

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE CIVIL

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

BATIMENT R + 5

Autostable

en BAEL 83

Proposé par : BEAB

Etudié par :

MOHRI F

SAMER A

Dirigé par : M^{me} MORSLI

PROMOTION JUIN 86

DEDICACES


Je dedie ce modeste travail à :

- Ma mère
- Mon père
- Mes frères & sœurs et leur famille.
- Toute ma famille en particulier à :
 - Mon cousin Abdellah et sa famille
 - Mon oncle Ali et sa famille.

Pour leurs aides appréciables qui ils m'ont apportées

- Tous mes amis.

والحمد لله رب العالمين

Foudil 

Je dedie ce modeste travail à :

- Ma mère
- Mon père.
- Mes frères & sœurs.
- Toute la famille
- Tous les amis.

Abdelkader.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement notre promotrice Madame MORSLI pour l'aide précieuse et les Conseils judicieux qu'elle nous a apportés .

Nous tenons à remercier tous les enseignants ayant contribué dans notre formation à travers tous les cycles d'enseignement

Nous apportons notre Sincère gratitude à tout le Personnel ingénieurs et techniciens des bureaux d'études

BEAB et SETA de JIJEL. pour leur merveilleux concours pour lequel nous sommes très reconnaissants.

Que tous ceux qui nous ont aidé dans l'élaboration de ce travail. trouvent dans cet ouvrage l'expression de nos remerciements les plus chaleureux.

F-MOHRI

A-SAMER

TABLE DES MATIERES

CHAP 1 INTRODUCTION

Caracteristiques des materiaux.	1
Sommaire sur Le BAEL.	2
Evaluation des charges et surcharges.	4
Predimensionnement	5
Présentation de l'ouvrage.	6

CHAP 2 CALCUL DES ELEMENTS

Acrotère	6
Balcons	8
Poutrelles Prefabriquées.	10
Escaliers.	15

CHAP 3 ETUDE AU SEISME

Calcul des rigidités	20
Etude au séisme	24
Détermination des efforts dans les poteaux et les poutres	28

CHAP 4 CHARGES VERTICALES

<u>Portiques longitudinaux.</u>	
Caracteristiques geometriques.	33
Moments aux noeuds.	34
Moments et efforts tranchants dans les Poutres.	35
Efforts normaux dans les Poteaux.	36
<u>Portiques transversaux.</u>	37
Caracteristiques geometriques.	
Moments aux noeuds.	
Moments et efforts tranchants dans les Poutres.	
Efforts normaux dans les Poteaux.	

CHAP 5 SOLLICITATIONS DE CALCUL

<u>Portiques longitudinaux.</u>	41
Moments dans les Poteaux.	41
Efforts normaux dans les Poteaux.	43
Moments dans les Poutres	45
Efforts tranchants dans les Poutres.	47
<u>Portiques transversaux.</u>	
Moments dans Poteaux et les Poutres.	49
Efforts tranchants dans les Poutres. Efforts Normaux ds les Poteaux.	50

CHAP 6 FERRAILLAGE POUTRES & POTEAUX

Ferailage des Poutres.	52
Methode de ferailage.	52
Portiques 7+8 Ferailage des appuis et travées.	54
Portiques B.B & c.c Ferailage des appuis et travées.	56
Verifications diverses.	57
Armatures transversales.	59
Ferailage des Poteaux.	
Methode de ferailage.	63
Ferailage à l'Etat limite ultime.	66
Ferailage à l'Etat accidentel.	70
Armatures transversales.	73
Verification des contraintes.	74

CHAP 7 FONDATIONS

calcul des semelles.	77
calcul de voile peripherique.	78
calcul des longrines.	79

+

BIBLIOGRAPHIE

Reglements en vigueur:

- Regles Techniques de calcul du Beton Armé selon la methode des Etats limites (BAEL 83).
- Regles Parasismiques Algeriennes 1981 (RPA 81).
- Calcul des ouvrages en Beton Armé selon les états limites (BAEL 80). P. CHARON.
- Calcul du Beton Armé aux états limites de service P. CHARON.
- Calcul Pratique du Beton Armé selon les Etats limites (Regles BAEL 80 Mis à jour BAEL 83) G. DREUX.
- Cours Pratique de Beton Armé (CCBAGB - BAEL 80). J.C. DOUBRÈRE.
- Calcul des ouvrages en Beton Armé M. BELAZOUGUI.
- Fondations et ouvrages en terre G. PHILIPPONNAT.
- Projets de Fin d'Etudes.
- Conception et calcul des structures soumises aux séismes C.T.C

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION

CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

BETON : le béton utilisé dans la construction est dosé à 350 kg/m^3 en C PA 45, strictement contrôlé. Les granulats sont concassés.
 $c_{g \text{ max}} = 2,5 \text{ cm}$.

La résistance à la compression est mesurée par compression axiale de cylindres droits, de section 200 cm^2 , et d'une hauteur double de celle du diamètre. Cet essai se fait à l'âge de 28 jours.

$$f_{c28} = 25 \text{ MPa.}$$

La résistance caractéristique à la traction du béton à j jours est donnée par :

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj} \quad (\text{A.2.1.12 BAEL 83}).$$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,06 \cdot 25 = 2,1 \text{ MPa.}$$

Deformations longitudinales du béton : A 2.1.2 BAEL 83.

Le module de déformation longitudinale instantanée du béton est :

$$E_{ij} = 11000 f_{cj}^{1/3} \quad [f_{cj}] = \text{MPa.}$$

$$E_{ij} = 32164 \text{ MPa.}$$

Le module de déformation différée E_{vj} qui permet de calculer la déformation finale du béton est donnée par :

$$E_{vj} = 3700 f_{cj}^{1/3}$$

$$E_{vj} = 10820 \text{ MPa.}$$

ACIERS :

Ronds lisses	FeE 24	$f_e = 235 \text{ MPa.}$
Barres HA	FeE 40 (type 1)	$f_e = 400 \text{ MPa.}$
Treillis soudé	TLE 52	$f_e = 520 \text{ MPa.}$

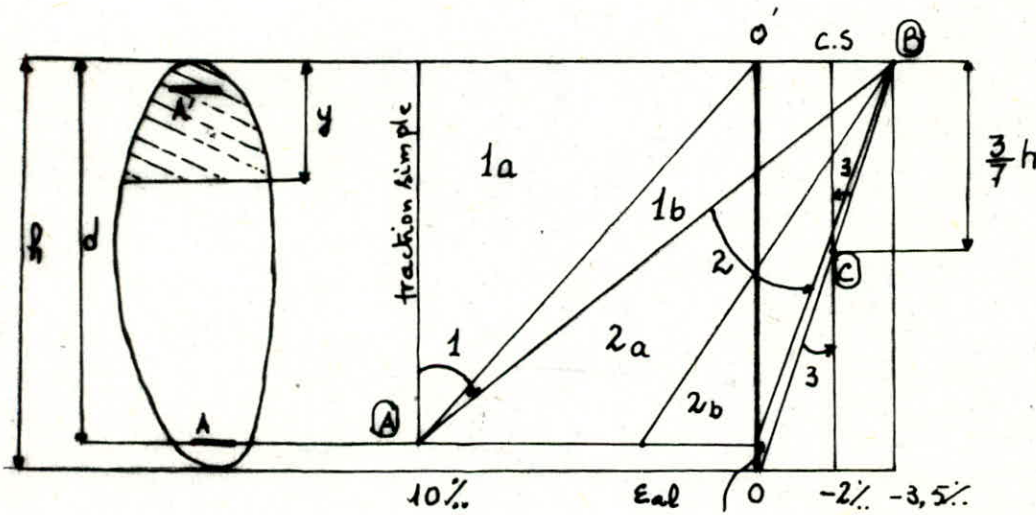
Le Module d'élasticité de l'acier est : $E = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa.}$

BASE DE CALCUL.

Les Hypotheses de calcul sont :

- Les sections droites restent planes
- Pas de glissement relatif entre le béton et les armatures.
- Le diagramme de deformation de la section est lineaire.
- Le beton tendu est neglige.
- Le raccourcissement du beton est limite $3,5 \text{ ‰}$ (3,5 mm/m) en flexion
 2 ‰ en compression simple.
- L'allongement de l'acier est limite a 10 ‰ .
- Les droites materialisant les diagrammes de deformation passent obligatoirement par l'un des trois pivots: A, B, C.

Regle des trois pivots :



1a: traction simple - Flexion accompagnée de traction
1b: Flexion simple ou composée

Region 1
Pivot A. $\epsilon_s = 10 \text{ ‰}$

2a: Flexion simple ou Composée $\epsilon_{al} \leq \epsilon_s < 10 \text{ ‰}$

2b: " " " " $0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{al}$

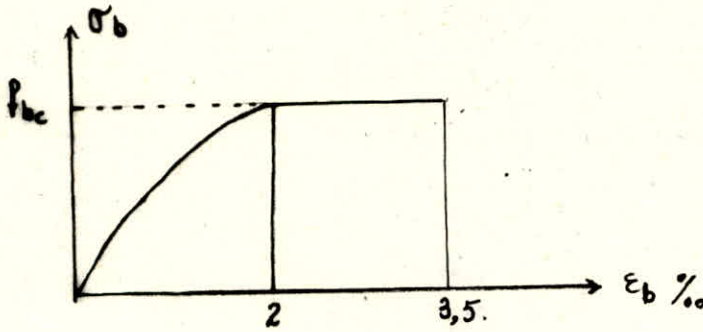
2c: L'acier subit un raccourcissement.

Region 2
Pivot B $\epsilon_b = 3,5 \text{ ‰}$

Region 3: Section entierement comprimée $2 \text{ ‰} \leq \epsilon_b \leq 3,5 \text{ ‰}$
 $\epsilon_b = 2 \text{ ‰}$ au point C

Diagramme de deformation - Contraintes:

a/ Beton:



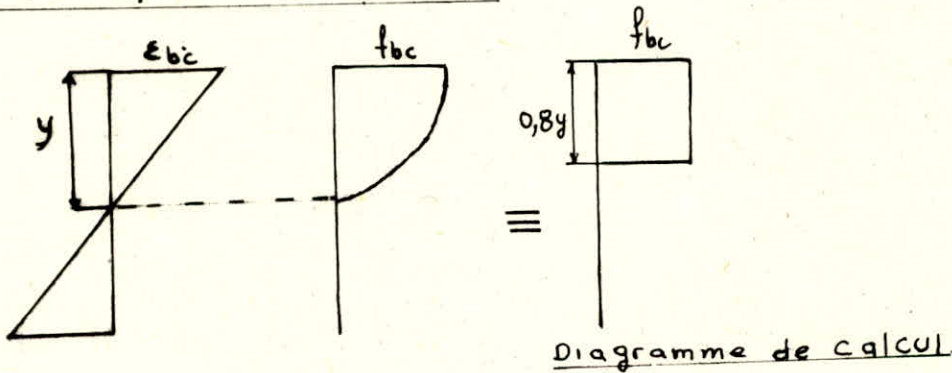
$$f_{bc} = \frac{0,85 f_{cl8}}{\gamma_b}$$

$$\gamma_b = 1,5 \text{ cas courant.}$$

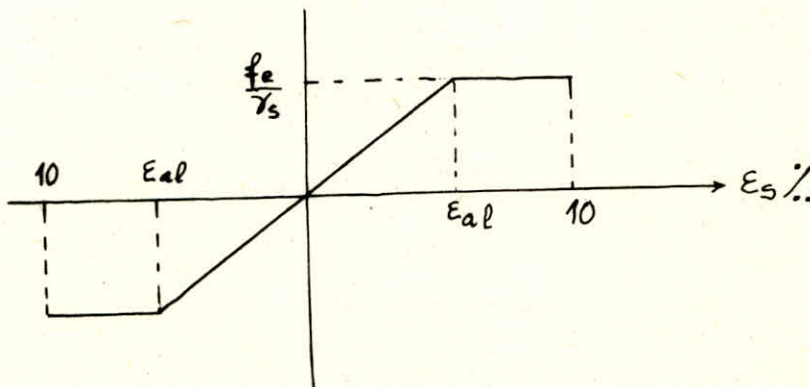
$$\gamma_b = 1,15 \text{ cas accidentel (seisme).}$$

Diagramme parabole - rectangle.

Deformation de la section:



b/ Acier (type 1)



$$\gamma_s = 1,15 \text{ cas courant}$$

$$\gamma_s = 1,00 \text{ cas accidentel (seisme).}$$

EVALUATION DES CHARGES S & SURCHARGES.

1/ Plancher terrasse: Notre terrasse est supposée inaccessible.

- Protection gravier (granulats. Roulés) $e=5\text{cm}$	90 kg/m^2 .
- étanchéité multicouche	10 kg/m^2 .
- Liège	16 kg/m^2 .
- chape de béton	40 kg/m^2 .
- Forme de pente $e_{\text{moy}}=7\text{cm}$	110 kg/m^2 .
- Corps creux (16 + 4) cm	265 kg/m^2 .
- Enduit Plâtre $e=1,5\text{cm}$	21 kg/m^2 .
	<hr/>
terrasse inaccessible	$Q = 100 \text{ kg/m}^2$.
	$G = 552 \text{ kg/m}^2$.

2/ Etage Courant

- Carrelage $e=1\text{cm}$	22 kg/m^2 .
- Mortier ciment $e=1,5\text{cm}$	33 kg/m^2 .
- Sable $e=1,5\text{cm}$	27 kg/m^2 .
- Corps creux + table de Compression (16+4)cm	265 kg/m^2 .
- Enduit Plâtre $e=2\text{cm}$.	28 kg/m^2 .
- cloisons légères	75 kg/m^2 .
	<hr/>
Surcharge d'exploitation.	$Q = 175 \text{ kg/m}^2$.
	$G = 450 \text{ kg/m}^2$.

3/ Remplissage: Les murs extérieurs sont en double cloison l'un de 15cm, l'autre de 5cm espacés d'un vide de 5cm.

- Double cloisons:	225 kg/m^2 .
- Enduit de ciment + Plâtre	28 kg/m^2 .
	<hr/>
	$G = 253 \text{ kg/m}^2$.

N.B: le poids de la buanderie sera pris en compte pour mieux répartir les efforts à travers les poteaux concernés.

3/ Loggia:

carrelage + Mortier de Pose + Sable	82 kg/m^2 .
dalle Pleine $e=15\text{cm}$	375 kg/m^2 .
Enduit Plâtre	28 kg/m^2 .
	<hr/>
Surcharge	$G = 485 \text{ kg/m}^2$.
	$Q = 350 \text{ kg/m}^2$.

PREDIMENSIONNEMENT.

poteaux:

Ils sont predimensionnés selon les conditions exigées par le RPA 81.
La section des poteaux $a \times (b \times h)$ sera:

- * $\text{Min}(b, h) \geq 25 \text{ cm.}$ Zone II.
- * $\frac{1}{3} \leq b/h \leq 3$.
- * $\text{Min}(b, h) \geq \frac{h_e}{30}$ $h_e = 3,00 \text{ m}$: hauteur d'étage.

La section du poteau le plus sollicité doit vérifier.

$$A = b \times h \geq k \frac{N'}{f_{c28}} \quad k = 4 \text{ Zone II.}$$

La surface revenant à ce poteau: $S = \frac{5 \times 7,0 + 4,20}{2} \times \frac{3,30 + 3,30}{2} = 16,34 \text{ m}^2$.

$$N' = 6 \cdot 5 \cdot 9 = 6 \times 16,34 \times (552 + 100) = 63,92 \text{ t.}$$

$$A \geq 4 \times \frac{63,92 \times 9,81 \times 10^3}{25 \cdot 10^6} = 1042,5 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{Soit des poteaux } 35 \times 35 / A = 1225 \text{ cm}^2$$

Poutres:

Les dimensions des poutres doivent satisfaire: $b \times h_t$

$$\frac{l}{15} \leq h_t \leq \frac{l}{10} \quad \text{soit} \quad h_t \approx \frac{l}{12}$$

$$b \geq 20 \text{ cm.} \quad \text{Zone II.}$$

$$h_t \geq 30 \text{ cm}$$

$$h_t/b \leq 3,0$$

$$\frac{570}{15} \leq h_t \leq \frac{570}{10} \quad \Rightarrow \quad 38 \leq h_t \leq 57$$

On prend pour les poutres portantes $b \times h_t = 35 \times 45$.

On prend pour les poutres non portantes $b \times h_t = 35 \times 40$.

PRESENTATION DE L'OUVRAGE.

Le projet qui nous a été proposé par le BEAB de JIJEL, consiste à étudier et calculer les éléments résistants d'un bâtiment à usage d'habitation située dans une zone de moyenne sismicité.

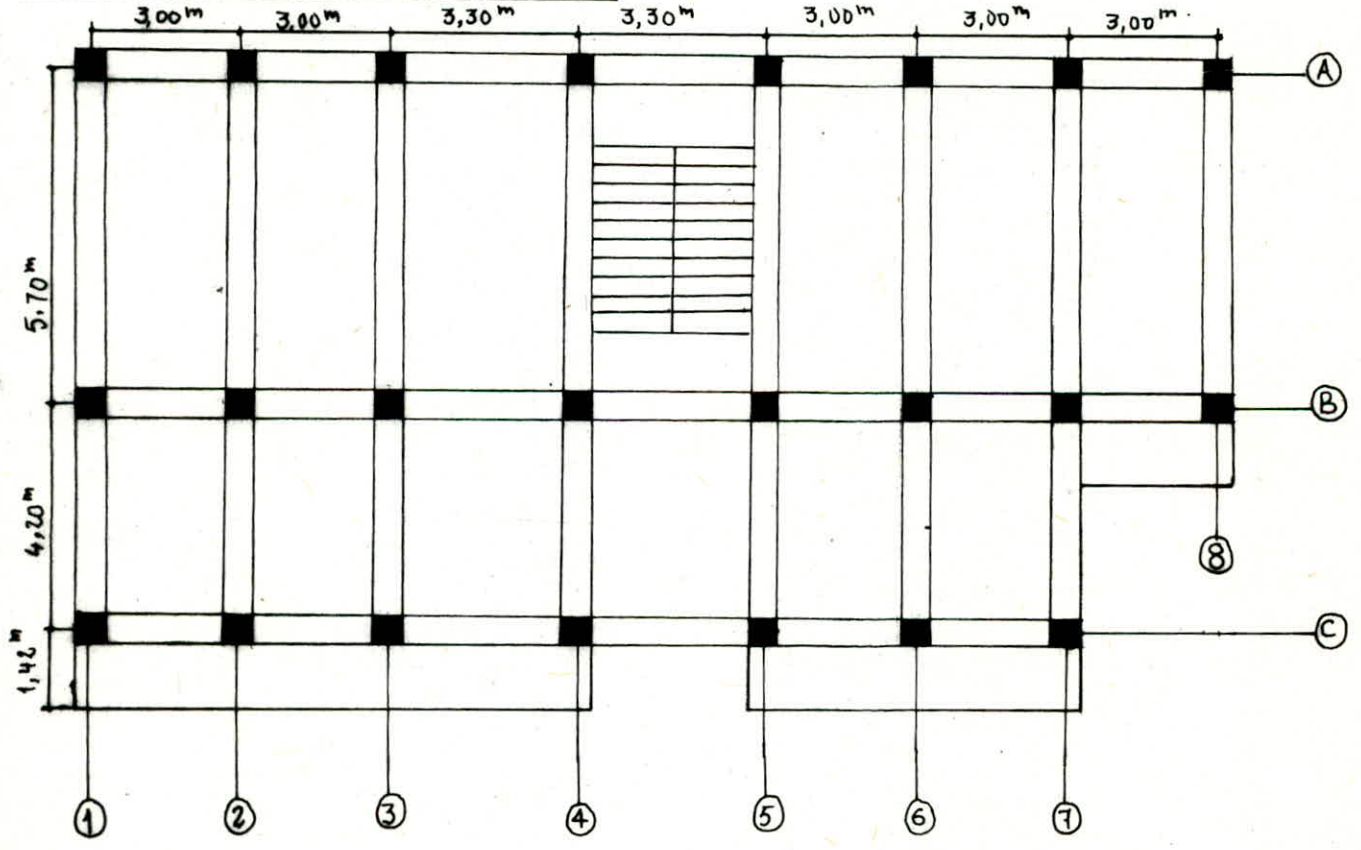
Caractéristiques du Bâtiment:

Notre bâtiment se compose d'un Rez de chaussée et de cinq étages. Les dimensions du bâtiment sont:
Longueur totale : 21,95m. Largeur totale : 11,70m.
Hauteur d'étage : 3,00m. Hauteur totale : 18,90m (Arrière compris).
Le Bâtiment étant reposé sur un vide sanitaire.

Ossature:
L'ossature du bâtiment est en structure autoportante. Elle reprend à elle seule la totalité des charges verticales et horizontales. Le sens porteur est suivant la plus petite dimension du bâtiment (sens transversal).

Planchers:
Tous les Planchers sont en Corps creux (y compris celui du RDC) d'épaisseur (16+4) cm.

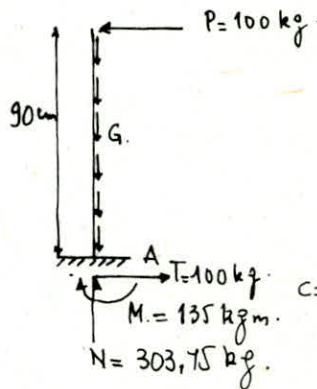
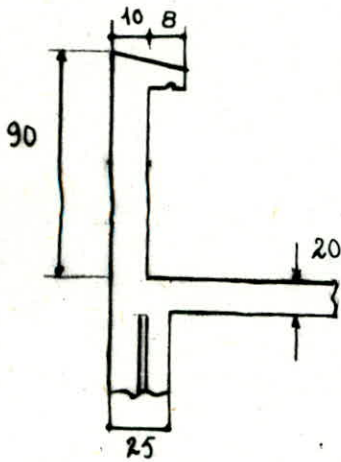
YUE IEN PLAN DU BATIMENT:



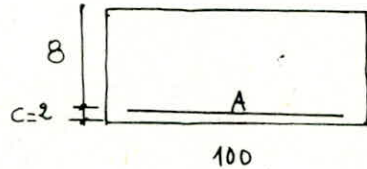
CALCUL DES ELEMENTS

- 6 - CALCUL DE L'ACROTERE.

L'acrotère est assimilée à une console encastrée dans le plancher terrasse. Elle est soumise à la surcharge due à la main courante. Le calcul se fait pour une bande de 1 mètre de large.



$$G = 0,9 \times 0,10 \times 2500 = 225 \text{ kg/ml.}$$



La section dangereuse étant à l'encastrement A.

Les efforts fondés sont:

$$M = 1,5 \times 100 \times 0,9 = 135 \text{ kgm.} \quad \sim M = 135 \times 9,81 = 1324,35 \text{ Nm.}$$

$$N = 1,35 G = 303,75 \text{ kg.} \quad \sim N = 303,75 \times 9,81 = 2980 \text{ N.}$$

Elle se calcule en flexion composée avec $M_G = 1324,35 \text{ Nm}$ et $N = 2980 \text{ N}$.

$$M = M/A = M_G + N \left(\frac{h}{2} - c \right) = 1324,35 + 2980 (0,05 - 0,02) = 1413,75 \text{ Nm.}$$

M: Moment par rapport aux armatures tendues A.

$$e = \frac{M}{N} = \frac{1413,75}{2980} = 0,44 \text{ m} \Rightarrow \text{le centre de pression est extérieur à la section section partiellement comprimée.}$$

calcul en flexion simple:

$$\mu = \frac{M_G}{f_{bc} b d^2} = \frac{1413,75}{14,2 \cdot 100 \cdot 8^2} = 0,155 \Rightarrow \alpha = 1,25 (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 0,0196 < 0,259.$$

Pivot A. $E_s = 10\%$. $\sigma_s = 348 \text{ MPa.}$

$$A_s = \frac{M}{\sigma_s \cdot \beta \cdot d} = \frac{1413,75}{348 \cdot (1 - 0,4 \cdot 0,0196) \cdot 8} = 0,51 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Donc } A = A_s - \frac{N}{\sigma_s} = 0,51 - \frac{2980 \cdot 10^{-2}}{348} = 0,42 \text{ cm}^2.$$

Condition de Non fragilité:

En flexion composée elle s'exprime par:

$$A_m \geq 0,23 b d \frac{f_{te8}}{f_e} \cdot \frac{e - 0,455d}{e - 0,185d} \quad \text{avec } e = \frac{M_G}{N} = 0,44 \text{ m.}$$

$$A_m \geq 0,91 \text{ cm}^2 \quad \text{Soit } 4 \text{ TG/ml.} = 1,13 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

- 7 -

Verification au seisme: (A.3.3.9 RPA 81).

L'acrotère doit résister à la force sismique locale.

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

$$Z \cdot I = 0,6$$

(groupe d'usage 2. Zone II).

$$C_p = 0,8$$

(table au 4.)

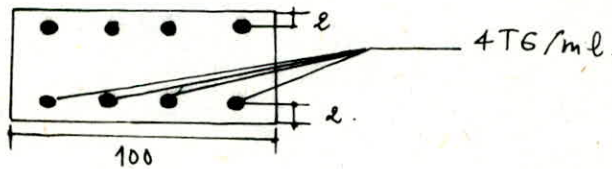
$$W_p = 225 \text{ kg}$$

Poids de l'acrotère.

$$F_p = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 225 = 108 \text{ kg/ml}$$

$$F_p \leq 1,5 \cdot 100 = 150 \text{ kg/ml} \quad \text{Vérifié. L'acrotère résiste au seisme local.}$$

Cependant on va armer l'acrotère symétriquement.



Verifications:

- Effort tranchant: $\tau_u = \frac{T}{b \cdot d} = \frac{1,5 \cdot 100 \cdot 9,81}{100 \cdot 8 \cdot 10^{-2}} = 0,018 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = \text{Min}(0,3 f_{ct}, 4 \text{ MPa}) = 3,25 \text{ MPa}$

- $A \sigma_s \geq V_u + \frac{M_u}{0,9 d} = 1471,5 - \frac{1324,35 \cdot 10^2}{0,9 \cdot 8} < 0 \quad \text{Vérifiée.}$

- Etat limite de service:

- Compression du béton: $\beta = \frac{A}{b d} \leq 2\% \Rightarrow \frac{1,13}{100 \cdot 8} = 0,14\% \ll 2\% \quad \text{Inutile de vérifier.}$

- fissuration: L'acrotère étant exposé aux intempéries \Rightarrow fiss. préjudiciable.

* $\sigma_s \leq \text{Min}(\frac{2}{3} f_e ; 150 \eta)$ avec $\eta = 1,6 \text{ HA}$. soit $\sigma_s = 240 \text{ MPa}$.

* $\phi \geq 6 \text{ mm}$.

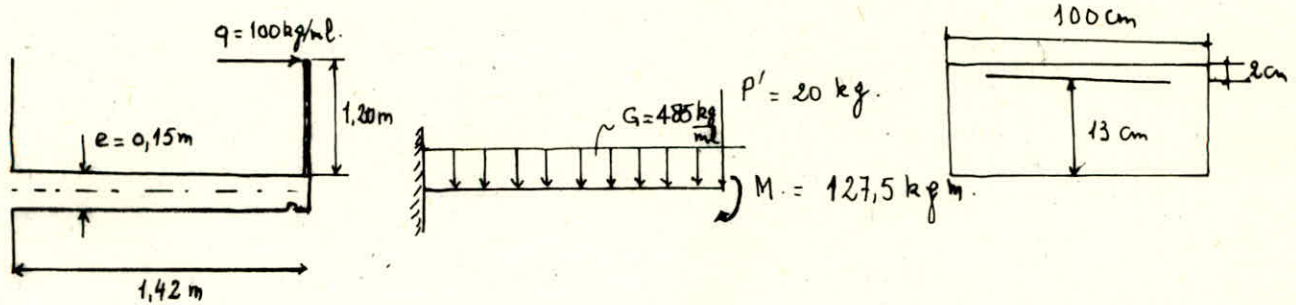
$N = 225 \text{ kg}$. $M_G = 100 \times 0,9 = 90 \text{ kgm}$. soit $N = 2207 \text{ N}$ & $M_G = 882,9 \text{ Nm}$.

$\mu = \frac{M}{f_{bc} b d^2} = 0,010 \Rightarrow \alpha = 0,0128 \Rightarrow \sigma_s = \frac{10^4}{100A} \cdot (0,8 f_{bc} b d \alpha - N) =$

$\sigma_s = \frac{10^4}{100 \cdot 1,13} \cdot (0,8 \cdot 14,2 \cdot 100 \cdot 8 \cdot 0,0128 - 2207) = 83,41 \text{ MPa} \ll 240 \text{ MPa. Vérifiée.}$

- 8 -
CALCUL DES BALCONS.

Les balcons sont des encorbellements identiques constitués d'une dalle pleine avec un garde corps en acier. On calcule les balcons d'un étage courant. La section dangereuse étant à l'encastrement. Le calcul se fait par mètre de largeur.



charges permanentes:

$$G = 0,15 \times 2500 \times 1 + 110 = 485 \text{ kg/ml.} \quad (\text{y compris le revêtement}).$$

garde corps : $P' = 20 \text{ kg/ml.}$

sur charges.:

$$Q = 350 \text{ kg/ml} \quad (\text{répartie}).$$

$$M = 100 \times \left(1,20 + \frac{0,15}{2}\right) = 127,5 \text{ kgm}$$

à l'encastrement:

$$M_G = 485 \times \frac{1,42^2}{2} + 20 \times 1,42 = 517,38 \text{ kgm}$$

$$M_Q = 127,5 + 350 \times \frac{1,42^2}{2} = 480,7 \text{ kgm.}$$

ELU: (Etat Limite ultime)

$$M_u = 1,35 M_G + 1,5 Q = (1,35 \times 517,38 + 1,5 \times 480,7) \times 10 = 14190,18 \text{ Nm.}$$

$$V_u = [(20 + 485 \times 1,42) \times 1,35 + 1,50 \times 350 \times 1,42] \times 10 = 17022,5 \text{ N.}$$

ELS: (Etat Limite de Service).

$$M_s = M_G + M_Q = 517,38 + 480,7 = 997,5 \text{ Nm.}$$

$$\text{ELU: } M_u = 14190,18 \text{ Nm} \quad V_u = 17022,5 \text{ N.}$$

$$\mu = \frac{M_u}{f_{bc} b d^2} = \frac{14190,18}{14,2 \cdot 100 \cdot 13^2} = 0,0591 \Rightarrow \alpha = 0,0762 \Rightarrow \beta = 1 - 0,4 \alpha = 0,9695 \Rightarrow \text{livret A. } \sigma_s = 348 \text{ MPa.}$$

$$A = \frac{M_u}{\sigma_s \beta d} = \frac{14190,18}{348 \cdot 0,9695 \cdot 13} = 3,23 \text{ cm}^2. \quad \text{Soit } 5 \text{ T}10/\text{ml} = 3,92 \text{ cm}^2/\text{ml.}$$

Armatures de repartition:

$$\frac{A}{4} \leq A_r \leq \frac{A}{2} \quad \text{soit} \quad 3T10/mP = 2,56 \text{ cm}^2 \text{ espacées de } 33 \text{ cm.}$$

Verifications:

- Condition de non fragilité (A 4-2 BAEL 83).

on doit vérifier: $\frac{A}{bd} \geq 0,23 \frac{f_{tj}}{f_{e28}} \Rightarrow \frac{3,292}{100 \times 13} = 3,02 \cdot 10^{-3} \gg 0,23 \cdot \frac{2,1}{400} = 1,21 \cdot 10^{-3}$

- Effort tranchant (A.5.1 BAEL 83).

* $\tau_u = \frac{T_u}{b \cdot d} \leq \bar{\tau}_u = \text{Min}(0,13 f_{c28}, 4 \text{ MPa}) = 3,25 \text{ MPa.}$

$\tau_u = \frac{17022,5}{1 \times 0,13} = 0,13 \text{ MPa} \Rightarrow \text{c'est vérifié}$

* $A \sigma_s \geq T_u + \frac{M_u}{0,9d} = 17022,5 - \frac{14190,18}{0,9 \cdot 0,13} = < 0 \text{ Vérifié.}$

* Verification de l'About: (A 5-1-313 BAEL 83).

$\frac{2V_u}{b \cdot a} \leq 0,8 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} \Rightarrow \frac{V_u}{b \cdot a} \leq 0,267 f_{c28} \text{ avec } \gamma_b = 1,50.$

$\frac{17022,5}{1 \times 0,9 \times 0,13} = 0,14 \text{ MPa} \ll 0,267 \cdot 25 = 6,68 \text{ MPa. Vérifié.}$

EL S:

* Contrainte de Compression du beton: La Contrainte de Compression du beton étant limitée à $0,6 f_{c28}$. Il n'est pas nécessaire de la vérifier si

$\alpha_u \leq \frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} \text{ avec } \alpha_u = \frac{M_u}{d} \text{ et } \gamma = \frac{M_u}{M_s}$

$\gamma = \frac{14190,18}{9977,5} = 1,42. \quad \alpha_u = 0,0762. \text{ (déjà calculée à l'ELU).}$

on vérifie: $0,0762 \ll \frac{1,42-1}{2} + \frac{25}{100} = 0,46.$

* Deformation: (B.6-5 BAEL 83): inutile de la vérifier si les conditions suivantes sont remplies.

- $\frac{h}{l} \geq \frac{M_t}{10 M_0} \text{ soit: } \frac{15}{142} = 0,105 > 0,10 \text{ observée.}$

- $\frac{h}{l} \geq \frac{1}{16} = 0,0625 \text{ observée.}$

- $A/bod \leq \frac{4,2}{f_e} \Rightarrow \frac{3,92}{100 \cdot 13} = 3 \cdot 10^{-3} < \frac{4,2}{400} = 10,5 \cdot 10^{-3} \text{ observée..}$

On est dispensé de vérifier la flèche.

* Fissuration: La section en t du e (fissurée) se trouve exposée aux intempéries. par suite elle est préjudiciable.

$\sigma_{s2} \leq 240 \text{ MPa} \quad \left| \quad \begin{array}{l} \beta_1 = 0,914 \\ \kappa_1 = 43,14 \end{array} \right. \text{ (Annexes MR Pierre Charron).}$

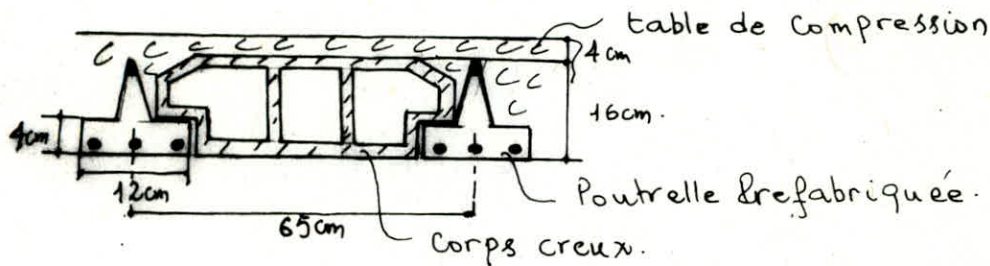
$\rho_1 = \frac{100A}{bd} = 9,302 \Rightarrow$

$\sigma_s = \frac{M_{ser}}{A B d} = \frac{9977,5}{3,92 \cdot 0,914 \cdot 13} = 214 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa. Vérifiée.}$

CALCUL DES POUTRELLES

Tous les Planchers de notre Bâtiment sont en Corps creux. Ils sont constitués de poutrelles préfabriquées associées au corps creux. Elles se reposent sur les poutres principales porteuses. Elles seront calculées en deux étapes.

1^{re} étape : Avant coulage de la table de compression. La poutrelle est considérée alors comme simplement appuyée. Elle supporte son poids propre et la surcharge de l'ouvrier.

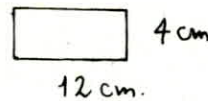


Poids propre $0,12 \times 0,04 \times 2500 = 12 \text{ kg/ml}$.
 Corps creux $0,65 \times 95 = 61,75 \text{ kg/ml}$.
 Poids de l'ouvrier (surcharge) $100 \times 0,65 = 65 \text{ kg/ml}$.
 Soit $q = 1,35G + 1,5Q = 197,06 \text{ kg/ml}$

$$M_0 = \frac{q l^2}{8} = \frac{197,06 \times 3,30^2}{8} = 268,25 \text{ kgm}$$

$$M_u = M_0 = 2682,5 \text{ Nm}$$

$$\mu = \frac{M_u}{f_{bc} b d^2} = \frac{2682,6}{14,2 \times 12 \times 2^2} = 3,93$$



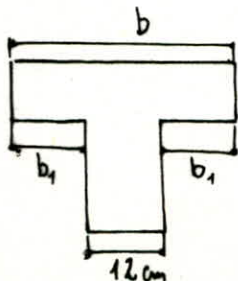
ou

$$M_r = \mu_e f_{bc} b d^2 = 0,186 \times 14,2 \times 12 \times 4 = 126,77 \text{ Nm} \ll M_u$$

Donc ça nécessite des armatures comprimées A' pour équilibrer les efforts auxquels elle est soumise, mais vu la faible hauteur de celle-ci, on prévoit un échafaudage pour aider les poutrelles jusqu'à prise totale du béton.

2^e étape : Après coulage du béton. La poutrelle est alors appuyée sur plusieurs appuis et travaille alors comme une poutre continue ayant pour section de calcul en travée une section en T.

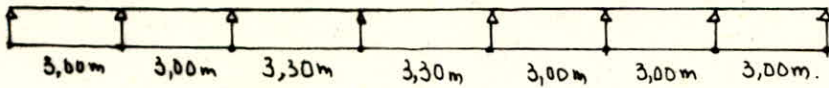
Détermination de la largeur de la table de compression : (A4-1. BAEL 83).



$$b_1 \leq \text{Min} \left(\frac{l}{10} ; \frac{65-12}{2} ; \frac{2}{3} \cdot \frac{l}{2} \right) \Rightarrow b_1 \leq \left(\frac{300}{10} ; 26,5 ; \frac{300}{3} \right) \Rightarrow$$

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

Porteuses à étudier :



On utilise pour l'évaluation des moments, la méthode forfaitaire qui est applicable pour notre cas (B.6.221 BAEL 83).

- Notre Plancher est à surcharge modérée. $S < G$
- $I = \text{cte}$ pour toutes les travées.
- $0,8 \leq \frac{l_e}{l_w} \leq 1,25$ car $\frac{3,00}{3,30} = 0,909$.
- La fissuration est non préjudiciable.

Les moments en travées M_t et à l'appui sont choisis tels que :

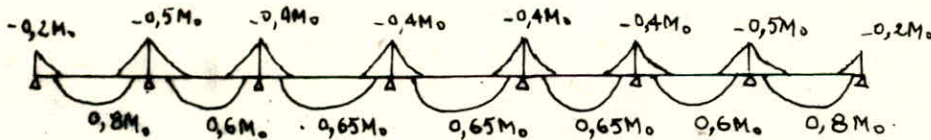
$$M_t + \frac{M_e + M_w}{2} \geq (1 + 0,3\alpha) M_0 \quad (\text{E-1-2 BAEL 83}).$$

Plancher courant: $\alpha = \frac{S}{S+G} = \frac{175}{175+450} = 0,28 \Rightarrow 1+0,3\alpha = 1,08$.

Plancher terrasse: $\alpha = \frac{100}{100+552} = 0,15 \Rightarrow 1+0,3\alpha = 1,05$

$$M_t \geq \begin{cases} \frac{1+0,3\alpha}{2} M_0 = 0,54 M_0 & \text{travée intermédiaire} \\ \frac{1,2+0,3\alpha}{2} M_0 = 0,64 M_0 & \text{travée de rive} \end{cases}$$

$$M_a \geq \begin{cases} 0,50 M_0 & \text{appui voisin des appuis de rive.} \\ 0,40 M_0 & \text{appui intermédiaire.} \end{cases}$$



Plancher terrasse: $1,55Q + 1,35G = 1,50 \times 100 + 1,35 \times 552 = 895,2 \text{ kg/m}^2 \sim q = 0,65 \times 895,2$

Plancher courant: $1,35G + 1,50Q = 1,35 \times 450 + 1,50 \times 175 = 870 \text{ kg/m}^2$ soit $q = 0,65 \times 870 = 565,5 \text{ kg/ml}$.

