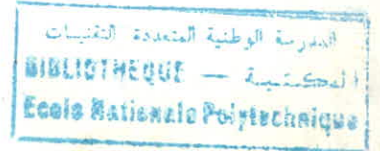


ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT **GENIE-CIVIL**



**PROJET DE FIN D'ETUDES**

**SUJET**

**TOUR D'HABITATION**  
**sous sol + R + 12**  
**OSSATURE AUTOSTABLE**

Proposé par :  
B.E.A.B

Etudié par :  
T.oussaid  
K.kizzi

Dirigé par :  
M<sup>r</sup>.charif

PROMOTION : juin 86

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

( بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ )



# DEDICACES

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

A mes parents ,  
mes frères et sœurs .

T. OUSSAÏD .

A mes parents ,  
mon frère Aziz ,  
mes sœurs .  
K. KIZZI .

## REMERCIEMENTS

Nous remercions notre promoteur M<sup>r</sup> CHARIF.  
ainsi que tous les enseignants de l'école nationale  
polytechnique qui ont contribué à notre formation.  
Comme nous tenons à remercier tous ceux qui ont  
bien voulu nous aider à l'élaboration de ce projet.

# SOMMAIRE

Présentation	
Charges et surcharges	1
Caractéristiques des matériaux	3
CALCUL des escaliers	4
Calcul des planchers	10
Calcul des rigidités	15
Calcul des portiques sous charges verticales	26
ETUDE DYNAMIQUE	33
CALCUL des sollicitations sous charges horizontales	53
SUPERPOSITION DES SOLLICITATIONS	54
Ferraillage des PORTIQUES	61
ferraillage des poteaux	
ferraillage des poutres	
Fondations	87
Bibliographie	94

# PRESENTATION

Notre projet consiste à calculer les éléments résistants d'un immeuble à usage d'habitation. Il sera implanté en zone de moyenne sismicité (ALger). Il est composé de neuf planchers à corps creux (16+4) aux niveaux supérieurs et de 4 planchers dalles (16m) aux niveaux inférieurs à usage multiple (salle polyvalente, magasins, deux parkings).

Le bâtiment présente un décrochement en élévation, d'où la nécessité d'un joint qui se poursuit en infrastructure en un joint de rupture en raison de la différence importante de charges.

L'ascenseur conçu initialement en Vole a été remplacé par de la maçonnerie vu sa position excentrée qui risque d'engendrer des efforts de torsion considérables.

L'immeuble est à ossature autostable. Les escaliers sont coulés sur place. Le Taux de travail du sol est de 2,5 bars.

Le Type de fondation est un radier nervuré.

Les dimensions sont :

Hauteur : 45 m

Largeur : 13 m

Longueur : 21 m

Hauteur d'étage variable  $h_1 = 3,06$  m

$h_2 = 3,91$  m

# CHARGES ET SURCHARGES



## Charges permanentes

### ① Plancher terrasse (privé accessible)

plancher corps creux (16+4)	275 kg/m <sup>2</sup>
gravillon de protection (5cm)	100 kg/m <sup>2</sup>
étanchéité multicouche (2cm)	12 kg/m <sup>2</sup>
isolation thermique en liège (5cm)	20 kg/m <sup>2</sup>
forme en pente (1,5%)	198 kg/m <sup>2</sup>

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

### ② plancher courant

carrelage (2cm)	40 kg/m <sup>2</sup>
Mortier (2cm)	36 kg/m <sup>2</sup>
sable (2cm)	36 kg/m <sup>2</sup>
Hourdis + dalle de compression (16+4)	275 kg/m <sup>2</sup>
enduit plâtre (3cm)	30 kg/m <sup>2</sup>
cloisons	75 kg/m <sup>2</sup>

$$G = 496 \text{ kg/m}^2$$

### ③ plancher RDC et sous sol.

plancher - dalle - pleine (16cm)	400 kg/m <sup>2</sup>
Mortier (2cm)	40 kg/m <sup>2</sup>
sable (2cm)	36 kg/m <sup>2</sup>
carrelage (2cm)	40 kg/m <sup>2</sup>
Enduit - plâtre (3cm)	30 kg/m <sup>2</sup>

$$G = 621 \text{ kg/m}^2$$

## surcharges

surcharge terrasse accessible privé

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

surcharge niveau courant sauf 1<sup>er</sup> étage

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

surcharge niveau 4 (HALL)

$$S = 270 \text{ kg/m}^2$$

NIV 3 (MAGAZINS)

