	8,78	34,21	36,60	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	14,42	0,1104	3,14	0,0240	25	0,20	/	/	/	2,56	
I	BB	11,18	44,42	25,17	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	18,51	0,1417	3,84	0,0294	21,5	0,25	/	/	/	3,19	
V	AA	3,29	6,99	55,72	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	5,03	0,0385	2,74	0,0209	47,5	0,15	/	/	/	1,92	
IV	AA	5,37	18,59	28,88	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	8,44	0,0644	2,30	0,0176	35	0,12	/	/	/	1,53	
III	AA	6,26	31,38	19,95	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	11,44	0,0876	1,08	0,0082	27	0,07	/	/	/	0,89	
II	AA	8,56	45,27	18,90	6,66	P.C	200,72	15,49	20,35	16,03	0,1227	1,09	0,0083	22,5	0,10	/	/	/	1,27	
I	AA	7,73	59,4	13,02	6,66	P.C	170,38	15,49	20,35	17,53	0,1342	-2,071	0,0158	21,5	/	0,2266	0,0261	0,23	2,94	
V	BB	5,06	7,42	68,26	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	6,28	0,0481	3,84	0,0294	42,5	0,21	/	/	/	2,68	
IV	BB	8,24	18,15	45,40	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	11,23	0,0860	5,25	0,0402	30,5	0,31	/	/	/	3,96	
III	BB	9,98	30,98	32,21	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	15,09	0,1156	4,87	0,0373	25	0,30	/	/	/	3,83	
II	BB	10,54	43,81	34,01	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	17,77	0,1361	3,31	0,0253	22	0,22	/	/	/	2,81	
I	BB	13,42	56,65	23,68	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	22,77	0,1744	4,07	0,0311	18,5	/	0,2365	0,0422	0,23	4,22	
V	AA	6,457	6,70	68,20	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	7,57	0,0579	5,34	0,0409	40	0,30	/	/	/	3,83	
IV	AA	6,46	17,82	36,67	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	9,37	0,0718	3,55	0,0272	33,5	0,20	/	/	/	2,56	
III	AA	7,59	29,52	25,70	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	12,46	0,0954	2,72	0,0208	27,5	0,16	/	/	/	2,04	
II	AA	9,36	42,35	23,51	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	16,95	0,1298	2,97	0,0227	22,5	0,20	/	/	/	2,56	
I	AA	9,92	15,21	65,24	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	12,43	0,0952	7,41	0,0567	30	0,43	/	/	/	5,49	
V	BB	5,06	7,42	68,20	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	6,28	0,0481	3,84	0,0294	42,5	0,21	/	/	/	2,68	
IV	BB	8,24	18,15	45,40	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	11,23	0,0860	5,25	0,0402	30,5	0,31	/	/	/	3,96	
III	BB	9,98	30,98	32,21	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	15,09	0,1156	4,87	0,0373	25	0,30	/	/	/	3,83	
II	BB	10,54	43,81	24,05	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	17,77	0,1361	3,31	0,0253	22	0,22	/	/	/	2,81	
I	BB	13,42	56,65	23,68	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	22,77	0,1744	4,07	0,0311	18,5	/	0,2365	0,0422	0,23	4,22	

Partique A-A

110

Niv	Pat	M (cm)	N (b)	e <sub>0</sub> cm	e <sub>2</sub> cm	sollici-	$\bar{\sigma}_0$ kg/cm	g <sub>2</sub> cm	R.	$M_{actm}$	$M_2$	$M_{actm}^c$	$M_2^c$	K	$\omega$	$M_1'$	$M_2'$	$\omega'$	$A_{1,2}^c$	$A_{1,2}^c$
V	AA	2,72	7,06	38,52	6,66	P.C	206,40	15,49	20,35	3,88	0,0297	1,56	0,0119	54,5	0,08	-	-	-	1,022	
IV	AA	4,62	16,35	28,24	6,66	P.C	206,40	15,49	20,35	7,32	0,0560	1,92	0,0147	37,0	0,10	-	-	-	1,28	
III	AA	6,42	24,75	25,89	6,66	P.C	206,40	15,49	20,35	10,49	0,0803	2,33	0,0178	30,0	0,14	-	-	-	1,79	
II	AA	7,96	32,21	24,70	6,66	P.C	206,40	15,49	20,35	13,27	0,1016	2,65	0,0202	26,5	0,16	-	-	-	2,04	
I	AA	9,95	39,44	25,24	6,66	P.C	206,40	15,49	20,35	16,46	0,1260	3,44	0,0263	23,0	0,22	-	-	-	2,82	
V	BB	4,80	13,57	35,36	6,66	P.C	206,40	15,49	20,35	7,04	0,0539	2,56	0,0196	39,0	0,14	-	-	-	1,79	
IV	BB	6,84	25,15	27,21	6,66	P.C	206,40	15,49	20,35	10,99	0,0842	2,69	0,0206	29,8	0,15	-	-	-	1,92	
III	BB	8,33	35,94	23,18	6,66	P.C	206,40	15,49	20,35	14,26	0,1092	2,40	0,0183	25,0	0,14	-	-	-	1,79	
II	BB	8,81	46,36	19,00	6,66	P.C	207,24	15,26	20,87	16,46	0,1260	1,16	0,0089	22,0	0,08	-	-	-	1,022	
I	BB	11,12	56,66	19,63	6,66	P.C	204,24	15,41	20,54	20,47	0,1567	1,77	0,0135	19,5	-	0,2146	0,0185	0,20	2,56	
V	AA	4,94	12,14	40,65	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	6,94	0,0531	2,04	0,0255	39,2	0,16	-	-	-	2,04	
IV	AA	5,90	31,04	19,01	6,66	P.C	201,79	15,26	20,87	11,02	0,0844	0,78	0,0059	28,6	0,04	-	-	-	0,51	
III	AA	6,78	51,48	13,17	6,66	P.C	171,16	13,85	24,54	15,27	0,1169	-1,73	0,0131	23,5	-	0,1913	0,0214	0,14	1,79	
II	AA	7,08	73,03	9,70	6,66	P.C	153,25	12,91	27,41	19,13	0,1465	-4,97	0,0381	21,5	-	0,2677	0,0695	0,58	7,41	
I	AA	8,66	94,87	9,12	6,66	P.C	150,26	12,75	27,95	24,31	0,1862	-6,99	0,0535	19,0	-	0,3469	0,0997	1,8	23	
V	BB	4,08	18,06	22,61	6,66	P.C	206,40	15,49	20,35	7,06	0,0540	1,10	0,0084	38,0	0,06	-	-	-	0,77	
IV	BB	8,02	37,49	21,39	6,66	P.C	206,40	15,49	20,35	14,21	0,1088	1,83	0,0140	25,0	0,14	-	-	-	1,79	
III	BB	9,81	57,47	17,08	6,66	P.C	197,33	14,82	21,95	19,29	0,1477	0,33	0,0025	19,5	-	0,2162	0,0036	0,12	1,53	
II	BB	10,57	77,96	13,56	6,66	P.C	173,17	13,95	24,25	23,43	0,1795	-2,29	0,0175	18,5	-	0,2902	0,0183	0,56	6,39	
I	BB	13,35	98,58	13,54	6,66	P.C	173,07	13,94	24,27	29,62	0,2269	-2,92	0,0223	16,5	-	0,3670	0,0362	0,97	12,39	
V	AA	5,58	11,86	47,02	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	7,54	0,0577	3,62	0,0277	37,5	0,20	-	-	-	2,56	
IV	AA	6,99	30,14	23,18	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	11,06	0,0916	2,02	0,0154	27,5	0,12	-	-	-	1,53	
III	AA	8,10	49,70	16,30	6,66	P.C	187,30	14,63	22,42	16,30	0,1248	-0,10	0,0007	21,7	-	0,1866	0,0011	0,05	0,64	
II	AA	9,88	39,03	25,30	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	16,32	0,1249	3,44	0,0263	23,5	0,21	-	-	-	2,68	
I	AA	9,97	51,52	19,34	6,66	P.C	202,99	15,34	20,69	18,47	0,1414	1,47	0,0112	20,5	-	0,1951	0,0155	0,10	1,28	
V	BB	4,97	18,06	27,51	6,66	P.C	206,40	15,49	20,35	7,95	0,0609	1,99	0,0152	36,0	0,12	-	-	-	1,53	
IV	BB	6,86	34,38	19,96	6,66	P.C	206,19	15,48	20,37	12,53	0,0959	1,19	0,0091	26,5	0,08	-	-	-	1,02	
III	BB	9,81	57,47	17,08	6,66	P.C	197,33	14,82	21,95	19,26	0,1477	4,33	0,0025	19,5	-	0,2162	0,0036	0,12	1,53	
II	BB	10,38	77,96	13,32	6,66	P.C	171,93	13,89	24,43	23,24	0,1780	-2,48	0,0189	18,0	-	0,2899	0,0309	0,56	7,15	
I	BB	13,35	98,58	13,54	6,66	P.C	173,07	13,94	24,27	29,62	0,2269	-2,92	0,0223	16,0	-	0,3670	0,0362	0,97	12,39	