Du fait que ces charges sont proches, on calcule toutes les porteuses avec

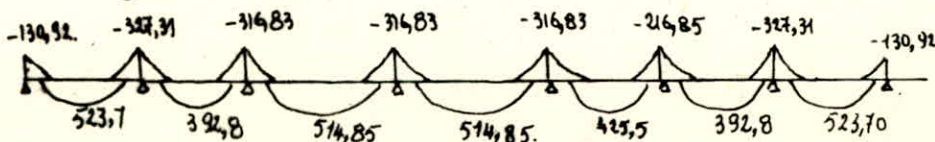
$$q = 581,88 \text{ kg/ml.}$$

travées de 3,00m

$$M_0 = \frac{q l^2}{8} = 654,62 \text{ kgm.}$$

travées de 3,30m

$$M_0 = \frac{q l^2}{8} = 792,08 \text{ kgm.}$$



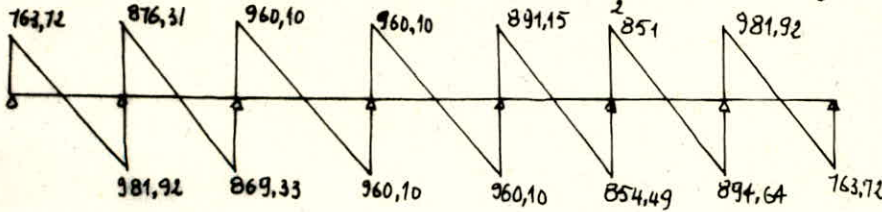
EFFORT TRANCHANT : B 6.2.12 BAEL 83.

$$T(x) = \theta(x) + \frac{M_c - M_w}{l} \quad \text{avec } \theta(x) = q \frac{l}{2} - qx.$$

$$Tig = + q \frac{l}{2} + \frac{M_c - M_w}{l} \quad \text{f } Tid = - q \frac{l}{2} + \frac{M_c - M_w}{l}$$

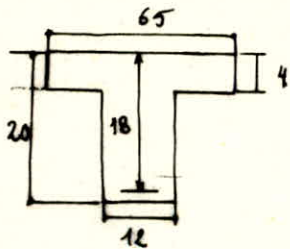
Pour les travées de 3 m : $\theta_0 = q \frac{l}{2} = 870,82 \text{ kg}$.

Pour les travées de 3,30 m : $\theta_0 = q \frac{l}{2} = 960,10 \text{ kg}$.



Ferailage:

travées de 3 m. $M_u = M_{max} = 5230,7 \text{ Nm}$.



$$M_c = f_{bc} b h_0 \left(d - \frac{h_0}{2} \right) = 14,2 \times 0,65 \times 0,04 \left(0,18 - \frac{0,04}{2} \right) \cdot 10^6 = 59072 \text{ Nm} > M_u.$$

\Rightarrow L'axe neutre tombe dans la table \Rightarrow Etude d'une section 65×20 .

$$\mu = \frac{M_u}{f_{bc} b d^2} = \frac{5230,7}{14,2 \times 65 \times 18^2} = 0,0175 \Rightarrow \alpha = 0,022 \Rightarrow \text{Livot A } \sigma_s = 348 \text{ MPa.}$$

$$\beta = 0,9912$$

$$A = \frac{M_u}{\sigma_s \beta d} = \frac{5230,7}{348 \times 0,9912 \times 18} = 0,84 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } 2 \text{ T } 10 = 1,57 \text{ cm}^2.$$

travées de 3,30 m. $M_u = M_{max} = 5148,5 \text{ Nm}$.

de même $M_c = 59072 \text{ Nm} > M_u \Rightarrow$ Etude d'une section 65×20 .

$$\mu = \frac{M_u}{f_{bc} b d^2} = \frac{5148,5}{14,2 \times 65 \times 18^2} = 0,0172 \Rightarrow \alpha = 0,0217 \Rightarrow \text{Livot A } \sigma_s = 348 \text{ MPa.}$$

$$\beta = 0,991$$

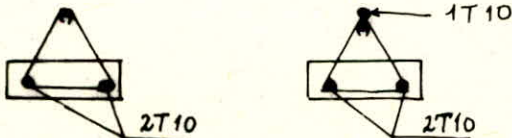
$$A = \frac{M_u}{\sigma_s \beta d} = \frac{5148,5}{348 \times 0,991 \times 18} = 0,83 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } 2 \text{ T } 10 = 1,57 \text{ cm}^2.$$

Aux appuis: $M_u = 3273,1 \text{ Nm}$. Etude d'une section 12×20 .

$$\mu = \frac{M_u}{f_{bc} b d^2} = \frac{3273,1}{14,2 \times 12 \times 18^2} = 0,0593 \Rightarrow \alpha = 0,0764 \Rightarrow \text{Livot A } \sigma_s = 348 \text{ MPa.}$$

$$\beta = 0,9694$$

$$A = \frac{M_u}{\sigma_s \beta d} = \frac{3273,1}{348 \times 0,9694 \times 18} = 0,54 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } 1 \text{ T } 10 = 0,78 \text{ cm}^2.$$



en travée à l'appui

Verifications necessaires:

* condition de non fragilité: $\frac{A}{b d} \geq 0,23 \frac{f_{ct28}}{f_c}$ soit $\frac{1,57}{12 \times 18} = 7,2 \cdot 10^{-3} \gg 1,2 \cdot 10^{-3}$ Verifiée.

Verification à l'effort tranchant (A5.1.2 BAEL 83).

* Contraintes de cisaillement:

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_0 d} \leq (0,13 f_{ctg} ; 4 \text{ MPa}) = 3,25 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = \frac{9819,2}{0,12 \times 0,18} \cdot 10^{-6} = 0,45 \text{ MPa} \ll 3,25$$

* Appui d'about: (A5.1.313 BAEL 83) : $\frac{V_u}{b_0 d} \leq 0,267 f_{ctg} = 6,68 \text{ MPa}$

$$\frac{9819,2}{0,12 \times 0,9 \times 0,18} \cdot 10^{-6} = 1,01 \text{ MPa} \ll 6,68 \text{ MPa}$$

* Appui intermédiaire: $A\sigma_s \geq V_u + \frac{M_u}{0,9d} \Rightarrow 9819,2 - \frac{3273,1}{0,9 \times 0,18} < 0 \Rightarrow$ pas de traction

* Armatures transversales: (A5.1.23 BAEL 83)

$$S_t \leq \frac{0,8 f_e A_t}{b_0 (\tau_u - 0,5)} < 0 \quad A_t = 2 \varnothing 6 = 0,56 \text{ cm}^2$$

$$S_t \geq \frac{A_t f_e}{0,4 b_0} = \frac{0,56 \times 235}{0,4 \times 12} = 27,4 \text{ cm}$$

Soit $S_t = 15 \text{ cm}$.

$$S_t \leq \bar{S}_t = (0,9d ; 40 \text{ cm}) = 0,9 \times 18 = 16,2 \text{ cm}$$

ELS:

$$q = G + Q = 552 + 100 = 652 \text{ kg/m}^2 \sim q = 0,65 \times 652 = 430,3 \text{ kg/ml}$$

On trouve de la même manière : $M_0 = 484,09 \text{ kgm}$ (travée de 3m) & $M_0 = 585,75 \text{ kgm}$ (travée de 3,30m)

$$M_{ser} = 0,8 \times 484,09 = 387,27 \text{ kgm} = 3872,7 \text{ Nm} \quad \text{travée de 3m}$$

$$M_{ser} = 0,65 \times 585,75 = 380,73 \text{ kgm} = 3807,3 \text{ Nm}$$

Etat limite de compression du beton: (A.4.52 BAEL 83)

$$d_u = \frac{y_u}{d} \leq \frac{\gamma - 1}{2} + \frac{f_{ctg}}{100} \quad \text{avec } d_u = 0,022 \quad \& \quad \gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = \frac{5230,7}{3872,7} = 1,35$$

$$d_u = 0,022 \ll \frac{1,35 - 1}{2} + \frac{25}{100} = 0,45 \Rightarrow$$
 inutile de procéder au calcul.

La fissuration étant peu nuisible ; par suite le taux de travail des aciers n'est pas réduit à l'ELS.

DEFORMATION: On procède à la vérification de la flèche car les conditions de l'article (B.G.5 BAEL 83) ne sont pas vérifiées.

$$\rho = \frac{A'}{b_0 d} \times 100 = \frac{1,57}{12 \times 18} \times 100 = 0,72 \Rightarrow$$
 tableaux annexes. $\rho_1 = 0,369$ & $\rho_2 = 0,877$

$$\sigma_s = \frac{M_{ser}}{A_s d} = \frac{3807,3}{0,877 \times 18 \times 1,57} = 153,62 \text{ MPa} \quad \gamma = \alpha_1 d = 0,369 \times 18 = 6,64 \text{ cm} > 4 \text{ cm}$$

$$I_0 = \frac{65 \times 6,4^3}{3} - \frac{53 \times 2,64^3}{3} + 15 \times 1,57 \times 11,36^2 = 9057,08 \text{ cm}^4 \quad (\text{Section en T})$$

$$\lambda_i = \frac{0,05 f_{ctg}}{(2 + 3 \frac{\rho}{\rho_2}) \rho} = \frac{0,05 \times 2,1}{(2 + 3 \cdot \frac{12}{65}) \cdot 7,27 \cdot 10^{-3}} = 5,66 \Rightarrow \lambda \gamma = \frac{2}{5} \lambda_i = \frac{2}{5} \cdot 5,66 = 2,26$$

$$\mu = 1 - \frac{1,75 f_{ctg}}{4 \rho \sigma_s + f_{ctg}} = 0,44 \Rightarrow I_{fi} = \frac{I_0}{1 + \lambda_i \mu} = 2994,85 \text{ cm}^4 \quad \& \quad I_{fd} = 4541,25 \text{ cm}^4$$

$$f_i = \frac{1}{0,9} \cdot \frac{M_{ser} \cdot l^2}{10 E_c I_{fi}} = 0,55 \text{ cm} \quad \text{et} \quad f_d = \frac{1}{0,9} \cdot \frac{M_{ser} \cdot l^2}{10 E_c I_{fd}} = 0,93 \text{ cm} \Rightarrow \Delta f = 0,93 - 0,55 = 0,38 \text{ cm}$$

Ferailage de la table de compression (B 6.8423 BAEL 83)

Le hourdis doit avoir une épaisseur minimale de 4cm. On l'arme d'un quadrillage de barres dont les dimensions de mailles ne doivent pas dépasser:

20 cm (5 P.m) armatures perpendiculaires aux nervures
33 cm (3 P.m) armatures parallèles aux nervures.

L'espace entre nervures est compris entre 50 et 8cm (cm). La section d'armatures perpendiculaires aux nervures doit satisfaire:

$$A_{\perp} \geq \frac{4\rho}{f_e} = \frac{4 \times 65}{520} = 0,5 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} l \text{ en cm} \\ f_e = 520 \text{ MPa (treillis soudé)}. \end{array}$$

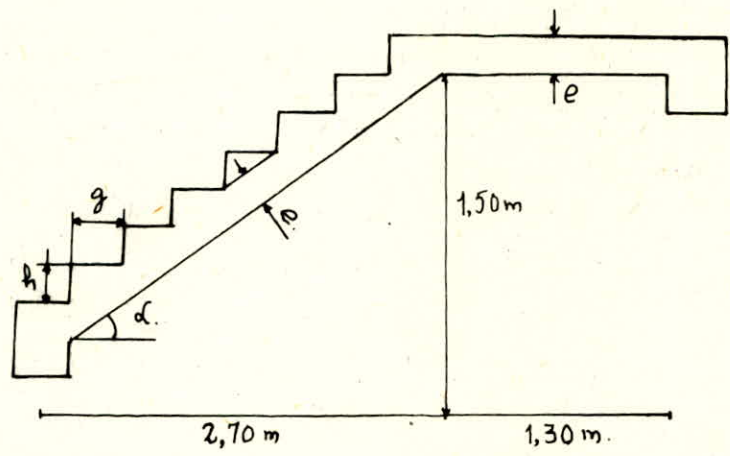
soit $A_{\perp} = 5 \phi 6 / \text{ml} = 1,41 \text{ cm}^2 / \text{ml}$.

$$A_{\parallel} \geq \frac{A_{\perp}}{2} = 0,705 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } A_{\parallel} = 5 \phi 6 / \text{ml} = 1,41 \text{ cm}^2 / \text{ml}.$$

Ainsi notre hourdis sera armé par un treillis soudé en $\phi 6$
dimension des mailles 20×20 .

CALCUL DES ESCALIERS.

Notre escalier est constitué d'une baillasse inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale et d'un palier de repos tous deux en béton Armé.



Pour avoir des escaliers conformes avec le confort, on vérifie la condition de Blondel:

$59 \leq g + 2h \leq 65 \text{ cm.}$ g : longueur de la marche
 h : hauteur de la contre-marche.

On fixe $14 < h < 20$ soit $h = 15 \text{ cm.}$ soit $n = \frac{150}{15} = 10.$

$59 \leq g + 30 \leq 65 \Rightarrow 29 \leq g \leq 36$ soit $g = 30 \text{ cm.}$

on vérifie:

$g + h \times 2 = 30 + 2 \times 15 = 60 \text{ cm}$ vérifiée et $L = 30(10-1) = 2,70 \text{ m.}$

$\text{tg } \alpha = \frac{150}{270} = 0,555 \rightarrow \alpha = 29^\circ 05$ $\text{Cos } \alpha = 0,874$ $\text{Sin } \alpha = 0,486.$

Dimensionnement de la baillasse: $\frac{l}{30} \leq e \leq \frac{l}{20}$ $l = \sqrt{2,70^2 + 1,50^2} = 3,09 \text{ m.}$

$\frac{309}{30} \leq e \leq \frac{309}{20} \rightarrow 10,3 \leq e \leq 15,45$ soit $e = 15 \text{ cm.}$

charges et surcharges: $Q = 250 \text{ kg/m}^2$ (surcharge).

* Baillasse:

Pds propre: $\frac{0,15 \times 2500}{0,874} = 429 \text{ kg/m}^2$

Pds des marches: $2200 \times \frac{h}{2} = 2200 \times \frac{0,15}{2} = 165 \text{ kg/m}^2$

Revêtement: 83 kg/m^2

Garde Corps: 20 kg/m^2

$G = 697 \text{ kg/m}^2$

* Palier:

Pds propre $0,15 \times 2500 = 375 \text{ kg/m}^2$ | $G = 458 \text{ kg/m}^2$

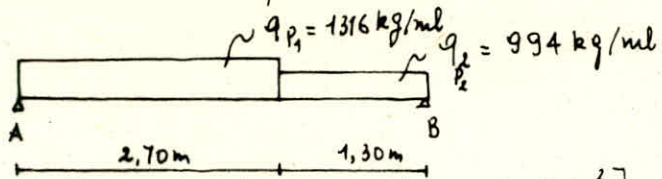
Revêtement 83 kg/m^2

Pour une bande de 1 metre

ELU: $q_p = 1,35 G + 1,50 Q =$ soit $q_{p1} = 1316 \text{ kg/ml}$ et $q_{p2} = 994 \text{ kg/ml}$

ELS: $q = G + Q$ soit $q_p = 947 \text{ kg/ml}$ et $q_{p2} = 708 \text{ kg/ml.}$

schemas statique:



$$R_A = \frac{1}{4} \left[1316 \times 2.70 \times (1.30 + 1.35) + 994 \times \frac{1.30^2}{2} \right] = 2501,44 \text{ kg}$$

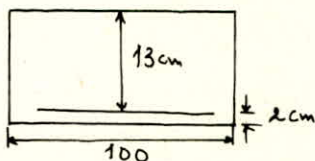
$$0 \leq x \leq 2.70 \quad T(x) = 2501,44 - 1316x \quad T(x) = 0 \Rightarrow x = \frac{2501,44}{1316} = 1,90 \text{ m}$$

$$M(x) = 2501,44x - 1316 \frac{x^2}{2} \Rightarrow M_{\max} = M(1,90) = 2377,4 \text{ kgm}$$

En tenant compte du demi encastrement au niveau de l'appui on prend:

$$M_t = 0,85 M_{\max} = 0,85 \times 2377,4 = 2020,75 \text{ kgm} \quad \& \quad M_a = -0,3 M_{\max} = -713,20 \text{ kgm}$$

en travée $M_u = 20,21 \text{ kNm}$



$$\mu = \frac{20,21 \cdot 10^3}{100 \times 13^2 \cdot 14,2} = 0,084 \Rightarrow \alpha = 1,25 (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 0,1077 \Rightarrow \text{à rot A } \epsilon_s = 10\% \quad \sigma_s = 348 \text{ MPa}$$

$$\beta = 1 - 0,4\alpha = 0,956$$

$$A = \frac{M_u}{\beta d \sigma_s} = \frac{20,21 \cdot 10^3}{0,956 \times 13 \times 348} = 4,67 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } 6 \text{ T } 10 / \text{ml} = 4,71 \text{ cm}^2 \quad e = 17 \text{ cm}$$

en appui : $M_u = 7132 \text{ Nm}$

$$\mu = \frac{M}{f_{tc} b d^2} = \frac{7132}{14,2 \times 100 \times 13^2} = 0,0297 \Rightarrow \alpha = 0,038 \Rightarrow \text{à rot A } \epsilon_s = 10\% \quad \sigma_s = 348 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,985$$

$$A = \frac{M_u}{\sigma_s \beta d} = \frac{7132}{348 \times 0,985 \times 13} = 1,60 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } 3 \text{ T } 10 / \text{ml} = 2,35 \text{ cm}^2 / \text{ml} \quad e = 33 \text{ cm}$$

Armatures de repartition Ar : $\frac{A}{A} \leq A_r \leq \frac{A}{2}$ soit 5 T 6 / ml = 1,41 cm² / ml. e = 20 cm

Verifications necessaires :

* Condition de non fragilité : (A 4-2 BAEL 83) $\rho = \frac{A_a}{b_0 d} \geq 0,23 \cdot \frac{f_{tc28}}{f_e} = 1,8 \cdot 10^{-3}$

à l'appui $\rho = \frac{2,35}{100 \times 13} = 1,80 \cdot 10^{-3} > 1,2 \cdot 10^{-3}$ c'est vérifiée.

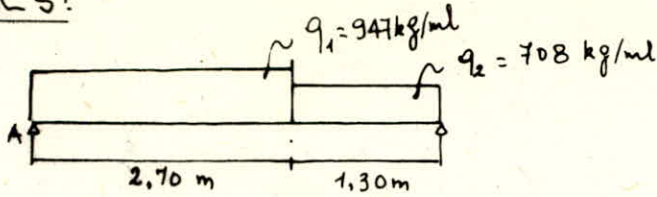
* Effort tranchant : (A 5-1 BAEL 83).

$$- \frac{V_u}{b_0 d} = \frac{25014,4}{100 \times 0,13} = 0,18 \text{ MPa} \ll \bar{V}_u = 3,25 \text{ MPa}$$

$$- A \sigma_s \geq V_u + \frac{M_u}{0,9 d} = 25014,4 - \frac{7132}{0,9 \times 0,13} = < 0 \quad \text{Vérifié pas de traction}$$

$$- \frac{V_u}{b_0 a} \leq 0,267 f_{ct28} \quad \text{soit : } \frac{25014,4}{100 \times 0,9 \times 0,13} = 0,21 \text{ MPa} \ll 0,267 \times 25 = 6,68 \text{ MPa}$$

ELS:



De la même manière que pour l'ELU on trouve $M_{max} = 1193,6 \text{ kgm}$ avec $R_A = 1843,1 \text{ kg}$.
on prend:

$$M_t = 0,85 M_{max} = 1024,6 \text{ kgm} = 10,25 \text{ KNm}$$

$$M_a = -0,3 M_{max} = -358,1 \text{ kgm} = -3,58 \text{ KNm}$$

Contrainte de Compression de béton (A 4.5.2 BAEL 83).

$$\sigma_u = \frac{y}{d} \leq \frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{ctb}}{100} \quad \sigma_u = 0,01077 \quad \gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = \frac{20,21}{15,25} = 1,325$$

$$0,01077 < \frac{1,325-1}{2} + \frac{25}{100} = 0,415 \quad \text{Vérifié.} \Rightarrow \text{Pas de vérification à faire}$$

* La fissuration est peu nuisible: Pas de vérification à la fissuration. A45.32

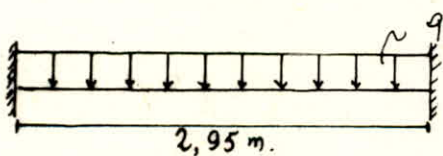
CALCUL DES POUTRES PALIERES.

On choisit une poutre de section 35×25 .

ELU: Poids propre $2500 \times 0,35 \times 0,25 = 218,75 \text{ kg/ml}$.

Reaction du palier: $2501,44 \text{ kg/ml}$ (donnée).

soit $q = 1,35 \cdot 218,75 + 2501,44 = 2796,75 \text{ kg/ml}$

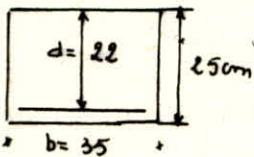


$$M_0 = \frac{2796,75 \times 2,95^2}{8} = 3042,34 \text{ kgm} \quad R_A = R_B = 4125,2 \text{ kg}$$

$$M_u = M_t = 0,85 M_0 = 2586 \text{ kgm} = 25,86 \text{ KNm}$$

$$M_u = M_a = -0,3 M_0 = -913 \text{ kgm} = -9,13 \text{ KNm}$$

en travée: $M_u = 25,86 \text{ KNm}$



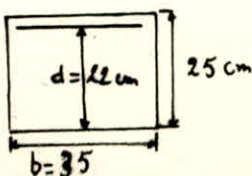
$$\mu = \frac{M_u}{f_{bc} b d^2} = \frac{25,86 \cdot 10^3}{14,2 \cdot 35 \cdot 22^2} = 0,1075 \Rightarrow \alpha = 0,1425 \quad \text{Pivot A } \sigma_s = 348 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{25,86 \cdot 10^3}{348 \times 0,943 \times 22} = 3,58 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } 3T14 = 4,62 \text{ cm}^2$$

en appui: $9,13 \text{ KNm}$.

$$\mu = \frac{M_u}{f_{bc} b d^2} = \frac{9,13 \cdot 10^3}{14,2 \cdot 35 \cdot 22^2} = 0,038 \Rightarrow \alpha = 0,048 \Rightarrow \text{Pivot A } \sigma_s = 348 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{M_u}{\sigma_s \cdot \beta \cdot d} = \frac{9,13 \cdot 10^3}{348 \times 0,981 \times 22} = 1,21 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } 3T10 = 2,35 \text{ cm}^2$$



Verifications:

* Condition de non fragilité: $\frac{A}{b_0 d} \geq 0,23 \frac{f_{tB}}{f_c}$ (A 4-2.)
 $\frac{2,35}{35 \times 22} = 3,05 \cdot 10^{-3} \geq 0,23 \cdot \frac{2,1}{400} = 1,2 \cdot 10^{-3}$ Verifiée. \Rightarrow Inutile de procéder à la vérification.

* Effort tranchant: (A 5-13. BAEL)

- $T_u = \frac{V_u}{b_0 d} \leq \bar{T}_u$ $\bar{T}_u = \text{Min} (0,13 f_{cj} ; 4 \text{ MPa}) = 3,25 \text{ MPa}$.

$T_u = \frac{41252}{0,35 \times 0,22} \cdot 10^{-6} = 0,5 \text{ MPa} \ll 3,25 \text{ MPa}$.

- $\frac{V_u}{b_0 d} \leq 0,267 f_{cj} \Rightarrow \frac{41252}{0,35 \times 0,22} = 0,59 \text{ MPa} \ll 0,267 \times 25 = 6,68$.

- $A_{G_s} \geq V_u + \frac{M_u}{0,9 d} = 41252 - \frac{9130}{0,9 \times 0,22} = < 0$ Les armatures inf ne sont pas soumises à la traction.

- Armatures transversales: L'espacement s_t sera déterminé par la condition:

$\frac{A_t f_c}{s_t b_0} \geq 0,4 \text{ MPa} \Rightarrow s_t \leq \frac{A_t f_c}{0,4 b_0} = \frac{0,84 \times 235}{0,4 \times 35} = 14,1 \text{ cm}$. $A_t = 3 \phi 6 = 0,84 \text{ cm}^2$.

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

ELS:

$q = G + (R_A)_{ELS} = 218 + 1843,1 = 2061,1 \text{ kg/ml}$. $(R_A)_{ELS}$: réaction sur la poutre paliers des escaliers à l'ELS.

De la même manière que pour l'ELU.

$M_0 = 2061,1 \times \frac{2,95^2}{8} = 2242,1 \text{ kgm} \Rightarrow M_t = 0,85 M_0 = 1905,78 \text{ kgm}$
 $M_a = -0,3 M_0 = 672,63 \text{ kgm}$.

* Contrainte de compression du béton:

$du = \frac{\gamma u}{d} \leq \frac{\gamma - 1}{2} + \frac{f_{cB}}{100}$ $du = 0,1425$ calculé. - $\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = \frac{2586}{1905,78} = 1,36$.
 $du \ll \frac{1,36 - 1}{2} + 0,25 = 0,43$. \Rightarrow Inutile de procéder à cette vérification.

* Déformation: (B 6-5 BAEL 83).

$\frac{h}{l} = \frac{25}{295} = 0,085 \geq \frac{M_t}{10 M_0} = 0,085$ Verifiée.

$\frac{h}{l} = 0,085 > \frac{1}{16} = 0,063$ Verifiée.

$\frac{A}{b_0 d} \leq \frac{4,2}{f_c}$ soit: $\frac{4,62}{35 \times 22} = 0,06 < 0,0105$ Verifiée.

Ces conditions non vérifiées nous dispensent de procéder à la vérification de la flèche.

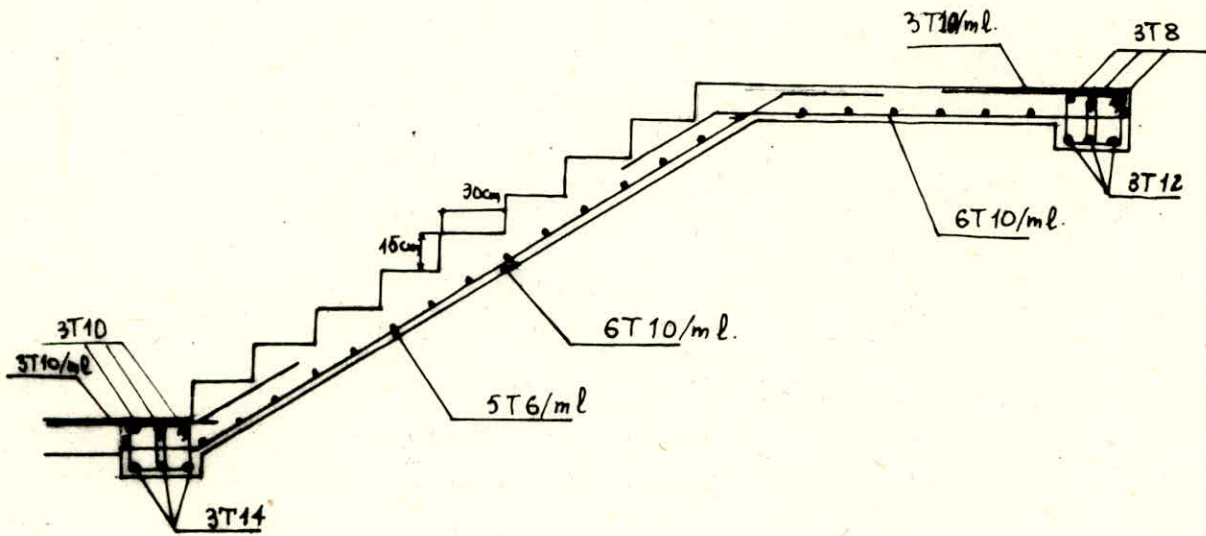
Poutre Lalière B:

De la même manière pour la Poutre Lalière A. on a calculé la Poutre Palière B on a prvu.

en travée: $3T12 = 3,39 \text{ cm}^2$ e

A l'appui: $3T8 = 1,51 \text{ cm}^2$.

Toutes les vérifications faites pour la Poutre Palière A sont satisfaites pour la Poutre Palière B.



ETUDE AU SEIME

CALCUL DES RIGIDITES.

Le calcul des rigidités et des sollicitations sous les charges horizontales est fait suivant la méthode de Muto.

Exposé de la Méthode:

C'est une méthode approchée permettant l'analyse d'une structure autostable sollicitée par des efforts horizontaux. Elle se base sur les rigidités de niveau. Elle permet en premier lieu de distribuer les efforts horizontaux de niveau aux portiques et d'en déduire ensuite les moments flechissants dans les poteaux et les loutres.

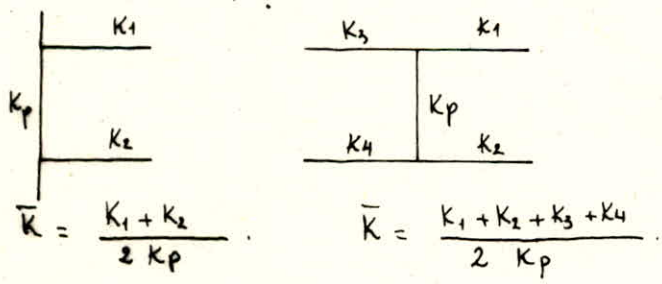
Conditions d'Application:

- Bâtiments à étages rigides dans leurs plans, ayant une structure en portique.
- Les raideurs ($\frac{I}{h}$) des loutres ne doivent pas être plus faibles devant celles des poteaux. En tout nœud on doit avoir $K \geq 0,2$.
- Les raideurs des travées adjacentes ne doivent être trop différentes (Rapport entre 0,5).
- La raideur des poteaux ne doit pas varier beaucoup d'un niveau à l'autre (Rapport entre 0,5).
- Pas de variation brusque d'un niveau à l'autre.

Etapes de calcul:

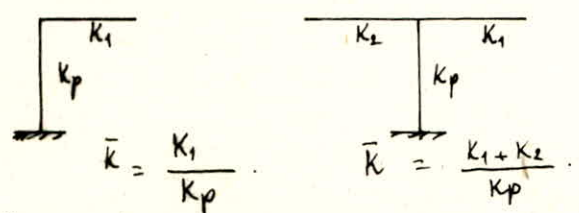
- calculer les rigidités linéaires des poteaux ($\frac{I}{h}$) et des loutres ($\frac{I}{l}$) dans les deux sens.
- calculer les coeffs \bar{K} et des coeffs de correction a_j dans les deux sens.
- calculer les raideurs corrigées des poteaux dans les deux sens.
- calculer la rigidité de niveau dans les deux sens.
- calculer les centres de masse et de torsion des les deux sens.
- calculer la rigidité à la torsion.

étage courant:



$$a_j = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$$

Premier niveau (R.D.C.):

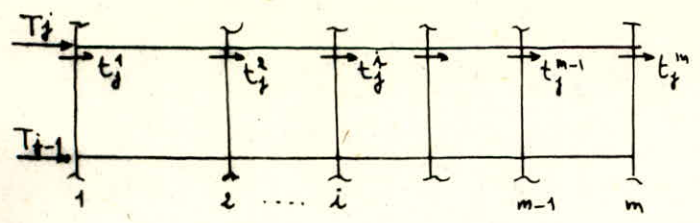


$$a_1 = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$$

Rigidité Relative de niveau: On appelle rigidité de niveau, celle qui produit sous l'effort tranchant T_j un déplacement relatif de niveau égal à l'unité.

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

Rigidité d'un poteau "i" appartenant au niveau "j".



$$r_j^i = \frac{T_j^i}{\delta_j} \implies R_j = \frac{\sum_{i=1}^m T_j^i}{\delta_j} = \frac{T_j}{\delta_j}$$

N.B: On suppose que tous les poteaux d'un niveau subissent le même déplacement.

Rigidité de niveau:

Un portique à plusieurs niveaux soumis à des forces horizontales a un déplacement δ_j qui se compose en

$$\delta_j = \delta_j^A + \delta_j^B + \delta_j^C \quad \delta_j^C = 0 \text{ si le nombre de nœuds } \leq 15.$$

- δ_j^A : déplacement en translation dû à la def. des potx.
- δ_j^B : " dû à la rotation des nœuds en fct de la rigidité.
- δ_j^C : " des consoles dû aux def. axiales relat. des potx tendus.

notre cas

$$\delta_j = \delta_j^A + \delta_j^B = \delta_j^A \left(1 + \frac{\delta_j^B}{\delta_j^A}\right) = \rho_j \delta_j^A \quad \rho_j = 1 + \frac{\delta_j^B}{\delta_j^A}$$

$$\implies R_j = \frac{T_j}{\delta_j} = \frac{1}{\rho_j} \frac{T_j}{\delta_j^A} = a_j \frac{T_j}{\delta_j^A} \quad a_j = \frac{1}{\rho_j} : \text{Coefficient de Correction}$$

Rigidité corrigée d'un poteau "i" de niveau "j":

$$r_j^i = a_j^i r_j^{i\infty} = \frac{12E}{h_j^2} a_j^i k_j^i \quad \text{avec } r_j^{i\infty} : \text{rigidité de poteau avec poutres infiniment rigides.}$$

Rigidité relative corrigée de niveau d'un portique:

$$R_j = \sum_{i=1}^m r_j^i = \sum \frac{12E}{h_j^2} a_j^i k_j^i = \frac{12E}{h_j^2} \sum_{i=1}^m a_j^i k_j^i \quad h_j = \text{cte}$$

soit:

$$R_j = 12E \frac{D_j}{h_j^2} \quad D_j = \sum_{i=1}^m a_j^i k_j^i$$

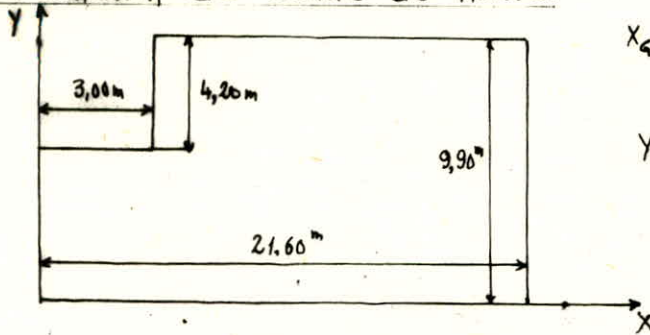
Determination de la rigidite' d'etage :

Niveau	6	5	4	3	2	1
$\sum R_{jx}^{(k)}$ (kg/cm)	225313,53	225313,53	225313,53	225313,53	225313,53	271910,16
$\sum R_{jy}^{(k)}$ (kg/cm)	183084,77	183084,77	183084,77	183084,77	183084,77	239962,47

$$R_{jx}^{(k)} = 2R_{jx}^{(k)} + R_{jc}^{(k)}$$

$$R_{jy}^{(k)} = 7R_{jy_1}^{(k)} + R_{jy_8}^{(k)}$$

Determination du centre de Masse.



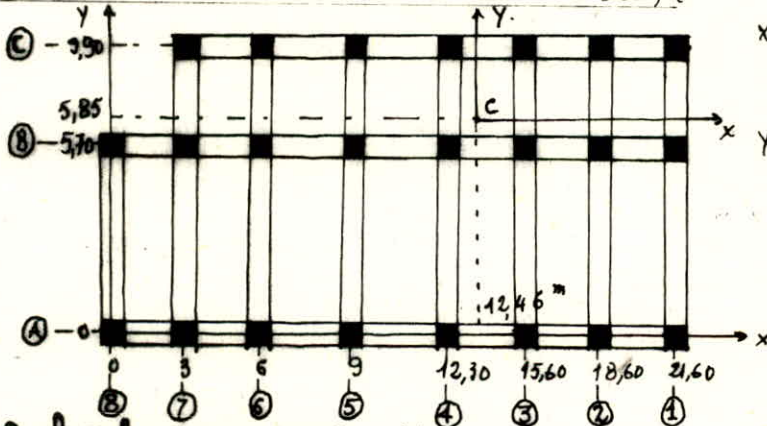
$$X_G = \frac{\sum S_i x_i}{\sum S_i} = \frac{21,60 \times 9,90 - 4,20 \times \frac{3^2}{2}}{21,60 \times 9,90 - 4,20 \times 3} = 11,38 \text{ m}$$

$$Y_G = \frac{\sum S_i y_i}{\sum S_i} = \frac{21,60 \times \frac{9,90^2}{2} - 4,20 \times 3 \times (5,70 + \frac{4,20}{2})}{21,60 \times 9,90 - 4,20 \times 3}$$

$$Y_G = 4,77 \text{ m}$$

$$G \left| \begin{array}{l} X_G = 11,38 \text{ m} \\ Y_G = 4,77 \text{ m} \end{array} \right.$$

Determination du centre de torsion :



Niveau 6-5-4-3-2

$$X_{Cj} = \frac{24320,7(3+6+9+12,30+15,60+18,60+21,60)}{183084,77} = 11,43 \text{ m}$$

$$X_{Cj} = 11,43 \text{ m}$$

$$Y_{Cj} = \frac{78669,28 \times 5,70 + 9,90 \times 67974,97}{225313,53} = 4,98 \text{ m}$$

Niveau 1

$$X_{Cj} = \frac{31628,79(3+6+9+12,30+15,60+18,60+21,60)}{239962,47}$$

$$X_{Cj} = 11,35 \text{ m}$$

$$Y_{Cj} = \frac{94804,03 \times 5,70 + 82302,10 \times 9,90}{271910,16} = 4,98 \text{ m}$$

Calcul des excentricites entre les deux centres (masse et torsion).

Selon RPA 81, il existe en chaque niveau et dans chaque direction x et y. Une excentricite des forces horizontales par rapport au CDT. egale a :

- 0,05 = Max(Lx; Ly).

- excentricite theorique.

On prend alors : longitudinalement $e_x = \text{Sup}(\text{Max}(0,05L_x; 0,05L_y); |X_G - X_{Cj}|)$.
 transversement $e_y = \text{Sup}(\text{Max}(0,05L_x; 0,05L_y); |Y_G - Y_{Cj}|)$.

Niv	X _G (m)	X _{Cj} (m)	e _x (théor)	Y _G (m)	Y _{Cj} (m)	e _y (théor)	L _x (m)	L _y (m)	e _x (act)	e _y (act)
6-5-4-3-2	11,38	11,43	0,05	4,77	4,98	0,21	21,60	9,90	1,08	1,08
1	11,38	11,35	0,03	4,77	4,98	0,21	21,60	9,90	1,08	1,08

Coordonnées du CDT (d'après RPA).

Niv 6-5-4-3-2. $X_C = 11,38 + 1,08 = 12,46 \text{ m}$

$Y_C = 4,77 + 1,08 = 5,85 \text{ m}$

Niveau 1: $X_C = 11,38 + 1,08 = 12,46 \text{ m}$

$Y_C = 4,77 + 1,08 = 5,85 \text{ m}$.

Coordonnées des tortiques / Cxy.

$Y_A = -5,85 \text{ m}; Y_B = -0,15 \text{ m}; Y_C = +4,05 \text{ m}$

$X_1 = +9,14 \text{ m}; X_2 = +6,14 \text{ m}; X_3 = +3,14 \text{ m}; X_4 = -0,16 \text{ m}; X_5 = -3,46 \text{ m}; X_6 = -6,46 \text{ m}; X_7 = -9,46 \text{ m}; X_8 = -12,46 \text{ m}$

Rigidite' a la torsion: $R_{j\theta} = \sum_{j=1}^8 R_{jx}^t Y_j^2 + \sum_{i=1}^6 R_{iy}^t X_i^2$

Niveau 6-...-2: $R_{j\theta} = 12,47 \times 10^{10} \text{ kg.cm}$

Niveau 1: $R_{j\theta} = 16,15 \times 10^{10} \text{ kg.cm}$

PORTIQUES A-A, B-B Rigidité Relative.

Niv	Podx	\bar{K}	K_p	a_j	$a_j K_p$	D_j	$R_j (kg/cm)$
6	1	1,49	417	0,427	178,06	1834,41	78669,28
	2	2,98	"	0,598	249,37		
	3	2,85	"	0,588	246,20		
	4	2,71	"	0,575	239,78		
	5	2,85	"	0,588	245,20		
	6	2,98	"	0,598	249,37		
	7	2,98	"	0,598	249,37		
	8	1,49	"	0,427	178,06		
1	1	1,49	"	0,570	237,89	2210,64	94804,03
	2	2,98	"	0,699	291,52		
	3	2,85	"	0,691	288,01		
	4	2,71	"	0,682	284,30		
	5	2,85	"	0,691	288,01		
	6	2,98	"	0,699	291,52		
	7	2,98	"	0,699	291,52		
	8	1,49	"	0,570	237,89		

PORTIQUE C-C : Rigidité Relative.