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

NIV 2 (salle polyvalente)

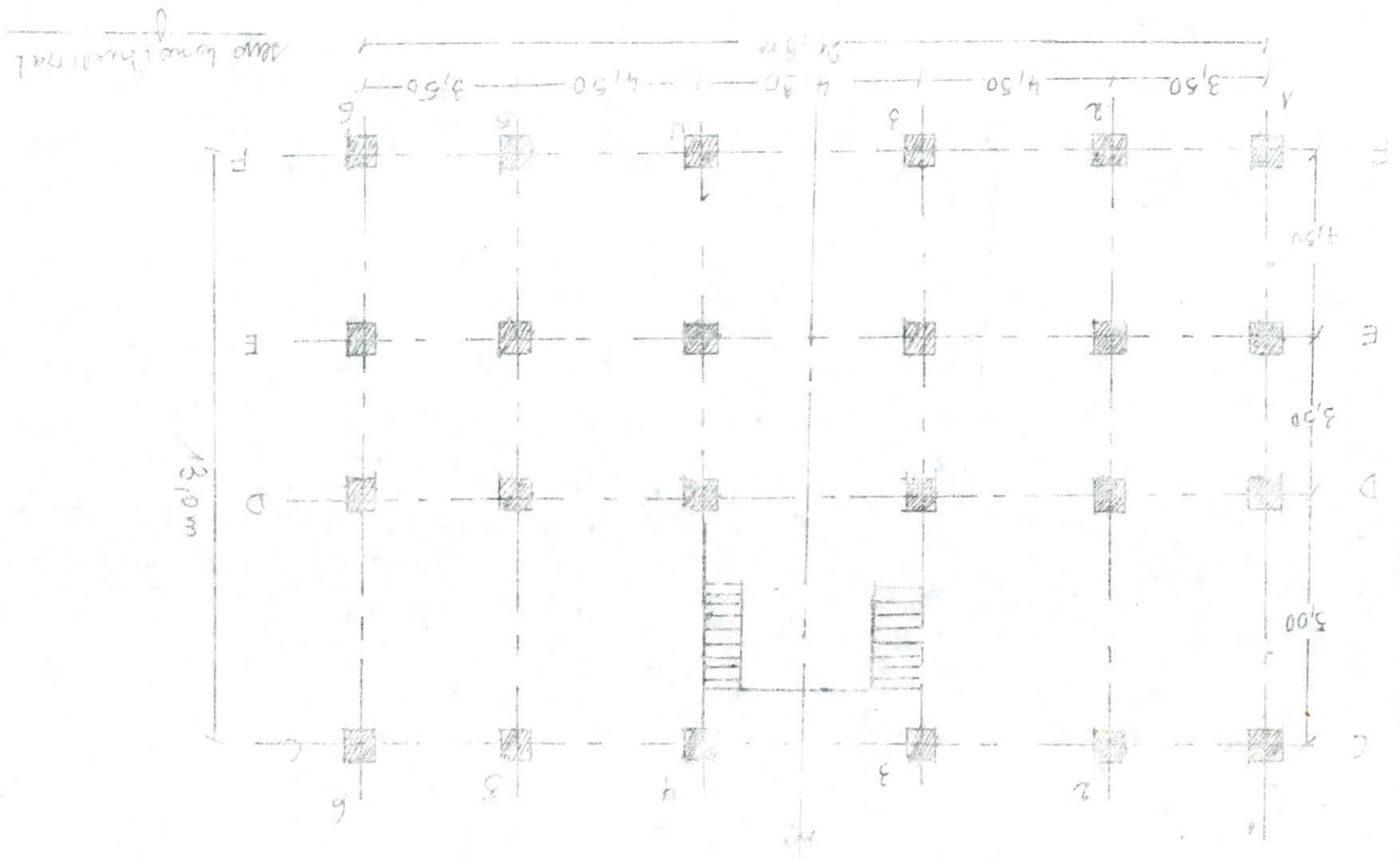
$$S = 500 \text{ kg/m}^2$$

NIV 1 et -1 (parking)

$$S = 250 \text{ kg/m}^2$$



VUE EN PLAN.