SF<sub>2</sub>

M<sub>corr.</sub>, N<sub>min</sub>

SF<sub>2</sub>

M<sub>corr.</sub>, N<sub>max</sub>

SF<sub>2</sub>

M<sub>max</sub>, N<sub>corr.</sub>

Portique B-D

111

Niv	Pol	M t m	N(t)	E <sub>0</sub> cm	E <sub>1</sub> cm	Soll.	$\bar{\sigma}_y, \text{kg/cm}^2$	y <sub>1</sub> cm	$\bar{x}$	$\overline{W}^1 \text{cm}^3$	$\mu_1$	$\overline{W}^2 \text{cm}^3$	$\mu_2$	K	$\omega'$	$\mu'_1$	$\mu'_2$	$\omega$	$A'_1 = A'_2$		
V	AA	2,76	7,39	37,34	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	3,98	0,0304	1,54	0,0118	54	0,108	-	-	-	1,02	M <sub>corr</sub> - N <sub>min</sub>	
IV	AA	4,67	14,34	32,55	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	7,04	0,0539	2,30	0,0176	38,5	0,12	-	-	-	1,53		SR <sub>2</sub>
III	AA	6,46	19,98	32,34	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	9,76	0,0747	3,16	0,0242	32	0,18	-	-	-	2,30		
II	AA	8,05	24,98	22,23	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	12,17	0,0932	3,93	0,0301	28	0,23	-	-	-	2,94		
I	AA	7,86	29,31	26,82	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	12,70	0,0972	3,02	0,0231	26,8	0,18	-	-	-	2,30		
V	BB	8,86	11,42	77,63	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	10,74	0,0822	6,98	0,0534	33	0,39	-	-	-	4,98		
IV	BB	6,33	21,96	28,82	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	9,95	0,0762	2,71	0,0207	31,2	0,15	-	-	-	1,92		
III	BB	7,85	32,08	24,48	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	13,14	0,1006	2,56	0,0196	26,2	0,16	-	-	-	2,04		
II	BB	9,08	41,78	21,74	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	15,97	0,1223	2,19	0,0167	23	0,14	-	-	-	1,78		
I	BB	10,82	51,36	21,06	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	19,29	0,1477	2,34	0,0179	20,5	0,16	-	-	-	2,04		
V	AA	6,39	12,52	51,02	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	8,146	0,0647	4,32	0,0330	36	0,24	-	-	-	3,07	M <sub>corr.</sub> - N <sub>max</sub>	
IV	AA	8,13	28,78	28,25	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	12,88	0,0986	3,38	0,0259	27	0,20	-	-	-	2,56		SR <sub>2</sub>
III	AA	9,50	46,59	20,38	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	17,19	0,1316	1,81	0,0138	21,8	0,13	-	-	-	1,66		
II	AA	9,97	65,52	15,21	6,66	P.C	181,68	14,36	23,12	20,78	0,1591	-0,84	0,0064	18,5	-	0,2452	0,0099	0,140	5,11		
I	AA	12,34	84,76	14,56	6,66	P.C	178,33	14,20	23,55	26,33	0,2016	-1,65	0,0126	16,5	-	0,3166	0,0198	0,159	7,54		
V	BB	11,10	15,06	73,66	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	13,58	0,1040	8,62	0,0660	28,8	0,49	-	-	-	6,26		
IV	BB	8,54	33,26	25,67	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	14,03	0,1074	3,05	0,0233	25,5	0,19	-	-	-	2,43		
III	BB	10,33	52,46	19,69	6,66	P.C	204,8	15,42	20,51	18,99	0,1454	1,67	0,0128	20	-	0,1988	0,0774	0,13	1,66		
II	BB	10,92	72,17	15,13	6,66	P.C	181,26	13,34	23,17	22,83	0,1748	-0,99	0,0075	17,8	-	0,2701	0,0117	0,34	4,34		
I	BB	13,88	92,02	15,09	6,66	P.C	181,06	14,33	23,20	29,06	0,2225	-1,30	0,0099	15,5	-	0,3442	0,0154	0,76	9,71		
V	BB															-	-	-		M <sub>max</sub> N <sub>corr.</sub>	
IV	BB															-	-	-			
III	AA															-	-	-			
II	AA															-	-	-			
I	AA															-	-	-			
V	BB															-	-	-			
IV	BB															-	-	-			
III	BB															-	-	-			
II	BB															-	-	-			
I	BB															-	-	-			

même résultats que ceux dus à  
M<sub>corr</sub> et N<sub>max</sub>.

A', A (cm<sup>2</sup>)

Portique C-C.

112

Niv	Pot	M t m	N (t)	E <sub>o</sub> cm	E <sub>1</sub> cm	Soll	$\bar{\sigma}_b$ Kg/cm <sup>2</sup>	y cm	$\bar{K}$	$\bar{\sigma}_a$ t/m	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub> t m	M <sub>2</sub>	K	$\bar{\omega}$	M <sub>1</sub> '	M <sub>2</sub> '	$\bar{\omega}$	A <sub>1</sub> =A <sub>2</sub> '
V	AA	2,14	5,98	35,74	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	3,13	0,0239	1,15	0,0088	61	0,04	-	-	-	0,51
IV	AA	4,85	10,37	46,83	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	6,56	0,0502	3,14	0,0240	41	0,18	-	-	-	2,30
III	AA	6,09	15,80	38,54	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	8,70	0,0666	3,48	0,0266	36,8	0,19	-	-	-	2,43
II	AA	7,40	17,92	41,28	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	10,36	0,0793	4,44	0,0340	32	0,26	-	-	-	3,32
I	AA	7,94	23,06	34,44	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	11,74	0,0899	4,14	0,0317	28,8	0,26	-	-	-	3,32
V	BB	4,29	11,04	38,82	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	6,11	0,0467	2,47	0,0189	42	0,14	-	-	-	1,79
IV	BB	6,835	23,10	29,60	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	10,65	0,0815	3,02	0,0231	30,5	0,17	-	-	-	2,17
III	BD	8,39	37,23	22,52	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	14,53	0,1173	2,25	0,0172	24,5	0,14	-	-	-	1,79
II	BB	8,85	48,56	18,23	6,66	P.C	197,27	15,07	21,32	16,86	0,1291	0,84	0,0064	22,5	0,14	-	-	-	0,51
I	BD	11,34	59,82	18,95	6,66	P.C	200,98	15,25	20,89	21,21	0,1624	1,47	0,0112	18,7	-	0,2263	0,0756	0,16	2,04
V	AA	5,47	9,87	55,41	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	3,84	0,0294	39,5	0,0294	39,5	0,22	-	-	-	2,81
III	AA	7,11	21,48	33,12	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	3,57	0,0273	30,5	0,0273	30,5	0,20	-	-	-	2,56
III	AA	8,54	31,81	26,84	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	3,29	0,0252	25,8	0,0252	25,8	0,20	-	-	-	2,56
II	AA	9,03	46,11	19,58	6,66	P.C	204,23	15,39	20,57	1,42	0,0108	22,5	0,0108	22,5	0,11	-	-	-	1,41
I	AA	11,71	60,71	19,58	6,66	P.C	202,68	15,33	20,72	1,69	0,0129	18,5	0,0129	18,5	-	0,2229	0,0179	0,21	2,68
V	BB	4,39	12,93	33,93	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	3,06	0,0234	39,5	0,0234	39,5	0,16	-	-	-	2,04
IV	BB	7,69	29,58	26,00	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	4,30	0,0329	28,2	0,0329	28,2	0,24	-	-	-	3,07
III	BB	9,57	44,48	21,51	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	3,21	0,0245	22,2	0,0245	22,2	0,21	-	-	-	2,68
II	BB	10,73	62,67	17,12	6,66	P.C	191,54	14,83	21,93	21,07	0,1614	0,39	0,0029	18,5	-	0,2359	0,0044	0,11	1,41
I	BB	13,11	80,99	16,19	6,66	P.C	186,71	14,60	22,49	26,47	0,2027	-0,25	0,0079	16	-	0,3040	0,0028	0,45	5,75
V	AA	5,57	9,87	55,41	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	7,10	0,0543	3,84	0,0294	39,5	-	-	-	-	2,81
II	AA	7,11	21,48	33,12	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	10,65	0,0815	3,57	0,0273	30,5	-	-	-	-	2,56
III	AA	8,54	31,82	26,84	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	13,79	0,1056	3,29	0,0252	25,8	-	-	-	-	2,56
II	AA	9,03	46,11	19,58	6,66	P.C	204,23	15,39	20,57	16,64	0,1274	1,42	0,0108	22,5	-	-	-	-	1,41
I	AA	11,71	60,71	19,28	6,66	P.C	202,68	15,33	20,72	21,73	0,1664	1,69	0,0129	18,5	0,2229	0,0299	0,0179	0,21	2,68
V	BB	4,39	12,93	40,13	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	7,32	0,0560	3,06	0,0234	39,5	-	-	-	-	2,04
IV	BB	7,69	24,29	34,21	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	12,32	0,0943	4,30	0,0329	28,2	-	-	-	-	3,07
III	BB	9,57	42,16	24,11	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	17,13	0,1312	3,21	0,0245	22,2	-	-	-	-	2,68
II	BB	10,73	54,60	19,65	6,66	P.C	204,59	15,41	20,53	19,74	0,1512	1,72	0,0131	19,5	-	0,2069	0,0180	0,15	1,9
I	BB	13,70	66,90	20,48	6,66	P.C	206,4	15,49	20,35	24,74	0,1895	2,66	0,0203	17,5	-	0,2570	0,0276	0,48	6,13