Niv	Podx	\bar{K}	K_p	a_j	$a_j K_p$	D_j	$R_j (kg/cm)$
6	1	1,49	417	0,427	178,06	1585,04	67974,97
	2	2,98	"	0,598	249,37		
	3	2,85	"	0,588	245,20		
	4	2,71	"	0,575	239,78		
	5	2,85	"	0,588	245,20		
	6	2,98	"	0,598	249,37		
	7	1,49	"	0,427	178,06		
1	1	1,49	"	0,570	237,89	1913,12	82302,10
	2	2,98	"	0,699	291,52		
	3	2,85	"	0,691	288,01		
	4	2,71	"	0,682	284,30		
	5	2,85	"	0,691	288,01		
	6	2,98	"	0,699	291,52		
	7	1,49	"	0,570	237,89		

PORTIQUE 8-8 Rigidité relative

Niv	Podx	\bar{K}	K_p	a_j	$a_j K_p$	D_j	$R_j (kg/cm)$
6	A	1,12	417	0,359	149,70	298,40	12839,87
	B	1,12	"	0,359	149,70		
1	A	1,12	"	0,519	216,40	432,80	17660,94
	B	1,12	"	0,519	216,40		

PORTIQUES 1-1 7-7 : Rigidité relative

Niv	Podx	\bar{K}	K_p	a_j	$a_j K_p$	D_j	$R_j (kg/cm)$
6	A	1,12	417	0,359	149,70	567,11	24329,70
	B	2,64	"	0,599	237,27		
	C	1,52	"	0,422	180,14		
1	A	1,12	"	0,519	216,40	737,52	31628,79
	B	2,64	"	0,676	282,02		
	C	1,52	"	0,573	239,09		

ETUDE AU SEISME

Le séisme par ses secousses engendre dans les constructions des altérations particulières pouvant atteindre parfois l'ordre de grandeur de la gravité. Il en résulte des efforts pouvant s'exercer dans des directions aléatoires.

Voici par ailleurs quelques recommandations de Conception de Bâtiments:

- Réduire autant que possible les ensembles massifs équilibrés.
- Réaliser des nœuds rigides ainsi qu'une bonne disposition des armatures.
- Abaisser autant que possible le centre de gravité de la construction.
- La longueur de recouvrement des barres d'attente doit avoir au moins $50 \phi_{max}$.
- Réaliser des contreventements dans les deux sens.

Principe de calcul :

On va faire un calcul simplifié en substituant aux effets dynamiques réels, des sollicitations statiques basées sur des coefficients (A, D, B, Q).

Ce calcul n'est valable que si les conditions suivantes sont vérifiées:

- 1/ Le bâtiment à une hauteur inférieure à 45m en Zone II.
(Notre bâtiment à une hauteur y compris l'acrotère: 18,90m)
- 2/ La forme du bâtiment est simple, symétrique, proche d'un rectangle ayant des parties en saillies en retrait ne dépassant pas 25% des dimensions du rectangle inscrit de référence dans le sens considéré.
($3m < \frac{18,60}{4} = 4,65m$)
- 3/ Dans le cas des décrochements en élévation, la variation des dimensions dans les deux sens ne dépasse pas 25% entre deux niveaux adjacents et ne s'effectuent que dans le sens de la réduction: (Pas de décrochements)
- 4/ La distance entre le CDTV et le CDM ne dépasse pas en aucun niveau 20% de la largeur effective du bâtiment mesurée perpendiculairement à la direction de l'action sismique (- Vérifiée).
- 5/ Le rapport masse sur rigidité ne dépasse pas 25% dans chaque direction pour deux niveaux successifs. (Vérifiée).
- 6/ Même degré d'amortissement à tous les niveaux (m type de contreventement).
- 7/ La structure ne doit pas présenter plusieurs degrés de libertés dans un même plan horizontal dans les deux sens. (Vérifiée).
- 8/ La rigidité de deux niveaux successifs ne doit pas varier plus de 25% dans les deux sens (Vérifiée).

Calcul des forces sismiques:

L'intensité de la force moyenne est donnée

par : $V = A D B Q W$

- A: Coefficient de l'accélération dans la zone. Notre cas : $A = 0,15$ | gr. d'usage 2
 B: facteur de comportement de la structure. Notre cas $B = \frac{1}{4}$ | Zone II. structure auto stable.
 D: facteur d'amplification dynamique : d'après le type de sol en fonction de la période:

$$T = \frac{0,09H}{\sqrt{L}}$$

H: hauteur totale du Bâtiment $H = 18,90m$.
 L: dimension du Bat. ds le sens considéré.

Sens Long : $L = 21,60m \Rightarrow T = \frac{0,09 \cdot 18,90}{\sqrt{21,60}} = 0,36s \Rightarrow D = 2$ (Sol Meuble).

Sens trans : $L = 9,90m \Rightarrow T = \frac{0,09 \cdot 18,90}{\sqrt{9,90}} = 0,54s \Rightarrow D = 2$ (Sol Meuble).

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

P_q : pénalité à donner si le critère est observé ou non.

$P_q = 0$ critère observé $P_q = 0,1$ critère non observé.

q	critère	Longitudinalement		transversalement	
		critère observé	non observé	observé	non observé
1	Conditions minimales de files portuses.	0	0,1	0	0,1
2	Surabondance en plan	0	0,1	0	0,1
3	symétrie en plan	0	0,1	0	0,1
4	Régulation en élévation	0	0,1	0	0,1
5	Contrôle de la qualité des matériaux	0	0,1	0	0,1
6	Contrôle de la qualité de la construction	0	0,1	0	0,1
		Σ		Σ	
			0,2		0,2

sens longitudinal $Q = 1 + 0,2 = 1,2$
 sens transversal $Q = 1 + 0,2 = 1,2$

W : Poids total de la Construction. (On a pris 20% de la surcharge).

Surface totale : $S = 21,95 \times 10,25 = 4,55 \times 3,10 = 211,34 \text{ m}^2$
 surface de Balcons : $1,42 \times (9,60 + 6,30 + 3,00) = 26,93 \text{ m}^2$
 Périmètre extérieur : $(21,95 + 10,25) \times 2 = 64,40 \text{ m}$
 Périmètre de Balcons : $9,60 + 6,30 + 3,00 + 5 \times 1,42 = 26,025 \text{ m}$

Niveau 6 :

- Acrotère : $0,1 \times 0,9 \times 64,4 \times 2,5 =$	14,5 t.	$\Sigma = 243,63 \text{ t}$
- Plancher terrasse $211,34 \times 0,552$	116,66 t.	
- Poutres portuses : $0,35 \times 0,45 (7 \times 9,90 + 570) \times 2,5$	29,53 t.	
- " non " $0,40 \times 0,35 (21,60 + 2 \times 18,60) \times 2,5$	21,63 t.	
- $\frac{1}{2}$ poteaux $0,35^2 \times 1,5 \times 23 \times 2,5$	10,57 t.	
- Courte Balcon $26,95 \times 0,485$	13,06 t.	
* - $\frac{1}{2}$ escalier $\frac{1}{2} (0,697 \times 2,70 + 0,458 \times 1,30) \times 2,95$	3,64 t.	
- $\frac{1}{2}$ Murs extérieurs : $1,5 \times 64,40 \times 0,253$	24,44 t.	
- $\frac{2}{5} P$ (Plancher; escalier; Acrotère) : $4,02 + 2,94 + 1,13$	8,09	

Niveaux : 5-4-3-2.

- Plancher : $0,45 \times (211,34 - 2,95 \times 4)$	39,80 t.	$\Sigma = 253,63 \text{ t}$
- Poutres portuses & non portuses	51,16 t.	
- Poteaux	21,14 t.	
- Balcons - escalier - Murs exts : $13,06 + 7,28 + 48,90 =$	69,24 t.	
- $\frac{P}{5}$ (Plancher + escalier; Balcons)	22,29 t.	

Niveau 1 :

$253,63 + \frac{1}{2} W_{potx} = 253,63 + 10,57$ 264,20 t.

$W = 243,61 + 5 \times 253,63 + 10,57 = 1522,33 \text{ t}$.

soit

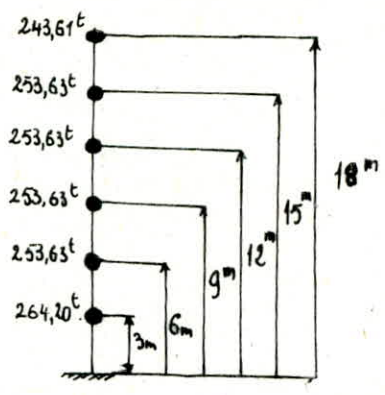
$V_t = ABD_t Q_t W = 0,15 \times 0,25 \times 2 \times 1,2 \times 1522,33 = 137,01 \text{ t}$: sens transversal
 $V_L = ABD_L Q_L W = 0,15 \times 0,25 \times 2 \times 1,2 \times 1522,33 = 137,01 \text{ t}$: sens Longitudinal.

Les forces V_t et V_L doivent être distribuées aux x différents planchers selon :

$$F_k = \frac{(V - F_t) W_k h_k}{\sum_{k=1} W_k h_k} = \frac{V \times W_k h_k}{\sum_{k=1} W_k h_k} \quad \text{car } T < 0,75 \text{ dans les deux sens.}$$

du fait de la présence du voile périphérique qui entoure le vide sanitaire. On a supposé le niveau de base au niveau RDC.

Niveau	6	5	4	3	2	1
W_k (t)	243,61	253,63	253,63	253,63	253,63	264,20
h_k (m)	18	15	12	9	6	3
$W_k h_k$	4384,98	3804,45	3043,56	2282,67	1521,78	792,6
F_k	37,95	32,93	26,34	19,76	13,17	6,86
$\sum F_k$	37,95	70,88	97,22	116,98	130,15	137,01



Déplacement Horizontal (A.3.3.7 RPA 81).

Le calcul des déplacements horizontaux est dans le but d'éviter les désordres dans les éléments de remplissage. Le déplacement relatif corrigé par étage selon le RPA doit être au plus égale à $0,0075 h_e$ (h_e : hauteur d'étage).

$$\delta_{jc} = \frac{1}{2B} \frac{T_d}{R_j} < 0,0075 h_e = \bar{\delta}_j \quad B = \frac{1}{4}$$

Sens	Longitudinal				transversal.			
	$R_{jx} (\frac{kg}{cm})$	$V_{jx} (kg)$	$\delta_{jx} (cm)$	$\bar{\delta}_{jx} (cm)$	$R_{jy} (\frac{kg}{cm})$	$V_{jy} (kg)$	$\delta_{jy} (cm)$	$\bar{\delta}_{jy} (cm)$
6	225313,53	3795	0,34	2,25	183084,77	3795	0,42	2,25
5	225313,53	7088	0,63	2,25	183084,77	7088	0,77	2,25
4	225313,53	9722	0,86	2,25	183084,77	9722	1,06	2,25
3	225313,53	11698	1,04	2,25	183084,77	11698	1,28	2,25
2	225313,53	13015	1,16	2,25	183084,77	13015	1,42	2,25
1	271910,16	13701	1,01	2,25	239962,47	13071	1,50	2,25

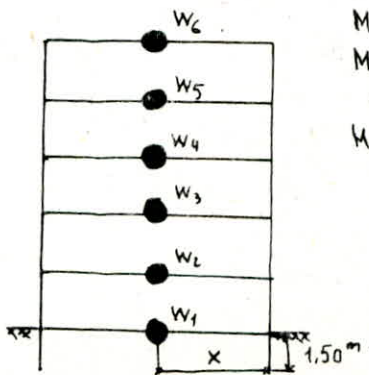
On voit que dans les deux sens et à tous les niveaux

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

Vérification au Renversement (A.3.3.6 RPA 81).

Chaque structure doit résister aux efforts de renversement causés par les efforts horizontaux. On suppose que les masses sont appliquées au CDM de chaque plancher.

Niv	1	2	3	4	5	6
F_k	6,86	13,17	19,76	26,34	32,93	37,95
h_k	3	6	9	12	15	18
$F_k h_k$	20,58	79,02	177,84	316,08	493,95	684,10
$V = \sum F_k$		137,01				
$x V_2 (20,52m)$		205,52				



$M_{renv} = 1977,09 \text{ tm}$
 $M_{res} = 1522,33 \times \frac{21,60}{2} = 16441,16 \text{ tm}$ (Sens Longitudinal)
 $M_{res} = 1533,33 \times \frac{9,90}{2} = 7535,53 \text{ tm}$ (Sens trans v.)

$$F = \frac{M_{red}}{M_{renv}} = 8,32 \text{ (S.L.)}$$

$$F = \frac{M_{res}}{M_{renv}} = 3,81 \text{ (S.E.)}$$

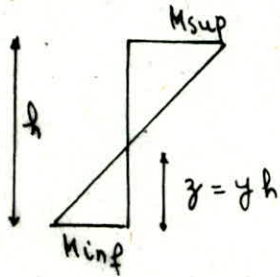
$F > 1,5$ dans les deux sens.

$$V_2 + \sum_{k=1}^6 F_k h_k = 205,52 + 1771,57 = 1977,09 \text{ tm}$$

L'effort tranchant revenant à un poteau i appartenant à un portique de niveau j

$$V_{ij} = V_j \frac{\sum_{i=1}^m R_{ij}}{\sum_{i=1}^m R_{ij}} = V_j \frac{a_{ik_i}}{D_j} \quad D_j = \sum_{i=1}^m a_{ik_i}$$

Détermination de la position de moment nul.



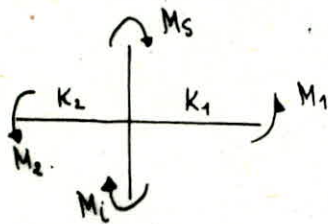
$$z = y h \quad \text{avec} \quad y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$$

les coeffs y_i ($0 \leq i \leq 3$) sont donnés par des tableaux.

$$M_{sup} = V_{ij} (h - z)$$

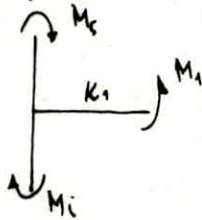
$$M_{inf} = V_{ij} z$$

calcul des moments dans les poutres:



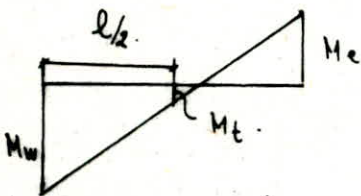
$$M_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} (M_s + M_i)$$

$$M_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2} (M_s + M_i)$$



$$M_1 = M_s + M_i \quad M_2 = 0$$

Moment en travée:



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

Effort tranchant: pour une travée considérée de longueur l .

$$T = - \left(\frac{M_e + |M_w|}{l} \right)$$

Effort Normal dans les poteaux: pour un nœud "i":

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

$N > 0$ Compression
 $N < 0$ traction

Distribution des efforts sismiques: Portiques Longitudinaux. et transversaux

NIV	R_{xy}	Z_{xy}	C_x	V_{ix}	Portique	R_{ij}	X_{ij}	T_1	T_2	T_1+T_2	
0	12.41.10 ¹⁰	83083,78	-108	379,50		1	24320,70	914	50,40	-7,30	50,40
						2	24320,70	614	50,40	-5,00	50,40
						3	24320,70	314	50,40	-2,50	50,40
						4	24320,70	-16	50,40	+0,94	51,30
						5	24320,70	-346	50,40	2,80	53,20
						6	24320,70	-646	50,40	5,20	55,60
						7	24320,70	-946	50,40	7,60	58,00
						8	12839,87	-1246	26,50	5,30	31,80
1	12.41.10 ¹⁰	183083,78	-108	708,80		1	24320,70	914	94,10	-13,70	94,10
						2	24320,70	614	94,10	-9,20	94,10
						3	24320,70	314	94,10	-4,80	94,10
						4	24320,70	-16	94,10	+0,27	94,40
						5	24320,70	-346	94,10	5,20	99,30
						6	24320,70	-646	94,10	9,70	103,80
						7	24320,70	-946	94,10	14,20	108,30
						8	12839,87	-1246	49,70	9,70	59,40
4	12.41.10 ¹⁰	183083,78	-108	972,20		1	24320,70	914	129,20	-18,80	129,20
						2	24320,70	614	129,20	-12,70	129,20
						3	24320,70	314	129,20	-6,50	129,20
						4	24320,70	-16	129,20	+0,37	129,60
						5	24320,70	-314	129,20	7,10	136,30
						6	24320,70	-646	129,20	13,30	142,50
						7	24320,70	-946	129,20	19,50	148,70
						8	12839,87	-1246	68,20	13,60	81,80
3	12.41.10 ¹⁰	183083,78	-108	1168,80		1	24320,70	914	155,40	-22,70	155,40
						2	24320,70	614	155,40	-15,20	155,40
						3	24320,70	314	155,40	-7,80	155,40
						4	24320,70	-16	155,40	+0,37	155,80
						5	24320,70	-314	155,40	8,60	164,00
						6	24320,70	-646	155,40	16,00	171,00
						7	24320,70	-946	155,40	23,40	178,80
						8	12839,87	-1246	82,10	16,30	98,40
2	12.41.10 ¹⁰	183083,78	-108	1301,50		1	24320,70	914	172,90	-25,20	172,90
						2	24320,70	614	172,90	-16,90	172,90
						3	24320,70	314	172,90	-8,70	172,90
						4	24320,70	-16	172,90	0,45	173,40
						5	24320,70	-314	172,90	9,60	182,50
						6	24320,70	-646	172,90	17,80	190,70
						7	24320,70	-946	172,90	26,00	198,90
						8	12839,87	-1246	91,20	18,00	109,30
1	16.15.10 ¹⁰	239962,46	-108	1370,10		1	31628,79	914	180,60	-26,50	180,60
						2	31628,79	614	180,60	-17,80	180,60
						3	31628,79	314	180,60	-9,10	180,60
						4	31628,79	-16	180,60	0,46	181,10
						5	31628,79	-314	180,60	10,03	190,60
						6	31628,79	-646	180,60	18,70	199,30
						7	31628,79	-946	180,60	27,40	208,00
						8	18560,94	-1246	106,00	21,20	127,20

Efforts sismiques dans les Portiques
Longitudinaux: A.A; B.B; C.C

NIV	R_{ij}	Z_{ij}	C_x	V_{ix}	Porti	R_{ix}	X_{ij}	T_1	T_2	T_1+T_2
6	12.41.10 ¹⁰	25333,58	-108	379,50	A	78669,28	-585	13,350	+16,20	147,70
					B	78669,28	-15	13,250	+0,40	134,90
					C	67974,97	+405	114,50	-9,10	114,50
5	12.41.10 ¹⁰	25333,58	-108	708,80	A	78669,28	-585	247,50	+28,40	275,90
					B	78669,28	-15	247,50	+0,70	248,20
					C	67974,97	+405	213,80	-17,00	213,80
4	12.41.10 ¹⁰	25333,58	-108	972,20	A	78669,28	-585	339,40	+38,90	378,30
					B	78669,28	-15	339,40	+1,00	340,40
					C	67974,97	+405	293,30	-23,30	293,30
3	12.41.10 ¹⁰	25333,58	-108	1168,80	A	78669,28	-585	408,40	+46,90	453,30
					B	78669,28	-15	408,40	+1,20	409,60
					C	67974,97	+405	352,90	-28,00	352,90
2	12.41.10 ¹⁰	25333,58	-108	1301,50	A	78669,28	-585	454,40	+52,10	506,50
					B	78669,28	-15	454,40	+1,30	455,70
					C	67669,28	+405	392,70	-31,20	392,70
1	16.15.10 ¹⁰	239962,46	-108	1370,10	A	94804,03	-585	477,70	+50,80	528,50
					B	94804,03	-15	477,70	+1,30	477,70
					C	94804,03	+405	414,70	-30,50	414,70

- 29 -
 Portiques B.B & C.C Moments dans les poteaux.

Portique B.B										Portique C.C										
Niv	D _i	T _{ix} (KN)	P ₂	K _i	a _i K _i P _i	t _{ij} (KN)	γ = Σγ _i	M _{inf} (KNM)	M _{sup} (KNM)	D _i	T _{ix} (KN)	P ₂	K _i	a _i K _i P _i	t _{ij} (KN)	γ = Σγ _i	M _i (KNM)	M _S (KNM)		
6	1834.41	147.70		1	1.49	178.06	14.30	0.38	16.30	26.70	1585.04	114.50		1	1.49	178.06	12.86	0.38	14.66	23.92
				2	2.98	249.37	20.10	0.42	25.30	34.90				2	2.98	249.37	18.01	0.43	23.24	30.80
				3	2.85	245.20	19.70	0.42	24.90	34.40				3	2.85	245.30	17.71	0.43	22.85	30.29
				4	2.71	239.78	19.30	0.42	24.30	33.60				4	2.71	239.78	17.32	0.43	22.34	29.62
				5	2.85	245.20	19.70	0.42	24.90	34.40				5	2.85	245.30	17.71	0.43	22.85	30.29
				6	2.98	249.37	20.10	0.42	25.30	34.90				6	2.98	249.37	18.01	0.43	23.24	30.80
				7	2.98	249.37	20.10	0.42	25.30	34.90				7	1.49	178.06	12.86	0.38	14.66	23.92
				8	1.49	178.06	14.30	0.38	16.30	26.70										
5	1834.41	275.90		1	1.49	178.06	26.80	0.45	36.20	44.20	1585.04	213.80		1	1.49	178.06	24.02	0.45	32.42	39.63
				2	2.98	249.37	37.50	0.48	42.80	69.80				2	2.98	249.37	33.64	0.48	48.44	52.47
				3	2.85	245.20	36.90	0.48	42.00	68.60				3	2.85	245.30	33.07	0.48	47.63	51.66
				4	2.71	239.78	36.10	0.48	41.10	67.10				4	2.71	239.78	32.34	0.48	46.57	50.46
				5	2.85	245.20	36.90	0.48	42.00	68.60				5	2.85	245.30	33.07	0.48	47.63	51.66
				6	2.98	249.37	37.50	0.48	42.80	69.80				6	2.98	249.37	33.64	0.48	48.44	52.47
				7	2.98	249.37	37.50	0.48	42.80	69.80				7	1.49	178.06	24.02	0.45	32.42	39.63
				8	1.49	178.06	26.80	0.45	36.20	44.20										
4	1834.41	378.30		1	1.49	178.06	36.72	0.48	52.88	57.28	1585.04	293.30		1	1.49	178.06	32.95	0.48	47.45	51.40
				2	2.98	249.37	51.43	0.50	77.14	77.14				2	2.98	249.37	46.14	0.50	69.22	69.22
				3	2.85	245.20	50.57	0.50	75.85	75.85				3	2.85	245.30	45.37	0.50	68.06	68.06
				4	2.71	239.78	49.45	0.50	74.17	74.17				4	2.71	239.78	44.37	0.50	66.55	66.55
				5	2.85	245.20	50.57	0.50	75.85	75.85				5	2.85	245.30	45.37	0.50	68.06	68.06
				6	2.98	249.37	51.43	0.50	77.14	77.14				6	2.98	249.37	46.14	0.50	69.22	69.22
				7	2.98	249.37	51.43	0.50	77.14	77.14				7	1.49	178.06	32.95	0.48	47.45	51.40
				8	1.49	178.06	36.72	0.48	52.88	57.28										
3	1834.41	455.30		1	1.49	178.06	44.19	0.50	66.29	66.29	1585.04	352.90		1	1.49	178.06	39.64	0.50	59.47	59.47
				2	2.98	249.37	61.89	0.50	92.84	92.84				2	2.98	249.37	55.52	0.50	83.28	83.28
				3	2.85	245.20	60.86	0.50	91.29	91.29				3	2.85	245.30	54.59	0.50	81.89	81.89
				4	2.71	239.78	59.51	0.50	89.27	89.27				4	2.71	239.78	53.39	0.50	80.08	80.08
				5	2.85	245.20	60.86	0.50	91.29	91.29				5	2.85	245.30	54.59	0.50	81.89	81.89
				6	2.98	249.37	61.89	0.50	92.84	92.84				6	2.98	249.37	55.52	0.50	83.28	83.28
				7	2.98	249.37	61.89	0.50	92.84	92.84				7	1.49	178.06	39.64	0.50	59.47	59.47
				8	1.49	178.06	44.19	0.50	66.29	66.29										
2	1834.41	506.50		1	1.49	178.06	49.16	0.50	73.75	73.75	1585.04	392.70		1	1.49	178.06	44.12	0.50	66.17	66.17
				2	2.98	249.37	68.85	0.50	103.28	103.28				2	2.98	249.37	61.78	0.50	92.67	92.67
				3	2.85	245.20	67.70	0.50	101.55	101.55				3	2.85	245.30	60.75	0.50	91.12	91.12
				4	2.71	239.78	66.21	0.50	99.31	99.31				4	2.71	239.78	59.41	0.50	89.11	89.11
				5	2.85	245.20	67.70	0.50	101.55	101.55				5	2.85	245.30	60.75	0.50	91.12	91.12
				6	2.98	249.37	68.85	0.50	103.28	103.28				6	2.98	249.37	61.78	0.50	92.67	92.67
				7	2.98	249.37	68.85	0.50	103.28	103.28				7	1.49	178.06	44.12	0.50	66.17	66.17
				8	1.49	178.06	49.16	0.50	73.75	73.75										
1	2240.64	528.50		1	1.49	237.89	56.87	0.63	107.49	63.13	1912.12	414.70		1	1.49	237.89	51.41	0.63	97.16	57.06
				2	2.98	291.52	69.69	0.55	115.00	94.09				2	2.98	291.52	62.99	0.55	103.94	85.06
				3	2.85	288.01	68.85	0.56	115.68	94.89				3	2.85	288.01	62.24	0.56	104.56	82.15
				4	2.71	284.30	67.97	0.56	114.19	114.19				4	2.71	284.30	61.43	0.56	103.21	81.09
				5	2.85	288.01	68.85	0.56	115.68	94.89				5	2.85	288.01	62.24	0.56	104.56	82.15
				6	2.98	291.52	69.69	0.55	115.00	94.09				6	2.98	291.52	62.99	0.55	103.94	85.06
				7	2.98	291.52	69.69	0.55	115.00	94.09				7	1.49	237.89	51.41	0.63	97.16	57.06
				8	1.49	237.89	56.87	0.63	107.49	63.13										

Portique B.B: Moments aux nœuds, entravée; efforts tranchants des les Poutres; Nds les P

Nœud	M _{sup} (KNM)		M _{inf} (KNM)		travée	M _{travée} (KNM)		T (KN)	N (KN)				
	M _{gauche}	M _{droite}	M _{gauche}	M _{droite}		M _{gauche}	M _{droite}		N	N _{sup}	N _{ca}		
6	1		26,70	26,70	1-2	26,70	-17,45	4,63	-14,73	1	-14,72		-14,72
	2		34,90	17,45	2-3	17,45	-18,02	-0,29	-11,82	2	2,90		2,90
	3		34,40	16,38	3-4	16,38	-16,80	-0,21	-10,05	3	1,77		1,77
	4		33,60	16,80	4-5	16,80	-16,38	0,21	-10,05	4	0,00		0,00
	5		34,40	18,02	5-6	18,02	-17,45	0,29	-11,82	5	-1,77		-1,77
	6		34,90	17,45	6-7	17,45	-17,45	0	-11,63	6	-1,77		0,19
	7		34,90	17,45	7-8	17,45	-26,70	-4,63	-14,72	7	0,19		-3,09
	8		26,70			26,70				8	14,72		14,72
5	1	16,30	44,20	60,50	1-2	60,50	-47,55	6,48	-36,02	1	-36,02	-14,72	-50,74
	2	25,30	69,80	47,55	2-3	47,55	-48,98	-0,72	-32,18	2	3,84	2,90	6,74
	3	24,90	68,60	44,52	3-4	44,52	-47,70	-0,59	-27,34	3	4,84	1,77	6,61
	4	24,30	67,10	45,70	4-5	45,70	-44,52	0,59	-27,34	4	0,00	0,00	0,00
	5	24,90	68,60	48,98	5-6	48,98	-47,55	0,72	-32,18	5	-4,84	-1,77	-6,61
	6	25,30	69,80	47,55	6-7	47,55	-47,55	0,00	-31,70	6	0,48	0,19	0,67
	7	25,30	69,80	47,55	7-8	47,55	-60,50	-6,48	-36,02	7	-4,32	-3,09	-7,41
	8	16,30	44,20			60,50				8	36,02	14,72	50,74
4	1	36,20	57,28	93,48	1-2	93,48	-59,97	16,76	-51,15	1	-51,15	-50,74	-101,89
	2	42,80	77,14	59,97	2-3	59,97	-61,73	-0,88	-40,57	2	10,58	6,74	17,32
	3	42,00	76,85	56,12	3-4	56,12	-57,64	-0,76	-34,47	3	6,10	6,61	12,71
	4	41,10	74,17	57,64	4-5	57,64	-56,12	0,76	-34,47	4	0,00	0,00	0,00
	5	42,00	75,85	61,75	5-6	61,75	-59,97	0,88	-40,57	5	-6,10	-6,61	-12,71
	6	42,80	77,14	59,97	6-7	59,97	-59,97	0,00	-39,98	6	0,59	0,67	1,26
	7	42,80	77,14	59,97	7-8	59,97	-93,48	-16,76	-51,15	7	-11,17	-7,41	-18,58
	8	36,20	57,28			93,48				8	51,15	50,74	101,89
7	1	52,88	66,28	119,16	1-2	119,16	-84,99	17,09	-68,05	1	-68,05	-101,89	-169,94
	2	77,14	92,84	84,99	2-3	84,99	-87,55	-1,28	-57,51	2	10,54	17,32	27,86
	3	75,85	91,29	79,59	3-4	79,59	-81,72	-1,07	-48,88	3	8,63	12,71	21,34
	4	74,17	89,27	81,72	4-5	81,72	-79,59	1,07	-48,88	4	0,00	0,00	0,00
	5	75,85	91,27	87,55	5-6	87,55	-84,99	1,28	-57,51	5	-8,63	-12,71	-21,34
	6	74,14	92,84	84,99	6-7	84,99	-84,99	0,00	-56,66	6	0,91	1,26	2,17
	7	74,14	92,84	84,99	7-8	84,99	-119,16	-17,09	-68,05	7	-11,39	-18,58	-29,97
	8	52,88	66,29			119,16				8	68,05	101,89	169,94
2	1	66,29	73,75	140,04	1-2	140,04	-98,06	20,99	-79,37	1	-79,37	-169,94	-249,31
	2	92,84	103,28	98,06	2-3	98,06	-101,01	-1,48	-66,36	2	13,01	27,86	40,87
	3	91,29	101,55	91,83	3-4	91,83	-94,29	-1,23	-56,40	3	9,96	21,34	31,30
	4	89,27	99,35	94,83	4-5	94,29	-91,83	1,23	-56,40	4	0,00	0,00	0,00
	5	91,27	101,28	101,01	5-6	101,01	-98,06	1,48	-66,36	5	-9,96	-21,34	-31,30
	6	92,84	103,28	98,06	6-7	98,06	-98,06	0,00	-65,37	6	0,99	2,17	3,16
	7	92,84	103,28	98,06	7-8	98,06	-140,04	-20,99	-79,37	7	-14,00	-29,97	-43,97
	8	66,29	73,75			140,04				8	79,37	169,94	249,31
1	1	73,75	63,13	136,88	1-2	136,88	-98,69	19,10	-78,52	1	-78,52	-249,31	-327,83
	2	103,28	94,09	98,69	2-3	98,69	-100,80	-1,06	-66,50	2	12,02	40,87	52,89
	3	101,55	90,89	91,64	3-4	91,64	-106,75	-7,56	-60,12	3	6,38	31,30	37,68
	4	99,31	114,19	106,75	4-5	106,75	-91,64	7,56	-60,12	4	0,00	0,00	0,00
	5	101,55	90,89	100,80	5-6	100,80	-98,69	1,06	-65,79	5	-6,38	-31,30	-37,68
	6	103,28	94,09	98,69	6-7	98,69	-98,69	0,00	-65,79	6	0,71	3,16	3,87
	7	103,28	94,09	98,69	7-8	98,69	-136,88	-19,10	-78,52	7	-12,73	-43,97	-56,70
	8	73,75	63,13			136,88				8	78,52	249,31	327,83

Portique c.c: Moments aux noeuds, entravée; efforts tranchants des Poutres
efforts normaux des poteaux.

noe	M ₁ (KNM)	M ₂ (KNM)	M ₃ (KNM)	M ₄ (KNM)	travée	M ₁ (KNM)	M ₂ (KNM)	M ₃ (KNM)	T(KN)	N(KN)	Nsup(KN)	Ncu(KN)		
6	1	23,92	23,92		1-2	23,92	-15,40	9,26	-13,11	1	-13,11	-13,11		
	2	30,80	15,40	15,40	2-3	15,40	-15,87	-0,24	-10,42	2	2,69	2,69		
	3	30,29	14,42	15,87	3-4	14,42	-14,81	-0,20	-8,86	3	1,56	1,56		
	4	29,62	14,81	14,81	4-5	14,81	-14,42	0,20	-8,86	4	0,00	0,00		
	5	30,29	15,87	14,42	5-6	15,87	-15,40	0,24	-10,42	5	-1,56	-1,56		
	6	30,80	15,40	15,40	6-7	15,40	-23,92	-4,26	-13,11	6	-2,69	-2,69		
	7	23,92		23,92						7	13,11		13,11	
5	1	14,66	39,63	54,29						1	-30,71	-13,11	-43,82	
	2	23,24	52,42	37,83	37,83	2-3	37,83	-39,00	-0,59	-25,61	2	5,10	2,69	7,79
	3	22,85	51,60	35,45	39,00	3-4	35,45	-36,40	-0,48	-21,77	3	3,84	1,56	5,40
	4	22,34	50,46	36,40	36,40	4-5	36,40	-35,45	0,48	-21,77	4	0,00	0,00	0,00
	5	22,85	51,60	39,00	35,45	5-6	39,00	-37,83	0,59	-25,61	5	-3,84	-1,56	-5,40
	6	23,24	52,47	37,83	37,83	6-7	37,83	-54,29	-8,23	-30,71	6	-5,10	-2,69	-7,79
	7	14,66	39,63		54,29						7	30,71	13,11	43,82
4	1	32,42	51,40	83,82						1	-47,55	-43,82	-91,37	
	2	48,44	69,22	58,83	58,83	2-3	58,83	-60,60	-0,89	-39,84	2	7,74	7,79	15,53
	3	47,63	68,06	55,09	60,60	3-4	55,09	-56,56	-0,74	-33,83	3	5,98	5,40	11,38
	4	46,57	66,55	56,56	56,56	4-5	56,56	-55,09	0,74	-33,83	4	0,00	0,00	0,00
	5	47,63	68,66	60,60	55,09	5-6	60,60	-58,83	0,89	-39,84	5	-5,98	-5,40	-11,38
	6	48,44	69,22	58,83	58,83	6-7	58,81	-83,82	-12,50	-47,55	6	-7,74	-7,79	-15,53
	7	32,42	51,40		83,82						7	47,55	43,82	91,37
3	1	47,45	59,47	106,92						1	-61,06	-91,37	-152,43	
	2	69,22	83,28	76,25	76,25	2-3	76,25	-78,52	-1,14	-51,59	2	9,47	15,53	25,60
	3	68,02	81,89	71,39	78,52	3-4	71,39	-73,32	-0,97	-43,85	3	7,74	11,38	19,12
	4	66,55	80,08	73,32	73,32	4-5	73,32	-71,39	0,97	-43,85	4	0,00	0,00	0,00
	5	68,06	81,89	78,52	71,39	5-6	78,52	-76,25	1,14	-51,59	5	-7,74	-11,38	-19,12
	6	69,22	83,28	76,25	76,25	6-7	76,25	-106,92	-15,34	-61,06	6	-9,47	-15,53	-25,00
	7	47,45	59,47		106,92						7	61,06	91,37	152,43
2	1	59,47	66,17	125,64						1	-71,21	-152,43	-223,64	
	2	83,28	92,67	87,98	87,98	2-3	87,98	-90,62	-1,32	-59,53	2	11,68	25,00	36,68
	3	81,89	91,12	82,39	90,62	3-4	82,39	-84,60	-1,11	-50,60	3	8,93	19,12	28,05
	4	80,08	89,11	84,60	84,60	4-5	84,60	-82,39	1,11	-50,60	4	0,00	0,00	0,00
	5	81,89	91,12	90,62	82,39	5-6	90,62	-87,98	1,32	-59,53	5	-8,93	-19,12	-28,05
	6	83,28	92,67	87,98	87,98	6-7	87,98	-125,65	-18,83	-71,21	6	-11,68	-25,00	-36,68
	7	59,47	66,17		125,64						7	71,21	152,43	223,64
1	1	66,17	57,06	123,23						1	-70,70	-223,64	-294,34	
	2	92,67	85,04	88,86	88,86	2-3	88,86	-90,76	-0,95	-59,87	2	10,83	36,68	47,51
	3	91,12	82,15	82,51	90,76	3-4	82,51	-89,10	-3,33	-52,00	3	7,87	28,05	35,92
	4	89,11	89,09	89,10	89,10	4-5	89,10	-82,51	3,30	-52,00	4	0,00	0,00	0,00
	5	91,12	82,15	90,76	82,51	5-6	90,76	-88,86	0,95	-59,87	5	-7,87	-28,05	-35,92
	6	92,67	85,04	88,86	88,86	6-7	88,86	-123,23	-17,19	-70,70	6	-10,83	-36,68	-47,51
	7	66,17	57,06		123,23						7	70,70	223,64	294,34

Portiques 7-8: Moments dans les poteaux.

Portique 7-7									Portique 8-8									
N°	h (m)	T _{ij} (kN)	P _{ij}	\bar{K}	$\alpha_i K_i$	$t_{ij}^{(K)}$	$\gamma = \frac{I_j}{I_i}$	M _{inf} (kNm)	M _{sup} (kNm)	N	T _{ij} (kN)	P _{ij}	\bar{K}	$\alpha_i K_i$	$t_{ij}^{(K)}$	$\gamma = \frac{I_j}{I_i}$	M _{inf} (kNm)	M _{sup} (kNm)
6	5,70	58,00	A	1,12	149,70	15,30	0,37	17,00	28,90	299,40	31,80	A	1,12	149,70	15,90	0,37	17,70	30,10
			B	2,64	237,27	24,30	0,45	32,80	40,10			B	1,12	149,70	15,90	0,37	17,70	30,10
			C	1,52	180,14	18,40	0,40	22,10	33,10									
5	5,60	108,30	A	1,12	149,70	28,60	0,45	38,60	47,20	299,40	59,40	A	1,12	149,70	29,70	0,45	40,10	49,00
			B	2,64	237,27	45,30	0,45	61,20	74,70			B	1,12	149,70	29,70	0,45	40,10	49,00
			C	1,52	180,14	34,40	0,45	46,40	56,80									
4	5,60	148,70	A	1,12	149,70	39,30	0,47	55,40	62,50	299,40	81,80	A	1,12	149,70	40,90	0,48	58,90	63,80
			B	2,64	237,27	62,20	0,50	93,30	93,10			B	1,12	149,70	40,90	0,48	58,90	63,80
			C	1,52	180,14	47,20	0,49	69,40	72,20									
3	5,60	178,80	A	1,12	149,70	47,20	0,47	66,60	75,10	299,40	98,40	A	1,12	149,70	49,20	0,50	73,80	73,80
			B	2,64	237,27	74,80	0,50	112,20	112,20			B	1,12	149,70	49,20	0,50	73,80	73,80
			C	1,52	180,14	56,80	0,49	80,10	90,30									
2	5,60	198,90	A	1,12	149,70	52,50	0,50	78,80	78,80	299,40	109,30	A	1,12	149,70	54,70	0,50	82,10	82,10
			B	2,64	237,27	83,20	0,50	124,80	124,80			B	1,12	149,70	54,70	0,50	82,10	82,10
			C	1,52	180,14	63,20	0,50	94,80	94,80									
1	7,30	208,00	A	1,18	149,70	61,00	0,63	115,30	67,70	432,80	127,20	A	1,12	216,40	63,60	0,63	120,60	70,60
			B	2,63	237,27	74,40	0,58	138,20	100,0			B	1,12	216,40	63,60	0,63	120,20	70,60
			C	1,52	180,14	67,40	0,61	123,30	78,90									

Portique 7-7: Moments & efforts tranchants des poteaux. Efforts Normaux dans les poteaux.

N°	travée l(m)	M _{ij} (kNm)	M _{ei} (kNm)	M _{te} (kNm)	T (kN)	Poteau	N (kN)	N _g (kN)	N _{cu} (kN)
6	AB	5,70	28,90	-18,80	0,610	-8,00	A	8,00	8,00
	B					B	5,40	5,40	
	BC	4,20	23,30	-33,10	-4,90	-13,40	C	-13,40	-13,40
5	AB	5,70	64,20	-45,20	9,50	-19,20	A	19,20	8,00
	B					B	14,40	5,40	
	BC	4,20	62,40	-78,90	-8,30	-33,60	C	-33,60	-13,40
4	AB	5,70	101,10	-64,90	18,10	-29,10	A	29,10	27,20
	B					B	20,50	19,80	
	BC	4,20	89,60	-118,60	-14,50	-49,60	C	-38,00	-47,00
3	AB	5,70	130,50	-86,30	22,10	-38,00	A	38,00	51,80
	B					B	21,30	40,30	
	BC	4,20	119,20	-129,70	-5,30	-59,30	C	-59,30	-25,00
2	AB	5,70	145,40	-99,50	23,00	-43,00	A	43,00	89,80
	B					B	31,60	61,60	
	BC	4,20	137,50	-175,60	-19,10	-74,60	C	-74,60	-144,30
1	AB	5,70	146,50	-94,40	26,10	-42,30	A	42,30	132,80
	B					B	30,10	93,20	
	BC	4,20	130,40	-173,70	-21,70	-72,40	C	-72,40	-218,90

Portique 8-8: Moments & efforts tranchants des poteaux. Efforts Normaux dans les poteaux.

N°	travée l(m)	M _{ij} (kNm)	M _{ei} (kNm)	M _{te} (kNm)	T (kN)	Poteau	N (kN)	N _g (kN)	N _{cu} (kN)
6	AB	5,70	30,10	-30,10	0,00	-10,60	A	10,60	10,60
							B	-10,60	-10,60
5	AB	5,70	66,70	-66,70	0,00	-23,40	A	23,40	10,60
							B	-23,40	-10,60
4	AB	5,70	103,90	-103,90	0,00	-36,50	A	36,50	34,00
							B	-36,50	-34,00
3	AB	5,70	132,70	-132,90	0,00	-46,60	A	46,60	75,00
							B	-46,60	-75,00
2	AB	5,70	155,90	-155,90	0,00	-54,70	A	54,70	117,10
							B	-54,70	-117,10
1	AB	5,70	152,70	-152,70	0,00	-53,60	A	53,60	171,80
							B	-53,60	-171,80

CHARGES VERTICALES

Calcul des efforts sous charges Verticales.

La détermination des efforts dans les portiques sous charges verticales se fera en appliquant la méthode de Caquot exposée en annexe E.2 des BAEL 83.

Elle s'applique aux planchers constitués de nervures et des loutres associées à des hourdis. Les moments aux nus des appuis sont calculés en ne tenant compte que des travées de gauche et de droite.

évaluation des charges et surcharges:

Portique transversal 3.3. :

terrasse: $G = 0,35 \times 0,45 \times 25,00 + 5,52 \times \frac{3,30+3}{2} = 21,33 \text{ KN/ml.}$
 $Q = 3,15 \text{ KN/ml.}$

Etage Courant: $G = 0,35 \times 0,45 \times 25 + 4,5 \times 3,15 = 18,11 \text{ KN/ml.}$ -
 $Q = 1,75 \times 3,15 = 5,51 \text{ KN/ml.}$

Portique 8.

terrasse: $G = (\text{Pds Propre} + \text{Pds Plancher} + \text{Acrotère}).$

$G = 0,35 \times 0,45 \times 25 + 5,52 \times \frac{3,00}{2} + 2,25 = 14,47 \text{ KN/ml.}$ $Q = 1,50 \text{ KN/ml.}$

Etage Courant:

$G = 0,35 \times 0,45 \times 25 + 4,5 \times \frac{3,00}{2} + 2,53 \times 0,25 = 11,32 \text{ KN/ml.}$
 $Q = 2,63 \text{ KN/ml.}$

Portiques Longitudinaux non porteurs: on étudie les portiques B&C.

On attribue au portique B. 0,65m de Poids de Plancher et de surcharge correspondante; On attribue au portique C. $\frac{0,65}{2}$ m de Plancher.

Portique B:

terrasse: $G = 7,09 \text{ KN/ml.}$ $Q = 0,65 \text{ KN/ml.}$

travée 7-8 $G = 14,43 \text{ KN/ml}$ $Q = 1,75 \text{ KN/ml}$ (Balcon).

Etages courants: $G = 6,43 \text{ KN/ml}$ $Q = 1,14 \text{ KN/ml.}$

travée 7-8: $G = 12,48 \text{ KN/ml}$ $Q = 5,54 \text{ KN/ml.}$

Portique C.

terrasse: $G = 12,18 \text{ KN/ml}$ $Q = 1,75 \text{ KN/ml.}$

travée 4-5 $G = 9,34 \text{ KN/ml.}$ $Q = 0,33 \text{ KN/ml.}$

Etages courants: $G = 12,60 \text{ KN/ml}$ $Q = 5,54 \text{ KN/ml.}$

travée 4-5: $G = 6,03 \text{ KN/ml}$ $Q = 0,57 \text{ KN/ml.}$

Moments en travée: $M_t = \frac{q l^2}{8} = \frac{|M_e| + |M_w|}{2}$

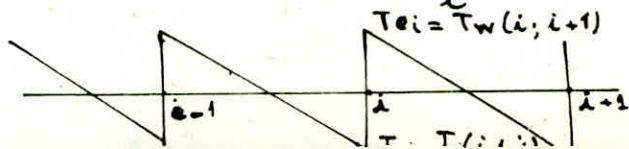
Effort tranchant: Pour une travée de longueur l chargée par q :

$T_w = \frac{q l}{2} + \frac{M_w - M_e}{l}$ et $T_e = -\frac{q l}{2} + \frac{M_w - M_e}{l}$

Efforts Normaux:

$N_i = T_{ei} - T_{wi}$

$N_i > 0$ compression.



MOMENTS AUX NOEUDS

N°	N°	Sous G							Sous Q									
		P_e (KN/m)	R_w (KN/m)	M_e (KNm)	M_w (KNm)	M_e (KNm)	M_w (KNm)	M_N (KNm)	M_S (KNm)	q_e (KN/m)	q_w (KN/m)	M_e (KNm)	M_w (KNm)	M_e (KNm)	M_w (KNm)	M_N (KNm)	M_S (KNm)	
Portique B-B	6	1	7,09		3,75		1,519		1,519	0,65		3,750		1,520		1,520		
	2	7,09	7,09	3,75	4,84	4,177	4,468		-0,292	0,65	0,65	0,344	0,444	0,383	0,410		-0,027	
	3	7,09	7,09	4,65	3,75	4,333	4,097		0,237	0,65	0,65	0,426	0,344	0,397	0,376		0,022	
	4	7,09	7,09	4,65	4,65	4,446	4,646		0	0,65	0,65	0,426	0,426	0,426	0,426		0	
	5	7,09	7,09	3,75	4,65	4,097	4,333		-0,237	0,65	0,65	0,344	0,426	0,376	0,397		-0,022	
	6	7,09	7,09	3,75	3,75	3,749	3,749		0	0,65	0,65	0,344	0,344	0,344	0,344		0	
	7	14,43	7,09	9,86	3,75	7,761	6,135		1,626	1,75	0,65	1,196	0,344	0,903	0,676		0,227	
	8		14,43		7,63		3,092		-3,092		1,75		0,925		0,375		-0,375	
Portique C-C	5	1	6,43		3,400		1,913		0,900	1,013	1,14		0,603		0,339		0,160	0,180
	2	6,43	6,43	3,400	3,661	3,480	3,584		-0,049	-0,055	1,14	1,14	0,603	0,649	0,617	0,635	-0,009	-0,010
	3	6,43	6,43	4,213	3,400	3,984	3,655		0,155	0,174	1,14	1,14	0,747	0,603	0,706	0,648	0,027	0,031
	4	6,43	6,43	4,213	4,213	4,213	4,213		0	0	1,14	1,14	0,747	0,747	0,747	0,747	0	0
	5	6,43	6,43	3,400	4,213	3,655	3,984		-0,155	-0,174	1,14	1,14	0,603	0,747	0,648	0,706	-0,027	-0,031
	6	6,43	6,43	3,400	3,400	3,400	3,400		0	0	1,14	1,14	0,603	0,603	0,603	0,603	0	0
	7	12,48	6,43	7,106	3,400	6,007	4,540		0,690	0,777	5,54	1,14	3,155	0,603	2,398	1,388	0,475	0,535
	8		12,48		6,599		3,713		-1,966		5,54		2,929		1,648		-0,776	-0,873
Portique C-C	4	1	6,43		3,400		1,961		0,980	0,980	1,14		0,603		0,348		0,174	0,174
	2	6,43	6,43	3,400	3,562	3,448	3,515		-0,033	-0,033	1,14	1,14	0,603	0,632	0,611	0,623	-0,006	-0,006
	3	6,43	6,43	4,213	3,400	3,989	3,649		0,170	0,170	1,14	1,14	0,747	0,603	0,707	0,647	0,030	0,030
	4	6,43	6,43	4,213	4,213	4,213	4,213		0	0	1,14	1,14	0,747	0,747	0,747	0,747	0	0
	5	6,43	6,43	3,400	4,213	3,649	3,989		-0,170	-0,170	1,14	1,14	0,603	0,747	0,647	0,707	-0,030	-0,030
	6	6,43	6,43	3,400	3,400	3,400	3,400		0	0	1,14	1,14	0,603	0,603	0,603	0,603	0	0
	7	12,48	6,43	6,914	3,400	5,886	4,452		0,717	0,717	5,54	1,14	3,069	0,603	2,347	1,341	0,503	0,503
	8		12,48		6,60		3,81		-1,90	-1,90		5,54		2,93		1,69		-0,84
Portique C-C	6	1	12,18		6,440		2,610		2,610	1,75		0,925		0,375		0,375		0,375
	2	12,18	12,18	6,440	8,323	7,175	7,676		-0,501	1,75	1,75	0,925	1,196	1,031	1,103		-0,072	
	3	12,18	12,18	7,981	6,440	7,445	7,038		0,407	1,75	1,75	1,147	0,925	1,070	1,011		0,058	
	4	9,34	12,18	6,120	7,981	6,795	7,306		-0,512	0,33	1,75	0,216	1,147	0,553	0,809		-0,256	
	5	12,18	9,34	6,440	6,120	6,316	6,231		0,085	1,75	0,33	0,925	0,216	0,650	0,678		0,187	
	6	12,18	12,18	8,323	6,440	7,676	7,175		0,501	1,75	1,75	1,196	0,925	1,103	1,031		0,072	
	7		12,18		6,440		2,610		-2,610		1,75		0,925		0,375		-0,375	
	5	1	12,60		6,662		3,749		1,764	1,985	5,54		2,929		1,648		0,776	0,873
2	12,60	12,60	6,662	7,175	6,820	7,023		-0,095	-0,107	5,54	5,54	2,929	3,155	2,999	3,088	-0,042	-0,047	
3	12,60	12,60	8,256	6,662	7,807	7,163		0,303	0,341	5,54	5,54	3,630	2,929	3,432	3,149	0,133	0,150	
4	6,03	12,60	3,951	8,256	5,20	7,00		-0,846	-0,952	0,57	5,54	0,373	3,63	1,32	2,68	-0,640	-0,720	
5	12,60	6,03	6,662	3,951	5,811	4,716		0,515	0,580	5,54	0,57	2,929	0,373	2,127	1,094	0,486	0,547	
6	12,60	12,60	7,175	6,662	7,023	6,820		0,095	0,107	5,54	5,54	3,155	2,929	3,088	2,999	0,042	0,047	
7		12,60		6,662		3,749		-1,764	-1,985		5,54		2,929		1,648		-0,776	-0,873
Portique C-C	4	1	12,60		6,662		3,843		1,921	1,921	5,54		2,929		1,690		0,845	0,845
	2	12,60	12,60	6,662	6,980	6,757	6,887		-0,065	-0,065	5,54	5,54	2,929	3,069	2,971	3,028	-0,029	-0,029
	3	12,60	12,60	8,256	6,662	7,817	7,151		0,333	0,333	5,54	5,54	3,630	2,929	3,437	3,144	0,146	0,146
	4	6,03	12,60	3,951	8,256	5,175	6,64		-0,929	-0,929	0,57	5,54	0,373	3,63	1,40	2,704	-0,281	-0,281
	5	12,60	6,03	6,662	3,951	5,831	4,698		0,567	0,567	5,54	0,57	2,929	0,373	2,147	1,077	0,534	0,534
	6	12,60	12,60	6,994	6,662	6,897	6,762		0,068	0,068	5,54	5,54	3,075	2,929	3,033	2,973	0,030	0,030
	7		12,60		6,662		3,843		-1,921	-1,921		5,54		2,929		1,690		-0,845

Moments & efforts tranchants dans les poutres.

N°	travée	SOUS G								SOUS Q								
		l (m)	P (kN/m)	M _w (kNm)	M _e (kNm)	M _o (kNm)	M _t (kNm)	Θ _o (kN)	T _e (kN)	T _w (kN)	q (kN/m)	M _w (kNm)	M _e (kNm)	M _o (kNm)	M _t (kNm)	Θ _o (kN)	T _e (kN)	T _w (kN)
6	1-2	2,65	7,09	1,519	4,468	6,220	3,230	9,39	-10,51	8,28	0,65	1,420	0,42	0,57	-0,46	0,86	-0,25	1,23
	2-3	2,65	7,09	4,177	4,097	6,22	2,09	9,39	-9,36	9,42	0,65	0,383	0,376	0,57	0,19	0,86	-0,86	0,86
	3-4	2,95	7,09	4,333	4,646	7,71	3,22	10,46	-10,56	10,35	0,65	0,397	0,426	0,71	0,30	0,96	-0,97	0,95
	4-5	2,95	7,09	4,646	4,333	7,71	3,22	10,46	-10,35	10,56	0,65	0,426	0,391	0,71	0,30	0,96	-0,95	0,97
	5-6	2,65	7,09	4,097	3,749	6,22	2,30	9,39	-9,26	9,53	0,65	0,376	0,344	0,57	0,21	0,86	-0,85	0,87
	6-7	2,65	7,09	3,749	6,135	6,22	1,28	9,39	-10,38	8,49	0,65	0,344	0,676	0,57	0,061	0,86	-0,99	0,74
	7-8	2,65	14,43	7,761	3,092	12,67	7,24	19,12	-17,36	20,88	1,75	0,903	0,375	4,54	0,90	2,32	-2,12	2,52
5	1-2	2,65	6,43	1,913	3,584	5,64	2,90	8,52	-9,15	7,89	1,14	0,339	0,635	1,00	0,51	1,51	-1,62	1,40
	2-3	2,65	6,43	3,480	3,655	5,64	2,08	8,52	-8,59	8,45	1,14	0,617	0,648	1,00	0,37	1,51	-1,52	1,50
	3-4	2,95	6,43	3,984	4,213	7,00	2,90	9,48	-9,56	9,41	1,14	0,706	0,747	1,24	0,51	1,68	-1,70	1,67
	4-5	2,95	6,43	4,213	3,984	7,00	2,90	9,48	-9,41	9,56	1,14	0,747	0,706	1,24	0,51	1,68	-1,67	1,70
	5-6	2,65	6,43	3,655	3,400	5,640	2,12	8,52	-8,42	8,62	1,14	0,648	0,603	1,00	0,38	1,51	-1,49	1,53
	6-7	2,65	6,43	3,400	4,540	5,640	1,67	8,52	-8,95	8,09	1,14	0,603	1,388	1,00	0,01	1,51	-1,81	1,21
	7-8	2,65	12,48	6,007	3,713	10,96	6,10	16,54	-15,67	17,40	5,54	2,398	1,448	4,86	2,84	7,34	-7,06	7,62
4	1-2	2,65	6,43	1,961	3,515	5,64	2,92	8,52	-9,11	7,93	1,14	0,348	0,623	0,00	0,52	1,51	-1,61	1,41
	2-3	2,65	6,43	3,448	3,649	5,64	2,10	8,52	-8,60	8,44	1,14	0,611	0,647	1,00	0,37	1,51	-1,52	1,50
	3-4	2,95	6,43	3,989	4,213	7,00	2,89	9,48	-9,56	9,41	1,14	0,707	0,747	1,24	0,51	1,68	-1,70	1,67
	4-5	2,95	6,43	4,213	3,989	7,00	2,89	9,48	-9,41	9,56	1,14	0,747	0,707	1,24	0,51	1,68	-1,67	1,70
	5-6	2,65	6,43	3,649	3,400	5,64	2,12	8,52	-8,43	8,61	1,14	0,647	0,603	1,00	0,38	1,51	-1,49	1,53
	6-7	2,65	6,43	3,400	4,452	5,64	1,72	8,52	-8,92	8,12	1,14	0,603	1,341	1,00	0,03	1,51	-1,79	1,23
	7-8	2,65	12,48	5,886	3,410	10,96	6,312	16,54	-15,61	17,47	5,54	2,347	1,690	4,86	2,84	7,39	-7,09	7,59
6	1-2	2,65	12,18	2,610	7,676	10,69	5,55	16,14	-18,05	14,23	1,75	0,375	1,103	1,54	0,80	2,32	-2,59	2,04
	2-3	2,65	12,18	7,175	7,038	10,69	3,59	16,14	-16,09	16,19	1,75	1,031	1,011	1,54	0,52	2,32	-2,31	2,33
	3-4	2,95	12,18	7,445	7,306	13,25	5,87	17,97	-17,92	18,01	1,75	1,07	0,809	1,90	0,96	2,58	-2,49	2,67
	4-5	2,95	9,34	6,795	6,231	10,16	3,65	13,78	-13,59	13,97	0,33	0,553	0,678	0,36	-0,26	0,49	-0,53	0,44
	5-6	2,65	12,18	6,316	7,175	10,69	3,95	16,14	-16,46	15,81	1,75	0,650	1,031	1,54	0,70	2,32	-2,46	2,18
	6-7	2,65	12,18	7,676	2,610	10,69	5,55	16,14	-14,23	18,05	1,75	1,031	0,375	1,54	0,83	2,32	-2,07	2,57
	7-8	2,65	12,48	6,007	3,713	10,96	6,10	16,54	-15,67	17,40	5,54	2,398	1,448	4,86	2,84	7,34	-7,06	7,62
5	1-2	2,65	12,60	3,749	7,023	11,06	5,67	16,70	-17,93	15,46	5,54	1,648	3,088	4,86	2,50	7,34	-7,88	6,80
	2-3	2,65	12,60	6,820	7,163	18,22	11,23	16,70	-16,82	16,57	5,54	2,999	3,149	4,86	1,79	7,34	-7,40	7,28
	3-4	2,95	12,60	7,807	7,00	13,71	6,307	18,59	-18,32	18,86	5,54	3,432	2,68	6,03	2,974	8,17	-7,92	8,43
	4-5	2,95	6,03	5,20	4,716	6,56	1,602	8,89	-8,73	9,05	0,57	1,32	1,094	0,62	-0,587	0,84	-0,76	0,92
	5-6	2,65	12,60	5,811	6,820	11,06	4,75	16,70	-17,08	16,31	5,54	2,127	2,999	4,86	2,30	7,34	-7,67	7,01
	6-7	2,65	12,60	7,023	3,749	11,06	5,67	16,70	-15,46	17,93	5,54	3,088	1,648	4,86	2,50	7,34	-6,80	7,88
	7-8	2,65	12,48	6,007	3,713	10,96	6,10	16,54	-15,67	17,40	5,54	2,398	1,448	4,86	2,84	7,34	-7,06	7,62
4	1-2	2,65	12,60	3,843	6,887	11,06	5,70	16,70	-17,84	15,55	5,54	1,690	3,028	4,86	2,50	7,34	-7,85	6,84
	2-3	2,65	12,60	6,757	7,151	11,06	4,11	16,70	-16,84	16,55	5,54	2,971	3,144	4,86	1,81	7,34	-7,41	7,28
	3-4	2,95	12,60	7,817	6,64	13,71	6,48	18,59	-18,99	18,19	5,54	3,437	2,704	6,03	2,96	8,17	-7,92	8,42
	4-5	2,95	6,03	5,175	4,698	6,56	1,62	8,89	-8,73	9,05	0,57	1,40	1,077	0,62	-0,62	0,84	-0,73	0,95
	5-6	2,65	12,60	5,831	6,762	11,06	4,76	16,70	-17,05	16,34	5,54	2,147	2,973	4,86	2,30	7,34	-7,65	7,03
	6-7	2,65	12,60	6,897	3,843	11,06	5,69	16,70	-15,54	17,85	5,54	3,033	1,690	4,86	2,50	7,34	-6,83	7,85
	7-8	2,65	12,48	6,007	3,713	10,96	6,10	16,54	-15,67	17,40	5,54	2,398	1,448	4,86	2,84	7,34	-7,06	7,62

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX

N°	Sous G Portique B.B. Sous Q					Sous G Portique C-C Sous Q															
	T _w (KN)	T _e (KN)	N(KN)	N _{sup} (KN)	N _{cul} (KN)	T _w (KN)	T _e (KN)	N(KN)	N _{sup} (KN)	N _{cul} (KN)	T _w (KN)	T _e (KN)	N(KN)	N _{sup} (KN)	N _{cul} (KN)	T _w (KN)	T _e (KN)	N(KN)	N _{sup} (KN)	N _{cul} (KN)	
6																					
1		8,28	8,28		8,28		1,23	1,23		1,23		14,23	14,23		14,23		2,04	2,04		2,04	
2	-10,51	9,42	19,93		19,93	-0,25	0,86	1,11		1,11	-18,05	16,19	34,24		34,24	-2,59	2,33	4,92		4,92	
3	-9,36	10,35	19,71		19,71	-0,86	0,95	1,81		1,81	-16,09	18,01	34,10		34,10	-2,31	2,67	4,98		4,98	
4	-10,56	10,56	21,12		21,12	-0,97	0,97	1,94		1,94	-17,92	13,97	31,89		31,89	-2,49	0,44	2,93		2,93	
5	-10,35	9,53	20,06		20,06	-0,95	0,87	1,82		1,82	-13,59	15,81	29,40		29,40	-0,53	2,18	2,71		2,71	
6	-9,26	8,49	17,75		17,75	-0,85	0,74	1,59		1,59	-16,46	18,05	34,51		34,51	-2,46	2,57	5,03		5,03	
7	-10,38	20,88	31,26		31,26	-0,99	2,52	3,51		3,51	-14,23	14,23	14,23		14,23	-2,07		2,07		2,07	
8	-17,36		17,36		17,36	-2,12		2,12		2,12											
5																					
1		7,86	7,86	8,28	16,14		1,40	1,40	1,23	2,63		15,46	15,46	14,23	29,69		6,80	6,80	2,04	8,84	
2	-9,15	8,45	17,6	19,93	37,53	-1,62	1,50	3,12	1,11	4,23	-17,93	16,57	34,56	34,24	68,74	-7,88	7,28	15,16	4,92	20,08	
3	-8,59	9,41	18,00	19,73	37,73	-1,52	1,67	3,19	1,81	5,00	-16,82	18,86	35,68	34,10	69,78	-7,40	8,43	15,83	4,98	20,81	
4	-9,56	9,56	19,12	21,12	40,24	-1,70	1,70	3,40	1,94	5,34	-18,32	9,05	27,37	31,89	59,26	-7,92	0,92	8,84	2,93	11,77	
5	-9,41	8,62	18,03	20,06	38,09	-1,67	1,53	3,20	1,82	5,02	-8,73	16,31	25,04	29,40	54,44	-0,76	7,01	7,77	2,71	10,48	
6	-8,42	8,09	16,51	17,75	34,26	-1,49	1,21	2,70	1,59	4,29	-17,08	17,93	35,01	34,51	69,52	-7,67	7,88	15,55	5,03	20,58	
7	-8,95	17,40	26,35	31,26	57,61	-1,81	7,62	9,43	3,51	12,94	-15,46		15,46	14,23	29,69	-6,80		6,80	2,07	8,87	
8	-15,67		15,67	17,36	33,06	-7,06		7,06	2,12	9,18											
4																					
1		7,93	7,93	16,14	24,07		1,41	1,41	2,63	4,04		15,55	15,55	29,69	45,24		6,84	6,84	8,84	15,68	
2	-9,11	8,44	17,55	37,53	55,08	-1,61	1,50	3,11	4,23	7,34	-17,84	16,55	34,39	68,74	103,13	-7,85	7,28	15,13	20,08	35,21	
3	-8,60	9,41	18,01	37,73	55,74	-1,52	1,67	3,19	5,00	8,19	-16,84	18,19	35,03	69,78	104,81	-7,41	8,42	15,83	20,81	36,64	
4	-9,56	9,56	19,12	40,24	59,36	-1,70	1,70	3,40	5,34	8,74	-18,99	9,05	28,04	59,26	87,30	-7,92	0,95	8,87	17,77	26,64	
5	-9,41	8,61	18,02	38,09	56,11	-1,67	1,53	3,20	5,02	8,22	-8,73	16,34	25,07	54,44	79,51	-0,73	7,03	7,76	10,48	18,24	
6	-8,43	8,12	16,55	34,26	50,81	-1,49	1,23	2,72	4,29	7,01	-17,05	17,85	34,90	69,52	104,42	-7,65	7,85	15,50	20,58	36,08	
7	-8,92	17,47	26,39	57,61	84,00	-1,79	7,59	9,38	12,44	21,82	-15,54		15,54	29,69	45,23	-6,83		6,83	8,87	15,70	
8	-15,61		15,61	33,06	48,67	-7,09		7,09	9,18	16,27											
3																					
1		7,93	7,93	24,06	31,99		1,41	1,41	4,04	5,45		15,55	15,55	45,24	60,79		6,84	6,84	15,68	22,52	
2	-9,11	8,44	17,55	55,08	72,63	-1,61	1,50	3,11	7,34	10,45	-17,84	16,55	34,39	103,13	137,52	-7,85	7,28	15,13	35,21	50,34	
3	-8,60	9,41	18,01	55,74	74,75	-1,52	1,67	3,19	8,19	11,38	-16,84	18,19	35,03	104,81	139,84	-7,41	8,42	15,83	36,64	52,47	
4	-9,56	9,56	19,12	59,36	78,48	-1,70	1,70	3,40	8,74	12,14	-18,99	9,05	28,04	87,30	115,34	-7,92	0,95	8,87	26,64	35,51	
5	-9,41	8,61	18,02	56,11	74,13	-1,67	1,53	3,20	8,22	11,42	-8,73	16,34	25,07	79,51	104,58	-0,73	7,03	7,76	18,24	26,00	
6	-8,43	8,12	16,55	50,81	67,36	-1,49	1,23	2,72	7,01	9,73	-17,05	17,85	34,90	104,42	139,52	-7,65	7,85	15,50	36,08	51,58	
7	-8,92	17,47	26,39	84,00	110,39	-1,79	7,59	9,38	12,44	31,20	-15,54		15,54	45,23	60,77	-6,83		6,83	15,70	22,53	
8	-15,61		15,61	48,67	64,28	-7,09		7,09	16,27	23,36											
2																					
1		7,93	7,93	31,99	39,92		1,41	1,41	5,45	6,86		15,55	15,55	60,79	76,34		6,84	6,84	22,52	29,36	
2	-9,11	8,44	17,55	72,63	90,18	-1,61	1,50	3,11	10,45	13,56	-17,84	16,55	34,39	137,52	171,91	-7,85	7,28	15,13	50,34	65,47	
3	-8,60	9,41	18,01	74,75	92,76	-1,52	1,67	3,19	11,38	14,57	-16,84	18,19	35,03	139,84	174,87	-7,41	8,42	15,83	52,47	68,30	
4	-9,56	9,56	19,12	78,48	97,60	-1,70	1,70	3,40	12,14	15,54	-18,99	9,05	28,04	115,34	143,38	-7,92	0,95	8,87	35,51	44,38	
5	-9,41	8,61	18,02	74,13	92,15	-1,67	1,53	3,20	11,42	14,62	-8,73	16,34	25,07	104,58	129,65	-0,73	7,03	7,76	26,00	33,76	
6	-8,43	8,12	16,55	67,36	83,91	-1,49	1,23	2,72	9,73	12,45	-17,05	17,85	34,90	139,52	174,22	-7,65	7,85	15,50	51,58	67,08	
7	-8,92	17,47	26,39	110,39	136,78	-1,79	7,59	9,38	31,20	40,58	-15,54		15,54	60,77	76,31	-6,83		6,83	22,53	29,36	
8	-15,61		15,61	64,28	79,89	-7,09		7,09	23,36	30,45											
1																					
1		7,93	7,93	39,92	47,85		1,41	1,41	6,86	8,27		15,55	15,55	76,34	91,89		6,84	6,84	29,36	36,20	
2	-9,11	8,44	17,55	90,18	107,73	-1,61	1,50	3,11	13,56	16,67	-17,84	16,55	34,39	171,91	206,30	-7,85	7,28	15,13	65,47	80,60	
3	-8,60	9,41	18,01	92,76	110,77	-1,52	1,67	3,19	14,57	17,76	-16,84	18,19	35,03	174,87	209,90	-7,41	8,42	15,83	68,30	84,13	
4	-9,56	9,56	19,12	97,60	116,72	-1,70	1,70	3,40	15,54	18,94	-18,99	9,05	28,04	143,38	171,42	-7,92	0,95	8,87	44,38	53,25	
5	-9,41	8,61	18,02	92,15	110,17	-1,67	1,53	3,20	14,62	17,82	-8,73	16,34	25,07	129,65	154,72	-0,73	7,03	7,76	33,76	41,52	
6	-8,43	8,12	16,55	83,91	100,46	-1,49	1,23	2,72	12,45	15,17	-17,05	17,85	34,90	174,22	209,12	-7,65	7,85	15,50	67,08	82,58	
7	-8,92	17,47	26,39	136,78	163,17	-1,79	7,59	9,38	40,58	49,96	-15,54		15,54	76,31	91,85	-6,83		6,83	29,36	36,19	
8	-15,61		15,61	79,89	95,50	-7,09		7,09	30,45	37,54											

Portiques transversaux.

caractéristiques géométriques: Portiques: 7 & 8

N°	Port.	$l_c(m)$	$l_w(m)$	$h_n(m)$	$h_s(m)$	$I_c(10^{-8})$	$I_w(10^{-8})$	$I_n(10^{-8})$	$I_s(10^{-8})$	$l'_c(m)$	$l'_w(m)$	$h'_n(m)$	$h'_s(m)$	$K_c(10^3)$	$K_w(10^3)$	$K_n(10^3)$	$K_s(10^3)$
6	A	5.35			2.55	2.66			1.25	4.28			2.04	0.621			0.613
	B	3.85	5.35		2.55	2.66	2.66		1.25	3.50	4.66		2.04	0.760	0.571		0.613
	C		3.85		2.55		2.66		1.25		3.08		2.04		0.864		0.613
5	A	5.35		2.55	2.55	2.66		1.25	1.25	4.28		2.30	2.04	0.621		0.544	0.613
	B	3.85	5.35	2.55	2.55	2.66	2.66	1.25	1.25	3.16	4.28	2.30	2.04	0.842	0.622	0.544	0.613
	C		3.85	2.55	2.55		2.66	1.25	1.25		3.08	2.30	2.04		0.864	0.544	0.613
4	A	5.35		2.55	2.55	2.66		1.25	1.25	4.28		2.04	2.04	0.621		0.613	0.613
	B	3.85	5.35	2.55	2.55	2.66	2.66	1.25	1.25	3.12	4.28	2.04	2.04	0.853	0.622	0.613	0.613
	C		3.85	2.55	2.55		2.66	1.25	1.25		3.08	2.04	2.04		0.864	0.613	0.613
6	A	5.35			2.55	2.66			1.25	4.28			2.04	0.622			0.613
	B	5.35		2.55	2.55	2.66		1.25	1.25	4.28		2.30	2.04	0.622		0.544	0.613
	A	5.35		2.55	2.55	2.66		1.25	1.25	4.28		2.04	2.04	0.622		0.613	0.613

Moments aux nœuds - Portiques: 7 & 8

N°	Port.	SOUS G.								SOUS Q.							
		$P_c(kN/m)$	$P_w(kN/m)$	$M'_c(kNm)$	$M'_w(kNm)$	$M_c(kNm)$	$M_w(kNm)$	$M_n(kNm)$	$M_s(kNm)$	$q_c(kN)$	$q_w(kN/m)$	$M'_c(kNm)$	$M'_w(kNm)$	$M_c(kNm)$	$M_w(kNm)$	$M_n(kNm)$	$M_s(kNm)$
6	A	21.33		45.97		22.84			22.84	3.15		6.79		3.37			3.37
	B	21.33	21.33	30.74	54.49	40.03	47.52		-7.49	3.15	3.15	4.54	8.05	5.91	7.02		-1.11
	C		21.33		23.81		9.88		-9.88		3.15		3.52		1.46		-1.46
5	A	18.11		39.03		25.40		11.94	13.46	5.51		11.87		7.73		3.64	4.10
	B	18.11	18.11	21.28	39.03	26.98	34.82	-3.68	-4.15	5.51	5.51	6.47	11.88	8.21	10.60	-1.12	-1.27
	C		18.11		20.21		11.57	-5.44	-6.13		5.51		6.15		3.52	-1.66	-1.87
4	A	18.11		39.03		25.91		12.95	12.95	5.51		11.87		7.88		3.94	3.94
	B	18.11	18.11	20.74	39.03	26.52	34.82	-4.15	-4.15	5.51	5.51	6.31	11.87	8.07	10.59	-1.26	-1.26
	C		18.11		20.21		11.86	-5.93	-5.93		5.51		6.15		3.61	-1.80	-1.80
6	A	14.47		31.18		15.48			15.48	1.50		3.23		1.60			1.60
	B	11.32		24.40		15.87		7.46	8.41	2.63		5.67		3.69		1.73	1.89
	A	11.32		24.40		16.18		8.09	8.09	2.63		5.67		3.76		1.88	1.88

Portiques 7 & 8 : Efforts Normaux dans Les Poteaux.

Portiques 7 & 8. Moments & Efforts tranchants dans les Poutres.

Niv	Pote	SOUS G										SOUS Q				
		l (m)	P (KN/m)	M _{tr} (KN/m)	M _o (KN/m)	M _f (KN/m)	M _o (KN/m)	M _f (KN/m)	q (KN/m)	M _{tr} (KN/m)	M _o (KN/m)	M _f (KN/m)	θ _o (KN)	T _e (KN)	T _w (KN)	
6	AB	5,35	21,33	22,84	47,52	76,31	41,13	57,06	52,44	3,15	7,02	11,27	6,08	8,43	-9,11	7,74
	BC	3,85	21,33	40,03	9,88	39,52	14,57	41,06	48,89	3,15	1,46	5,84	2,15	6,06	-4,91	7,22
	AB	5,35	18,11	25,40	34,82	64,79	34,68	48,44	46,68	5,51	10,60	19,71	10,55	14,74	-15,28	14,20
5	BC	3,85	18,11	26,98	11,57	33,55	44,28	34,86	38,86	5,51	3,52	10,21	4,35	10,61	-9,39	11,83
	AB	5,35	18,11	25,91	34,82	64,79	34,43	48,44	46,78	5,51	10,59	19,71	10,48	14,74	-15,25	14,23
	BC	3,85	18,11	26,52	11,86	33,55	14,36	34,86	38,67	5,51	3,61	10,21	4,37	10,61	-9,45	11,77
6	AB	5,35	14,47	15,48	15,48	51,77	36,29	38,71	38,71	1,50	1,60	5,37	3,77	4,01	-4,01	4,01
	AB	5,35	11,32	15,87	15,87	40,50	24,63	30,28	30,28	2,63	3,69	9,41	5,72	7,04	-7,04	7,04
	AB	5,35	11,32	16,18	16,18	40,50	24,32	30,28	30,28	2,63	3,76	9,41	5,65	7,04	-7,04	7,04

Niv	Pote	SOUS G					SOUS Q				
		T _w (KN)	T _e (KN)	N (KN)	N _{slup} (KN)	N _{col} (KN)	T _w (KN)	T _e (KN)	N (KN)	N _{slup} (KN)	N _{col} (KN)
6	A	/	52,44	52,44	/	52,44	/	7,74	7,74	/	7,74
	B	-61,67	48,89	110,56	/	110,56	-9,11	7,22	16,33	/	16,33
	C	-33,23	/	33,23	/	33,23	/	-4,91	4,91	/	4,91
5	A	/	46,68	46,68	52,44	99,12	/	14,20	14,20	7,74	21,94
	B	-50,20	38,86	89,06	110,56	199,62	-15,28	11,83	27,11	16,33	43,44
	C	-30,86	/	30,86	33,23	64,09	-9,39	/	9,39	4,91	14,29
4	A	/	46,78	46,78	99,12	145,90	/	14,20	14,20	21,94	36,73
	B	-50,11	38,67	88,78	199,62	288,40	-15,25	11,77	27,02	43,44	70,46
	C	-31,05	/	31,05	64,09	95,14	-9,45	/	9,45	14,29	23,74
3	A	/	46,78	46,78	145,90	192,68	/	14,20	14,20	36,73	50,33
	B	-50,11	38,67	88,78	288,40	377,18	-15,25	11,77	27,02	70,46	97,48
	C	-31,05	/	31,05	95,14	126,19	-9,45	/	9,45	23,74	33,19
2	A	/	46,78	46,78	192,68	239,46	/	14,23	14,23	50,33	64,53
	B	-50,11	38,67	88,78	377,18	465,96	-15,25	11,77	27,02	97,48	124,50
	C	-31,05	/	31,05	126,19	157,24	-9,45	/	9,45	33,49	42,64
1	A	/	46,78	46,78	239,46	286,24	/	14,20	14,20	64,53	78,73
	B	-50,11	38,67	88,78	465,96	554,74	-15,25	11,83	27,02	124,50	151,52
	C	-31,05	/	31,05	157,24	188,29	-9,45	/	9,45	42,64	52,09
6	A	/	38,78	38,78	/	38,78	/	4,01	4,01	/	4,01
	A	/	30,28	30,28	38,78	69,06	/	7,04	7,04	4,01	11,05
	A	/	30,28	30,28	69,06	99,34	/	7,04	7,04	11,05	18,09
	A	/	30,28	30,28	99,34	129,62	/	7,04	7,04	18,09	25,13
	A	/	30,28	30,28	129,62	159,90	/	7,04	7,04	25,13	32,17
	A	/	30,28	30,28	159,90	190,18	/	7,04	7,04	32,17	39,17

SUPERPOSITION DES SOLLICITATIONS

Superposition des sollicitations.

Les éléments structuraux doivent être calculés pour résister aux combinaisons de charges verticales et sismiques suivantes.

Poutres:

$$\begin{cases} G + Q \pm SI. \\ 0,8G \pm SI. \end{cases}$$

G: sollicitations dues aux charges permanentes.
Q: sollicitations dues aux surcharges.
SI: sollicitations dues aux séisme.

Poteaux:

$$\begin{cases} G + Q \pm 1,2SI. \\ 0,8G \pm SI. \end{cases}$$

Moments en travée (E 2.2.2 BAEL 83): On trace les moments de la travée indépendante sous l'effet de la charge permanente et d'exploitation. On prend comme ligne de fermeture:

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

En supposant à chaque cas que les charges d'exploitation peuvent être ou non être appliquées dans les différentes travées.