M<sub>corr.</sub> N<sub>min</sub>

M<sub>corr.</sub> N<sub>max</sub>

N<sub>max</sub> N<sub>corr.</sub> SP<sub>2</sub>

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> (cm<sup>2</sup>)

Portique DD

113

Niv	Pat	M (t <sub>m</sub> )	N (t)	e <sub>0</sub> cm	e <sub>2</sub> cm	Sollici-	$\bar{e}_0$ (t <sub>m</sub> )	y <sub>1</sub> cm	$\bar{y}$	$\sigma_{\text{cat}}^2$	y <sub>2</sub>	$\sigma_{\text{cat}}^2$	y <sub>2</sub>	K	w	y <sub>1</sub> '	y <sub>2</sub> '	w'	A <sub>1</sub> = $\frac{A_1}{\text{cm}^2}$
V	1-9	3,93	7,42	52,90	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	4,97	0,0447	2,89	0,0260	44,0	0,18	-	-	-	2,27
IV	9-17	6,13	19,87	30,83	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	8,91	0,0801	7,35	0,0301	31,0	0,23	-	-	-	2,90
III	17-25	7,43	34,26	27,55	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	12,25	0,1102	2,60	0,0233	25,0	0,18	-	-	-	2,27
II	15-33	7,97	50,61	15,75	5,83	P.C	196,08	12,97	21,42	15,06	0,1355	0,82	0,0079	21,0	-	0,1935	0,0113	0,10	1,26
I	33-41	9,21	67,48	14,54	5,83	P.C	188,94	12,69	22,23	19,26	0,1733	0,36	0,0032	17,8	-	0,2568	0,0048	0,26	3,28
V	2-10	4,21	11,12	37,83	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	5,77	0,0519	2,65	0,0238	47,2	0,16	-	-	-	2,02
IV	10-18	7,23	28,17	25,68	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	11,17	0,1005	3,29	0,0296	27,5	0,22	-	-	-	2,77
III	18-26	9,20	40,04	22,97	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	14,81	0,1332	3,59	0,0323	23,0	0,26	-	-	-	3,28
II	26-34	9,722	61,97	15,90	5,83	P.C	196,96	13,01	21,32	18,40	0,1655	1,05	0,0094	18,5	-	0,2363	0,0134	0,20	2,52
I	34-42	12,19	79,08	15,41	5,83	P.C	194,07	12,90	21,64	23,26	0,2093	1,12	0,0010	16,0	-	0,319	0,0145	0,49	6,17
V	3-11	3,69	13,48	27,36	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	5,58	0,0502	1,80	0,0162	40,5	0,10	-	-	-	1,26
IV	11-19	6,12	25,20	24,28	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	9,65	0,0869	2,59	0,0233	29,8	0,16	-	-	-	2,02
III	19-27	7,75	38,01	20,40	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	13,07	0,1176	2,43	0,0218	24,2	0,18	-	-	-	2,27
II	27-35	8,19	50,82	16,11	5,83	P.C	198,20	13,06	21,19	15,30	0,1376	1,08	0,0097	21,0	-	0,2693	0,0137	0,33	4,18
I	35-43	10,25	63,62	16,10	5,83	P.C	198,14	13,05	21,20	19,16	0,1724	1,34	0,0120	18,5	-	0,2695	0,0171	0,34	4,28
V	4-12	4,34	8,42	51,55	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	5,52	0,0496	3,16	0,0284	42,0	0,21	-	-	-	2,65
IV	12-20	7,27	17,11	42,52	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	9,67	0,0870	4,87	0,0439	31,0	0,32	-	-	-	4,03
III	20-28	9,24	25,27	36,58	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	12,78	0,1150	7,95	0,0715	27,5	0,54	-	-	-	6,80
II	28-36	9,76	33,19	29,40	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	14,40	0,1295	5,11	0,0459	23,8	0,36	-	-	-	4,54
I	36-44	12,23	47,29	29,61	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	18,01	0,1620	6,45	0,0580	21,0	0,47	-	-	-	5,92
V	7-9	3,16	61,340	49,78	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	4,05	0,0364	2,27	0,0204	49,5	0,14	-	-	-	1,76
IV	9-17	5,08	17,56	28,95	5,83	P.C	206,4	13,37	20,35	7,57	0,0678	2,62	0,0236	34,5	0,16	-	-	-	2,02
III	17-25	6,17	30,57	20,19	5,83	P.C	206,4	13,37	20,35	10,45	0,0940	1,89	0,0170	27,2	0,12	-	-	-	1,51
II	25-33	6,63	44,89	14,76	5,83	P.C	200,40	12,17	22,06	12,91	0,01161	0,35	0,0031	23,0	0,04	-	-	-	0,15
I	33-41	8,21	59,80	13,72	5,83	P.C	184,11	12,50	22,81	16,58	0,0149	0,16	0,0014	19,5	-	0,2269	0,0022	0,14	1,76
V	2-10	3,77	8,32	45,28	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	4,93	0,0443	2,60	0,0234	44,0	0,15	-	-	-	1,89
IV	10-18	6,12	20,87	29,31	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	9,04	0,0813	3,20	0,0288	30,5	0,20	-	-	-	2,52
III	18-26	7,75	33,550	23,11	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	12,45	0,1120	3,05	0,0274	25,0	0,22	-	-	-	2,77
II	26-34	8,19	40,619	17,73	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	14,66	0,1319	7,72	0,0454	21,0	0,16	-	-	-	2,02
I	34-42	10,25	58,630	17,48	5,83	P.C	206,18	13,30	20,36	18,46	0,1661	2,04	0,0183	19,0	-	0,2254	0,0249	0,24	3,024
V	3-11	3,68	9,290	39,62	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	4,98	0,0448	2,38	0,0214	43,0	0,16	-	-	-	2,02
IV	11-19	6,11	20,19	30,27	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	8,94	0,0804	3,28	0,0295	30,8	0,22	-	-	-	2,77
III	19-27	7,75	32,15	24,12	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	12,25	0,1102	3,25	0,0292	25,0	0,22	-	-	-	2,77
II	27-35	8,18	44,12	18,54	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	14,36	0,1292	2,00	0,0180	22,0	0,14	-	-	-	1,76
I	35-43	10,24	56,09	18,25	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	18,09	0,1627	2,39	0,0215	19,0	-	0,2208	0,0291	0,22	2,77
V	4-12	3,64	6,95	52,36	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	4,61	0,0494	2,67	0,0240	46,0	0,14	-	-	-	1,76
IV	12-20	6,07	13,68	44,35	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	7,99	0,0719	4,15	0,0373	34,0	0,28	-	-	-	3,53
III	20-28	7,70	21,03	36,13	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	10,64	0,0957	4,76	0,0428	28,5	0,34	-	-	-	4,28
II	28-36	8,16	28,17	28,96	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	12,10	0,1089	4,22	0,0380	26,0	0,28	-	-	-	3,53
I	36-44	10,19	35,03	29,10	5,83	P.C	206,40	13,37	20,35	15,07	0,1356	5,29	0,0276	23,0	0,36	-	-	-	4,54