ELU: $M_t = M_0(1,35G + 1,50Q) - \frac{M_w(1,35G) + M_e(1,35G)}{2}$

ELS: $M_t = M_0(G + Q) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$

G + Q ± SI: $M_t = M_0(G + Q) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} \pm M_t(SI).$

0,8G ± SI: $M_t = 0,8 \left(M_0(G) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} \right) \pm M_t(SI).$

Aux appuis:

ELU: $M_a = 1,35 M_a(G) + 1,50 M_a(Q).$

ELS: $M_a = M_a(G) + M_a(Q).$

G + Q ± SI: $M_a = M_a(G) + M_a(Q) \pm M_a(SI).$

0,8G ± SI: $M_a = 0,8 M_a(G) \pm M_a(SI).$

L'effort tranchant dans les poutres est donné par:

ELU: $T_u = 1,35 T(G) + 1,50 T(Q).$

G + Q ± SI: $T = T(G) + T(Q) \pm T(SI).$

0,8G ± SI: $T = 0,8 T(G) \pm T(SI).$

Les moments dans les poteaux sont donnés par:

ELU: $M_p = 1,35 M(G) + 1,50 M(Q)$

ELS: $M_p = M(G) + M(Q).$

G + Q ± 1,2SI: $M = M(G) + M(Q) \pm 1,2 M(SI).$

0,8G ± SI: $M = 0,8 M(G) \pm M(SI).$

L'effort normal est donné par ces mêmes combinaisons (Poteaux).

-40-

Portique 15-B. Nouvel dans portées et
TRACE et Au Appui

		1.35 G + 1.50 Q			G + Q			0,8 G.			
Niv	travée	(M ₁₂ +M ₂₁)/G	M _w (KNm)	M _E (KNm)	M _C (KNm)	M _w (KNm)	M _E (KNm)	M _C (KNm)	M _w (KNm)	M _E (KNm)	M _C (KNm)
6	1-2	2,99	4,33	4,99	6,65	3,04	3,65	4,88	1,22	2,58	3,57
	2-3	4,14	6,21	3,67	6,09	4,56	2,65	4,47	3,34	1,67	3,28
	3-4	4,49	6,45	5,41	6,91	4,73	3,93	5,07	3,47	2,58	3,72
	4-5	4,49	6,91	5,41	6,44	5,07	3,93	4,72	3,72	2,58	3,47
	5-6	3,92	6,09	3,96	5,58	4,47	2,87	4,09	3,28	1,84	3,00
	6-7	4,94	5,58	2,58	9,30	4,09	1,85	6,81	3,00	1,02	4,91
	7-8	5,43	11,83	12,09	4,74	8,66	8,78	3,47	6,21	5,79	2,47
	1-2	2,75	3,09	5,40	5,79	2,25	3,89	4,22	1,53	2,32	2,87
2-3	3,57	5,62	4,30	5,91	4,10	3,07	4,30	2,78	1,66	2,92	
3-4	4,10	6,44	5,78	6,81	4,69	4,14	4,96	3,19	2,32	3,37	
4-5	4,10	6,81	6,86	6,44	4,96	4,94	4,69	3,37	2,32	3,19	
5-6	3,53	5,91	4,35	5,49	4,30	3,11	4,00	2,92	1,70	2,72	
6-7	3,97	5,49	3,75	8,21	4,00	2,67	5,93	2,72	1,34	3,63	
7-8	4,86	11,71	15,53	7,48	8,41	10,96	5,36	4,81	4,88	2,97	
1-2	2,74	3,17	5,42	5,68	2,31	3,90	4,14	1,57	2,33	2,88	
2-3	3,55	5,57	4,32	5,90	4,06	3,09	4,30	2,76	1,68	2,92	
3-4	4,10	6,45	5,77	6,81	4,70	4,14	4,96	3,19	2,31	3,37	
4-5	4,10	6,81	5,77	6,45	4,96	4,14	4,70	3,37	2,31	3,19	
5-6	3,52	5,90	4,36	5,49	4,30	3,12	4,00	2,92	1,70	2,72	
6-7	3,93	5,49	3,81	8,02	4,00	2,71	5,79	2,72	1,38	3,56	
7-8	4,65	11,47	15,81	7,14	8,23	11,17	5,10	4,71	5,05	2,73	
1-2	5,14	4,09	9,80	12,02	2,99	7,09	8,78	2,09	4,44	6,14	
2-3	7,11	11,23	7,15	11,02	8,21	5,12	8,05	5,74	2,87	5,63	
3-4	7,38	11,66	10,78	11,08	8,52	7,77	8,12	5,96	4,70	5,84	
4-5	6,51	10,00	5,46	9,43	7,35	4,01	6,91	5,44	2,99	4,98	
5-6	6,75	9,50	7,64	11,23	6,97	5,48	8,21	5,05	3,16	5,74	
6-7	5,14	11,91	9,80	4,09	8,71	7,09	2,99	6,04	4,44	2,09	
1-2	5,39	7,53	14,95	14,11	5,40	10,53	10,11	3,00	4,54	5,62	
2-3	6,99	13,71	22,45	14,39	9,82	16,09	10,31	5,46	8,98	5,73	
3-4	7,40	15,69	17,56	13,47	11,24	12,34	9,68	6,25	5,05	5,60	
4-5	4,69	9,00	3,46	7,28	6,52	2,49	5,27	4,16	1,28	3,34	
5-6	6,32	11,04	13,70	13,71	7,94	9,60	9,82	4,65	3,80	5,46	
6-7	5,39	14,11	14,95	7,53	10,11	10,53	5,40	5,62	4,54	3,00	
1-2	5,37	7,72	14,98	13,84	5,53	10,56	9,92	3,07	4,56	5,51	
2-3	6,95	13,58	12,83	14,37	9,73	8,97	10,30	5,41	3,96	5,72	
3-4	7,23	15,71	17,80	13,02	11,25	12,51	9,34	6,25	5,18	5,31	
4-5	4,94	9,09	3,12	7,96	6,58	2,24	5,78	4,14	1,30	3,76	
5-6	6,30	11,09	13,72	13,59	7,98	9,62	9,74	4,66	3,81	5,41	
6-7	5,37	13,86	14,97	7,72	9,93	10,55	5,53	5,52	4,55	3,07	
6	AB	35,18	35,89	72,49	74,68	26,21	52,40	54,54	18,27	32,90	38,02
	BC	24,96	62,91	28,42	15,53	45,94	20,41	11,34	32,02	11,66	7,90
5	AB	30,11	45,89	76,38	62,91	33,13	54,39	45,42	20,32	27,74	27,86
	BC	19,28	48,74	34,59	20,90	35,19	24,49	15,02	21,58	11,42	9,26
4	AB	30,37	46,80	76,04	62,89	33,79	54,14	45,41	20,73	27,54	27,86
	BC	19,19	47,91	34,70	21,43	34,59	24,59	15,47	21,22	11,49	9,49
6	AB	15,48	23,30	57,05	23,30	17,08	41,66	17,08	12,38	29,03	12,38
	5 AB	15,87	26,96	47,37	26,96	19,59	34,04	19,56	12,70	19,70	12,70
4 AB	16,18	27,48	46,95	27,48	19,94	33,73	19,94	12,94	19,46	12,94	

Portique B-B: MOMENTS DANS LES POTEAUX.

N°	1,356+1,50Q		G + Q		0,8G + SI		0,8G - SI		G + Q +1SI		G + Q -1SI		
	M _{sup} (KNm)	M _{inf} (KNm)	M _s (KNm)	M _i (KNm)	M _s (KNm)	M _i (KNm)	M _s (KNm)	M _i (KNm)	M _s (KNm)	M _i (KNm)	M _s (KNm)	M _i (KNm)	
6	1	4,33	1,46	3,04	1,06	-25,48	-15,58	27,92	17,02	-29,00	-18,50	35,08	20,62
	2	-0,43	-0,08	-0,32	-0,06	-35,13	-25,34	34,67	25,26	-42,20	-30,42	41,56	30,30
	3	0,35	0,25	0,26	0,18	-34,21	-24,78	34,59	25,02	-41,02	-29,70	41,54	30,06
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	-33,66	-24,30	33,60	24,30	-40,32	-29,16	40,32	29,16
	5	-0,35	-0,25	-0,26	-0,18	-34,59	-25,02	34,21	24,78	-41,54	-30,06	41,02	29,70
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	-34,90	-25,30	34,90	25,30	-41,88	-30,36	41,88	30,36
	7	2,54	1,64	1,85	1,17	-33,60	-24,75	36,20	25,85	-40,03	-29,20	43,75	31,53
	8	-4,74	-3,52	-3,47	-2,52	-29,17	-17,70	24,23	14,90	-35,51	-22,08	28,57	17,04
5	1	1,64	1,58	1,19	1,15	-43,39	-35,42	45,01	36,98	-51,85	-42,29	54,23	44,59
	2	-0,09	-0,05	-0,07	-0,04	-69,84	-42,83	69,76	42,77	-83,83	-51,40	83,70	51,32
	3	0,28	0,27	0,21	0,20	-68,46	-41,86	68,74	42,14	-82,12	-50,20	82,53	50,60
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	-67,10	-41,10	67,10	41,10	-80,52	-49,32	80,52	49,32
	5	-0,28	-0,27	-0,21	-0,20	-68,74	-42,14	68,46	41,86	-82,53	-50,60	82,12	50,20
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	-69,80	-42,80	69,80	42,80	-83,76	-51,36	83,76	51,36
	7	1,85	1,72	1,31	1,22	-69,18	-42,23	70,42	43,37	-82,45	-50,14	85,07	52,58
	8	-3,96	-3,83	-2,84	-2,74	-45,77	-37,72	42,63	34,68	-55,88	-46,18	50,20	40,70
4	1	1,58	1,58	1,15	1,15	-56,52	-52,12	58,08	53,68	-67,61	-62,33	69,91	64,63
	2	-0,05	-0,05	-0,04	-0,04	-77,13	-77,13	77,07	77,07	-92,56	-92,56	92,48	92,48
	3	0,27	0,27	0,20	0,20	-75,66	-75,66	75,94	75,94	-90,76	-90,76	91,16	91,16
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	-74,20	-74,20	74,20	74,20	-89,04	-89,04	89,04	89,04
	5	-0,27	-0,27	-0,20	-0,20	-75,94	-75,94	75,66	75,66	-91,16	-91,16	90,76	90,76
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	-77,10	-77,10	77,10	77,10	-92,52	-92,52	92,52	92,52
	7	1,72	1,72	1,22	1,22	-76,53	-76,53	77,67	77,67	-91,30	-91,30	93,74	93,74
	8	-3,83	-3,83	-2,74	-2,74	-58,82	-54,42	55,78	51,38	-71,50	-66,22	66,02	60,74
3	1	1,58	1,58	1,15	1,15	-65,52	-65,52	67,08	67,08	-78,41	-78,41	80,71	80,71
	2	-0,05	-0,05	-0,04	-0,04	-92,83	-92,83	92,77	92,77	-111,40	-111,40	111,32	111,32
	3	0,27	0,27	0,20	0,20	-91,16	-91,16	91,44	91,44	-109,36	-109,36	109,76	109,76
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	-89,30	-89,30	89,30	89,30	-107,16	-107,16	107,16	107,16
	5	-0,27	-0,27	-0,20	-0,20	-91,44	-91,44	91,16	91,16	-109,76	-109,76	109,36	109,36
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	-92,80	-92,80	92,80	92,80	-111,36	-111,36	111,36	111,36
	7	1,72	1,72	1,22	1,22	-92,23	-92,23	93,37	93,37	-110,14	-110,14	112,58	112,58
	8	-3,83	-3,83	-2,74	-2,74	-67,82	-67,82	64,78	64,78	-82,30	-82,30	76,82	76,82
2	1	1,58	1,58	1,15	1,15	-72,92	-72,92	74,48	74,48	-87,29	-87,29	89,59	89,59
	2	-0,05	-0,05	-0,04	-0,04	-103,33	-103,33	103,27	103,27	-124,00	-124,00	123,92	123,92
	3	0,27	0,27	0,20	0,20	-101,46	-101,46	101,74	101,74	-121,72	-121,72	122,12	122,12
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	-99,30	-99,30	99,30	99,30	-119,16	-119,16	119,16	119,16
	5	-0,27	-0,27	-0,20	-0,20	-101,74	-101,74	101,46	101,46	-122,12	-122,12	121,72	121,72
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	-99,30	-99,30	99,30	99,30	-119,16	-119,16	119,16	119,16
	7	1,72	1,72	1,22	1,22	-102,73	-102,73	103,87	103,87	-122,74	-122,74	125,18	125,18
	8	-3,83	-3,83	-2,74	-2,74	-75,22	-75,22	72,18	72,18	-91,18	-91,18	85,70	85,70
1	1	1,58	1,58	1,15	1,15	-62,32	-106,72	63,88	108,28	-74,57	-127,85	76,87	130,15
	2	-0,05	-0,05	-0,04	-0,04	-94,13	-115,03	94,07	114,97	-112,96	-138,04	112,88	137,96
	3	0,27	0,27	0,20	0,20	-90,76	-115,56	91,04	115,84	-108,88	-138,64	109,28	139,04
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	-89,70	-114,20	89,70	114,20	-107,64	-137,04	107,64	137,04
	5	-0,27	-0,27	-0,20	-0,20	-91,04	-115,84	90,76	115,56	-109,28	-139,04	108,88	138,64
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	-94,10	-115,00	94,10	115,00	-112,92	-138,00	112,92	138,00
	7	1,72	1,72	1,22	1,22	-93,53	-114,43	94,67	115,57	-111,70	-136,78	114,14	139,22
	8	-3,83	-3,83	-2,74	-2,74	-64,62	-109,02	61,58	105,98	-78,46	-131,74	72,98	126,26

Portique c-c Moments dans les poteaux.

NIV/NORD	1,35G + 1,50Q		G + Q		0,8G + SI		0,8G - SI		G + Q + 1,2SI		G + Q - 1,2SI		
	M _s (KNm)	M _i (KNm)	M _s (KNm)	M _i (KNm)	M _s (KNm)	M _i (KNm)	M _s (KNm)	M _i (KNm)	M _s (KNm)	M _i (KNm)	M _s (KNm)	M _i (KNm)	
6	1	4,09	3,55	2,99	2,54	-21,81	-13,29	25,99	16,11	-25,70	-15,10	31,67	20,18
	2	-0,78	-0,19	-0,57	-0,14	-31,20	-23,28	30,40	23,12	-37,53	-27,98	36,39	27,70
	3	0,64	0,61	0,47	0,44	-29,97	-22,56	30,63	23,04	-35,90	-26,92	36,83	27,80
	4	-1,08	-2,10	-0,77	-1,49	-30,01	-22,98	29,19	21,62	-36,29	-28,25	34,75	25,27
	5	0,40	1,42	0,27	1,00	-30,23	-22,39	30,37	23,21	-36,09	-26,37	36,63	28,36
	6	0,78	0,19	0,57	0,14	-30,40	-23,12	31,20	23,28	-36,39	27,70	37,53	27,98
	7	-4,09	-3,55	-2,99	-2,54	-25,99	-16,11	21,81	13,29	-31,67	-20,18	25,70	15,10
5	1	3,99	3,86	2,86	2,77	-38,01	-30,86	41,19	33,94	-44,66	-36,11	50,38	41,65
	2	-0,21	-0,13	-0,15	-0,09	-52,59	-48,45	52,41	48,35	-63,15	-58,17	62,85	57,99
	3	0,69	0,67	0,49	0,48	-51,33	-47,33	51,87	47,87	-61,43	-56,64	62,41	57,60
	4	-2,37	-1,68	-1,67	-1,21	-51,26	-47,34	49,74	45,86	-62,27	-57,12	58,93	54,74
	5	1,60	1,57	1,13	1,10	-51,14	-47,15	52,06	48,05	-60,79	-56,02	63,05	58,22
	6	0,21	0,14	0,15	0,10	-52,41	-48,35	52,59	48,45	-62,85	-57,98	63,15	58,18
	7	-3,99	-3,86	-2,86	-2,77	-41,19	-33,94	38,01	30,86	-50,38	-41,65	44,66	36,11
4	1	3,86	3,86	2,77	2,77	-49,86	-45,86	52,94	48,94	-58,91	-54,11	64,45	59,65
	2	-0,13	-0,13	-0,09	-0,09	-69,25	-69,25	69,15	69,15	-83,13	-83,13	82,95	82,95
	3	0,67	0,67	0,48	0,48	-67,83	-67,83	68,37	68,37	-81,24	-81,24	82,20	82,20
	4	-1,68	-1,68	-1,21	-1,21	-67,34	-67,34	65,86	65,86	-81,13	-81,13	78,71	78,71
	5	1,30	1,57	0,92	1,10	-67,65	-67,65	68,55	68,55	-80,80	-80,80	82,64	82,64
	6	0,14	0,14	0,10	0,10	-69,15	-69,15	69,25	69,25	-82,94	-82,94	83,14	83,14
	7	-3,86	-3,86	2,77	2,77	-52,94	-48,94	49,86	45,86	-65,45	-59,65	58,94	54,11
3	1	3,86	3,86	2,77	2,77	-57,96	-57,96	61,04	61,04	-68,63	-68,63	74,17	74,17
	2	-0,13	-0,13	-0,09	-0,09	-83,35	-83,35	83,25	83,25	-100,05	-100,05	99,87	99,87
	3	0,67	0,67	0,48	0,48	-81,63	-81,63	82,17	82,17	-97,80	-97,80	98,76	98,76
	4	-1,68	-1,68	-1,21	-1,21	-80,84	-80,84	79,36	79,36	97,33	97,33	94,91	94,91
	5	1,57	1,57	1,10	1,10	-81,45	-81,45	82,35	82,35	-97,18	-97,18	99,38	99,38
	6	0,14	0,14	0,10	0,10	-83,25	-83,25	83,35	83,35	-99,86	-99,86	100,06	100,06
	7	-3,86	-3,86	-2,77	-2,77	-61,04	-61,04	57,96	57,96	-74,17	-74,17	68,63	68,63
2	1	3,86	3,86	2,77	2,77	-64,66	-64,66	67,74	67,74	-76,67	-76,67	82,21	82,21
	2	-0,13	-0,13	-0,09	-0,09	-92,75	-92,75	92,65	92,65	-111,33	-111,33	111,15	111,15
	3	0,67	0,67	0,48	0,48	-90,83	-90,83	91,37	91,37	-108,84	-108,84	109,80	109,80
	4	-1,68	-1,68	-1,21	-1,21	-89,84	-89,84	88,36	88,36	-108,13	-108,13	105,71	105,71
	5	1,57	1,57	1,10	1,10	-90,65	-90,65	91,55	91,55	-108,22	-108,22	110,42	110,42
	6	0,14	0,14	0,10	0,10	-92,65	-92,65	92,75	92,75	-111,14	-111,14	111,34	111,34
	7	-3,86	-3,86	-2,77	-2,77	-67,74	-67,74	64,66	64,66	-82,21	-82,21	76,67	76,67
1	1	3,86	3,86	2,77	2,77	-55,56	-95,66	58,64	98,74	-65,75	-113,87	71,29	117,41
	2	-0,13	-0,13	-0,09	-0,09	-85,05	-103,95	84,95	103,85	-102,09	-124,77	101,91	124,59
	3	0,67	0,67	0,48	0,48	-81,93	-104,33	82,47	104,87	-98,16	-125,04	99,12	126,00
	4	-1,68	-1,68	-1,21	-1,21	-81,84	-103,94	80,36	102,46	-98,53	-125,05	96,11	122,63
	5	1,57	1,57	1,10	1,10	-81,75	-104,15	82,65	105,05	-97,54	-124,42	99,74	126,62
	6	0,14	0,14	0,10	0,10	-84,95	-103,85	85,05	103,95	-102,90	-124,58	102,10	124,78
	7	-3,86	-3,86	-2,77	-2,77	-58,64	-98,74	55,56	95,66	-71,29	-119,41	65,75	113,87

Portique B-B : Efforts Normaux dans les poteaux.

	1,35G+1500	G+Q	G+Q+1,2SI	G+Q-1,2SI	0,8G+SI	0,8G-SI	
	Ncu (KN)	Ncu (KN)	Ncu (KN)	Ncu (KN)	Ncu (KN)	Ncu (KN)	
6	1	13,02	9,51	-8,15	27,17	-8,10	21,34
	2	28,57	21,04	24,52	17,56	18,84	13,04
	3	29,32	21,52	23,64	19,40	17,54	14,00
	4	31,42	23,06	23,06	23,06	16,90	16,90
	5	29,81	21,88	19,76	24,00	14,28	17,82
	6	26,35	19,34	19,57	19,11	14,39	14,01
	7	47,47	34,77	31,06	38,48	21,92	28,10
	8	26,62	19,48	37,14	1,82	28,61	-0,83
5	1	25,73	18,77	-42,12	79,66	-37,83	63,65
	2	57,01	41,77	49,85	33,67	36,76	23,28
	3	58,44	42,73	50,66	34,80	36,79	23,57
	4	62,33	45,58	45,58	45,58	32,19	32,19
	5	58,95	43,11	35,18	51,04	23,86	37,08
	6	52,69	38,55	39,35	37,75	28,08	26,74
	7	97,18	70,55	61,66	79,44	38,68	53,50
	8	58,40	42,24	103,13	-18,65	77,19	-24,29
4	1	38,55	28,11	-94,16	150,38	-82,63	121,15
	2	85,37	62,42	83,20	41,64	61,38	26,74
	3	87,53	63,93	79,18	48,68	57,30	31,88
	4	93,25	68,10	68,10	68,10	47,49	47,60
	5	88,05	64,33	49,08	79,58	32,18	57,60
	6	79,11	57,82	59,33	56,31	41,91	39,39
	7	146,13	105,82	83,52	128,12	48,62	85,78
	8	90,11	64,94	187,21	-57,33	140,83	-62,95
3	1	51,36	37,44	-166,49	241,37	-144,37	195,53
	2	113,73	83,08	116,51	49,65	85,96	30,24
	3	117,98	86,13	111,74	60,52	81,14	38,46
	4	124,16	90,62	90,62	90,62	62,78	62,78
	5	117,21	85,55	59,94	111,16	37,96	80,64
	6	105,53	77,09	79,69	74,49	56,06	51,72
	7	195,83	141,59	105,63	177,55	58,34	118,28
	8	121,82	87,64	291,57	-116,29	221,36	-118,52
2	1	64,18	46,78	-252,39	345,95	-217,37	281,25
	2	142,08	103,73	152,78	54,70	113,01	31,27
	3	147,08	107,33	144,89	69,77	105,51	42,91
	4	155,07	113,14	113,14	113,14	78,08	78,08
	5	146,33	106,77	69,21	144,33	42,42	105,02
	6	131,95	96,36	100,15	92,57	70,29	63,97
	7	245,52	177,36	124,60	230,12	65,45	153,39
	8	153,53	110,34	409,51	-188,83	313,22	-185,40
1	1	77,00	56,12	-335,28	449,52	-289,55	366,11
	2	170,44	124,40	187,87	60,93	139,07	33,29
	3	176,18	128,53	173,75	83,31	126,30	50,94
	4	185,98	135,66	135,66	135,66	93,38	93,38
	5	175,46	127,99	82,77	173,21	50,46	125,82
	6	158,38	115,63	120,27	110,99	84,24	76,50
	7	295,22	213,13	145,09	281,17	73,84	187,44
	8	185,24	133,04	526,44	-260,36	404,23	-212,43

Portique C-C: Efforts Normaux dans les Poteaux.

N°	90°	1,35G+1,50Q	G + Q	G+Q+1,25I	G+Q-1,25I	0,8G+5I	0,8G-5I
		Ncu (KN)	Ncu (KN)	Ncu (KN)	Ncu (KN)	Ncu (KN)	Ncu (KN)
6	1	22,27	16,27	0,54	32,00	-1,73	24,49
	2	53,60	39,16	42,39	35,93	30,08	24,70
	3	53,61	39,08	40,95	37,21	28,84	25,72
	4	47,45	34,82	34,82	34,82	25,51	25,51
	5	43,76	32,11	30,24	33,98	21,96	25,08
	6	54,13	39,54	36,31	42,77	24,92	30,30
	7	22,32	16,30	32,03	0,57	24,49	-1,73
5	1	53,34	38,53	-14,03	91,11	-20,07	67,57
	2	122,92	88,82	98,17	79,47	68,78	47,20
	3	125,42	90,59	97,07	84,11	61,22	50,42
	4	97,66	71,03	71,03	71,03	47,41	47,41
	5	89,21	64,92	58,44	71,40	38,15	48,95
	6	124,72	90,10	80,75	99,45	47,83	63,41
	7	53,39	38,56	91,14	-14,05	67,57	20,07
4	1	84,59	60,92	-48,72	170,56	-55,18	127,56
	2	192,04	138,34	147,69	128,99	90,29	74,71
	3	196,45	141,45	147,93	134,97	89,25	78,45
	4	157,82	113,94	113,94	113,94	69,84	69,84
	5	134,70	97,75	84,09	111,41	52,23	74,99
	6	195,09	140,50	121,86	159,14	68,01	99,07
	7	84,61	60,93	170,57	48,71	127,55	-55,19
3	1	115,85	83,31	-99,61	266,23	-103,80	201,06
	2	261,16	187,86	217,86	157,86	135,02	85,02
	3	267,49	192,31	215,25	169,37	130,99	92,73
	4	208,97	150,85	150,85	150,85	92,27	92,27
	5	180,18	130,58	107,64	153,52	64,54	102,78
	6	265,45	190,90	160,90	220,90	86,46	136,46
	7	115,82	83,30	266,22	-99,62	201,05	-103,81
2	1	147,10	105,70	-162,67	374,07	-162,57	284,71
	2	330,28	237,38	281,40	193,36	174,21	100,85
	3	338,52	243,17	276,83	209,51	167,95	111,85
	4	260,13	187,76	187,76	187,76	114,70	114,70
	5	225,67	163,41	129,75	197,07	75,67	131,77
	6	335,82	241,30	184,29	298,31	91,87	186,89
	7	147,02	105,67	374,04	-162,70	284,69	-162,59
1	1	178,35	128,09	-225,12	481,30	-220,83	367,85
	2	399,41	286,90	343,91	229,89	212,55	117,53
	3	409,56	294,03	337,13	250,93	203,84	132,00
	4	311,29	224,67	224,67	224,67	137,14	137,14
	5	271,15	196,24	153,14	239,34	87,86	159,70
	6	406,18	291,70	234,69	348,71	119,76	214,81
	7	178,28	128,04	481,25	-225,17	367,82	220,86

Portique c.c. Moments dans les Routres (M en KN.m).

travaux	1,35 G + 1,50 Q			G + Q			G + Q + SI			G + Q - SI			0,8 G + SI			0,8 G - SI			
	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	
6	1-2	4,09	9,80	12,02	2,99	7,09	8,78	-20,92	12,19	24,18	26,89	3,59	6,62	-21,81	8,74	21,54	25,99	0,14	-9,26
	2-3	11,23	7,15	11,02	8,21	5,12	8,05	-7,19	4,82	23,95	23,61	5,41	-7,85	-9,66	2,57	21,53	21,14	3,14	-10,27
	3-4	11,66	10,78	11,08	8,52	7,77	8,12	-5,89	7,58	22,92	22,92	7,98	-6,69	-8,44	4,50	20,64	20,36	4,90	-8,96
	4-5	10,00	5,46	9,43	7,35	4,01	6,91	-7,45	4,21	21,31	22,15	3,81	-7,49	-9,36	3,12	19,39	20,24	2,72	-9,42
	5-6	9,50	7,64	11,23	6,97	5,48	8,21	8,93	5,78	23,61	22,87	5,18	-7,19	-10,58	3,46	21,14	20,95	2,86	-9,66
	6-7	11,91	9,80	4,09	8,71	7,09	2,99	-6,69	-11,39	26,89	24,11	-2,79	-20,92	-9,26	0,14	25,99	21,54	8,74	-21,81
5	1-2	7,53	14,95	14,11	5,40	10,53	10,11	-48,90	18,74	48,01	59,68	2,34	-27,79	-51,30	12,74	43,52	57,30	-3,66	-32,28
	2-3	13,71	22,45	14,39	9,82	16,09	10,31	-28,08	8,33	49,31	17,72	4,53	-28,69	-32,44	2,66	44,73	44,36	3,86	-33,27
	3-4	15,69	17,56	13,47	11,24	12,34	9,68	-24,16	11,83	46,08	46,64	12,83	-26,72	-29,15	5,79	42,00	41,65	6,76	-30,80
	4-5	9,00	3,46	7,28	6,52	2,49	5,27	-29,88	2,72	41,21	42,92	1,72	-29,59	-32,24	2,28	39,17	40,56	1,28	-31,63
	5-6	11,04	13,70	13,71	7,94	9,60	9,82	-31,06	10,21	47,72	46,94	9,01	-28,08	-34,35	4,40	43,57	43,65	3,20	-33,44
	6-7	14,11	14,95	7,53	10,11	10,53	5,40	-27,79	2,34	59,70	48,01	18,74	-48,90	-32,28	-3,66	57,30	43,52	12,74	-51,30
4	1-2	7,72	14,98	13,84	5,53	10,56	9,92	-78,27	23,06	68,72	89,33	-1,94	-48,89	-80,73	17,06	64,31	86,87	-7,94	-53,29
	2-3	13,58	12,83	14,37	9,73	8,97	10,30	-49,07	8,07	70,90	68,57	9,87	-50,31	-53,39	2,39	66,32	64,21	4,18	-54,88
	3-4	15,71	17,80	13,02	11,25	12,51	9,34	-43,85	11,70	65,94	66,35	13,30	-47,26	-48,85	7,46	61,91	61,36	9,06	-51,29
	4-5	9,09	3,12	7,96	6,58	2,24	5,78	-50,08	3,04	60,91	63,12	1,44	-49,29	-52,44	2,59	58,87	60,76	0,99	-51,37
	5-6	11,09	13,79	13,59	7,98	9,62	9,74	-52,62	10,53	68,54	68,58	8,73	-49,07	-55,94	4,71	64,21	65,27	2,91	-53,39
	6-7	13,86	14,97	7,72	9,93	10,58	5,53	-48,87	-1,94	89,33	68,73	23,06	-78,27	-53,28	-7,94	86,87	64,32	17,06	-80,73
3	1-2	7,72	14,98	13,84	5,53	10,56	9,92	-101,37	25,86	86,22	112,43	-4,74	-66,39	-103,83	19,86	81,81	109,97	-10,74	-70,79
	2-3	13,58	12,83	14,37	9,73	8,97	10,30	-66,57	10,17	88,90	86,03	7,77	-68,31	-70,89	4,49	84,32	81,71	2,09	-72,88
	3-4	15,71	17,80	13,02	11,25	12,51	9,34	-60,15	11,50	82,74	82,65	13,50	-64,06	-65,15	5,26	78,71	77,65	7,26	-68,09
	4-5	9,09	3,12	7,96	6,58	2,24	5,78	-66,83	3,24	77,18	79,98	1,24	-65,63	-69,26	2,79	75,16	77,54	0,79	-67,64
	5-6	11,09	13,79	13,59	7,98	9,62	9,74	-70,62	10,83	86,04	86,58	8,43	-66,57	-73,94	5,01	81,71	83,27	2,61	-70,89
	6-7	13,86	14,97	7,72	9,93	10,58	5,53	-66,37	-4,74	111,53	86,23	25,86	-100,47	-70,78	-10,74	109,07	81,82	19,86	-102,93
2	1-2	7,72	14,98	13,84	5,53	10,56	9,92	-102,17	29,46	97,92	131,23	-8,34	-78,09	-122,63	23,46	93,57	128,77	-14,34	-82,49
	2-3	13,58	12,83	14,37	9,73	8,97	10,30	-78,25	7,67	100,92	97,90	10,27	-80,33	-82,59	1,99	96,34	93,41	4,59	-84,96
	3-4	15,71	17,80	13,02	11,25	12,51	9,34	-71,15	11,40	93,94	93,65	13,66	-75,26	-76,15	5,16	89,91	88,65	7,36	-79,29
	4-5	9,09	3,12	7,96	6,58	2,24	5,78	-78,03	3,34	88,18	91,18	1,14	-76,63	-80,46	2,89	86,16	88,74	0,69	-78,64
	5-6	11,09	13,79	13,59	7,98	9,62	9,74	-82,02	10,93	97,74	98,58	8,33	-78,27	-85,94	5,11	93,41	95,27	2,51	-82,59
	6-7	13,86	14,97	7,72	9,93	10,58	5,53	-78,02	-8,34	131,23	97,93	29,46	-120,17	-82,48	-14,34	128,77	93,52	23,46	-122,63
1	1-2	7,72	14,98	13,84	5,53	10,56	9,92	-117,77	27,76	98,82	128,49	-6,64	-78,99	-120,23	21,76	94,47	126,37	-12,64	-83,39
	2-3	13,58	12,83	14,37	9,73	8,97	10,30	-79,17	7,97	101,10	98,63	9,97	-80,51	-83,47	2,29	96,52	94,31	4,29	-85,08
	3-4	15,71	17,80	13,02	11,25	12,51	9,34	-71,25	11,20	94,44	93,75	13,80	-75,76	-76,25	4,96	90,41	88,75	7,56	-79,79
	4-5	9,09	3,12	7,96	6,58	2,24	5,78	-78,53	3,54	88,28	91,68	0,94	-76,73	-80,96	3,09	86,26	89,24	0,49	-78,74
	5-6	11,09	13,79	13,59	7,98	9,62	9,74	-82,82	10,63	98,64	98,78	8,63	-79,17	-86,14	4,81	94,31	95,47	2,81	-83,49
	6-7	13,86	14,97	7,72	9,93	10,58	5,53	-78,97	-6,64	128,83	98,83	27,76	-117,77	-83,38	-12,64	126,37	94,42	21,76	-120,23

Portique B-B : Efforts tranchants dans les poutres.

travée	1,35G + 1,50Q		G + Q + SI		G + Q - SI		0,8G + SI		0,8G - SI		
	TW(KN)	Te(KN)	TW(KN)	Te(KN)	TW(KN)	Te(KN)	TW(KN)	Te(KN)	TW(KN)	Te(KN)	
0	1-2	13,02	-14,56	-5,21	-25,48	24,23	3,96	-8,10	-23,13	21,34	6,31
	2-3	14,01	-13,93	-1,54	-22,04	22,10	1,60	-4,28	-19,31	19,36	4,33
	3-4	15,40	-15,71	1,25	-21,58	21,35	-1,48	-1,77	-18,50	18,33	1,60
	4-5	15,71	-15,40	1,48	-21,35	21,58	-1,25	-1,60	-18,33	18,50	1,77
	5-6	14,17	-13,78	-1,42	-21,93	22,22	1,71	-4,20	-19,23	19,44	4,41
	6-7	12,57	-15,50	-2,40	-23,00	20,86	0,26	-4,84	-19,93	18,42	3,33
	7-8	31,97	-26,62	8,68	-34,20	38,12	-4,76	1,98	-28,61	31,42	0,83
	5	1-2	12,75	-14,78	-26,73	-46,79	45,31	25,25	-29,71	-43,34	42,33
2-3		13,66	-13,88	-22,23	-42,29	42,13	22,07	-25,42	-39,05	38,94	25,31
3-4		15,21	-15,46	-16,26	-38,60	38,42	16,08	-19,81	-34,99	34,87	19,69
4-5		15,46	-15,21	-16,08	-38,42	38,60	16,26	-19,69	-34,87	34,99	19,81
5-6		13,93	-13,60	-22,03	-42,09	42,33	22,27	-25,28	-38,92	39,08	25,44
6-7		12,74	-14,80	-22,40	-42,46	41,00	20,94	-25,23	-38,86	38,17	24,54
7-8		34,92	-31,74	-11,00	-58,75	61,04	13,29	-22,10	-48,56	49,94	23,48
4		1-2	12,48	-14,71	-41,81	-61,87	60,49	40,43	-44,81	-58,44	57,49
	2-3	13,64	-13,89	-30,63	-50,69	50,51	30,45	-33,81	-47,45	47,32	33,69
	3-4	15,21	-15,46	-23,39	-45,73	45,55	23,21	-26,94	-42,12	42,00	26,82
	4-5	15,46	-15,21	-23,21	-45,55	45,73	23,39	-26,82	-42,00	42,12	26,94
	5-6	13,92	-13,62	-30,43	-50,49	50,71	30,65	-33,68	-47,31	47,46	33,83
	6-7	12,81	-14,73	-30,63	-50,69	49,33	29,27	-33,48	-47,12	46,48	32,84
	7-8	34,97	-31,71	-26,09	-73,85	76,21	28,45	-37,17	-63,64	65,13	38,66
	3	1-2	12,82	-14,71	-58,71	-78,77	77,39	57,33	-61,71	-75,34	74,39
2-3		13,64	-13,89	-47,57	-67,63	67,45	47,39	-50,76	-64,39	64,26	50,63
3-4		15,21	-15,46	-37,80	-60,14	59,96	37,62	-41,35	-56,53	56,41	41,23
4-5		15,46	-15,21	-37,62	-59,96	60,14	37,80	-41,23	-56,41	56,53	41,35
5-6		13,92	-13,62	-47,37	-67,43	67,65	47,59	-56,62	-64,25	64,40	50,77
6-7		12,81	-14,73	-47,31	-67,37	66,01	45,95	-50,16	-63,80	63,16	49,52
7-8		34,97	-31,71	-42,99	-90,75	93,11	45,35	-54,07	-80,54	82,03	55,56
2		1-2	12,82	-14,71	-70,03	-90,09	88,71	68,65	-73,03	-86,66	85,71
	2-3	13,64	-13,89	-56,42	-76,48	76,30	56,24	-59,61	-73,24	73,11	59,48
	3-4	15,21	-15,46	-45,32	-67,66	67,48	45,14	-48,87	-64,05	63,93	48,75
	4-5	15,46	-15,21	-45,14	-67,48	67,64	45,32	-48,75	-63,93	64,05	48,87
	5-6	13,92	-13,62	-56,22	-76,28	76,50	56,44	-59,47	-73,10	73,25	59,62
	6-7	12,81	-14,73	-56,02	-76,08	74,22	54,66	-58,87	-72,51	71,87	58,23
	7-8	34,97	-31,71	-54,31	-102,07	104,43	56,67	-65,31	-91,86	93,35	66,88
	1	1-2	12,82	-14,71	-69,18	-89,24	87,86	67,80	-72,18	-85,81	84,86
2-3		13,64	-13,89	-56,56	-76,62	76,44	56,38	-59,75	-73,38	73,25	59,62
3-4		15,61	-15,46	-49,04	-71,38	71,20	48,86	-52,59	-67,77	67,65	52,47
4-5		15,46	-15,21	-48,86	-71,20	71,38	49,04	-52,47	-67,65	67,77	52,59
5-6		13,92	-13,62	-56,36	-76,42	76,64	56,58	-59,61	-73,24	73,39	59,76
6-7		12,81	-14,73	-56,44	-76,50	75,14	55,08	-59,29	-72,93	72,29	58,65
7-8		34,97	-31,71	-53,46	-101,22	103,58	55,82	-64,54	-91,01	92,50	66,03

Portique c.c. Efforts tranchants dans les poutres.