SP<sub>2</sub>

Mcorr. Nmax

Mcorr. Nmin

Portique 1-1

114

Niv	Pot	M.E.m	N.E	e <sub>g</sub> cm	e <sub>o</sub> cm	Soil	$\bar{\sigma}_0$ kg/cm <sup>2</sup>	y <sub>1</sub> cm	K	$\sigma_{a1}^{t.e.m}$	$\mu_1$	$\sigma_{a2}^{t.e.m}$	$\mu_2$	K	$\bar{\omega}$	$\mu_1'$	$\mu_2'$	$\bar{\omega}'$	$A_1 = A_2$ cm <sup>2</sup>
V	1-9	3,126	9,675	5,83	32,31	P.C	206,4	13,37	20,3	4,480	0,0403	-4,771	0,0159	46	0,12	-	-	-	1,512
IV	9-17	4,001	25,361	5,83	17,78	P.C	196,26	12,98	21,4	7,551	0,0679	0,450	0,0040	33,5	0,04	-	-	-	0,504
III	17-25	5,292	42,211	5,83	12,42	P.C	176,44	12,17	23,8	11,152	0,1003	0,667	0,0060	25,5	0,04	-	-	-	0,504
II	25-33	5,186	63,384	5,83	8,18	P.C	151,44	11,06	27,7	14,06	0,1265	3,687	0,0331	23,5	0,28	-	-	-	3,528
I	33-41	6,486	84,872	5,83	7,44	P.C	148,25	10,90	28,3	18,37	0,1653	5,396	0,0085	20	-	0,312	0,0917	0,182	10,332
V	2-10	4,186	19,002	5,83	22,40	P.C	206,4	13,37	20,3	6,916	0,0622	-1,595	0,0143	35	0,12	-	-	-	1,512
IV	10-18	7,203	37,107	5,83	19,41	P.C	206,4	13,37	20,3	12,399	0,1115	-2,008	0,0180	24,5	0,14	-	-	-	1,764
III	18-26	9,178	57,352	5,83	16,00	P.C	197,55	13,03	21,3	17,207	0,1548	-1,149	0,0103	19	-	0,219	0,0146	0,18	2,268
II	26-34	9,780	78,078	5,83	12,53	P.C	177,09	12,20	23,7	20,711	0,1863	1,151	0,0103	17,5	-	0,295	0,016	0,56	7,056
I	34-42	12,202	98,919	5,83	12,34	P.C	175,97	12,16	23,8	26,051	0,2344	1,647	0,0148	14,5	-	0,373	0,023	0,98	12,348
V	3-11	3,528	15,287	5,83	23,47	P.C	206,4	13,37	20,3	5,728	0,0515	-1,448	0,0130	40	0,12	-	-	-	1,512
IV	11-19	6,027	32,213	5,83	18,71	P.C	206,4	13,37	20,3	10,537	0,0948	-1,517	0,0136	28	0,12	-	-	-	1,512
III	19-27	7,672	49,427	5,83	15,52	P.C	194,72	12,92	21,6	14,592	0,1313	-0,752	0,0067	21,5	-	0,1888	0,009	0,10	1,26
II	27-35	8,127	66,641	5,83	12,20	P.C	175,15	12,12	23,8	17,457	0,1571	1,202	0,0108	19	-	0,251	0,017	0,28	3,528
I	35-43	10,192	83,855	5,83	12,15	P.C	174,85	12,11	24,0	21,932	0,1973	1,548	0,0139	16,5	-	0,316	0,022	0,68	8,568
V	4-12	3,614	13,474	5,83	26,80	P.C	206,4	13,37	20,3	5,497	0,0494	-1,725	0,0155	41	0,10	-	-	-	1,260
IV	12-20	6,874	28,725	5,83	23,93	P.C	206,4	13,37	20,3	10,895	0,0980	-2,852	0,0256	26	0,18	-	-	-	2,268
III	20-28	6,486	43,650	5,83	14,86	P.C	190,83	12,77	22,0	12,595	0,1133	-0,375	0,0033	23,5	0,04	-	-	-	0,504
II	28-36	6,845	60,353	5,83	11,34	P.C	170,07	11,90	24,90	15,194	0,1376	1,604	0,0144	21	-	0,2260	0,024	0,35	6,30
I	36-44	8,497	77,091	5,83	11,02	P.C	168,19	11,82	24,82	19,288	0,1735	2,295	0,0206	18,5	-	0,2889	0,034	0,55	6,93
V	1-9	9,038	9,038	5,83	33,80	P.C	206,4	13,37	20,3	4,319	0,0388	-7,788	0,0160	47	0,13	-	-	-	1,638
IV	9-17	4,968	17,03	5,83	29,17	P.C	206,4	13,37	20,3	7,352	0,0661	-2,584	0,0232	35	0,20	-	-	-	2,520
III	17-25	6,071	33,88	5,83	17,92	P.C	180,16	13,37	20,3	10,814	0,0973	-1,328	0,0119	26	0,08	-	-	-	1,008
II	25-33	6,450	49,43	5,83	13,05	P.C	173,93	12,33	23,3	6,920	0,0622	-5,979	0,0538	38	0,40	-	-	-	5,040
I	33-41	8,080	67,31	5,83	12,00	P.C	206,4	12,07	24,1	17,503	0,1575	1,344	0,0121	18,5	-	0,2534	0,0194	0,32	4,032
V	2-10	3,440	17,11	5,83	21,28	P.C	174,32	13,37	20,3	6,035	0,0543	-1,244	0,0112	37	0,10	-	-	-	1,260
IV	10-18	6,055	34,54	5,83	17,53	P.C	174,32	13,37	20,3	10,891	0,0980	-1,219	0,0109	26	0,08	-	-	-	1,008
III	18-26	6,166	51,14	5,83	12,06	P.C	175,44	12,08	24,1	13,325	0,1199	0,993	0,0089	22,5	0,10	-	-	-	1,260
II	26-34	8,145	66,47	5,83	12,25	P.C	177,15	12,13	23,9	17,450	0,1570	1,161	0,0104	18,5	-	0,2500	0,0160	0,28	3,528
I	34-42	10,21	81,39	5,83	12,54	P.C	206,4	12,20	23,7	21,605	0,1944	1,185	0,0106	16,5	-	0,3070	0,0160	0,58	7,308
V	3-11	3,588	14,90	5,83	24,41	P.C	206,4	13,37	20,3	5,645	0,0508	-1,530	0,0137	39,5	0,08	-	-	-	1,008
IV	11-19	6,027	30,93	5,83	19,49	P.C	198,44	13,37	20,3	10,357	0,0932	-1,697	0,0153	27	0,12	-	-	-	1,26
III	19-27	7,672	47,51	5,83	16,15	P.C	177,98	13,06	21,2	14,323	0,1289	-1,021	0,0092	21,5	0,10	-	-	-	2,898
II	27-35	8,127	64,09	5,83	12,68	P.C	177,68	12,24	23,6	17,099	0,1538	-0,845	0,0073	18,5	-	0,242	0,0119	0,23	6,300
I	35-43	10,192	80,67	5,83	12,63	P.C	206,4	12,22	23,6	21,485	0,1906	1,101	0,0099	16,5	-	0,304	0,0156	0,50	6,300
V	4-12	3,563	12,34	5,83	28,89	P.C	206,4	13,37	20,3	5,289	0,0476	-1,836	0,0165	41	0,10	-	-	-	1,26
IV	12-20	6,385	26,84	5,83	23,79	P.C	206,4	13,37	20,3	10,143	0,0913	-2,627	0,0236	28	0,13	-	-	-	1,638
III	20-28	7,400	40,96	5,83	18,07	P.C	206,4	13,37	20,3	13,134	0,1182	-1,666	0,0149	22,5	0,10	-	-	-	1,260
II	28-36	8,406	54,42	5,83	16,45	P.C	194,31	12,90	21,6	16,025	0,1442	-0,787	0,0071	20	-	0,207	0,010	0,10	1,260
I	36-44	9,913	67,86	5,83	14,63	P.C	189,36	12,71	22,1	19,413	0,1747	-0,413	0,0037	17	-	0,258	0,005	0,22	2,772

SP<sub>2</sub>

N max

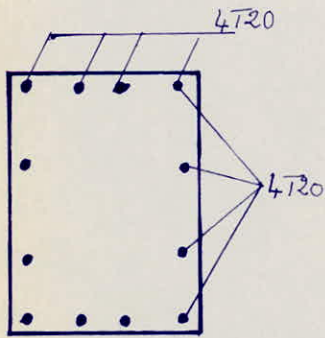
M corr.