N° travée	1,35G + 1,50Q		G + Q + SI		G + Q - SI		0,8G + SI		0,8G - SI		
	Tw (kN)	Te (kN)	Tw (kN)	Te (kN)	Tw (kN)	Te (kN)	Tw (kN)	Te (kN)	Tw (kN)	Te (kN)	
6	1-2	22,27	-28,25	3,16	-33,75	29,38	-7,53	-1,73	-27,55	24,49	-1,33
	2-3	25,35	-25,19	8,10	-28,82	28,94	-7,98	2,53	-23,29	23,37	-2,45
	3-4	28,35	-27,93	11,82	-29,27	29,51	-11,55	5,55	-23,20	23,27	-5,48
	4-5	19,52	-19,14	5,55	-22,98	23,27	-5,26	2,32	-19,73	20,04	-2,01
	5-6	24,61	-25,91	7,57	-29,34	28,41	-8,50	2,23	-23,59	23,07	-2,75
	6-7	28,22	-22,32	7,51	-29,41	33,73	-3,19	1,33	-24,49	27,55	1,73
5	1-2	31,07	-36,03	-8,45	-56,52	52,97	1,90	-18,34	-45,05	43,08	16,37
	2-3	33,29	-33,81	-1,76	-49,83	49,46	1,39	-12,35	-39,17	38,87	12,15
	3-4	38,11	-36,61	5,52	-48,01	49,06	-4,47	-6,68	-36,43	36,86	7,11
	4-5	13,60	-12,93	-11,80	-31,26	31,74	12,28	-14,53	-28,75	29,01	14,79
	5-6	32,53	-34,56	-2,29	-50,36	48,93	0,86	-12,56	-39,27	38,66	11,95
	6-7	36,03	-31,07	-4,90	-52,97	56,52	8,45	-16,37	-43,08	45,05	18,34
4	1-2	31,12	-35,86	-25,16	-73,24	69,94	21,86	-35,11	-61,82	59,99	33,28
	2-3	33,26	-33,85	-15,98	-64,06	63,64	15,56	-26,57	-53,28	53,05	26,34
	3-4	37,19	-37,52	-7,22	-60,74	60,44	6,92	-19,28	-49,02	48,38	18,64
	4-5	13,64	-12,88	-23,83	-43,29	43,83	24,37	-26,59	-40,81	41,07	26,85
	5-6	32,60	-34,49	-16,44	-64,51	63,18	15,11	-26,74	-53,45	52,88	26,17
	6-7	35,87	-31,22	-21,85	-69,92	73,25	25,18	-33,27	-59,98	61,83	35,12
3	1-2	31,12	-35,86	-38,67	-86,75	83,45	35,37	-48,62	-75,33	73,50	46,79
	2-3	33,26	-33,85	-27,76	-75,84	75,42	27,34	-38,35	-65,06	64,83	38,12
	3-4	37,19	-37,52	-17,24	-70,76	70,46	16,94	-29,30	-59,04	58,40	28,66
	4-5	13,64	-12,88	-33,85	-53,31	53,85	34,39	-36,61	-58,83	51,09	36,87
	5-6	32,60	-34,49	-28,22	-76,29	74,96	26,89	-38,52	-65,23	64,66	37,95
	6-7	35,87	-31,22	-35,36	-83,43	86,76	38,69	-46,78	-73,49	75,34	48,63
2	1-2	31,12	-35,86	-48,82	-96,90	93,60	45,52	-58,77	-85,48	83,65	56,94
	2-3	33,26	-33,85	-35,70	-83,78	83,36	35,28	-46,29	-73,00	72,77	46,06
	3-4	37,19	-37,52	-23,99	-77,51	77,21	23,69	-36,05	-65,79	65,15	35,41
	4-5	13,64	-12,88	-40,60	-60,06	60,60	41,14	-43,36	-57,58	57,84	43,62
	5-6	32,60	-34,49	-36,16	-84,23	82,90	34,83	-46,46	-73,17	72,60	45,89
	6-7	35,87	-31,22	-45,51	-93,58	96,91	48,84	-56,93	-83,64	85,49	58,78
1	1-2	31,25	-35,86	-48,31	-96,39	93,09	45,01	-58,26	-84,97	83,14	56,43
	2-3	33,26	-33,85	-36,04	-84,12	83,70	35,82	-46,63	-73,34	73,11	46,40
	3-4	37,19	-37,52	-25,39	-78,91	78,61	25,09	-37,45	-67,19	66,55	36,81
	4-5	13,64	-12,88	-42,00	-61,46	62,00	42,54	-44,76	-58,98	59,24	45,82
	5-6	32,60	-34,49	-36,50	-84,57	83,24	35,17	-46,80	-73,51	72,94	46,23
	6-7	35,87	-31,22	-45,00	-93,07	96,40	48,33	-56,42	-83,13	84,98	58,27

Portiques 7+8 : Moments dans les poteaux (M en KNm).

Niv	travée	1.35G+1.50Q		G+Q		0.8G+SI		0.8G-SI		G+Q+1.2SI		G+Q-1.2SI	
		M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}
6	A	35.89	21.58	26.21	-15.58	-10.63	-7.45	47.17	-26.55	-8.47	-4.82	60.89	35.98
	B	-11.78	-6.65	-8.60	-4.80	-46.09	-35.74	34.11	29.86	-56.72	-44.16	39.52	34.56
	C	-15.53	-9.83	-11.34	-7.10	-41.00	-26.45	25.20	17.75	-51.06	-33.62	28.38	19.42
5	A	24.32	23.39	17.56	16.89	-36.43	-28.24	57.97	48.96	-39.08	-29.43	74.20	63.21
	B	-7.51	-7.49	-5.42	-5.41	-78.02	-64.52	71.38	57.88	-95.06	-78.85	84.22	68.03
	C	-11.08	-10.71	-8.00	-7.73	-61.70	-51.14	51.90	41.66	-76.16	-63.41	60.16	47.95
4	A	23.39	23.39	16.89	16.89	-52.14	-45.04	72.86	65.76	-58.11	-49.52	91.89	83.37
	B	-7.49	-7.49	-5.41	-5.41	-96.62	-96.62	89.98	89.98	-117.37	-117.37	166.55	106.55
	C	-13.74	-13.74	-9.97	-9.97	-78.67	-75.87	65.73	62.93	-96.61	-93.25	76.67	73.31
3	A	23.39	23.39	16.89	16.89	-64.74	-56.24	85.46	76.96	-73.23	-63.03	107.01	96.81
	B	-7.49	-7.49	-5.41	-5.41	-111.52	-115.52	108.88	108.88	-140.05	-140.05	129.23	129.23
	C	-13.74	-13.74	-9.97	-9.97	-96.77	-86.57	83.83	73.63	-118.33	-106.09	98.39	86.15
2	A	23.39	23.39	16.89	16.89	-68.44	-68.44	89.16	89.16	-77.67	-77.67	111.45	111.45
	B	-7.49	-7.49	-5.41	-5.41	-128.12	-128.12	121.48	121.48	-155.17	-155.17	144.35	144.35
	C	-13.74	-13.74	-9.97	-9.97	-101.27	-101.27	88.33	88.33	-123.73	-123.73	103.79	103.79
1	A	23.39	23.39	16.89	16.89	-57.34	-104.94	78.06	125.66	-64.35	-121.47	98.13	155.25
	B	-7.49	-7.49	-5.41	-5.41	-103.32	-141.52	96.68	134.88	-125.41	-171.25	114.59	160.43
	C	-13.74	-13.74	-9.97	-9.97	-85.37	-129.77	72.43	116.83	-104.65	-157.93	84.71	137.99
Poteaux	6A	23.39	12.68	17.10	9.20	-17.70	-11.73	42.50	23.67	-19.02	-12.04	53.22	30.44
	5A	14.29	13.73	10.37	9.98	-42.27	-33.62	55.73	46.58	-48.43	-38.14	69.17	58.10
	4A	13.75	13.75	9.98	9.98	-57.32	-52.42	70.28	65.38	-66.58	-60.70	86.74	80.66
	3A	13.75	13.75	9.98	9.98	-67.32	-67.32	80.28	80.28	-78.58	-78.58	98.54	98.54
	2A	13.75	13.75	9.98	9.98	-75.62	-75.62	88.58	88.58	-88.58	-88.58	108.50	108.50
	1A	13.75	13.75	9.98	9.98	-64.12	-113.72	77.08	126.68	-74.74	-134.26	94.70	154.22

Portiques 7+8 : Moments dans les poutres (M en KNm).

Niv	travée	1.35G+1.50Q			G+Q			G+Q+SI			G+Q-SI			0.8G+SI			0.8G-SI		
		M _w	M _l	M _e	M _w	M _l	M _e	M _w	M _l	M _e	M _w	M _l	M _e	M _w	M _l	M _e	M _w	M _l	M _e
6	AB	-35.89	72.43	-74.68	26.21	52.40	-54.54	2.69	58.50	-71.34	-55.17	46.30	-33.74	10.63	39.00	-54.82	-47.17	26.80	-21.22
	BC	-62.91	28.42	-15.53	-45.94	20.41	-11.34	-22.64	15.51	-44.44	-69.24	25.31	21.76	-8.72	6.76	-41.00	-55.32	16.56	25.20
5	AB	-45.89	76.38	-62.91	-33.13	54.39	-45.42	31.07	63.89	-90.62	-97.33	44.89	-0.22	43.88	37.24	-76.06	-84.52	18.24	17.34
	BC	-48.74	34.59	-20.90	-35.19	24.49	-15.09	27.21	19.19	-93.99	-97.59	32.79	63.81	40.82	3.12	-88.16	-83.98	19.72	69.64
4	AB	-45.89	76.04	-62.89	-33.79	54.14	-45.41	67.31	72.24	-110.31	-134.89	36.04	19.49	80.37	45.64	-92.76	-121.83	9.44	37.04
	BC	-47.91	34.70	-21.43	-34.59	24.59	-15.47	55.01	10.09	-134.07	-124.19	39.09	103.13	68.38	-3.01	-128.09	-110.82	25.99	109.11
3	AB	-46.80	76.04	-62.89	-33.79	54.14	-45.41	96.71	76.24	-131.71	-164.29	32.04	40.89	109.77	49.64	-114.16	-151.23	5.44	58.44
	BC	-47.91	34.70	-21.43	-34.59	24.59	-15.47	84.61	19.29	-145.17	-153.79	29.89	114.23	97.98	6.19	-139.99	-140.42	16.79	120.21
2	AB	-46.80	76.04	-62.89	-33.79	54.14	-45.41	111.61	77.14	-144.91	-179.19	31.14	54.09	124.67	50.54	-127.36	-166.13	4.54	71.64
	BC	-47.91	34.70	-21.43	-34.59	24.59	-15.47	102.91	5.49	-191.07	-172.09	43.69	160.13	116.28	-7.61	-185.09	-158.72	50.59	166.11
1	AB	-46.80	76.04	-62.89	-33.79	54.14	-45.41	112.71	80.24	-139.81	-180.29	28.04	48.99	125.77	53.64	-122.26	-167.23	1.44	66.54
	BC	-47.91	34.70	-21.43	-34.59	24.59	-15.47	95.81	2.89	-189.17	-164.99	46.29	158.23	109.18	-10.21	-183.19	-151.62	33.19	164.21
6	AB	-23.31	62.45	-23.33	-17.10	-41.64	-17.10	13.00	41.64	-47.20	-47.20	41.64	13.00	17.72	29.03	-42.48	-42.48	29.03	17.72
	5AB	-26.91	52.92	-26.97	-19.57	34.03	-19.57	47.11	34.03	-86.27	-86.29	34.03	47.17	54.60	19.70	-79.40	-79.40	19.70	54.00
4	AB	-27.51	52.60	-27.51	-19.96	33.72	-19.96	83.94	33.72	-123.86	-123.86	33.72	83.94	90.96	19.46	-116.80	-116.80	19.46	90.60
	3AB	-27.51	52.60	-27.51	-19.96	33.72	-19.96	112.74	33.72	-152.66	-152.66	33.72	112.74	119.76	19.46	-145.64	-145.64	19.46	119.76
2	AB	-27.51	52.60	-27.51	-19.96	33.72	-19.96	112.74	33.72	-152.66	-152.66	33.72	112.74	119.76	19.46	-145.64	-145.64	19.46	119.76
	1AB	-27.51	52.60	-27.51	-19.96	33.72	-19.96	132.74	33.74	-172.66	-172.66	33.72	132.74	139.76	19.46	-165.64	-165.64	19.46	139.76

Portiques 7 & 8 : Efforts tranchants dans les poteaux.

N°	travée	1,35G + 1,50Q		G + Q + SI		G + Q - SI		0,8G - SI		0,8G - SI.		
		T _w (KN)	T _e (KN)	T _w (KN)	T _e (KN)	T _w (KN)	T _e (KN)	T _w (KN)	T _e (KN)	T _w (KN)	T _e (KN)	
Portique: 7	6	AB	82,40	-96,92	52,18	-78,78	68,18	-62,78	33,95	-57,34	49,95	-41,34
		BC	76,83	-52,23	42,71	-51,54	69,51	-24,74	25,71	-39,98	52,51	-13,18
	5	AB	84,32	-90,69	41,68	-84,68	80,08	-46,28	18,14	-59,36	56,54	-20,96
		BC	70,21	-55,75	107,09	-73,85	84,29	-6,65	-2,54	-58,28	64,69	8,91
	4	AB	84,50	-90,52	31,91	-94,46	90,11	-36,26	8,32	-69,19	66,52	-10,99
		BC	69,86	-56,09	0,84	-90,10	100,04	9,10	-18,66	-74,44	80,54	24,76
	3	AB	84,50	-90,52	23,01	-103,36	99,01	-27,36	-0,58	-78,09	75,42	-2,09
		BC	69,86	-56,09	-8,86	-99,80	109,74	18,80	-28,36	-84,14	90,24	34,46
	2	AB	84,50	-90,52	18,01	-108,36	104,01	-22,36	-5,58	-83,09	80,42	2,91
		BC	69,86	-54,74	-24,16	-114,10	125,04	35,10	-43,66	-98,64	105,54	56,56
	1	AB	84,50	-90,52	18,71	-107,66	103,31	-23,06	-4,88	-82,39	79,72	2,21
		BC	69,86	-56,09	-21,96	-112,90	122,84	31,90	-41,46	-97,24	103,34	47,56
Portique: 8	6	AB	58,27	-58,27	32,12	-53,32	53,32	-32,12	20,37	-41,57	41,57	-20,37
	5	AB	51,44	-51,44	13,92	-60,72	60,72	-13,92	0,82	-47,62	47,62	-0,82
	4	AB	51,44	-51,44	0,82	-73,82	73,82	-0,82	-12,28	-60,72	60,72	12,28
	3	AB	51,44	-51,44	-9,28	-83,92	83,92	9,28	-22,38	-70,82	70,82	22,38
	2	AB	51,44	-51,44	-17,38	-92,02	92,02	17,38	-30,48	-78,92	78,92	30,48
	1	AB	51,44	-51,44	-16,28	-90,92	90,92	16,28	-29,38	-77,82	77,82	29,38

Portiques 7 & 8 Efforts Normaux dans Les Poteaux.

N°	travée	1,35G + 1,50Q		G + Q		G + Q + 1,25SI		G + Q - 1,25SI		0,8G + SI		0,8G - SI.	
		N _{cu} (KN)	N _{cu} (KN)	N _{cu} (KN)	N _{cu} (KN)	N _{cu} (KN)	N _{cu} (KN)	N _{cu} (KN)	N _{cu} (KN)	N _{cu} (KN)	N _{cu} (KN)	N _{cu} (KN)	N _{cu} (KN)
Portique: 7	6	A	82,40	60,18	69,58	50,58	49,95	33,95					
		B	173,75	126,89	133,37	120,41	93,85	83,05					
		C	52,23	38,14	22,06	54,22	13,18	39,98					
	5	A	166,72	121,06	153,70	88,42	106,50	56,10					
		B	334,65	243,06	266,82	219,30	179,50	139,90					
		C	107,96	78,38	21,98	134,78	4,29	98,27					
	4	A	251,22	182,07	244,23	119,91	168,52	64,92					
		B	495,41	359,12	407,48	310,76	271,02	190,42					
		C	164,05	118,88	16,88	220,88	-8,89	161,11					
	3	A	335,61	243,01	350,77	135,25	243,94	64,34					
		B	655,41	474,66	548,58	400,74	363,34	240,14					
		C	220,14	159,38	-13,78	332,54	-43,35	245,25					
2	A	420,07	303,99	463,35	144,63	324,37	58,77						
	B	815,80	590,46	70,23	478,62	465,97	279,57						
	C	276,23	199,88	-62,80	462,56	-93,11	344,69						
1	A	504,52	364,97	575,09	154,85	404,09	53,89						
	B	976,18	706,26	854,22	558,30	567,09	320,49						
	C	332,33	240,38	-109,18	589,94	-140,67	441,93						
Portique: 8	6	A	58,37	42,79	55,51	30,07	41,62	20,42					
	5	A	109,81	80,11	120,91	39,31	89,25	21,25					
	4	A	161,24	117,43	257,95	-23,09	196,57	-37,63					
	3	A	212,68	154,75	295,27	14,23	220,80	-13,40					
	2	A	264,12	192,07	398,23	-14,09	299,72	-43,88					
	1	A	315,56	229,39	-41,09	499,87	-73,26	377,54					

FERAILLAGE DES POUTRES

FERAILLAGE DES POUTRES:

Les poutres se calculent en flexion simple. Il ne sera tenu compte que des moments et des efforts tranchants sollicitant celles-ci. On ne fait pas état dans les calculs des poutres des efforts normaux. (Art. E 2 + 8 BAEL 83)

On calcule les poutres sous deux sollicitations:

1- Etat limite ultime. (E.L.U)

$$f_{bc} = \frac{0,85 f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0,85 \times 25}{1,50} = 14,20 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 348 \text{ MPa}$$

2- Etat Accidental (Seisme).

$$f_{bc} = \frac{0,85 f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0,85 \times 25}{1,15} = 18,48 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1} = 400 \text{ MPa}$$

- Etat Limite de service: (ELS): pour vérification

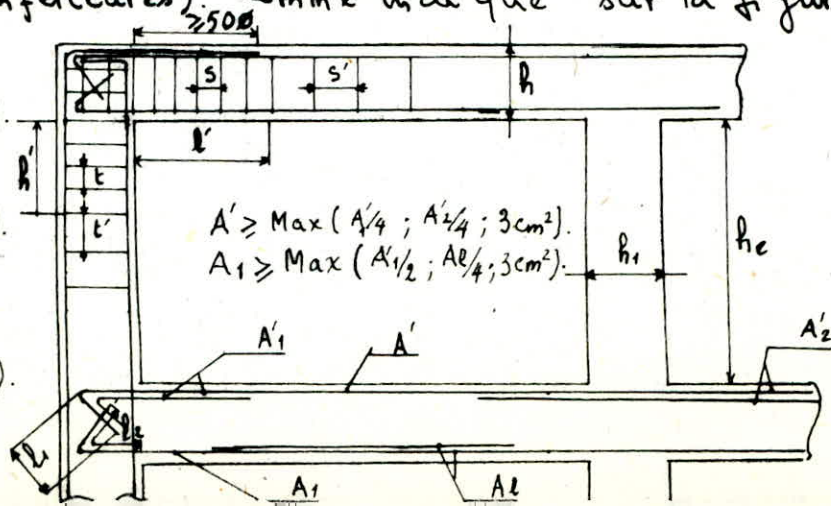
C'est l'état limite de compression du béton; de déformation; et d'ouverture des fissures.

Recommandations du RPA 81: (A 4-2.3.2).

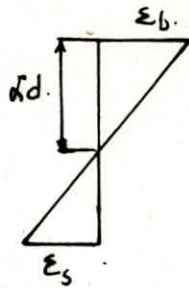
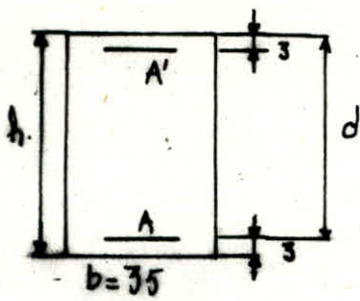
Les poutres supportant de faibles charges verticales et sollicitées principalement par les forces sismiques doivent avoir des armatures symétriques avec une section en travée égale au moins à la moitié de celle des appuis.

Les poutres portenses doivent comporter des armatures filantes (supérieures et inférieures) comme indiqué sur la figure. (Zone II).

- $l' = 2h$
- $h' = \text{Max}(\frac{h_s}{6}; b; h; 60\text{cm})$
- $t \leq \text{Min}(10\phi; 15\text{cm})$
- $t' \leq 12\phi$
- $s \leq \text{Min}(\frac{h}{4}; 12\phi; 30\text{cm})$
- $s' \leq \frac{h}{2}$
- $l_1 \geq 20\phi$
- $l_2 \geq \text{Max}(30\phi; 50\text{cm})$



Methode de Ferailage:



Avec la relation lineaire entre l'acier et le beton.

$$\epsilon_s = \epsilon_b \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \quad (\%) \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{\epsilon_b}{\epsilon_b + \epsilon_s}$$

en Flexion simple $\epsilon_b \leq 3,5\%$

$$\epsilon_s \geq \epsilon_l = \frac{f_e}{\gamma_s E_s}$$

$$E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa} \quad f_e \text{ en MPa.}$$

Soit avec $\epsilon_b = 3,5\%$ $\epsilon_s = \frac{f_e}{\gamma_s E_s}$

$$\alpha_l = \frac{3,5 E_s}{3,5 E_s + f_e / \gamma_s} = \frac{700 \gamma_s}{700 \gamma_s + f_e}$$

Pour l'acier type 3. $f_e = 400 \text{ MPa.}$

E.L.V : $\gamma_s = 1,15$: $\alpha_l = \frac{805}{805 + 400} = 0,668$

soit $\mu_l = 0,8 \alpha_l (1 - 0,4 \alpha_l) = 0,392$

Etat accidentel (seisme). $\gamma_s = 1$.

$$\alpha_l = \frac{700}{700 + 400} = 0,636 \quad \text{soit} \quad \mu_l = 0,8 \alpha_l (1 - 0,4 \alpha_l) = 0,379$$

Données :

$M_u ; b ; d ; f_{bc} ; \sigma_s ; \mu_l$

On calcule : $\mu = \frac{M_u}{f_{bc} b d^2}$

* Si $\mu \leq \mu_l$. $A' = 0$ $\alpha = 1,25 (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) \Rightarrow$ soit A ou $B \Rightarrow \sigma_s$.

$$A = \frac{M_u}{(1 - 0,4 \alpha) d \cdot \sigma_s}$$

* Si $\mu > \mu_l \Rightarrow A' \neq 0$

$$M_l = \mu_l f_{bc} b d^2$$

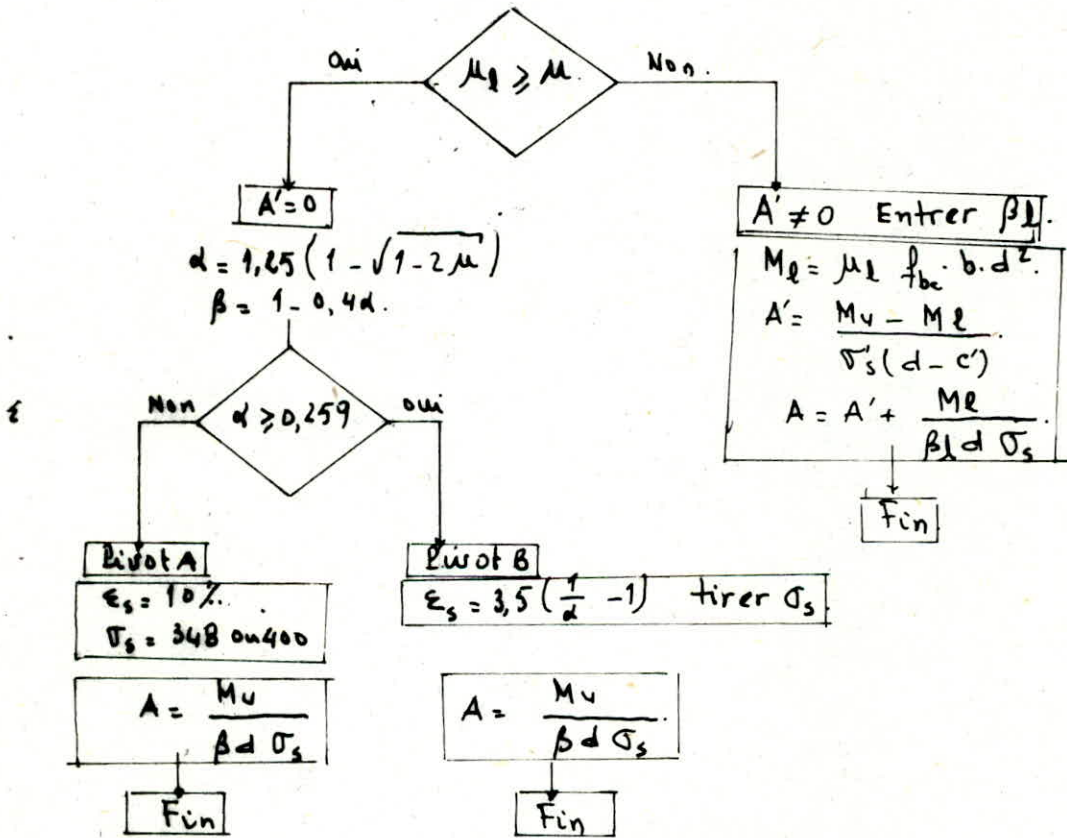
$$A' = \frac{M_u - M_l}{(d - c') \sigma_s}$$

$$A = \frac{M_l}{(1 - 0,4d) d \sigma_s} + A'$$

organigramme:

Entrer: b (cm), d (cm); c' (cm); f_{bc} (MPa); σ_s (MPa); μ_l ; M (Nm).

$$\mu = \frac{M}{f_{bc} b d^2}$$



Portiques T & B Ferailage des appuis.

Etat accidentel (SP2).

Etat L.U. (SP1)

Etat L.U. (SP1)						M _{sup}	M _s	M _s	β _s	A _s	A _{adop} (sup)	A _s (cm ²)	
	M _{sup}	μ	α	β	A _{sup}	M _{inf}	μ _i	d _i	β _i	A _i	A _{adop} (inf)	A _i (cm ²)	
6	A	35,89	0,043	0,055	0,978	2,57	55,11	0,051	0,065	0,974	3,45	3T14	4,62
							10,63	0,010	0,012	0,995	0,65	3T14	4,62
	B	74,68	0,090	0,117	0,953	5,49	71,34	0,066	0,085	0,966	4,50	3T14 + 1T12	5,75
5	A	45,89	0,055	0,071	0,972	3,31	97,33	0,090	0,117	0,953	6,23	3T14 + 2T12	6,88
							43,88	0,040	0,052	0,979	2,73	3T14	4,62
	B	62,91	0,075	0,098	0,961	4,59	97,59	0,090	0,118	0,953	6,24	3T14 + 2T12	6,88
4	A	46,80	0,056	0,078	0,971	3,38	134,89	0,124	0,166	0,934	8,81	6T14	9,24
							80,37	0,074	0,096	0,962	5,10	3T14 + 1T12	5,75
	B	62,89	0,075	0,098	0,961	4,59	124,19	0,114	0,152	0,939	8,06	6T14	9,24
3	A	46,80	0,056	0,078	0,971	3,38	164,29	0,151	0,206	0,918	10,92	3T16 + 4T14	12,18
							109,77	0,101	0,133	0,947	7,07	3T16 + 2T12	8,29
	B	62,89	0,075	0,098	0,961	4,59	165,09	0,152	0,207	0,917	10,97	3T16 + 4T14	12,18
2	A	23,33	0,028	0,035	0,986	1,66	179,19	0,165	0,227	0,909	12,01	4T16 + 4T12	12,56
							124,67	0,115	0,153	0,939	8,10	4T16 + 2T12	10,30
	B	26,97	0,032	0,041	0,984	1,92	172,09	0,158	0,217	0,913	11,49	4T16 + 4T12	12,56
1	A	23,33	0,028	0,035	0,986	1,66	180,29	0,166	0,228	0,909	12,10	4T16 + 4T12	12,56
							125,77	0,116	0,154	0,938	8,17	4T12 + 2T12	10,30
	B	26,97	0,032	0,041	0,984	1,92	164,99	0,152	0,207	0,917	10,97	4T16 + 4T12	12,56
6	A	23,33	0,028	0,035	0,986	1,66	189,17	0,174	0,241	0,904	12,76	4T16 + 4T14	14,19
							164,21	0,157	0,206	0,918	10,91	4T16 + 4T12	12,56
	C	27,51	0,026	0,033	0,987	1,59	179,19	0,165	0,227	0,909	12,01	4T16 + 4T12	12,56
5	A	26,97	0,032	0,041	0,984	1,92	172,09	0,158	0,217	0,913	11,49	4T16 + 4T12	12,56
							116,28	0,107	0,142	0,943	7,52	4T16	8,04
	C	27,51	0,026	0,033	0,987	1,59	191,07	0,176	0,243	0,903	12,91	4T16 + 4T14	14,19
4	A	27,51	0,033	0,042	0,983	1,96	166,01	0,153	0,208	0,917	11,04	4T16 + 4T12	12,56
							123,86	0,114	0,152	0,939	8,04	6T14	9,24
	C	27,51	0,033	0,042	0,983	1,96	90,95	0,084	0,109	0,956	5,80	3T14 + 2T12	6,88
3	A	27,51	0,033	0,042	0,983	1,96	152,66	0,140	0,190	0,924	10,07	4T16 + 2T12	10,30
							119,74	0,110	0,146	0,942	7,75	4T16	8,04
	C	27,51	0,033	0,042	0,983	1,96	175,86	0,162	0,222	0,917	11,77	4T16 + 4T12	12,56
2	A	27,51	0,033	0,042	0,983	1,96	142,94	0,131	0,177	0,929	9,38	4T16 + 2T12	10,30
							172,66	0,159	0,217	0,913	11,53	4T16 + 4T12	12,56
	C	27,51	0,033	0,042	0,983	1,96	139,74	0,129	0,173	0,931	9,15	4T16 + 2T12	10,30

Portiques 7+8: Ferailage des poutres en travée.

		ELU: (S P 1)					Etat accidentel: (S E 2)						
Niv	travée	M _u (kN)	μ	α	β	A(cm ²)	M(kN)	μ	α	β	A(cm ²)	A _{adop}	A _{adop} en Ø
6	AB	72,43	0,087	0,114	0,954	5,32	58,50	0,054	0,069	0,972	3,67	6,88	2T12+3T14
	BC	28,42	0,034	0,043	0,983	2,03	25,31	0,023	0,029	0,988	1,56	4,62	3T14
5	AB	76,38	0,092	0,120	0,952	5,62	63,89	0,059	0,076	0,970	4,02	8,01	3T12+3T14
	BC	34,59	0,041	0,053	0,979	2,48	32,79	0,030	0,038	0,985	2,03	4,62	3T14
4	AB	76,04	0,091	0,120	0,952	5,60	72,24	0,066	0,086	0,966	4,56	8,01	3T12+3T14
	BC	34,70	0,042	0,053	0,979	2,48	39,07	0,036	0,046	0,982	2,43	4,62	3T14
3	AB	76,04	0,091	0,120	0,952	5,60	76,24	0,070	0,091	0,964	4,82	6,03	3T16
	BC	34,70	0,042	0,053	0,979	2,48	46,67	0,043	0,055	0,978	2,91	6,03	3T16
2	AB	76,04	0,091	0,120	0,952	5,60	77,14	0,071	0,092	0,963	4,88	8,04	4T16
	BC	34,70	0,042	0,053	0,979	2,48	43,67	0,040	0,051	0,979	2,72	8,04	4T16
1	AB	76,04	0,091	0,120	0,952	5,60	80,24	0,074	0,096	0,962	5,09	8,04	4T16
	BC	34,70	0,042	0,053	0,979	2,48	46,27	0,043	0,054	0,978	2,88	8,04	4T16
6	AB	57,07	0,068	0,089	0,965	4,15	41,64	0,038	0,049	0,980	2,59	4,62	3T14
5	AB	47,37	0,057	0,073	0,977	3,42	34,03	0,031	0,040	0,984	2,11	4,62	3T14
4	AB	46,95	0,056	0,072	0,977	3,39	33,72	0,031	0,039	0,984	2,09	4,62	3T14
3	AB	46,95	0,056	0,072	0,977	3,39	33,72	0,031	0,039	0,984	2,09	8,04	4T16
2	AB	46,95	0,056	0,072	0,977	3,39	33,72	0,031	0,039	0,984	2,09	8,04	4T16
1	AB	46,95	0,056	0,072	0,977	3,39	33,72	0,031	0,039	0,984	2,09	8,04	4T16

Ferailage des poutres non porteuses (B-B-c-c). (A.4.2.3.2 RPA 81).

Elles sont sollicitées principalement par le séisme (Etat limite accidentel). Par suite, elles sont ferailées symétriquement au niveau des appuis. On admet une section en travée au moins égale à la moitié de celle des appuis.

Armatures minimales:

$$A \geq A_{min} \quad / \quad A_{min} = 0,3 \cdot 10^{-2} \cdot b \cdot d = 0,3 \cdot 10^{-2} \cdot 35 \cdot 36 = 3,78 \text{ cm}^2$$

$$\text{soit } A_{min} = 3T14 = 4,62 \text{ cm}^2$$

Portiques B-B & c-c: Ferailage des Boutes.

Portique B-B							Portique c-c							
M(kNm)	μ	d	B	Acad ^(cm²)	Aado	Através	M(kNm)	μ	d	B	Acad	Aadop	Através	
0	1	29,74	0,035	0,045	0,982	2,10	3T14	26,89	0,032	0,041	0,984	1,90	3T14	3T14
	2	22,34	0,027	0,034	0,986	1,58	3T14	24,18	0,029	0,037	0,985	1,70	3T14	3T14
	3	22,47	0,027	0,034	0,986	1,58	3T14	23,95	0,029	0,036	0,986	1,69	3T14	3T14
	4	21,87	0,026	0,033	0,987	1,54	3T14	22,92	0,027	0,035	0,986	1,61	3T14	3T14
	5	22,47	0,027	0,034	0,986	1,58	3T14	22,87	0,027	0,035	0,986	1,61	3T14	3T14
	6	21,59	0,026	0,033	0,987	1,52	3T14	24,11	0,029	0,036	0,985	1,70	3T14	3T14
	7	26,16	0,031	0,040	0,984	1,85	3T14	26,89	0,032	0,041	0,984	1,90	3T14	3T14
	8	30,17	0,036	0,046	0,982	2,13	3T14							
5	1	62,75	0,075	0,097	0,961	4,53	3T14	59,68	0,071	0,092	0,963	4,30	3T14	3T14
	2	51,82	0,062	0,080	0,968	3,72	3T14	48,01	0,057	0,074	0,970	3,44	3T14	3T14
	3	53,30	0,064	0,082	0,964	3,83	3T14	49,31	0,059	0,076	0,970	3,53	3T14	3T14
	4	50,66	0,060	0,078	0,969	3,63	3T14	46,08	0,055	0,071	0,972	3,29	3T14	3T14
	5	53,30	0,064	0,082	0,967	3,83	3T14	46,94	0,056	0,072	0,971	3,39	3T14	3T14
	6	51,60	0,062	0,079	0,968	3,70	3T14	48,01	0,057	0,074	0,970	3,44	3T14	3T14
	7	56,01	0,067	0,087	0,965	4,03	3T14	59,70	0,071	0,092	0,963	4,31	3T14	3T14
	8	63,47	0,076	0,099	0,961	4,59	3T14							
4	1	95,81	0,114	0,152	0,939	7,08	3T14+3T12	89,33	0,107	0,141	0,944	6,57	3T14+2T12	3T14
	2	64,14	0,077	0,107	0,960	4,64	3T14	68,72	0,082	0,107	0,957	4,99	3T14+1T12	3T14
	3	66,00	0,079	0,103	0,959	4,78	3T14+1T12	70,90	0,085	0,111	0,956	5,15	3T14+1T12	3T14
	4	62,66	0,075	0,097	0,961	4,53	3T14	65,94	0,079	0,103	0,959	4,78	3T14+1T12	3T14
	5	66,00	0,079	0,103	0,959	4,78	3T14+1T12	68,58	0,082	0,107	0,957	4,98	3T14+1T12	3T14
	6	64,00	0,076	0,099	0,960	4,63	3T14+1T12	68,73	0,082	0,107	0,957	4,99	3T14+1T12	3T14
	7	68,23	0,081	0,106	0,957	4,95	3T14+1T12	89,33	0,107	0,141	0,944	6,57	3T14+2T12	3T14
	8	98,66	0,118	0,157	0,937	7,31	3T14+3T12							
3	1	121,51	0,145	0,197	0,921	9,16	3T16+3T12	112,43	0,134	0,181	0,928	8,42	3T16+2T14	3T16
	2	89,14	0,106	0,141	0,944	6,56	3T16+1T12	86,22	0,103	0,136	0,946	6,33	3T16+1T12	3T16
	3	91,80	0,110	0,145	0,942	6,77	3T16+1T12	88,90	0,106	0,140	0,944	6,54	3T16+1T12	3T16
	4	86,76	0,104	0,137	0,945	6,35	3T16+1T12	82,74	0,099	0,130	0,948	6,06	3T16+1T12	3T16
	5	91,76	0,110	0,145	0,942	6,77	3T16+1T12	86,58	0,103	0,137	0,945	6,36	3T16+1T12	3T16
	6	89,00	0,106	0,141	0,944	6,55	3T16+1T12	86,23	0,103	0,136	0,946	6,33	3T16+1T12	3T16
	7	93,19	0,111	0,148	0,941	6,88	3T16+1T12	111,53	0,133	0,179	0,928	8,34	3T16+2T14	3T16
	8	124,30	0,148	0,202	0,919	9,39	3T16+3T12							
2	1	142,31	0,170	0,234	0,906	10,90	4T16+2T14	131,23	0,157	0,214	0,914	9,97	4T16+2T12	3T16
	2	102,24	0,122	0,163	0,935	7,60	4T16	97,92	0,117	0,156	0,938	7,25	4T16	3T16
	3	105,30	0,126	0,168	0,933	7,84	4T16	100,92	0,120	0,161	0,936	7,49	4T16	3T16
	4	99,26	0,118	0,158	0,937	7,36	4T16	93,94	0,112	0,149	0,940	6,94	4T16	3T16
	5	105,30	0,126	0,168	0,933	7,84	4T16	98,58	0,118	0,157	0,937	7,30	4T16	3T16
	6	102,10	0,122	0,163	0,935	7,58	4T16	97,93	0,117	0,156	0,938	7,25	4T16	3T16
	7	106,33	0,127	0,170	0,932	7,92	4T16	131,23	0,157	0,214	0,914	9,97	4T16+2T12	3T16
	8	145,10	0,173	0,239	0,904	11,10	4T16+2T14							
1	1	139,11	0,166	0,228	0,909	10,63	4T16+2T14	128,43	0,153	0,209	0,916	9,73	4T16+2T12	3T16
	2	102,84	0,123	0,164	0,934	7,64	4T16	98,63	0,118	0,157	0,937	7,31	4T16	3T16
	3	105,10	0,125	0,168	0,933	7,82	4T16	101,10	0,121	0,161	0,936	7,50	4T16	3T16
	4	99,46	0,119	0,158	0,937	7,37	4T16	94,44	0,113	0,150	0,940	6,98	4T16	3T16
	5	105,10	0,125	0,168	0,933	7,82	4T16	98,78	0,118	0,157	0,937	7,32	4T16	3T16
	6	102,70	0,123	0,164	0,934	7,63	4T16	98,83	0,118	0,157	0,937	7,32	4T16	3T16
	7	106,93	0,128	0,171	0,932	7,97	4T16	128,83	0,154	0,210	0,916	9,77	4T16+2T12	3T16
	8	141,90	0,169	0,233	0,907	10,87	4T16+2T14							

verifications diverses:

a/ condition de non fragilité: (A.4.2 BAEL 83).

Il faut verifier:

$$A \geq A_{min} = 0,23 b d \frac{f_{ctb}}{f_e}$$

Pour les loutres 35 x 45 d = 41 cm.
 Pour les loutres 35 x 40 d = 36 cm.

$$A_{min} = 0,23 \times 35 \times 41 \times \frac{2,1}{400} = 1,73 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 0,23 \times 35 \times 36 \times \frac{2,1}{400} = 1,52 \text{ cm}^2$$

Par suite cette condition est verifiée.

b/ Etat limite d'ouvertures des fissures: La fissuration est considérée comme peu nuisible. Dans ce cas aucune verification particulière n'est demandée pour les aciers.

c/ Etat limite de compression du beton: (A4.5.2 BAEL 83).

La contrainte de compression du beton est limitée à $0,6 f_{cj} =$

$$\sigma_b \leq 0,6 f_{cj} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ MPa.}$$

Cette verification estant non necessaire si la relation suivante est verifiée:

$$d_u \leq \frac{\gamma - 1}{2} + \frac{f_{ctb}}{100} = \frac{\gamma - 1}{2} + 0,25. \quad \gamma = M_u / M_{ser}$$

Cette condition est toujours observée. Car on a observé que toutes les sections passent par le nivel A. ($d \leq 0,259$).

d/ Etat limite de deformations (A 4.6.2 BAEL 83).

* / $\frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{16}$ soit: $\frac{0,45}{5,70} = 0,079 > 0,063$.

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

*** / $\frac{A}{b_{od}} \leq \frac{4,2}{f_e} = \frac{4,2}{400} = 1,05\%$

$A_{max} = 8,04 \text{ cm}^2 \Rightarrow \frac{A}{b_{od}} = \frac{8,04}{35 \times 41} = 0,56\%$

donc verifiée.

	travée	M_{0a}	M_{0a}	$M_0 (g+a)$	M_t	$\frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0}$	h_t/l
Port: 7	6 AB	76,31	11,27	87,58	52,40	0,06	0,08
	5 AB	64,79	19,71	84,50	54,39	0,06	0,08
	4 ₁ AB	64,79	19,79	84,58	54,14	0,06	0,08
Port: 8	6 AB	51,77	5,37	57,14	41,66	0,07	0,08
	5 AB	40,50	9,41	49,91	34,04	0,07	0,08
	4 ₁ AB	40,50	9,41	50,01	33,77	0,07	0,08

Donc.