SP<sub>1</sub>

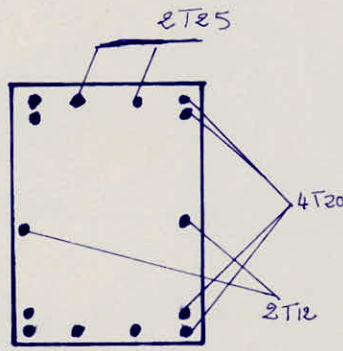
N min

Portique 22

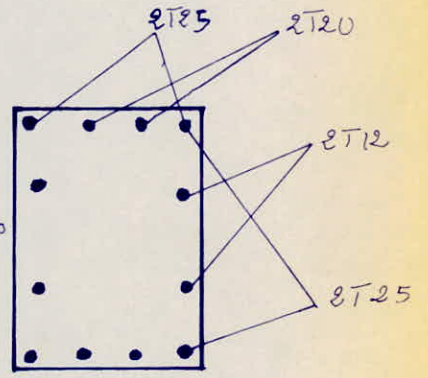
Ferraillage adopté :



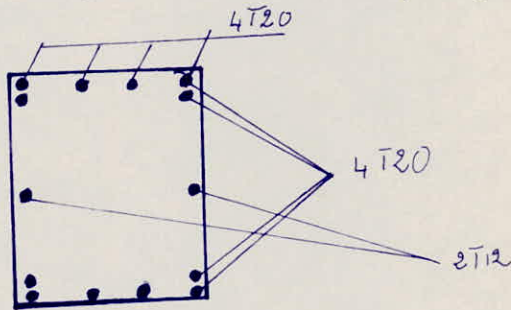
poteau N° 1  
Niv I, II, III, IV et V  
poteaux N° 3, 4 et 5  
Niv I, II, III, IV, V



Poteau N° 2  
Niv I



poteaux N° 10, 11 et 12  
Niv I, II, III, IV et V



poteau N° 2  
Niv II, III, IV, V



## VOILE PERIPHERIQUE

. L'infrastructure comporte un voile peripherique continue entre le niveau des fondations (semelles) et le niveau du premier plancher (niveau conventionnel 0,00)

Ce voile represente un bon chernage au niveau du RDC et assure une stabilite de l'ensemble du bâtiment

## DIMENSIONNEMENT:

a) Hauteur du voile ( $h$ )

$h \geq \max(10\% \text{ de la hauteur du bâtiment, } 0,80\text{m})$  d'après

$$\text{C.T.C} \Rightarrow h \geq \frac{10}{100} \cdot 16,64 = 1,664\text{m} \Rightarrow h_t = 1,7\text{m}$$

b) Epaisseur du voile ( $e$ )

$e \geq \max(10\% \text{ de la hauteur du voile; } 0,15\text{m})$

$$e \geq \frac{10}{100} \cdot 1,7 = 0,15\text{m} \Rightarrow e = 17\text{cm}$$

Le complément du (p.s) du C.T.C recommande aussi de prendre:

1- Les armatures longitudinales filantes supérieures et inférieures de section ( $A$ ) supérieur à 0,20% de la section transversale du béton, avec recouvrement supérieur ou égal à  $50\phi$  donc:

$$A \geq \frac{0,20}{100} \cdot 170 \cdot 17 = 5,78\text{cm}^2$$

2- Les armatures longitudinales de peau de section supérieur ou égale à  $3\text{cm}^2$  par face et par metre linéaire de hauteur.

## LONGRINES

- EN Zone II Les fondations seront chaînées dans les (2) directions avec des Longrines suffisamment rigides.
- Les Longrines doivent équilibrer une force maximale de Compression ou de traction au moins égales à 10% de la plus grande charge verticale.
- La charge représente la force axiale du poteau en question à cette sollicitation; il faut ajouter les efforts de charges (poids de Longrines) et des moments appliqués directement à la Longrine;
- le ferrailage minimum doit être de 4  $\phi 14$  et 4 T12 avec les cadres dans l'espace ne doit pas dépasser 20 cm.

## a) LONGRINES SUR PORTIQUES LONGITUDINAUX:

$$N'_{\max} = 98,58t \Rightarrow \text{Effort de traction} \quad N = \frac{N'_{\max}}{10} = \frac{98,58}{10}$$

$$N = 9,858t$$

$$b = 0,35 \text{ m}$$

$$h_t = 0,40 \text{ m}$$

$$L = 3,3 \text{ m}$$

charges = poids propre de Longrine :

$$q = 0,35 \times 0,40 \times 2,5 = 0,35t/m^l.$$

calcul des efforts:

$$M_t = 0,81 q \frac{L^2}{8} = 0,81 \cdot 350 \cdot \frac{3,3^2}{8} = 385,91 \text{ kg m.}$$

$$M_{ap} = 0,5 \cdot q \cdot \frac{L^2}{8} = 0,5 \cdot 350 \cdot \frac{3,3^2}{8} = 238,22 \text{ kg m.}$$

$$T = q \frac{L}{2} = 350 \cdot \frac{3,3}{2} = 577,5 \text{ kg.}$$

calcul des armatures:

à l'appui:  $l = b - (3,5 + e_0) \quad ; \quad e_0 = \frac{M_{ap}}{N}$

$$e_0 = \frac{238,22 \cdot 10^2}{9858} = 2,42 \text{ cm} < \frac{R_{tt}}{6} = \frac{40}{6} = 6,66 \text{ cm} \quad \text{Section entièrement tendue}$$

$$l = 35 - (3,5 + 2,42) = 29,08 \text{ cm.}$$

$$z = \frac{7}{8} h = 35 \text{ cm}$$

$$A_1 = \frac{N l}{\sigma_a z} = \frac{9858 \cdot 29,08}{2800 \cdot 35} = 2,925 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{N (z - e)}{\sigma_a \cdot z} = \frac{9858 (35 - 2,42)}{2800 \cdot 35} = 0,59 \text{ cm}^2$$

En Travée:

$$e_0 = \frac{385,91 \cdot 10^2}{9858} = 3,91 \text{ cm} < 6,66 \text{ cm} \Rightarrow \text{section entierment tendue}$$

$$l = 35 - (3,5 + 3,91) = 27,59 \text{ cm}$$

$$A_1 = \frac{Nl}{\bar{\sigma}_a z} = \frac{9858 \cdot 27,59}{2800 \cdot 35} = 2,775 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{N(z-l)}{\bar{\sigma}_a z} = \frac{9858 \cdot (35 - 27,59)}{2800 \cdot 35} = 0,745 \text{ cm}^2$$

Armatures Transversales:

$$T = 577,5 \text{ Kg}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{577,5}{35 \cdot 35} = 0,47 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b = 1,65 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow \bar{\sigma}_b < \bar{\sigma}_b$$

Espacement admissibles:

$$E = t_{\max} \begin{cases} 0,2 h = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ cm} \\ h \left(1 - 0,3 \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_b}\right) = 40 \left(1 - 0,3 \frac{0,47}{5,9}\right) = 39,04 \text{ cm} \end{cases}$$

On choisit 3 cadres:

$$6 \phi 8 = 3,01 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{at} = 1600 \text{ Kg/cm}^2$$

$$t = \frac{3,01 \cdot 1600 \cdot 7/8 \cdot 36,5}{577,5} = > 20 \text{ cm}$$

donc : On adoptera  $t = 20 \text{ cm}$

b) LONGRINES SUR PORTIQUES TRANSVERSAUX:

$$1) N'_{\max} = 98,58 \text{ t} \Rightarrow \text{Effort de traction } N = 9,858 \text{ t}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$h_f = 40 \text{ cm}$$

$$L = 4,2 \text{ m}$$

charges : poids de Longrines:

$$q = 0,40 \cdot 0,40 \cdot 2,5 = 0,4 \text{ t/ml}$$

calcul des efforts:

$$M_t = 0,819 \frac{ql^2}{8} = 0,81 \cdot 400 \cdot \frac{4,2^2}{8} = 714,42 \text{ Kg m}$$

$$M_{ap} = 0,5 \frac{ql^2}{8} = 0,5 \cdot 400 \cdot \frac{4,2^2}{8} = 441 \text{ Kg m}$$

$$T = q \frac{l}{2} = 400 \cdot \frac{4,2}{2} = 840 \text{ Kg}$$

Calcul des armatures:

à l'appui:

$$e_0 = \frac{M_{ap}}{N} = \frac{44110}{9858} = 4,47 \text{ cm} < \frac{h_t}{6} = \frac{40}{6} = 6,66 \text{ cm} \Rightarrow$$

Section entièrement tendue.

$$z = \frac{7}{8} h = 35 \text{ cm.}$$

$$l = 40 - (3,5 + 4,47) = 32,03 \text{ cm.}$$

$$A_1 = \frac{N l}{\bar{\sigma}_a z} = \frac{9858 \cdot 32,03}{2800 \cdot 35} = 3,22 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{N(z-l)}{\bar{\sigma}_a z} = \frac{9858 \cdot (35 - 32,03)}{2800 \cdot 35} = 0,298 \text{ cm}^2$$

en travée:

$$e_0 = \frac{714,42 \cdot 10^2}{9858} = 7,2 \text{ cm} > \frac{h_t}{6} \Rightarrow \text{Section partiellement tendue}$$

$$\mathcal{M} = M - N a$$

$$\mathcal{M} = 714,42 - 9858 \cdot 0,165 = -912,15 \text{ kgm.}$$

$$\mathcal{M} = -91915 \text{ kg cm.}$$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a \cdot b R^2} = \frac{15 \cdot 91215}{2800 \cdot 40 \cdot 36,5^2} = 0,0092 \Rightarrow \begin{cases} K = 101 \\ \varepsilon = 0,9569 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{101} = 27,72 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon R} = \frac{91215}{2800 \cdot 0,9569 \cdot 36,5} = 0,94 \text{ cm}^2$$

on adoptera à 4 T12

espacement des cadres verticaux  $t = 20 \text{ cm}$

la répartition sera uniforme.