$h_t/l \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0}$
est tjrs verifiée

Il est inutile de proceder au calcul de la flèche.

Adherence (A 6-1-4 BAEL83).

Toutes les barres doivent être ancrées d'une longueur.

$$l_s = 40 \phi. \quad (\text{Acier HA}).$$

On doit vérifier:

$$\tau_s = \frac{F}{u_i l} = \frac{V_u}{0,9 d u_i} \frac{A_{si}}{A_s} \leq 0,6 \psi_s^2 f_{t18}$$

$$\psi_s = 1,5 \text{ Acier H.A.}$$

$$f_{t18} = 2,1 \text{ MPa.}$$

u_i : Perimetre utile de la section droite du Paquet à de barres de même diametre.

A_{si} : Section d'el Paquet de barres de même diametre

A_s : Section totale des armatures tendues.

$$\bar{\tau}_s = 0,6 \cdot 1,5^2 \cdot 2,1 = 2,84 \text{ MPa.}$$

on a fait la verification de l'adhérence pour les portiques porteurs

	Niveau	V _u (N)	A _s (cm ²)	A _{si} (cm ²)	u _i (cm)	τ _s (MPa)
6	A	82400	3T14 = 4,62	4,62	13,19	1,69
	B	96920	3T14 + 1T12 5,75	4,62 7,13	13,19 3,77	1,60 1,36
	C	52230	3T14	4,62	13,19	1,07
5	A	84320	3T14 2T12 = 6,88	4,62 2,26	13,19 7,54	1,16 1,00
	B	90690	3T14 2T12 = 6,88	4,62 2,26	13,19 7,54	1,25 1,07
	C	73850	3T14 2T12 = 6,88	4,62 2,26	13,19 7,54	1,02 0,87
4	A	80370	6T14 = 9,24	9,24	26,39	0,83
	B	68380	6T14 = 9,24	9,24	26,39	0,70
	C	109110	6T14 = 9,24	9,24	26,39	1,12
3	A	109770	3T16 = 12,18 4T14	6,03 6,15	15,08 17,59	0,98 0,85
	B	109280	3T16 = 12,18 4T14	6,03 6,15	15,08 17,59	0,97 0,85
	C	120210	3T16 = 12,18 3T14	6,03 4,62	15,08 13,19	1,22 1,07
2	A	124670	4T16 = 12,56 4T12	8,04 4,52	20,11 15,08	1,08 0,81
	B	116280	4T16 = 12,56 4T12	8,04 4,52	20,11 15,08	1,00 0,75
	C	166010	4T16 = 14,19 4T14	8,04 6,15	20,11 17,59	1,27 1,11
1	A	125770	4T16 = 12,56 4T12	8,04 4,52	20,11 15,08	1,08 0,81
	B	109180	4T16 = 12,56 4T12	8,04 4,52	20,11 15,08	0,94 0,71
	C	164210	4T16 = 14,19 4T14	8,04 6,15	20,11 17,59	1,25 1,10

Ainsi $\tau_s \leq \bar{\tau}_s$
est tjrs vérifiée.

Armatures transversales (A.5.1.2 BAEL 83).

La justification vis à vis de l'état-limite ultime des armatures d'âme s'exprime par la relation suivante

$$\textcircled{1} \quad \frac{A_t}{b \cdot s_t} \geq \frac{T_u - 0,3 f_{tL8} k}{0,8 f_e}$$

$k=1$ en Flexion simple.
 $f_e = 235 \text{ MPa}$
 $f_{tL8} = 2,1 \text{ MPa}$.

De plus elles doivent vérifier:

$$\textcircled{2} \quad \frac{A_t f_e}{b \cdot s_t} \geq 0,4 \text{ MPa.}$$

L'espacement s_t doit vérifier les recommandations de RPA 81.

$$\textcircled{3} \quad s_t \leq \left(\frac{h}{4}; 12\phi; 30 \text{ cm} \right) \quad \text{Zone nodale.}$$

$$s_t \leq \frac{A}{2} \quad \text{Zone Courante.}$$

On prend pour armatures transversales des barres de $\phi = 8 \text{ mm}$.

$$\textcircled{1} \quad s_t \leq \frac{0,8 \times 235 \times A_t}{35 (T_u - 0,3 \times 2,1)} = \frac{188 \cdot A_t (\text{cm}^2)}{35 (T_u - 0,63)}$$

$$\text{ou} \quad T_u = \frac{V_u}{b \cdot d} = \frac{V_u (\text{KN})}{143,5}$$

$$\textcircled{2} \quad s_t \leq \left(\frac{A_t f_e}{b \cdot 0,4}; 0,9d \right) = 33,75 \text{ cm.} \quad \text{Recommandations BAEL 83.}$$

$$\textcircled{3} \quad s_t \leq \left(\frac{41}{4}; 30 \text{ cm}; 12\phi \right) = \text{Min}(10,25 \text{ cm}; 12\phi)$$

$$s_t \leq \frac{41}{2} = 20,50 \text{ cm}$$

Recommandations RPA 81.

Ainsi les recommandations de RPA 81 sont plus restrictives.

Niv	Sens	$V_{u,max}$ (KEN)	A_t (cm ²)	T_u (MPa)	S_t (cm)	S_t (RPA)	S_t (Z.N)	S_t (Z.C)
6	long	38,12	4 ϕ 8=2,01	0,27	33,74	9	9	18
	trans	96,92	4 ϕ 8=2,01	0,68	33,74	10,25	10	18
5	long	61,04	4 ϕ 8=2,01	0,43	33,74	9	9	18
	trans	90,69	4 ϕ 8=2,01	0,63	33,74	10,25	10	18
4	long	76,21	4 ϕ 8=2,01	0,53	33,74	9	9	18
	trans	100,04	4 ϕ 8=2,01	0,70	33,74	10,25	10	18
3	long	93,11	4 ϕ 8=2,01	0,65	33,74	9	9	18
	trans	109,74	4 ϕ 8=2,01	0,76	33,74	10,25	10	18
2	long	104,43	4 ϕ 8=2,01	0,73	33,74	9	9	18
	trans	125,04	4 ϕ 8=2,01	0,87	33,74	10,25	10	18
1	long	103,58	4 ϕ 8=2,01	0,72	33,74	9	9	18
	trans	122,84	4 ϕ 8=2,01	0,86	33,74	10,25	10	18

Z.N: Zone Nodale.
Z.C: Zone Courante.

La quantité d'Armatures minimales exigée par le règlement RPA est vérifiée.

$$A_t = 0,003 \cdot S \cdot b$$

S: espacement.
b: largeur de la poutre.

en zone nodale: $A_{tmin} = 0,003 \cdot 9 \cdot 35 = 0,95 \text{ cm}^2$ (long)

$A_{tmin} = 0,003 \cdot 10 \cdot 35 = 1,05 \text{ cm}^2$ (trans)

en zone courante:

$$A_{tmin} = 0,003 \cdot S' \cdot b = 0,003 \cdot 18 \cdot 35 = 1,89 \text{ cm}^2$$

Par suite la section d'armatures transversales prévue est suffisante.

$$A_t = 2,01 \text{ cm}^2 > 1,89 \text{ cm}^2$$

Effort tranchant:

Les poutres soumises à des efforts tranchants sont justifiées vis à vis de l'état-limite ultime. Cette justification concerne les armatures transversales et la contrainte du béton. De même, les zones d'appui (d'about ou intermédiaires) sont aussi vérifiées.

Les justifications de l'âme d'une poutre sont conduites à partir de la contrainte tangente T_u prise égale à :

$$T_u = \frac{V_u}{b_0 d}$$

V_u : Effort tranchant à l'ELU.

b_0 : Largeur de l'âme.

d : hauteur utile de la poutre.

La contrainte T_u doit être au plus égale à la plus basse des valeurs :

$$\bar{T}_u = 0 \text{ Min } (0,13 f_{ctg}; 4 \text{ MPa}). \quad \text{fiss. Peu nuisible.}$$

Soit $\bar{T}_u = 3,25 \text{ MPa}$ avec $f_{ctg} = 25 \text{ MPa}$.

Portique 7:

$$T_{u\max} = \frac{125,04 \cdot 10^3}{0,35 \cdot 0,41 \cdot 10^6} = 0,87 \text{ MPa.}$$

Portique 8:

$$T_{u\max} = \frac{92,02 \cdot 10^3}{0,35 \cdot 0,41 \cdot 10^6} = 0,64 \text{ MPa.}$$

Portique B.B:

$$T_{u\max} = \frac{104,43 \cdot 10^3}{0,35 \cdot 0,36 \cdot 10^6} = 0,83 \text{ MPa.}$$

Portique C-C:

$$T_{u\max} = \frac{96,61 \cdot 10^3}{0,35 \cdot 0,36 \cdot 10^6} = 0,77 \text{ MPa.}$$

La relation $T_u \leq \bar{T}_u$ est toujours vérifiée.

Appui intermédiaire: lorsque la valeur du moment flechissant à l'ELU est inférieure à $0,9 \cdot V_u \cdot d$, on doit prolonger au delà du bord de l'appareil d'appui (coté travée) et y ancrer une section d'armatures suffisante pour équilibrer l'effort :

$$V_u + \frac{M_u}{0,9 d}$$

Niv.	V_u (kN)	M_u (kNm)	$V_u + M_u/0,9d$
6	96,92	-74,68	-105,46
5	90,69	-62,92	-76,42
4	100,04	-124,19	-236,52
3	109,74	-153,79	-307,00
2	125,64	-172,09	-341,33
1	122,84	-189,17	-389,82

Aucune traction dans les armatures inférieures des appuis intermédiaires.

FERRAILLAGE DES POTAUX

FERAILLAGE DES POTEAUX.

Les poteaux sont calculés en flexion composée sous l'effort Normal et le moment auxquels est soumis le poteau dans les deux sens.

On les calcule aux états limites suivants :

a/ Etat limite ultime (ELU).

on prend pour chaque sens (Long. ou transv.); le moment M et l'effort Normal correspondants à la combinaison :

$$M_u = M(1,35G + 1,50Q).$$

$$N_u = 1,35(N_{Gx} + N_{Gy} + N_{Pot}) + 1,50(N_{Qx} + N_{Qy}).$$

$$N_u = (1,35N_{Gx} + 1,50N_G) + (1,35N_{Gy} + 1,50N_{Qy}) + 1,35N_{Pot}$$

$$N_u = N_x + N_y + 1,35N_{Pot}.$$

b/ Etat limite accidentel (séisme) (A4.2.2 RPA 81).

La vérification de la résistance aux sollicitations normales de flexion composée les plus défavorables doit être effectuée avec les contraintes admissibles en béton et acier. Considérant un cas accidentel.

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1} = 400 \text{ MPa.}$$

$$f_{bc} = \frac{0,85 f_{cb}}{\gamma_b} = \frac{0,85 \times 25}{1,15} = 18,48 \text{ MPa.}$$

On considère pour cet état les combinaisons suivantes.

$$(N_{max}; M_{corr}); (N_{corr}; M_{max}); (N_{min}; M_{corr}).$$

On admettra pour un sens un ferrailage symétrique en obéissant aux recommandations du RPA 81

$$- \phi_{min} = 14 \text{ mm}; l_r = 50 \phi$$

- pourcentage minimal 1% en zone II sans dépasser 4%

c/ Etat limite de service (ELS): correspondant à $(N_{ser}; M_{ser})$.

$$\text{avec: } N_{ser} = (G+Q)_x + (G+Q)_y + N_{Pot}.$$

Etat limite de stabilité de forme: (flambage). (A 4.3.5 BAEL).

Cette vérification est à apporter à l'état limite ultime, pour les sections soumises à un effort Normal de compression, en adoptant une excentricité totale de calcul:

$$e = e_1 + e_2 + e_a.$$

e_1 : excentricité de l'effort Normal par rapport au C.D.G. G.

e_2 : excentricité due aux effets du second ordre, liés à la déformation de la structure.

e_a : excentricité additionnelles due aux imperfections géométriques.

$$e_1 = \frac{MG}{N}$$

$$e_2 = \frac{6 l_f^2}{10^4 h} (1 + \alpha)$$

h : hauteur de la section dans la direction de flambement.

α : rapport du moment du 1^{er} ordre dû aux charges permanentes, au moment total du 1^{er} ordre avant application des coeff. γ . ($\gamma = 1,50$).

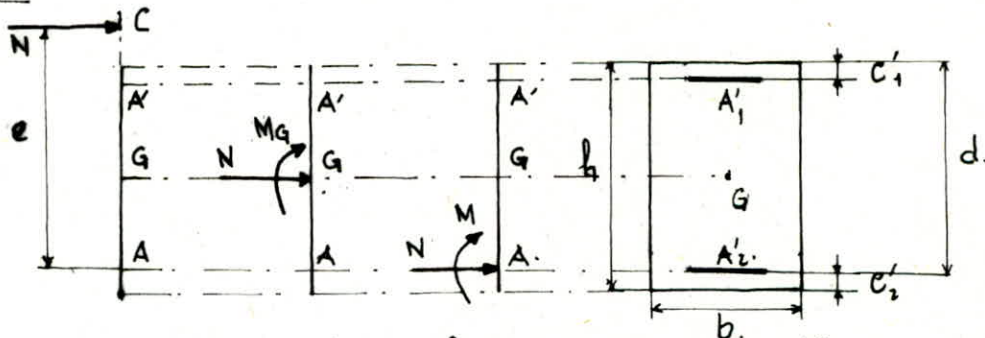
$$\alpha = \frac{M(1,35G)}{M(1,35G + Q)}$$

l_f : longueur de flambement du poteau.

$$l_f = 0,7h = 0,7 \times 3,00 = 2,10 \text{ m} \quad (\text{Encastrement non parfait}).$$

$$e_a = \text{Max} \left(2 \text{ cm}; \frac{l}{250} \right) = 2 \text{ cm} \quad \text{car } l = 3,00 \text{ m : hauteur d'étage.}$$

Méthode de ferrailage d'une section rectangulaire en Flexion Composée:



entrer M_G (Nm); N (N); (b ; d ; h ; c_1 ; c_2) en cm; (f_{bc} ; σ_s) en MPa.

$$\text{Calculer: } M = M/A_2 = MG + N \left(\frac{h}{2} - c_2 \right).$$

Comparer $N(d - c_1) - M$ et $(0,337h - 0,81c_1) f_{bc} b h$.

* Si $N(d - c_1) - M \leq (0,337h - 0,81c_1) f_{bc} b h$. section partiellement comp. calcul en Flexion Simple de la section sous le moment M . (voir organigramme de Flexion Simple).

Soit A'_f et A_f les armatures ainsi déterminées
 Si N est une compression

$$A' = A'_f \quad A = A_f - \frac{N}{100\sigma_s}$$

Si N est une traction

$$A' = A'_f \quad A = A_f + \frac{N}{100\sigma_s}$$

Si $A \leq 0$ et $A' = 0$ Armatures minimales

Si $A \leq 0$ et $A' \neq 0$ Nouvel état d'équilibre.

On détermine alors les racines de l'équation

$$0,4y^2 - c_1 y + \frac{N(e + c_1 - d)}{0,8 f_{bc} d} = 0 \Rightarrow y = d = \frac{y}{d} \Rightarrow \epsilon'_s$$

tirer $\sigma'_s = f(\epsilon'_s) \Rightarrow A' = \frac{M}{\beta d \sigma'_s}$

* Si $N(d - c_1) - M > (0,337h - 0,81c_1) f_{bc} bh$ et N est compression.

C'est une section entièrement comprimée.

Comparer $N(d - c_1) - M$ avec $(0,5h - c_1) f_{bc} bh$.

** Si $N(d - c_1) - M \geq (0,5h - c_1) f_{bc} bh$

$$A'_1 = \frac{M - f_{bc} bh (d - 0,5h)}{(d - c_1) \sigma_2} \quad \& \quad A'_2 = \frac{N - 100 f_{bc} bh}{100 \sigma_2} - A'_1$$

σ_2 : Contrainte de l'acier pour $\epsilon_s = 2 \%$

** Si $N(d - c_1) - M < (0,5h - c_1) f_{bc} bh$.

$$A'_2 = 0 \quad A'_1 = \frac{N - 100 \gamma f_{bc} bh}{100 \sigma'_s}$$

avec $0,3571 + \frac{N(d - c_1) - 100 M}{100 f_{bc} bh^2}$

$$\gamma = \frac{0,8571 - \frac{c_1}{h}}{0,8571 - \frac{c_1}{h}}$$

$$\epsilon'_s (\%) = 2 + (3,437 - 8,019 \frac{c_1}{h}) \sqrt{1 - \gamma} \quad \text{d'où } \sigma'_s = f(\epsilon'_s)$$

Organigramme.

entrer $b; h; d; c_1; c_2$ en cm; $f_{bc}; \sigma_s$ en MPa; M_G (KNm); N (N).

$$M = M_G + N \left(\frac{h}{2} - c_2 \right)$$

$$Y = (0,337h - 0,81c_1) f_{bc} b h$$

$$W = (0,5h - c_2) f_{bc} b h$$

$$W = N(d - c_2) - M$$

$Y \geq W$

S.P.C

SEC

calcul en flexion simple avec le moment M . (voir organigramme de F.S). soit A'_f et A_f obtenues

$$A' = A'_f$$

$$A = A_f - \frac{N}{100\sigma_s}$$

$A \geq 0$

Fin

Armatures minimales.

Fin

trouver les racines de $0,4y^2 - c_1 y + \frac{N(c_2 - d)}{0,8f_{bc}b} = 0$

$$d = \frac{y}{\alpha} \text{ tirer } \epsilon'_s(\%) = f(\alpha)$$

tirer $\sigma'_s = f(\epsilon'_s)$.

$$A' = \frac{M}{(1 - 0,4\alpha)d\sigma'_s}$$

Fin

$Y \geq W$

$$A'_1 = \frac{M - f_{bc} b h (d - 0,5h)}{(d - c_1) \sigma_2}$$

$$A'_2 = \frac{N - 100 f_{bc} b h - A'_1}{100 \sigma_2}$$

Fin

$$\psi = \frac{0,3571 + \frac{N(d - c_2) - 100M}{100 f_{bc} b h^2}}{0,8571 - \frac{c_1}{h}}$$

$$\epsilon'_s = 2 + (3,437 - 8,019 \frac{c_1}{h}) \sqrt{1 - \psi}$$

(%)
tirer $\sigma'_s = f(\epsilon'_s)$.

$$A'_1 = \frac{N - 100 \psi f_{bc} b h}{100 \sigma'_s}$$

$$A'_2 = 0$$

Fin

$$\epsilon_s = 3,510^{-3} \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right)$$

pour notre cas : $b = h = 35$ cm ; $d = 32$ cm ; $c_1 = c_2 = 3$ cm.
 $f_{bc} = 18,48$ MPa → Etat accidentel.
 $f_{bc} = 14,2$ MPa → E.L.U.

-60-
 ETAT LIMITE ULTIME : Moments et efforts Normaux corrigés dans les poteaux

NIV	Pote	Sens		M ₀ (kn.m)	N _x	N _y	N _{com Sup}	N	e ₁ (cm)	e ₂ (cm)	e(cm)	M:N:e
6	7A	L	↑	2,54	47,47	82,40	0	129,87	0,01	1,44	3,48	4,29
			↓	1,64	47,47	82,40	9,19	142,28	0,02	1,26	3,27	4,65
		T	↑	35,89	47,47	82,40	0	129,87	0,55	1,44	3,99	5,18
			↓	21,58	47,47	82,40	9,19	142,28	0,01	1,37	3,39	4,82
	7B	L	↑	2,54	47,47	173,75	0	221,22	0,02	1,44	3,46	7,66
			↓	1,64	47,47	173,75	9,19	233,63	0,01	1,31	3,32	7,76
		T	↑	11,78	47,47	173,75	0	221,22	0,11	1,44	3,54	7,48
			↓	-6,65	47,47	173,75	9,19	233,63	0,01	1,37	3,38	7,90
	7C	L	↑	-4,09	22,32	52,23	0	74,55	0,11	1,44	3,55	2,65
			↓	-3,55	22,32	52,23	9,19	83,74	0,08	1,31	3,39	2,84
		T	↑	-15,53	22,32	52,23	0	74,55	0,42	1,44	3,85	2,87
			↓	-9,83	22,32	52,23	9,19	83,74	0,23	1,37	3,61	3,02
8A	L	↑	-4,74	26,62	58,37	0	84,99	0,11	1,37	3,48	2,96	
		↓	-3,52	26,62	58,37	9,19	94,18	0,07	1,31	3,38	3,19	
	T	↑	23,33	26,62	58,37	0	84,99	0,55	1,40	4,01	3,41	
		↓	12,68	26,62	58,37	9,19	94,18	0,27	1,40	3,67	3,46	
5	7A	L	↑	1,85	97,18	166,72	9,19	273,09	0,01	1,26	3,27	8,93
			↓	1,72	97,18	166,72	18,38	282,28	0,01	1,25	3,27	9,22
		T	↑	24,32	97,18	166,72	9,19	273,09	0,18	1,37	3,55	9,70
			↓	33,39	97,18	166,72	18,38	282,28	0,24	1,37	3,61	10,19
	7B	L	↑	1,85	97,18	334,65	9,19	441,02	0,01	1,26	3,27	14,40
			↓	1,72	97,18	334,65	18,38	450,21	0,01	1,25	3,26	14,68
		T	↑	-7,51	97,18	334,65	9,19	441,02	0,03	1,37	3,41	15,02
			↓	-7,49	97,18	334,65	18,38	450,21	0,03	1,37	3,41	15,34
	7C	L	↑	-3,99	53,39	107,96	9,19	170,54	0,05	1,33	3,37	5,75
			↓	-3,86	53,39	107,96	18,38	179,73	0,04	1,33	3,37	6,06
		T	↑	-11,08	53,39	107,96	9,19	179,73	0,13	1,37	3,50	5,97
			↓	-10,71	53,39	107,96	18,38	179,73	0,12	1,37	3,49	6,28
8A	L	↑	-3,96	58,40	109,81	9,19	177,40	0,04	1,32	3,37	5,98	
		↓	-3,83	58,40	109,81	18,38	186,59	0,04	1,32	3,37	6,28	
	T	↑	14,29	58,40	109,81	9,19	177,40	0,160	1,40	2,57	6,32	
		↓	13,75	58,40	109,81	18,38	186,59	0,150	1,40	3,55	6,62	
4	7A	L	↑	1,72	146,13	251,22	18,38	415,73	0,01	1,25	3,26	13,56
			↓	1,72	146,13	251,22	27,57	424,92	0,01	1,25	3,26	13,86
		T	↑	23,39	146,13	251,22	18,38	415,73	0,11	1,37	3,49	14,49
			↓	23,39	146,13	251,22	27,57	424,92	0,11	1,37	3,48	14,80
	7B	L	↑	1,72	146,13	495,41	18,38	659,93	0,01	1,25	3,26	21,56
			↓	1,72	146,13	495,41	27,57	669,11	0,01	1,25	3,26	21,80
		T	↑	-7,49	146,13	495,41	18,38	659,92	0,02	1,37	3,40	22,41
			↓	-7,49	146,13	495,41	27,57	669,11	0,02	1,37	3,40	22,72
	7C	L	↑	-3,86	84,61	164,04	18,38	267,03	0,03	1,33	3,36	8,96
			↓	-3,86	84,61	164,04	27,57	276,22	0,03	1,33	3,35	9,26
		T	↑	-13,74	84,61	164,04	18,38	267,03	0,10	1,37	3,48	9,28
			↓	-13,74	84,61	164,04	27,57	276,22	0,10	1,37	3,47	9,59
8A	L	↑	-3,83	90,11	161,24	18,38	269,73	0,03	1,33	3,35	9,05	
		↓	-3,83	90,11	161,24	27,57	278,92	0,03	1,33	3,35	9,35	
	T	↑	13,75	90,11	161,24	18,38	269,73	0,10	1,40	3,50	9,45	
		↓	13,75	90,11	161,24	27,57	278,92	0,10	1,40	3,50	9,76	

(Suite)

NIV	Pos	SENS		M ₀ (km)	N _x	N _y	N _{com Sup}	N	e ₁ (cm)	e ₂ (cm)	e (cm)	M-N.C
3	7A	L	♂	1,72	195,83	335,61	27,57	559,01	0,31	1,25	3,56	19,91
			♀	1,72	195,83	335,61	36,78	568,22	0,30	1,25	3,56	20,21
		T	♂	23,39	195,83	335,61	27,57	558,41	4,19	1,37	7,56	42,22
			♀	23,39	195,83	335,61	36,78	668,22	3,50	1,37	6,87	45,93
	7B	L	♂	1,72	195,83	655,41	27,57	878,81	0,20	1,25	3,45	30,31
			♀	1,72	195,23	655,41	36,78	887,42	0,19	1,25	3,45	30,59
		T	♂	-7,49	195,83	655,41	27,57	878,81	-0,85	1,37	2,52	22,16
			♀	-7,49	195,83	655,41	36,78	887,42	-0,84	1,37	2,52	22,47
	7C	L	♂	-3,86	115,83	220,14	27,57	363,54	-1,06	1,33	2,26	8,23
			♀	-3,86	115,83	220,14	36,78	372,75	-1,04	1,33	2,29	8,54
		T	♂	-13,74	115,83	220,14	27,57	363,54	-3,78	1,37	-0,41	-1,48
			♀	-13,74	115,83	220,14	36,78	372,75	-3,69	1,37	-0,31	-1,17
8A	L	♂	-3,83	121,82	212,68	27,57	371,72	-1,03	1,40	2,37	8,81	
		♀	-3,83	121,82	212,68	36,78	384,15	-1,00	1,40	2,40	9,23	
	T	♂	13,75	121,82	212,68	27,57	371,72	-3,70	1,40	-0,20	-1,11	
		♀	13,75	121,82	212,68	36,78	384,15	3,58	1,40	6,98	26,81	
2	7A	L	♂	1,72	245,52	420,07	36,78	715,24	0,24	1,25	3,49	25,06
			♀	1,72	245,52	420,07	45,97	727,65	0,24	1,25	3,49	25,39
		T	♂	23,39	245,52	420,07	36,78	715,24	3,27	1,37	6,64	47,51
			♀	23,39	245,52	420,07	45,97	727,65	3,21	1,37	6,59	47,93
	7B	L	♂	1,72	245,52	815,80	36,78	1110,97	0,15	1,25	3,41	37,86
			♀	1,72	245,52	815,80	45,97	1123,38	0,15	1,25	3,41	38,27
		T	♂	-7,49	245,52	815,80	36,78	1110,97	-0,67	1,37	2,70	30,00
			♀	-7,49	245,52	815,80	45,97	1123,38	-0,67	1,37	2,70	30,41
	7C	L	♂	-3,86	147,06	276,23	36,78	472,94	-0,82	1,33	2,51	11,87
			♀	-3,86	147,06	276,23	45,97	485,35	-0,80	1,33	2,53	12,29
		T	♂	-13,74	147,06	276,23	36,78	472,94	-2,91	1,37	0,47	2,21
			♀	-13,74	147,06	276,23	45,97	485,35	-2,83	1,37	0,54	2,63
8A	L	♂	-3,83	153,53	264,12	36,78	467,30	-0,82	1,40	2,88	12,06	
		♀	-3,83	153,53	264,12	45,97	479,71	-0,80	1,40	2,60	12,48	
	T	♂	13,75	153,53	264,12	36,78	467,30	2,94	1,40	6,34	29,64	
		♀	13,75	153,33	264,12	45,97	479,71	2,87	1,40	6,27	30,06	
1	7A	L	♂	1,72	295,22	504,52	45,97	861,80	0,20	1,25	3,45	29,76
			♀	1,72	295,22	504,52	55,16	874,21	0,20	1,25	3,45	30,16
		T	♂	23,39	295,22	504,52	45,97	861,80	2,71	1,37	6,09	52,46
			♀	23,39	295,22	504,52	55,16	874,21	2,68	1,37	6,05	52,88
	7B	L	♂	1,72	295,22	976,18	45,97	1333,50	0,13	1,25	3,38	45,10
			♀	1,72	295,22	976,18	55,16	1345,87	0,13	1,25	3,38	45,51
		T	♂	-7,49	295,22	976,18	45,97	1333,50	-0,56	1,37	2,81	37,50
			♀	-7,49	295,22	976,18	55,16	1345,87	-0,56	1,37	2,82	37,91
	7C	L	♂	-3,86	178,28	832,38	45,97	572,67	-0,67	1,33	2,65	15,19
			♀	-3,86	178,28	832,38	55,16	585,08	-0,66	1,33	2,67	15,60
		T	♂	-13,74	178,28	832,38	45,97	572,67	-2,40	1,37	0,97	5,58
			♀	-13,74	178,28	832,38	55,16	585,08	-2,35	1,37	1,02	6,00
8A	L	♂	-3,83	185,24	315,56	45,97	562,86	-0,68	1,40	2,72	15,31	
		♀	-3,83	185,24	315,56	55,16	575,27	-0,67	1,40	2,74	15,73	
	T	♂	13,75	185,24	315,56	45,97	562,86	2,44	1,40	5,84	32,89	
		♀	13,75	185,24	315,56	55,16	575,27	2,39	1,40	5,79	33,31	

E.L.U = FERRAILLAGE DES POTEAUX

NIV	Pote	sexe		M ₀ (KNM)	N ₁ (KN)	N ₂ (KN)	Y(KNW)	V(KNW)	X ₁ (KNW)	Soll	A (cm ²)
6	7A	L	t	4,52	129,87	23,35	162,90	252,23	14,31	SPC	-1,58
			b	4,65	142,28	25,28	"	"	15,98	SPC	-1,75
		T	t	5,18	129,87	24,01	"	"	13,65	SPC	-1,52
			b	4,82	142,28	25,45	"	"	15,01	SPC	-1,74
	7B	L	t	7,66	221,22	39,74	"	"	24,45	SPC	-2,63
			b	7,76	233,63	41,64	"	"	26,11	SPC	-2,64
		T	t	7,48	221,22	39,86	"	"	24,60	SPC	-2,66
			b	7,90	233,63	41,77	"	"	25,97	SPC	-2,79
	7C	L	t	2,65	74,85	13,45	"	"	8,16	SPC	-0,91
			b	2,84	83,74	14,98	"	"	9,30	SPC	-1,04
		T	t	2,87	74,85	13,68	"	"	7,94	SPC	-0,89
			b	3,02	83,74	15,16	"	"	9,12	SPC	-1,02
8A	L	t	2,96	85,00	15,28	"	"	9,36	SPC	-1,04	
		b	3,19	94,18	16,85	"	"	10,46	SPC	-1,16	
	T	t	3,41	85,00	15,73	"	"	8,91	SPC	-1,00	
		b	3,46	94,18	17,11	"	"	10,19	SPC	-1,14	
5	7A	L	t	8,93	273,09	48,53	"	"	30,66	SPC	-3,28
			b	9,22	282,28	50,15	"	"	31,71	SPC	-3,36
		T	t	9,70	273,09	49,30	"	"	29,89	SPC	-3,18
			b	10,19	282,28	51,12	"	"	30,74	SPC	-3,26
	7B	L	t	14,40	441,02	78,39	"	"	49,54	SPC	-4,99
			b	14,68	450,21	79,96	"	"	50,60	SPC	-5,08
		T	t	15,02	441,02	78,96	"	"	48,93	SPC	-4,92
			b	15,34	450,21	80,62	"	"	49,94	SPC	-5,00
	7C	L	t	5,75	170,54	30,47	"	"	18,98	SPC	-2,07
			b	6,06	179,73	32,12	"	"	20,00	SPC	-2,18
		T	t	5,97	170,54	30,69	"	"	18,76	SPC	-2,05
			b	6,28	179,73	32,34	"	"	19,78	SPC	-2,16
	8A	L	t	5,98	177,40	31,70	"	"	19,74	SPC	-2,15
			b	6,28	186,59	33,33	"	"	20,78	SPC	-2,26
		T	t	6,32	177,40	32,04	"	"	19,40	SPC	-2,12
			b	6,62	186,59	33,67	"	"	20,43	SPC	-2,23
4	7A	L	t	13,56	415,73	73,84	"	"	46,72	SPC	-4,74
			b	13,86	424,92	75,47	"	"	47,75	SPC	-4,83
		T	t	14,49	415,73	74,77	"	"	45,73	SPC	-4,65
			b	14,80	424,92	76,41	"	"	46,81	SPC	-4,74
	7B	L	t	21,50	659,92	117,19	"	"	74,18	SPC	-6,83
			b	21,80	669,11	118,82	"	"	75,22	SPC	-6,89
		T	t	22,41	659,92	118,09	"	"	73,27	SPC	-6,71
			b	22,72	669,11	122,64	"	"	77,19	SPC	-6,99
	7C	L	t	8,96	267,03	47,68	"	"	29,76	SPC	-3,16
			b	9,26	276,22	49,31	"	"	30,99	SPC	-3,23
		T	t	8,96	267,03	47,99	"	"	29,44	SPC	-3,13
			b	9,59	276,22	49,64	"	"	30,46	SPC	-3,24
	8A	L	t	9,05	269,73	48,16	"	"	30,06	SPC	-3,19
			b	9,85	278,92	49,79	"	"	31,09	SPC	-3,30
		T	t	9,45	269,73	48,56	"	"	29,80	SPC	-3,15
			b	9,76	278,92	50,20	"	"	30,68	SPC	-3,16

Suite.

NW	Pdx	Scad		Mg(kN)	N(kN)	T(kN)	Y(kN)	V(kN)	W(kN)	Soli	A ₂	A ₂ (cm ²)
3	7A	L	6	19,91	559,01	100,97	144,90	252,23	61,15	SPC	10,21	-5,85
			6	20,21	568,22	102,60	"	"	62,18	SPC	10,40	-5,93
		T	6	42,22	558,41	123,19	"	"	38,75	SPC	12,88	-3,17
			6	45,93	668,22	142,82	"	"	50,96	SPC	15,43	-3,77
	7B	L	6	30,31	878,81	157,74	"	"	97,12	SPC	17,53	-7,43
			6	30,59	867,42	168,02	"	"	96,84	SPC	17,56	-7,94
		T	6	22,16	878,81	149,59	"	"	105,27	SPC	16,36	-8,89
			6	22,47	887,42	154,15	"	"	106,21	SPC	16,58	-8,92
	7C	L	6	8,23	363,54	60,94	"	"	44,48	SPC	5,84	-4,61
			6	8,54	372,75	62,59	"	"	45,51	SPC	6,01	-4,70
		T	6	-1,48	363,54	51,23	"	"	54,19	SPC	4,86	-5,58
			6	-1,17	372,75	52,88	"	"	55,22	SPC	5,02	-5,69
8A	L	6	8,81	371,72	62,71	"	"	45,09	SPC	6,03	-4,65	
		6	9,23	384,15	64,93	"	"	46,47	SPC	6,26	-4,78	
	T	6	-1,11	371,72	52,79	"	"	55,01	SPC	5,01	-4,71	
		6	26,81	384,15	81,51	"	"	28,89	SPC	8,13	-2,91	
2	7A	L	6	25,00	715,24	128,69	"	"	78,78	SPC	13,57	-6,98
			6	25,39	727,65	130,30	"	"	80,12	SPC	13,85	-7,06
		T	6	47,51	715,24	151,22	"	"	56,19	SPC	16,59	-3,96
			6	47,93	727,65	153,44	"	"	57,58	SPC	16,91	-4,60
	7B	L	6	37,86	1110,97	198,95	"	"	123,23	SPC	24,36	-3,80
			6	38,27	1123,38	201,16	"	"	124,62	SPC	24,17	-9,60
		T	6	30,00	1110,97	191,08	"	"	131,10	SPC	22,89	-9,03
			6	30,41	1123,38	193,20	"	"	132,48	SPC	23,30	-8,90
	7C	L	6	11,87	478,94	80,45	"	"	56,71	SPC	7,91	-5,66
			6	12,29	485,35	82,67	"	"	58,09	SPC	8,15	-6,51
		T	6	2,21	478,94	70,49	"	"	66,37	SPC	6,87	-7,23
			6	2,63	485,35	73,06	"	"	66,75	SPC	7,11	-6,70
8A	L	6	12,06	467,30	79,82	"	"	55,70	SPC	7,84	-6,56	
		6	12,48	478,71	82,04	"	"	57,08	SPC	8,08	-7,15	
	T	6	29,64	467,30	97,40	"	"	38,12	SPC	9,80	-3,63	
		6	30,06	478,71	99,59	"	"	39,53	SPC	10,05	-3,73	
1	7A	L	6	29,76	861,80	154,72	"	"	95,20	SPC	17,09	-7,67
			6	30,16	874,21	156,92	"	"	96,60	SPC	17,41	-7,72
		T	6	52,46	861,80	177,42	"	"	72,50	SPC	20,55	-4,21
			6	52,88	874,21	183,64	"	"	113,88	SPC	18,50	-6,15
	7B	L	6	45,10	1333,50	238,46	"	"	148,26	SPC	15,40	-6,20
			6	45,51	1345,87	240,25	"	"	150,05	SPC	13,30	-3,40
		T	6	37,50	1333,50	230,86	"	"	155,86	SPC	10,80	-6,80
			6	37,91	1345,87	233,06	"	"	157,24	SPC	13,60	-8,90
	7C	L	6	15,19	572,67	98,23	"	"	67,847	SPC	15,67	-6,88
			6	15,60	585,08	71,44	"	"	40,24	SPC	12,30	-8,65
		T	6	5,58	572,67	88,62	"	"	77,46	SPC	8,80	-4,30
			6	6,00	585,08	90,83	"	"	78,85	SPC	9,31	-6,30
8A	L	6	15,31	562,86	98,92	"	"	66,30	SPC	10,30	-7,80	
		6	15,73	575,27	99,14	"	"	67,68	SPC	11,52	-9,13	
	T	6	32,89	562,86	114,50	"	"	48,72	SPC	11,81	-4,37	
		6	33,31	575,27	116,72	"	"	50,10	SPC	12,08	-4,54	

-70-

Ferrailage des poteaux (SP2) (M_{corr}; N_{max}) ; (M_{max}; N_{corr}).