Armatures Transversales:

$$T = 840 \text{ Kg}$$

$$z_b = \frac{T}{b z} = \frac{840}{40 \cdot 35} = 0,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{z}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow z_b < \bar{z}_b$$

Espacements admissibles:  $\bar{t} = t_{\max} \begin{cases} 0,2 R = 8 \text{ cm} \\ h(1 - 0,3 \frac{z_b}{\bar{\sigma}_b}) = 38,8 \text{ cm} \end{cases}$

on choisit 3 cadres:  $6 \phi 8 = 3,01 \text{ cm}^2$

$\bar{\sigma}_{at} = 1600 \text{ kg/cm}^2$ ;  $t_{calculé} > 20 \text{ cm}$ ; donc on adoptera  $t = 20 \text{ cm}$

\* vérification de la condition de non poinçonnement:  
La condition de non poinçonnement sous charges localisées doit être satisfaite sous les sollicitations pondérées du 1<sup>er</sup> genre.

$$\sigma_b = \frac{1,5 W}{P_c h_t} \leq 1,2 \bar{\sigma}_b$$

$$P_c = 2(a \cdot b + 2 h_t)$$

$W$  = effort sur le poteau le plus chargé, le poteau le plus chargé est le N° 10

$$W = 99,67 \text{ t}$$

$$P_c = 2(35 \times 40 + 2 \times 3,06) = 2812,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_b = \frac{1,5 \cdot 99670}{2812,24 \cdot 3,0618} = 0,174 \text{ kg/cm}^2 < 1,2 \bar{\sigma}_b = 7,08 \text{ kg/cm}^2$$

pour les autres poteaux; il est évident qu'elle soit vérifiée car ils sont moins chargés.

## FONDATIONS

## Introduction:

La fondation est destinée à transmettre au sol, les charges et les surcharges provenant de la superstructure, dans les conditions normales d'exploitation et d'assurer la stabilité d'ensemble de l'ouvrage, lorsque celui-ci est sollicité par des efforts d'origine climatique (Sismique).

Le dimensionnement de la fondation consiste à déterminer quelle sera la grandeur de celle-ci compatible avec la capacité portante admissible du sol.

Les fondations à étudier sont des fondations superficielles.

La contrainte du sol est  $\bar{\sigma}_s = 2 \text{ bars} = 2,04 \text{ kg/cm}^2$  à un ancrage de 1,5 m. On disposera au dessous de la semelle une épaisseur de béton de propreté de 5 à 10 cm.

La contrainte admissible est majorée de 33% ; lorsque il s'agit des sollicitations du 2<sup>ème</sup> genre. Elles seront dimensionnées sous  $SP_1$  et vérifiées sous  $SP_2$ .

## charges:

$N_1$  effort normal

$N_2 = \frac{N_1}{10}$  On estime le poids de la terre et de la semelle à  $\frac{1}{10}$  de  $N_1$ .

$N_3 = 10$  poids du fil des poteaux.

Nous aurons  $Q = \sum_{i=1}^3 N_i$

Dimensionnement sous  $SP_1$ .

$$1) \frac{Q}{S} \leq \bar{\sigma}_s \Rightarrow S \geq \frac{Q}{\bar{\sigma}_s} \quad S = \text{surface de la semelle.}$$

$$2) \frac{a}{b} = \frac{A}{B} = \frac{35}{40} = \frac{7}{8} \Rightarrow A = \frac{7}{8} B$$

$$3) S = A \cdot B$$

$$\text{donc } AB = \frac{7}{8} B^2 \geq \frac{Q}{\bar{\sigma}_s} \rightarrow B = \left( \frac{8Q}{7\bar{\sigma}_s} \right)^{1/2}$$

$$h_t \geq d_2 + \frac{B-b}{4} \quad d_1 = 3,5 \text{ cm}$$

$$e \geq 6\phi + 6.$$

Sous  $SP_1$ :  $\bar{\sigma}_s = 2 \text{ bars} = 2,04 \text{ Kg/cm}^2$

Sous  $SP_2$ :  $\bar{\sigma}_s = 1,33 \bar{\sigma}_s(SP_1) = 2,713 \text{ Kg/cm}^2$

Dimensionnement sous " $SP_1$ ":

semelle	$N_1+N_2$ <sup>(t)</sup>	$N_2$ <sup>(t)</sup>	$Q=EN_1$ <sup>(t)</sup>	$B$ <sup>(cm)</sup>	$A$ <sup>(cm)</sup>	$Rt$ <sup>(cm)</sup>
1	35,79	3,579	39,37	150	135	35
2	72,31	7,231	79,54	215	190	25
3	62,38	6,238	68,62	200	175	45
4	40,80	4,080	44,88	160	140	35
9	57,63	5,763	63,39	190	170	45
10	90,61	9,061	99,67	240	210	55
11	84,20	8,420	92,62	230	205	55
12	75,51	7,551	83,06	220	195	50

Verification sous " $SP_2$ ":

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{AB} \left( 1 \pm \frac{M}{I} v \cdot \frac{AB}{N} \right) = \frac{N}{AB} \cdot \left( 1 \pm \frac{6e_0}{A} \right)$$

semelle	$Q(t)$	$M(tm)$	$e_0(cm)$	$A$	$B$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4}$	$Q/s$	$\sigma_1 - \sigma_2$	$B/G$
1	67,48	9,81	14,54	135	150	5,49	1,18	4,49	3,33	4,31	25
2	79,08	12,19	15,41	190	215	2,88	0,99	2,41	1,94	1,89	35,8
3	63,62	10,25	16,11	175	200	2,82	0,81	2,32	1,82	2,01	33,3
4	41,29	12,23	29,62	140	160	4,18	-0,5	/	/	/	26,6
9	84,87	6,49	7,65	170	190	3,34	1,92	2,98	2,63	1,42	31,6
10	98,92	12,20	12,33	210	240	2,65	2,43	2,60	1,96	0,22	40
11	83,86	10,19	12,15	205	230	2,41	1,15	2,09	1,78	1,26	38,3
12	77,09	8,50	10,03	195	220	2,68	1,19	2,31	1,80	1,49	36,6
semelle	(t)	(tm)	(cm)	(cm)	(cm)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	cm

d'après La comparaison de  $(\sigma_1 - \sigma_2)$  et  $\frac{Q}{s}$  on a

Trouvé :

- pour Les semelles 2, 9, 10, 11, 12 on peut appliquer La méthode de bielles
- pour Les semelles 1, 3, 4 on ne peut pas appliquer La méthode des bielles ni pour  $(\sigma_2 > 0)$

semelle sous poteau isote; avec moment  $M_G$  en pied de poteau:

On suppose que le plan de flexion est le plan moyen du poteau contenant la dimension (b)

$$e_0 = \frac{M_G}{Q}$$

$e_0 \begin{cases} \leq B/6 & \text{diagramme des contraintes Trapezoïdal} \\ > B/6 & \text{diagramme des contraintes triangulaire} \end{cases}$

1°) dans le cas  $e_0 \leq B/6$  on vérifie que  $\sigma_s = \frac{Q}{A \cdot B} \left(1 + \frac{3e_0}{B}\right) \leq \bar{\sigma}_s$

2°) dans le cas  $e_0 > B/6$  on vérifie que  $\sigma_{sII} = \frac{2Q}{3(B/2 - e_0)A} \leq 1,33\bar{\sigma}_s$

Semelle N° 1  $\sigma_s = 4,30 \text{ Kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_s = 2,04 \text{ Kg/cm}^2$  (Trap)

Semelle N° 3  $\sigma_s = 2,25 \text{ Kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_s = 2,04 \text{ Kg/cm}^2$  (Trap)

Semelle N° 4  $\sigma_{sII} = 3,90 \text{ Kg/cm}^2 > 1,33\bar{\sigma}_s = 2,73 \text{ Kg/cm}^2$  (Triang)

pour ces semelles les conditions 1°) et 2°) ne sont pas vérifiées

donc on augmentera la section tel que :

$\sigma_s < \bar{\sigma}_s$  pour les semelles N° (1) et (3)

$\sigma_{sII} < 1,33\bar{\sigma}_s$  pour la semelle N° 4.

a) pour semelle N° 4:

$$\frac{2Q}{3(B/2 - e_0)A} \leq 1,33\bar{\sigma}_s \Rightarrow \frac{2Q}{3\left[\frac{8}{7}A - e_0\right]A} \leq 1,33\bar{\sigma}_s \Rightarrow$$

$$\frac{2Q}{3 \times 1,33\bar{\sigma}_s} \leq \left(\frac{4}{7}A - e_0\right)A \Rightarrow \frac{4}{7}A^2 - e_0A > \frac{2Q}{3 \times 1,33\bar{\sigma}_s} \Rightarrow$$

pour  $A^2 + K_1A + K_2 = 0$  on obtient

$$\sqrt{\Delta} = \sqrt{K_1^2 - 4K_2 \cdot 1} \Rightarrow A = \frac{-K_1 + \sqrt{\Delta}}{2 \cdot 1}$$

et on fait le choix de A et B.

$$A^2 - \frac{7}{4}e_0A - 0,43Q \geq 0$$

après tout calcul fait on a trouvé que :

$A = 161 \text{ cm} \Rightarrow$  on adoptera  $A = 165 \text{ cm} \Rightarrow B = 190 \text{ cm}$



pour semelles N° (1) et (3)

$$\frac{Q}{AB} \left(1 + \frac{3e_0}{B}\right) < \bar{\sigma}_s \Rightarrow \frac{Q}{\frac{7}{8} B^2} \left(1 + \frac{3e_0}{B}\right) < \bar{\sigma}_s \Rightarrow$$

$0,568 Q + 1,706 Q \frac{e_0}{B} < B^2$  donc par tâtonnement on a trouvé

$$B = 250 \text{ cm pour la semelle N° 1} \Rightarrow A = 220 \text{ cm}$$

$$B = 230 \text{ cm pour la semelle N° 3} \Rightarrow A = 205 \text{ cm}$$

DETERMINATION DES ARMATURES: pour semelles N° 1, 3 et 4

On adoptera pour les armatures une répartition uniforme

Sens parallèle au côté B.

$$\text{Si (I) } \left\{ \begin{array}{l} e_0 < b/6 \\ \text{et} \\ e_0 < B/18 \end{array} \right. \Rightarrow \text{(II) } \left\{ \begin{array}{l} A_B = \frac{Q'(17-a)}{8 f_{t,d} \bar{\sigma}_a} \\ A_B = \frac{Q'(B-b)}{8 f_{t,d} \bar{\sigma}_a} \end{array} \right. \quad \text{avec } Q' = Q \left(1 + \frac{3e_0}{B}\right)$$

si non et c'est notre cas:

On calcule la section  $A_B$  des armatures nécessaires pour équilibrer, le moment agissant dans la section  $S_x$ :

$$M_{s_x} = A \left(\frac{B}{2} - 0,35b\right)^2 \left[ \frac{\sigma_{s1}}{3} + \frac{\sigma_{s2}}{6} \right]$$

$$\text{Diagramme Trapezoïdal } \sigma_{s1} = \frac{Q}{AB} \left(1 + 4,2 \frac{e_0 b}{B^2}\right)$$

$$\text{Diagramme Triangulaire } \sigma_{s1} = \sigma_{s2} \frac{B - 3e_0 + 0,35b}{3 \left(\frac{B}{2} - e_0\right)}$$

$$A_B = \frac{M_{s1}}{Z \bar{\sigma}_a}$$

Sens parallèle au côté A:

Dans ce sens il n'y a pas de moment (ou très faible)

$\Rightarrow$  on ferraille sous forme de (II) précédent

semelle	$\sqrt{D}$	$A(\text{cm})$	$B(\text{cm})$	$\sigma_{s1}$	$\sigma_{s2}$	$M_{s1}(\text{kN})$	$Z(\text{cm})$	$A_B(\text{cm}^2)$	$Q(\text{t})$	$A_B(\text{cm}^2)$
1	/	220	250	/	1,27	5,74	30,6	6,70	79,25	18,7
3	/	205	230	/	1,42	4,95	39,4	4,50	76,99	12,98
4	/	165	190	2,55	1,50	11,90	30,6	13,90	60,60	10,05

Ferrailage: (Methode des bielles)

Semelles	A (cm)	B (cm)	S (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (A/4) (kg/cm <sup>2</sup> )	Q' (t)	A'y (cm <sup>2</sup> )	A'x (cm <sup>2</sup> )
2	190	225	40850	2,41	98,4485	27,25	30,76
9	170	190	32300	2,98	96,254	12,89	14,32
10	210	240	50400	2,60	131,041	18,61	21,27
11	205	230	47150	2,09	98,543	13,60	15,20
12	195	220	42900	2,31	99,099	14,16	15,92
Semelles	A (cm)	B (cm)	S (cm <sup>2</sup> )	$\sigma_s$ (A/4) (kg/cm <sup>2</sup> )	Q' (t)	A'y (cm <sup>2</sup> )	A'x (cm <sup>2</sup> )

$$h \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{A-a}{4} \\ \frac{B-b}{4} \end{array} \right. \quad \text{cest verifié.}$$

d'où la vérification d'effort tranchant n'est pas nécessaire.

Suivant le CTC.

Ferrailage sous  $SP_2$  en compression simple :

$$F_x = \frac{Q(A-a)}{8(h_t-d_2)} ; F_y = \frac{Q(B-b)}{8(h_t-d_1)} ; A_x = \frac{F_x}{\bar{\sigma}_a} ; A_y = \frac{F_y}{\bar{\sigma}_a}$$

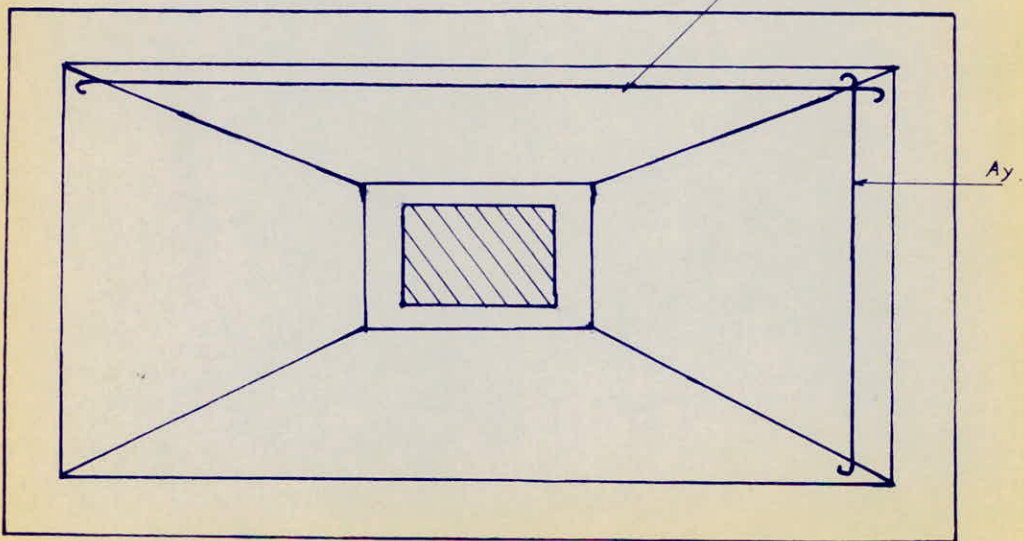
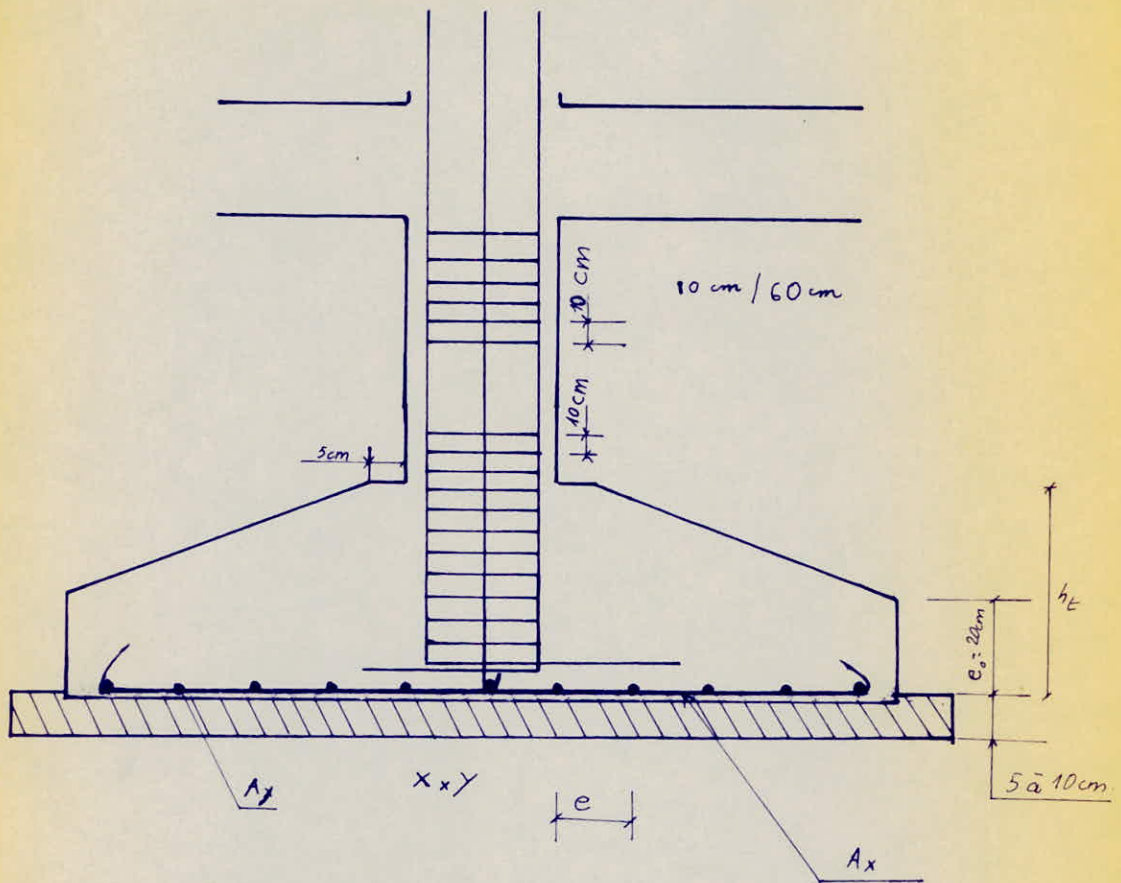
avec  $d_1 = 3,5 \text{ cm}$  ;  $d_2 = 5 \text{ cm}$ .