POE	L	M _{corr} (KNM)	N _{max} (KN)	M (KNM)	W	Soil	A ₁ (cm ²)	A _L	M _{max} (KNM)	N _{corr} (TON)	M	W	Soil	A ₁	A _L	
6	TA	L	43,73	38,48	49,31	-38,150	S.P.C	3,05	0	43,73	38,74	49,35	-38,112	S.P.C	3,04	0
		T	8,47	69,78	18,59	-16,48	S.P.C	-0,27	0	60,89	50,58	68,22	-53,55	S.P.C	4,37	0
7	TB	L	43,73	38,48	49,309	-38,15	S.P.C	3,05	0	43,73	38,74	49,35	-38,11	S.P.C	3,04	0
		T	56,72	133,37	76,059	-37,38	S.P.C	2,99	0	56,72	133,37	76,06	-37,38	S.P.C	2,99	0
8	TC	L	31,67	32,03	36,314	-27,03	S.P.C	2,12	0	31,67	32,03	36,31	-27,03	S.P.C	2,11	0
		T	28,38	54,22	36,24	-20,52	S.P.C	1,55	0	51,06	22,06	54,26	-47,86	S.P.C	3,87	0
9	8A	L	35,51	37,14	40,89	-30,12	S.P.C	2,37	0	35,51	37,14	40,89	-30,12	S.P.C	2,37	0
		T	19,02	55,51	27,068	-10,99	S.P.C	0,77	0	53,22	30,07	57,58	-48,86	S.P.C	3,96	0
10	TA	L	85,07	79,44	96,59	-73,55	S.P.C	6,21	0	85,07	79,44	96,58	-73,55	S.P.C	6,21	0
		T	39,08	153,70	61,37	-16,79	S.P.C	1,19	0	74,20	88,42	87,02	-61,38	S.P.C	5,10	0
11	TB	L	85,07	79,44	96,58	-73,55	S.P.C	6,21	0	85,07	79,44	96,58	-73,55	S.P.C	6,20	0
		T	95,06	266,82	133,74	-56,37	S.P.C (P.B)	5,12	0	95,06	266,82	133,75	-56,37	" (P.B)	5,12	0
12	7C	L	50,38	91,14	63,60	-37,16	S.P.C	2,95	0	50,38	91,14	63,59	-37,16	S.P.C	2,95	0
		T	60,16	134,78	79,70	-40,62	S.P.C	3,28	0	76,16	21,98	79,34	-72,97	S.P.C	6,07	0
13	8A	L	55,88	103,13	70,83	-40,93	S.P.C	3,29	0	55,88	103,13	70,83	-40,93	S.P.C	3,29	0
		T	48,18	120,91	65,96	-36,90	S.P.C	2,42	0	69,17	39,31	74,87	-63,47	S.P.C	5,24	0
14	TA	L	93,74	128,12	112,32	-75,16	S.P.C	6,47	0	93,74	128,12	112,32	-75,16	S.P.C	6,47	0
		T	58,11	244,23	93,52	-22,69	S.P.C	1,80	0	91,89	119,91	109,27	-74,50	S.P.C	6,39	0
15	TB	L	93,74	128,12	112,32	-75,16	S.P.C	6,47	0	93,74	128,12	112,32	-75,16	S.P.C	6,47	0
		T	117,37	407,48	176,45	-58,29	" (P.B)	6,19	0	117,37	407,48	176,45	-58,28	" (P.B)	6,19	0
16	7C	L	65,45	170,57	90,18	-40,72	S.P.C	3,34	0	65,45	170,57	90,18	-40,72	S.P.C	3,34	0
		T	76,67	220,88	108,70	-44,64	S.P.C	3,81	0	96,61	16,88	99,06	-94,16	S.P.C	8,00	0
17	8A	L	71,50	187,21	98,65	-44,35	S.P.C	3,70	0	71,50	187,21	98,65	-44,35	S.P.C	3,70	0
		T	60,70	257,95	98,102	-23,30	S.P.C	1,88	0	86,54	-23,09	83,19	-89,89	S.P.C	7,57	0
18	TA	L	112,58	177,55	138,22	-86,84	S.P.C	7,82	0	112,58	177,55	138,32	-86,84	S.P.C	7,82	0
		T	73,23	358,77	124,09	-22,37	S.P.C	2,06	0	107,01	135,25	126,62	-87,40	S.P.C	7,70	0
19	TB	L	112,58	177,55	138,32	-86,84	S.P.C	7,82	0	112,58	177,55	138,32	-86,84	S.P.C	7,82	0
		T	140,05	548,58	219,59	-60,51	S.P.C	8,00	0	140,05	548,58	219,58	-60,51	S.P.C	8,00	0
20	7C	L	74,17	266,22	112,77	-35,57	S.P.C	3,07	0	74,17	266,22	112,77	-35,57	S.P.C	3,07	0
		T	98,39	332,54	146,61	-50,17	S.P.C	4,80	0	118,33	-13,78	116,33	-120,33	S.P.C	10,41	0
21	8A	L	82,30	291,57	124,58	-40,02	S.P.C	3,59	0	82,30	291,57	124,58	-40,02	S.P.C	3,59	0
		T	78,58	295,27	121,39	-37,77	S.P.C	3,18	0	98,54	14,23	100,60	-96,48	S.P.C	8,21	0
22	TA	L	125,28	230,12	158,55	-91,81	S.P.C	8,63	0	125,28	230,12	158,55	-91,81	S.P.C	8,63	0
		T	77,67	463,35	144,86	-104,50	S.P.C	1,30	0	111,45	144,63	132,42	-90,48	S.P.C	8,04	0
23	TB	L	125,28	230,12	158,55	-91,81	S.P.C	8,63	0	125,28	230,12	158,55	-91,81	S.P.C	8,63	0
		T	155,17	702,30	257,00	-53,34	S.P.C	9,24	0,52	155,17	702,30	257,00	-53,34	S.P.C	9,25	0,52
24	7C	L	82,21	374,04	136,45	-27,97	S.P.C	2,72	0	82,21	374,04	136,44	-27,96	S.P.C	2,71	0
		T	103,79	462,56	170,86	-36,72	S.P.C	4,18	0	123,37	-62,80	114,26	-132,48	S.P.C	11,44	0
25	8A	L	91,18	409,51	150,56	-31,80	S.P.C	3,29	0	91,18	409,51	150,56	-31,80	S.P.C	3,29	0
		T	88,54	398,23	146,28	-40,80	S.P.C	3,13	0	108,50	-14,09	106,46	-110,54	S.P.C	9,47	0
26	TA	L	139,22	281,17	179,99	-98,45	S.P.C	9,75	0	139,22	281,17	179,99	-98,45	S.P.C	9,75	0
		T	121,47	575,09	204,85	-38,09	S.P.C	5,41	0	155,25	154,85	177,70	-132,86	S.P.C	12,65	0
27	TB	L	139,22	281,17	179,99	-98,45	S.P.C	9,75	0	139,22	281,17	179,99	-98,45	S.P.C	9,75	0
		T	174,25	854,22	295,11	-47,39	S.P.C	8,75	3,80	174,25	854,22	295,11	-47,39	S.P.C	8,75	3,80
28	7C	L	119,41	481,25	189,19	-49,63	S.P.C	5,83	0	119,41	48,13	189,19	-49,63	S.P.C	5,83	0
		T	137,99	589,94	223,53	-52,45	S.P.C	7,50	0	157,93	-109,18	142,10	-173,76	S.P.C	15,38	0
29	8A	L	131,74	526,44	208,07	-55,41	S.P.C	7,04	0	131,74	526,44	208,07	-55,41	S.P.C	7,08	0
		T	134,26	499,87	206,74	-61,78	S.P.C	7,53	0	154,22	-41,09	148,26	-160,18	S.P.C	14,32	0

Ferailage des poteaux (SP2): (M_{corr}; N_{min}).

pot	M _{corr} (KNm)	N _{min} (KN)	M (KNm)	W (KNm)	SoPP	A' (cm ²)	A'L
7A	L 33,60	21,92	36,78	-30,42	SPC	2,40	0
	T 47,17	33,95	52,09	-42,25	SPC	3,39	0
7B	L 33,60	21,92	36,78	-30,42	SPC	2,40	0
	T 34,11	83,05	46,15	-22,07	SPC	1,66	
7C	L 21,81	-1,73	21,56	-22,06	" (e=126)	1,76	0
	T 41,00	13,18	42,29	-39,09	SPC	3,13	0
8A	L 24,33	-0,83	24,11	-24,35	" (e=299)	1,94	0
	T 42,50	20,42	45,46	-39,54	SPC	3,17	0
7A	L 69,18	38,68	74,79	-63,57	SPC	5,25	0
	T 57,97	56,10	66,10	-49,83	SPC	4,04	0
7B	L 69,18	38,68	74,79	-63,57	SPC	5,25	0
	T 71,38	139,90	91,66	-51,06	SPC	4,24	0
7C	L 38,01	-20,07	35,10	-40,92	" (e=189)	3,32	0
	T 61,70	4,27	62,32	-61,08	SPC	5,01	0
8A	L 42,63	-24,29	39,11	-46,15	" (e=175)	3,76	0
	T 55,73	21,25	58,81	-52,65	SPC	4,29	0
7A	L 76,53	48,62	83,58	-69,48	SPC	5,79	0
	T 72,86	64,92	82,27	-63,45	SPC	5,26	0
7B	L 76,53	48,62	83,58	-69,48	SPC	5,79	0
	T 89,98	190,42	117,59	-62,37	SPC	5,43	0
7C	L 49,86	-55,19	41,86	-57,86	" (e=292,34)	4,76	0
	T 78,67	-8,88	77,38	-79,96	" (e=887)	6,66	0
8A	L 55,78	-62,95	46,65	-64,91	0,88"	5,36	0
	T 70,28	-51,63	64,82	-75,74	" (e=1,86)	6,28	0
7A	L 92,23	58,34	100,69	-83,77	SPC	7,12	0
	T 85,40	64,34	94,73	-76,07	SPC	6,41	0
7B	L 92,23	58,34	100,69	-83,77	SPC	7,12	0
	T 108,88	240,14	143,70	-74,06	SPC	6,81	0
7C	L 57,86	-103,81	42,91	-73,01	" (e=0,55)	6,46	0
	T 96,77	-43,35	90,48	-103,06	SPC	8,72	0
8A	L 64,78	-118,52	47,59	-81,97	" (e=0,55)	6,83	0
	T 80,28	-13,40	78,34	-82,22	SPC	6,87	0
7A	L 102,73	65,45	112,22	-93,24	SPC	8,04	0
	T 89,16	58,77	97,68	-80,64	SPC	6,83	0
7B	L 102,73	65,45	112,22	-93,24	SPC	8,04	0
	T 155,17	279,57	195,71	-114,63	SPC	11,66	0
7C	L 76,67	-162,59	53,09	-100,25	" (e=0,47)	8,39	0
	T 101,27	-93,11	87,77	-114,77	SPC	9,71	0
8A	L 72,18	-185,40	45,30	-99,06	" (e=0,38)	8,30	0
	T 88,52	-43,80	82,16	-94,88	SPC	7,97	0
7A	L 114,43	73,84	125,14	-103,72	SPC	9,08	0
	T 125,66	53,89	133,47	-117,85	SPC	10,42	0
7B	L 114,43	73,84	125,14	-103,72	SPC	9,09	0
	T 134,88	320,49	181,35	-88,41	SPC	8,93	0
7C	L 113,87	-220,86	81,85	-145,89	SPC	12,37	0
	T 129,77	-140,67	109,37	-150,17	SPC	12,92	0
8A	L 105,98	-252,43	69,38	-142,58	" (e=0,32)	12,05	0
	T 126,68	-73,26	116,06	-137,30	SPC	11,87	0

L: sens Longitudinal
T: sens transversal.

Pour l'etat accidentel:

$V = (0,337h - 0,81c_i) f_{bc} b h = 241,98 \text{ KNm}$

$V = (0,5h - c_i) f_{bc} b h = 328,25 \text{ KNm}$

$f_{bc} = 18,48 \text{ MPa}$ $\sigma_s = 400 \text{ MPa}$

$\mu_0 = 0,379$ $\beta_0 = 0,746$

choix du ferailage:

il ya lieu de choisir le ferailage maximal donne par les trois combinaisons.

Il ya lieu d'admettre le ferailage minimal si la section calculee est inferieure a la section minimale recommandee par le RPA 81.

$A_{min} = \frac{bh}{100} = \frac{35 \cdot 35}{100} = 12,25 \text{ cm}^2$

$A_{max} = 4 \cdot \frac{bh}{100} = 4 \cdot \frac{35 \cdot 35}{100} = 49 \text{ cm}^2$

On a conclu que les poteaux se comportent bien a l'etat limite ultime (ELU). Le beton seul est capable de reprendre les efforts.

Choix des sections.

			$A = A'(\text{cm}^2)$ Calculée	Adoptée en ϕ	Atotale en ϕ	Atotale en cm^2	A_{\min} (cm^2)	A_{\max} (cm^2)
6	7A	L	3,05	3T14	8T14	12,31	12,25	49
		T	4,37	3T14				
	7B	L	3,05	4T14	12T14	18,47	12,25	49
		T	2,99	4T14				
	7C	L	2,12	4T14	12T14	18,47	12,25	49
		T	3,87	4T14				
	8A	L	2,37	4T14	12T14	18,47	12,25	49
		T	3,96	4T14				
5	7A	L	6,21	2T20+1T14	4T20+4T14	18,71	12,25	49
		T	5,10	2T20+1T14				
	7B	L	6,21	2T16+2T14	4T16+8T14	20,35	12,25	49
		T	5,12	2T16+2T14				
	7C	L	3,32	2T16+2T14	8T16+4T14	22,23	12,25	49
		T	6,07	2T16+				
	8A	L	3,76	2T16+2T14	8T16+4T14	22,23	12,25	49
		T	5,24	4T16				
4	7A	L	6,47	2T20+1T14	4T20+4T14	18,71	12,25	49
		T	6,39	2T20+1T14				
	7B	L	6,47	4T16	12T16	22,12	12,25	49
		T	6,19	4T16				
	7C	L	4,76	2T16+2T14	8T16+4T14	22,23	12,25	49
		T	8,00	4T16				
	8A	L	5,36	2T16+2T14	8T16+4T14	22,23	12,25	49
		T	7,57	4T16				
3	7A	L	7,82	2T20+1T16	6T20+2T16	22,86	12,25	49
		T	7,70	3T20				
	7B	L	7,82	4T16	12T16	22,11	12,25	49
		T	8,00	4T16				
	7C	L	6,06	2T20+2T14	8T20+4T14	31,28	12,25	49
		T	10,41	4T20				
	8A	L	6,83	2T20+2T14	4T20+8T14	24,87	12,25	49
		T	8,21	2T20+2T14				
2	7A	L	8,63	3T20	8T20	25,13	12,25	49
		T	8,04	3T20				
	7B	L	8,63	2T20+2T14	8T20+4T14	31,28	12,25	49
		T	14,26	4T20				
	7C	L	8,39	2T20+2T14	8T20+4T14	31,28	12,25	49
		T	11,44	4T20				
	8A	L	8,30	2T20+2T14	8T20+4T14	31,28	12,25	49
		T	9,47	4T20				
1	7A	L	9,75	2T25+1T14	6T25+9T14	32,53	12,25	49
		T	12,65	3T25				
	7B	L	9,75	4T20	12T20	37,69	12,25	49
		T	8,93	4T20				
	7C	L	12,37	2T25+2T14	8T25+4T14	45,42	12,25	49
		T	15,88	4T25				
	8A	L	12,05	2T25+2T14	8T25+4T14	45,42	12,25	49
		T	14,32	4T25				

Armatures transversales.

La vérification de la résistance à l'effort tranchant doit être effectuée avec:

T = 2 fois l'effort tranchant de calcul (séisme) si l'élanement dans la direction considérée est supérieur ou égal à 15.
 T = 3 fois l'effort tranchant de calcul si l'élanement est inférieur à 15.

$$\lambda \geq 15 \text{ Notre cas} \Rightarrow T_c = 2T.$$

Les armatures transversales des poteaux sont calculées à l'aide de la formule

$$\frac{A_t}{s} = \frac{1,25 T_c}{h_1 \sigma_{sn}} \quad h_1 = 35 \text{ cm} \quad \sigma_{sn} = 235 \text{ MPa.}$$

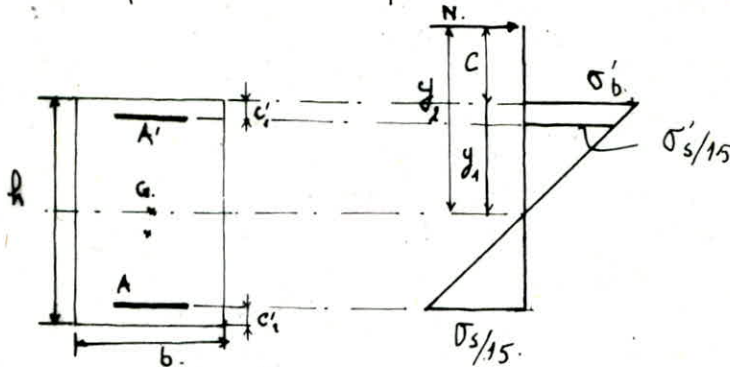
$t \leq (10 \phi_{\min}; 15 \text{ cm})$ Zone Nodale
 $t \leq 12 \phi_{\min}$ Zone Courante

N°	P.C.	T (kN)	A _t	nombre de cadres + étriers	t (cm)	E (cm)	E' (cm)	t (cm)	t' (cm)
						Zone Nodale	Zone Courante	Zone Nodale	Zone Courante
6	7A	40,20	4φ8=2,01	1 cadre + étrier fermé	32,90	14,00	16,80	12	15
	7B	48,60	4φ8=2,01	1 cadre + étrier fermé	27,20	14,00	16,80	12	15
	7C	36,80	4φ8=2,01	1 cadre + étrier "	35,90	14,00	16,80	12	15
	8A	31,80	4φ8=2,01	1 cadre + étrier.	41,60	14,00	16,80	12	15
5	7A	75,00	4φ8=2,01	2 cadres φ8	17,63	15	19,20	12	15
	7B	90,60	4φ8=2,01	2 cadres φ8	14,60	15	19,20	12	15
	7C	68,80	4φ8=2,01	2 cadres φ8	19,22	14	16,80	12	15
	8A	59,40	4φ8=2,01	1 cadre + étrier	22,26	14	19,20	12	15
4	7A	102,86	4φ8=2,01	2 cadres φ8	12,85	15	19,20	12	15
	7B	124,40	4φ8=2,01	2 cadres φ8	10,63	15	19,20	12	15
	7C	94,40	4φ8=2,01	2 cadres φ8	14,01	15	19,20	12	15
	8A	81,80	4φ8=2,01	2 cadres φ8	16,17	15	19,20	12	15
3	7A	123,78	4φ8=2,01	2 cadres φ8	10,68	15	19,20	10	15
	7B	149,60	4φ8=2,01	2 cadres φ8	8,84	15	19,20	10	15
	7C	113,60	4φ8=2,01	2 cadres φ8	11,64	15	19,20	10	15
	8A	98,40	4φ8=2,01	1 cadre + étrier	13,44	15	19,20	10	15
2	7A	137,70	4φ8=2,01	1 cadre + étrier.	9,60	15	19,20	10	15
	7B	166,40	4φ8=2,01	2 cadres φ8	7,94	15	19,20	10	15
	7C	126,40	4φ8=2,01	2 cadres φ8	10,46	15	19,20	10	15
	8A	109,70	4φ8=2,01	2 cadres φ8.	12,05	15	19,20	10	15
1	7A	139,38	4φ8=2,01	2 cadres φ8	9,49	15	19,20	10	15
	7B	148,80	4φ8=2,01	2 cadres φ8	8,88	15	19,20	10	15
	7C	134,80	4φ8=2,01	2 cadres φ8	9,81	15	19,20	10	15
	8A	127,20	4φ8=2,01	2 cadres φ8	10,40	15	19,20	10	15

Verification des Contraintes.

On se sert de l'état limite de service (ELS) pour vérifier les contraintes de l'acier et le béton.

La contrainte de compression du béton est limitée à $0,6 f_{c28}$ (A.4.5.2 BAEL).
La fissuration est considérée comme peu nuisible, par suite aucune vérification particulière pour l'acier n'est exigée (A.4.5.32. BAEL).



Pour une section partiellement comprimée.

On cherche les racines de l'équation du troisième degré:

$$y^3 + P y_2 + q = 0$$

Pour une section rectangulaire

$$p = -3c^2 - \frac{90A'}{b} (c - c_1) + \frac{90A}{b} (d - c).$$

$$q = -2c^3 - \frac{90A'}{b} (c - c_1)^2 - \frac{90A}{b} (d - c)^2.$$

$$c = \frac{h}{2} - \frac{M_g \cdot 100}{N}$$

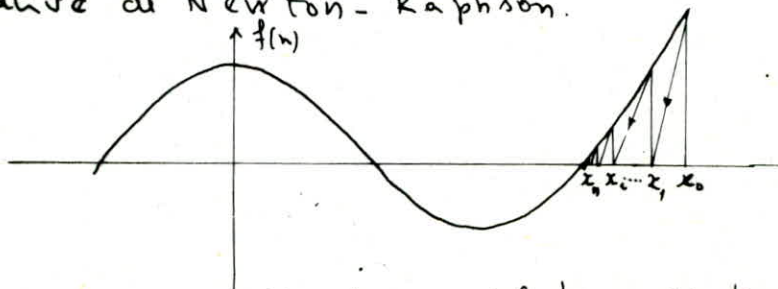
Pour une section rectangulaire 35.35. avec armatures symétriques.

$$c = 17,5 - \frac{M_g \cdot 100}{N}$$

$$p = -3c^2 + A(90 - 5,14c).$$

$$q = -2c^3 - 5,14A(c^2 - 37c + 516,5).$$

Pour trouver les racines de cette équation, on utilise la méthode itérative de Newton-Raphson.



$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

$$f'(x) = \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

x_n sera prise comme solution si $|x_{n+1} - x_n| < \epsilon_0$.

on retiendra $y_2 / 0 < y_1 = y_2 + c < h$.

Methode de travail:

N_{ser} ; N_{ser} on calcule C ; P ; q

on trouve y_2 solution $y_2^3 + P y_2 + q = 0$.

$$y_1 = y_2 + C.$$

* section partiellement comprimée.

$$0 < y_1 < h.$$

$$S = \frac{b y_1^2}{2} + 15 [A' (y_1 - c'_1) - A (d - y_1)].$$

Moment statique de la section / A_n par rapport à l'axe neutre.

soit $S = 17.5 y_1^2 + 30 A (y_1 - 17.5)$. (Notre cas).

$$K = \frac{N_{ser}}{100 S}$$

$$\sigma'_b = K y_1.$$

* section entièrement comprimée:

$$y_1 > h.$$

$$\sigma'_b = \frac{N}{100 B_0} + \frac{M}{I} u_1.$$

$$B_0 = h \cdot h + 15 (A + A')$$

$$u_1 = \frac{1}{B_0} \left(\frac{b h^2}{2} + 15 (A'_1 c'_1 + A'_2 d) \right) \quad u_2 = h - u_1$$

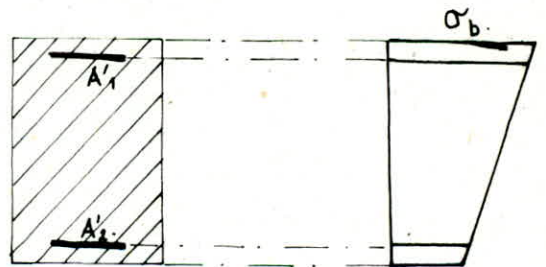
$$I = \frac{b h^3}{3} + 15 [A'_1 (u_1 - c'_1)^2 + A'_2 (d - u_1)^2].$$

pour notre cas : $A = A'_1 = A'_2$ $b = h = 35 \text{ cm}$ $c'_1 = 3 \text{ cm}$ $d = 32 \text{ cm}$

$$B_0 = 1225 + 30 A \quad u_1 = \frac{1}{B_0} (b h^2 21437,5 + 525 A) = \frac{1}{40,83 + A} (714,58 + 17,5 A).$$

$$I = 11,67 (u_1^3 + u_2^3) + 30 A (u_1^2 + 35 u_1 + 516,5).$$

$$\sigma'_b = \frac{N_{ser}}{100 B_0} + \frac{M}{I} (35 - u_1).$$



Verification des Contraintes de Compression du beton.

		$A=A'(cm^2)$	$M_{ser}(KNm)$	$N_{ser}(KN)$	y_e	y_i	Soll	$\sigma'_b(MPa)$	$\bar{\sigma}'_b(MPa)$	
6	7A	L	4,62	1,85	34,77	25,99	38,16	S.EC	0,46.	
		T	4,62	26,21	60,18	37,34	11,29	SPC	4,96.	
	7B	L	4,62	1,85	34,77	25,98	38,16	SEC	0,46.	
		T	4,62	8,60	126,89	23,43	34,14	SPC	1,91	
	7C	L	4,262	2,99	16,30	17,52	16,68	SPC	0,57	
		T	4,62	11,34	38,14	25,12	12,89	SPC	2,17	
	8A	L	4,62	3,47	19,48	17,33	17,01	SPC	0,66	
		T	4,62	17,10	42,79	34,05	11,59	SPC	3,24	
	5	7A	L	8,04	1,31	42,24	31,28	45,70	SEC	0,41.
			T	6,03	17,56	121,06	17,74	20,74	SPC	3,09
7B		L	8,04	1,31	42,24	31,23	45,63	SEC	0,41	
		T	6,03	5,42	243,06	32,48	47,75	SEC	2,31.	
7C		L	5,56	2,86	38,56	22,73	32,81	SPC	0,59	
		T	8,04	8,00	78,38	20,34	27,64	SPC	1,37	
8A		L	6,03	2,84	28,11	19,63	27,02	SPC.	0,52.	
		T	6,03	10,37	80,11	17,97	22,53	SPC	1,84	
4		7A	L	8,04	1,22	105,82	35,33	51,68	SEC	0,84.
			T	8,04	16,89	182,07	21,20	29,42	SPC	2,97
	7B	L	8,04	1,22	105,82	35,33	51,68	SEC	0,84	
		T	8,04	5,41	359,12	34,57	50,57	SEC	2,98	
	7C	L	6,03	2,77	60,93	27,85	40,80	SEC	0,73.	
		T	8,04	9,97	118,88	22,20	31,31	SPC	1,82.	
	8A	L	6,03	2,74	64,94	28,48	41,76	SEC	0,75	
		T	8,04	9,98	117,43	22,06	31,06	SPC	1,81	
	7	7A	L	8,04	1,22	141,59	35,96	52,60	SEC	1,08
			T	8,04	16,89	243,01	24,18	34,74	SPC	3,34
7B		L	8,04	1,22	141,59	35,96	52,60	SEC	1,08	
		T	8,04	5,41	474,66	35,36	51,72	SEC	3,78	
7C		L	10,30	2,77	83,30	31,34	45,51	SEC	0,80.	
		T	12,56	9,97	159,38	26,34	37,59	SEC	1,84.	
8A		L	7,82	2,74	87,64	31,12	45,50	SEC	0,88	
		T	9,42	9,98	154,75	25,33	36,38	SEC	1,97.	
L		7A	L	9,42	1,22	177,36	36,75	53,56	SEC	1,29
			T	9,42	16,89	303,99	26,84	38,79	SEC	3,62
	7B	L	9,42	1,22	177,36	36,75	53,56	SEC	1,29	
		T	12,56	5,41	590,46	37,12	53,71	SEC	4,15	
	7C	L	9,42	2,77	105,67	32,58	47,46	SEC	0,96	
		T	12,56	9,97	199,88	28,56	41,07	SEC	2,10	
	8A	L	9,42	2,74	110,34	32,84	47,89	SEC	0,99	
		T	12,56	9,98	192,07	28,18	40,48	SEC	2,05	
	1	7A	L	12,56	1,22	213,13	37,90	54,83	SEC	1,44
			T	15,71	16,89	364,97	29,87	42,74	SEC	3,47
7B		L	12,56	1,22	213,13	37,90	54,83	SEC	1,43.	
		T	12,56	5,41	706,26	37,46	54,20	SEC	4,87	
7C		L	12,56	2,77	128,04	34,34	49,68	SEC	1,03	
		T	15,71	9,97	240,38	30,83	44,12	SEC	2,19	
8A		L	12,56	2,74	133,04	34,57	50,01	SEC	1,06.	
		T	15,71	9,98	229,39	30,41	43,56	SEC	2,13.	

15

CALCUL DES FONDATIONS

- 11 -
CALCUL DES FONDATIONS

Elles seront dimensionnées et ferrillées sous les efforts normaux auxquelles elles sont soumises
Le rapport du sol donne $\bar{V}_s = 0,20 \text{ MPa}$. On adoptera des semelles carrées sous poteaux carrés.

SERT	N(kN)	a x b	A x B	d ₀	h _c	A _x = A _y	A _{Adap}	ℓ (cm)	adhérence
7A	874,21	35 x 35	210 x 210	45	50	12,21	$\frac{11712}{12,44} = 9,44$	18	φ ≤ 17mm
7B	1345,87	35 x 35	260 x 260	60	65	18,13	$\frac{17712}{19,23} = 9,23$	15	φ ≤ 20mm
7C	585,08	35 x 35	175 x 175	35	40	8,40	$\frac{8712}{9,05} = 9,65$	20	φ ≤ 14mm
8A	575,27	35 x 35	170 x 170	35	40	7,97	$\frac{8712}{9,05} = 9,65$	20	φ ≤ 13mm
1A	581,58	35 x 35	175 x 175	35	40	8,35	$\frac{8712}{9,05} = 9,65$	20	φ ≤ 14mm
1B	1053,11	35 x 35	230 x 230	50	55	14,75	$\frac{14712}{15,13} = 9,73$	16	φ ≤ 18mm
1C	519,68	35 x 35	160 x 160	35	40	6,55	$\frac{6712}{6,78} = 9,91$	25	φ ≤ 13mm

On utilise la méthode des bielles pour le ferrillage des semelles.

$$\frac{N}{A^2} \leq \bar{V}_s \Rightarrow A \geq \sqrt{\frac{N}{\bar{V}_s}} \Rightarrow A \geq \sqrt{\frac{N(kN)}{\bar{V}_s \cdot 100}}$$

$$d_0 \geq \frac{A - a}{4} \quad A_x = A_y = \frac{N(A - a)}{8d\bar{V}_s \cdot 100} \quad A \text{ en cm}^2$$

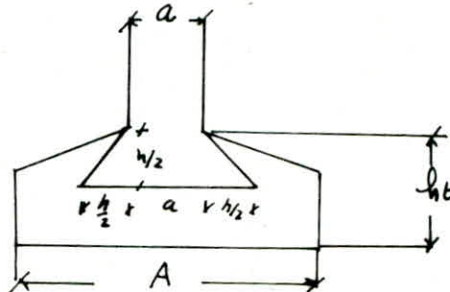
VERIFICATION AU POINÇONNEMENT (A 5.2.42 BAEL 83)

$$Q_u \leq 0,045 U_c \cdot h_c \cdot f_{c28} = 45(35 + h_c) h_c$$

U_c : Périmètre du contour isométrique de celui de poteau situé à $h_c/2$

$$U_c = 4(a + h_c)$$

Poteau	Q_u	\bar{Q}	Poteau	Q_u	\bar{Q}
7A	874,21	1345	1A	581,58	1350
7B	1345,87	2325	1B	1053,11	2227,5
7C	585,08	1350	1C	519,68	1350
8A	575,27	1350			



VERIFICATION A L'ADHERENCE

Il faut que $\tau_d \leq \bar{\tau}_d$ $\tau_d = \frac{N}{n\pi\phi} = \frac{4F_0}{Bn\pi\phi} \leq \bar{\tau}_d \Rightarrow \frac{4A\bar{V}_a}{Bn\pi\phi} \leq \bar{\tau}_d$

$A = \frac{\pi\phi^2}{4}$ $\bar{\tau}_d = 0,604 \frac{f_{c28}}{100}$

$\bar{\tau}_d = 0,6 \times 15 \cdot 2,1 = 1,89 \text{ MPa}$ d'où $\phi \leq \frac{\bar{\tau}_d \cdot B}{\bar{V}_a} \rightarrow \phi \leq \frac{1,89 \cdot B \cdot 10^3}{9}$

On a opté pour trois types de semelles

Semelle 1 (S1): dimensions 175x175x40

$$A_x = A_y = 8T12 \quad e = 20 \text{ cm}$$

Correspondant aux semelles sous poteaux: 1A; 8A; 8B; 1C à 7C.

Semelle 2 (S2): dimensions 260x260x65

$$A_x = A_y = 17T12 \quad e = 15 \text{ cm.}$$

Correspondant aux semelles sous poteaux 1B à 7B.

Semelle 3 (S3): dimensions 210x210x50

$$A_x = A_y = 11T12 \quad e = 18 \text{ cm.}$$

Correspondant aux semelles sous poteaux 2A à 7A

Verification des semelles à l'état accidentel (SP2):

Ces semelles sont vérifiées à l'état accidentel sous les efforts: $(M_{max}; N_{corr})$ & $(M_{corr}; N_{max})$.

on doit vérifier:

$$\sigma_1 = \frac{N}{100A_2} + \frac{6M}{A^3} \leq 1,33 \bar{\sigma}_s$$

$$\sigma(A/4) = \frac{N}{100A_2} + \frac{3M}{A^3} \leq \bar{\sigma}_s$$

sem	M _{max} (KNM)	N _{corr} (KN)	dimension	$\sigma(A/4)$ (MPa)	$\bar{\sigma}_s$ (MPa)	σ_1 (MPa)	$1,33\bar{\sigma}_s$ (MPa)
S ₁	159,82	109,18	175x175	0,12	0,20	0,21	0,26
S ₂	171,25	854,22	260x260	0,16	0,20	0,18	0,26
S ₃	139,22	281,17	210x210	0,10	0,20	0,15	0,26

sem	M _{corr} (KNM)	N _{max} (KN)	dimension	$\sigma(A/4)$	$\bar{\sigma}_s$	σ_1	$1,33\bar{\sigma}_s$
S ₁	119,41	481,25	175x175	0,19	0,20	0,25	0,26
S ₂	171,25	854,22	260x260	0,18	0,20	0,18	0,26
S ₃	120,47	575,09	210x210	0,17	0,20	0,21	0,26

calcul du voile périphérique:

Les poteaux courts du vide sanitaire doivent comporter un voile périphérique qui ceinture tout le bâtiment. Il doit être continu entre le niveau de base et le début de fondation. La hauteur totale de ce voile doit être au moins égale au max ($H/10$; 80cm). H étant la hauteur totale du bâtiment. Son épaisseur doit être au moins égale à 15cm.

Le calcul des armatures se fera suivant la méthode exposée au DTU 23-1 qui donne le pourcentage d'armatures sur une bande de 1m de largeur puis l'on comparera avec le pourcentage minimal prévu par le RPA 81 qui est de 0,5%.

$$\rho_v = \frac{A'}{bd} \geq \text{Max} \left(0,001; \frac{4,20}{\sigma_{sn}} \theta_1 \theta_2 \right)$$

θ_1 : Coeff égal à 1 pour voile intermédiaire
1,40 " " de rive.

$$\theta_2 = 1 + \frac{\lambda}{20} \quad \lambda: \text{élancement}$$

La hauteur du voile est de 1,80m $a = 15\text{cm}$ épaisseur du voile.

$$\lambda = \frac{l_f}{i} = \frac{0,7 h \sqrt{12}}{a} = \frac{0,7 \times 1,80 \times \sqrt{12}}{0,15} = 29,10$$

$$\theta_2 = 1 + \frac{29,10}{20} = 2,46$$

$$\rho_v' = \text{Max} \left(0,001; \frac{4,20}{4000} \cdot 2,46 \cdot 2 \right) = 0,0036 \ll 0,5 \cdot 10^{-2}$$

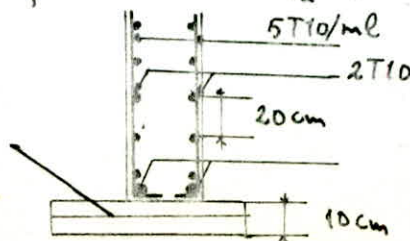
On adoptera le ferrailage prévu par le RPA 81.
La section d'armatures par face pour une bande de 1m sera:

$$A = \frac{0,5 \cdot 10^{-2}}{2} \cdot 15 \times 100 = 3,75 \text{ cm}^2/\text{ml} \text{ soit } 5T10/\text{ml} = 3,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Les an gles supérieurs et inférieurs du voile doivent comporter au moins 0,20% de la section transversale du voile.

Armatures long. filantes inférieures = $\frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 10^{-2} \cdot 15 \times 180 = 3,075 \text{ cm}^2/\text{ml}$
2T14.

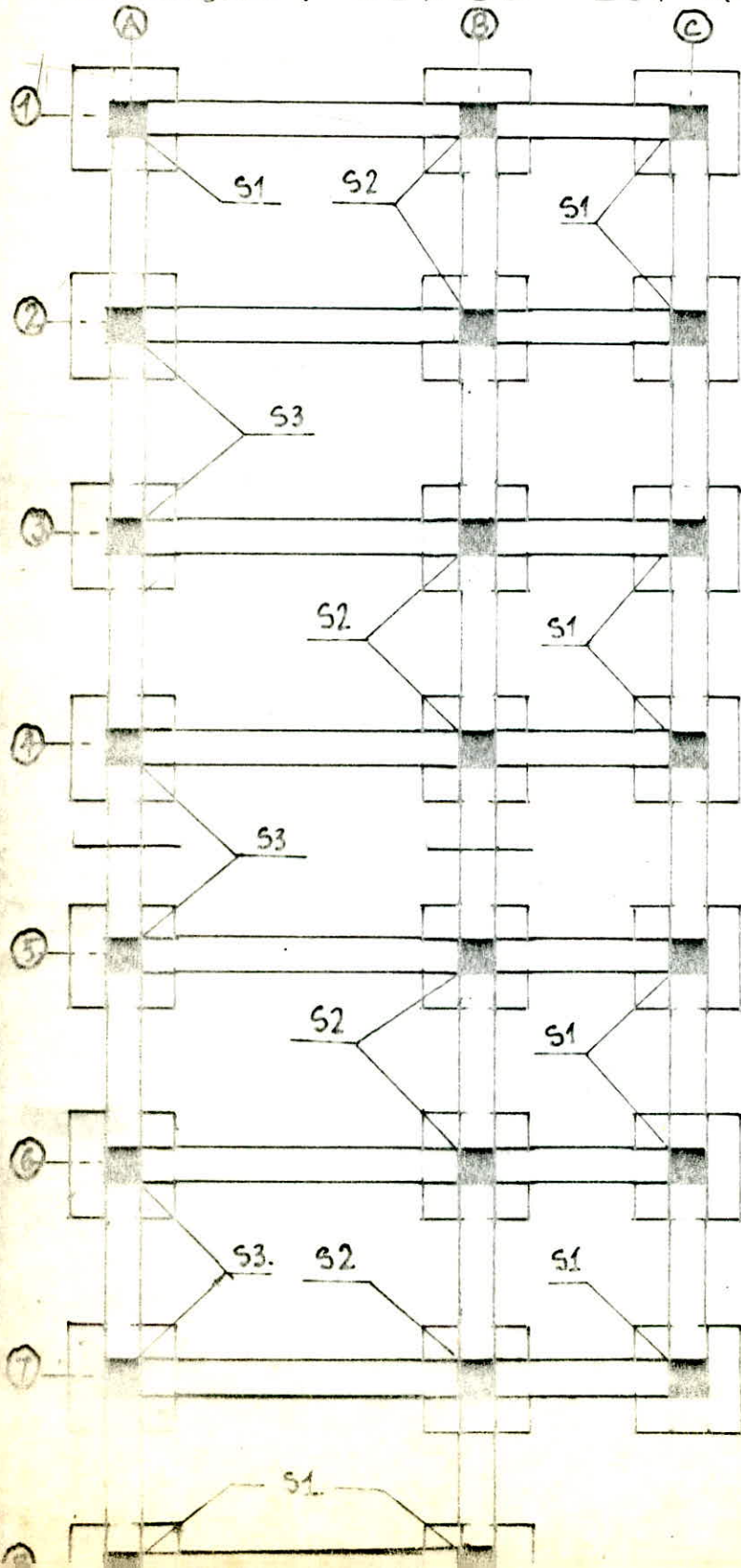
Béton de propreté.



LES LONGRINES -79-

Les Longrines sont calculées pour résister à l'action des moments qui sont dus aux séismes

Dimension : 38 x 50 Sol meuble RPA 81.



Longrines TRANSVERSALES:

$$M_{max} = 171,25 \text{ KN.m} , b = 35 \text{ cm} , d = 46 \text{ cm}$$

$$f_{bc} = 18,48 \text{ (situations accidentelles)}$$

$$\mu = \frac{M_u}{f_{bc} b d^2} = \frac{171,25 \cdot 10^3}{18,48 \cdot 35 \cdot 46^2} = 0,125$$

$$\mu < \mu_e = 0,379 \rightarrow A' = 0 \quad \alpha = 0,168$$

$$\text{Pivot A} , \beta = 0,93$$

$$A = \frac{M}{\beta \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{171,25 \cdot 10^3}{0,93 \cdot 46 \cdot 400} = 9,98 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit } 5T16 = 10,05 \text{ cm}^2$$

LONGRINES LONGITUDINALES

$$M_{max} = 139,22 \text{ KN.m}$$

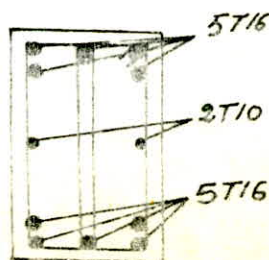
$$\mu = \frac{M}{f_{bc} b d^2} = \frac{139,22 \cdot 10^3}{18,48 \cdot 35 \cdot 46^2} = 0,102$$

$$\mu < \mu_e = 0,379 \rightarrow A' = 0 , \alpha = 0,134$$

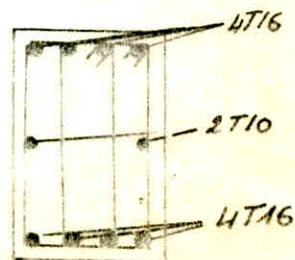
$$\beta = 0,950$$

$$A = \frac{M}{\beta d \sigma_s} = \frac{139,22 \cdot 10^3}{0,95 \cdot 46 \cdot 400} = 8,00 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit } 4T16 = 8,04 \text{ cm}^2$$



LONG. TRANS.



LONG. Long