Semelle	Q(t)	A(cm)	B(cm)	S(cm <sup>2</sup> )	h <sub>t</sub> (cm)	$\sigma = \frac{Q/S}{\gamma_{red}}$	F <sub>x</sub> (t)	A <sub>x</sub> (cm <sup>2</sup> )	F <sub>y</sub> (cm)	A <sub>y</sub> (cm <sup>2</sup> )
1	39,37	220	250	55000	35	0,72	30,35	10,84	32,80	11,70
2	79,54	190	215	40850	25	1,95	77,05	27,51	80,92	28,90
3	68,62	205	230	47150	45	1,45	43,96	15,70	39,27	14,02
4	44,88	165	190	31350	35	1,43	24,31	8,68	26,71	9,54
9	63,39	170	190	32300	45	1,96	26,74	9,55	28,64	10,23
10	99,67	210	240	50400	55	1,98	43,61	15,57	48,28	17,28
11	92,62	205	230	47150	55	1,96	39,36	14,06	42,71	15,25
12	83,06	195	220	42900	50	1,94	36,91	13,18	40,19	14,35

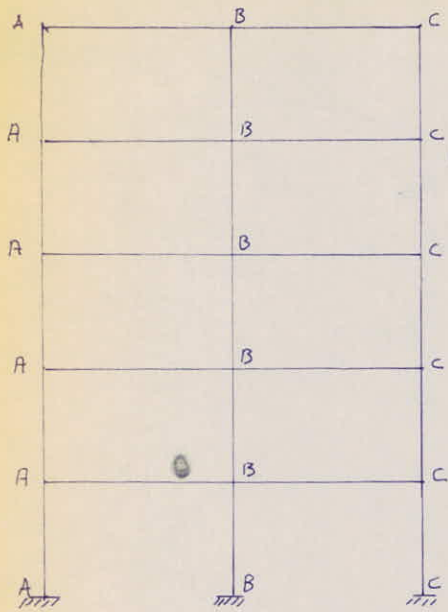
$\sigma_s < \bar{\sigma}_s$  vérifié.

donc on prend le ferrailage max.

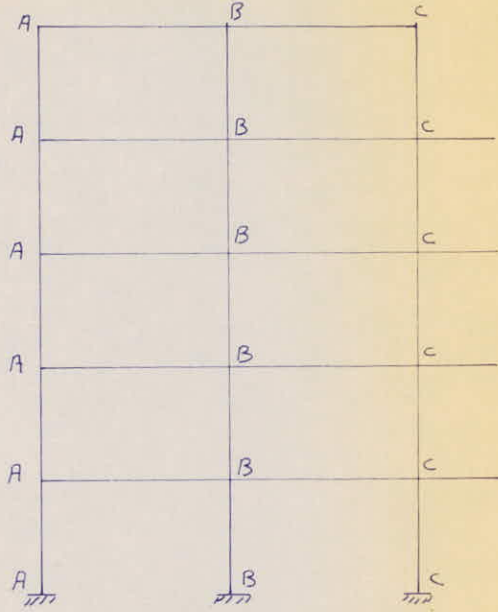
- Semelle N°1 {
  - 18,7 cm<sup>2</sup> → 16 T12    t = 17 cm.
  - 11,7 cm<sup>2</sup> → 15 T10    t = 16 cm.
- Semelle N°2 {
  - 20,76 cm<sup>2</sup> → 14 T14    t = 17 cm.
  - 27,25 cm<sup>2</sup> → 10 T16 + 5 T14    t = 16 cm.
- Semelle N°3 {
  - 15,70 cm<sup>2</sup> → 11 T14    t = 23 cm
  - 14,02 cm<sup>2</sup> → 10 T14    t = 23 cm.
- Semelle N°4 {
  - 13,18 cm<sup>2</sup> → 10 T14    t = 22 cm.
  - 14,35 cm<sup>2</sup> → 10 T14    t = 22 cm.
- Semelle N°9 {
  - 14,32 cm<sup>2</sup> → 10 T14    t = 22 cm
  - 12,89 cm<sup>2</sup> → 11 T12    t = 17 cm.
- Semelle N°10 {
  - 21,27 cm<sup>2</sup> → 11 T16    t = 24 cm
  - 18,61 cm<sup>2</sup> → 16 T12    t = 14 cm.
- Semelle N°11 {
  - 15,20 cm<sup>2</sup>    11 T14    t = 23 cm
  - 13,60 cm<sup>2</sup>    10 T14    t = 23 cm
- Semelle N°12 {
  - 15,92 cm<sup>2</sup> → 11 T14    t = 22 cm
  - 14,16 cm<sup>2</sup> → 10 T14    t = 22 cm.



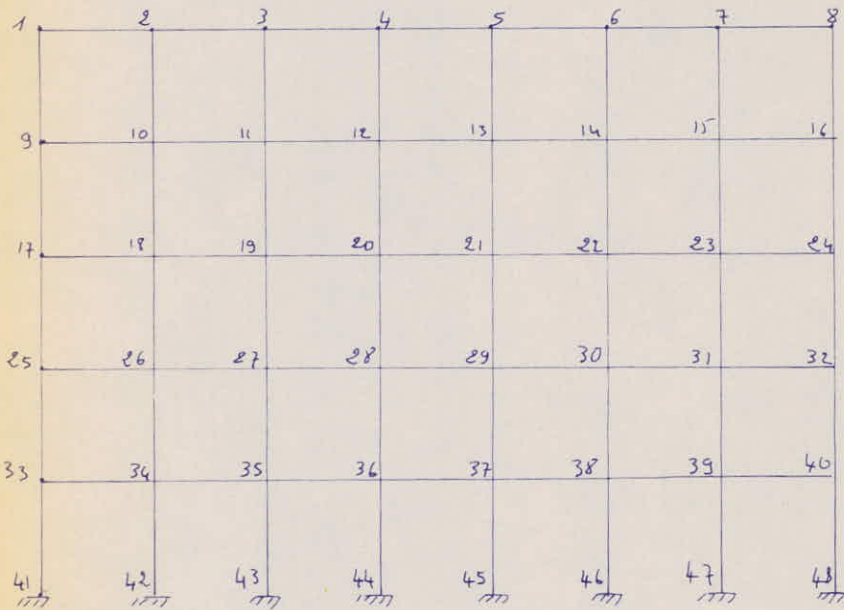
# SCHEMAS DES PORTIQUES



(A-A)



BB - CC



(1-1) - (2-2)