SEMS. TRANVERSAL

sems transversal

## CARACTERISTIQUES des matériaux

① béton : dosage : 350 kg/m<sup>3</sup> de CPA 325.  
 résistance nominale à 28 j  
 - de traction  $\sigma_{28} = 23,2 \text{ bars}$   
 - de compression  $\sigma'_{28} = 270 \text{ bars}$ .

Contrainte admissible de compression : c.c BA 68 article 0.4.

contraintes kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{\sigma}'_{b0}$	$\bar{\sigma}'_b$	$\bar{\sigma}_b$
sous SP <sub>1</sub>	68,85	737,7	5,9
sous SP <sub>2</sub>	103,27	206,55	8,85

Aciers.

a) Aciers doux (R L).

Nuance : Fe E 24  $\rightarrow \phi \leq 20 \text{ mm}$  .  $\sigma_{eu} = 2400 \text{ kg/cm}^2 = 2350 \text{ bars}$

sous SP<sub>1</sub> :  $\bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = \frac{2}{3} \sigma_{eu} = 1867 \text{ bars} = 1600 \text{ kg/cm}^2$

sous SP<sub>2</sub> :  $\bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = \sigma_{eu} = 2350 \text{ bars} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

b) Aciers Haute adhérence

Nuance : Fe E 40  $\left\{ \begin{array}{l} \phi \leq 20 \text{ mm} . \sigma_{eu} = 4200 \text{ kg/cm}^2 = 4120 \text{ bars} . \\ \phi > 20 \text{ mm} . \sigma_{eu} = 3920 \text{ bars} = 4000 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$

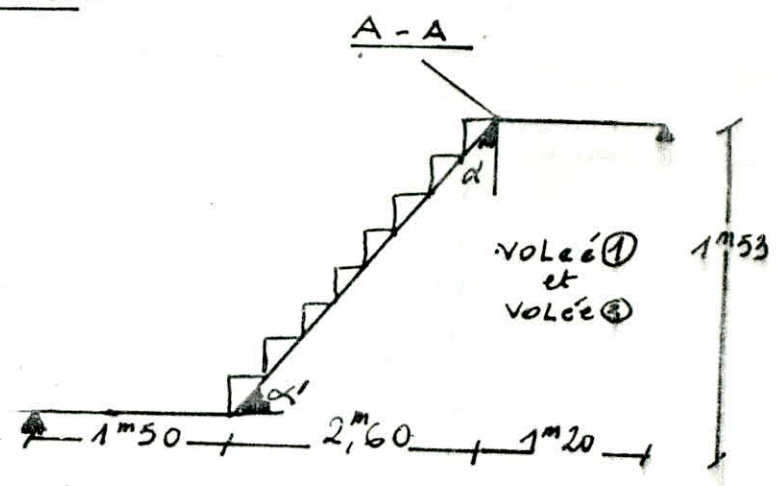
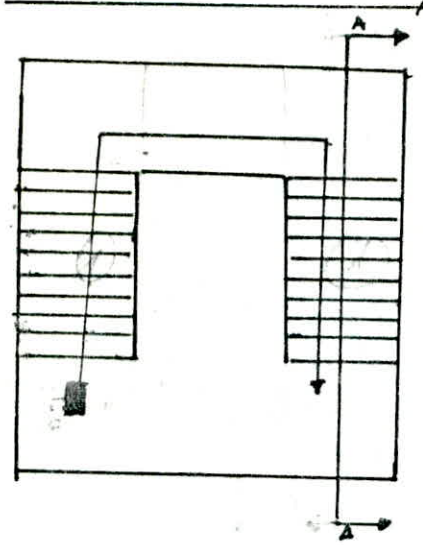
sous SP<sub>1</sub> .  $\bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}'_a = \frac{2}{3} \sigma_{eu} \left\{ \begin{array}{l} \phi \leq 20 \text{ mm} . \bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}'_a = 2700 \text{ kg/cm}^2 \\ \phi > 20 \text{ mm} . \bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}'_a = 2670 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$

sous SP<sub>2</sub>  $\bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}'_a = \sigma_{eu} \left\{ \begin{array}{l} \phi \leq 20 \text{ mm} . \bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}'_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 \\ \phi > 20 \text{ mm} . \bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}'_a = 4000 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$

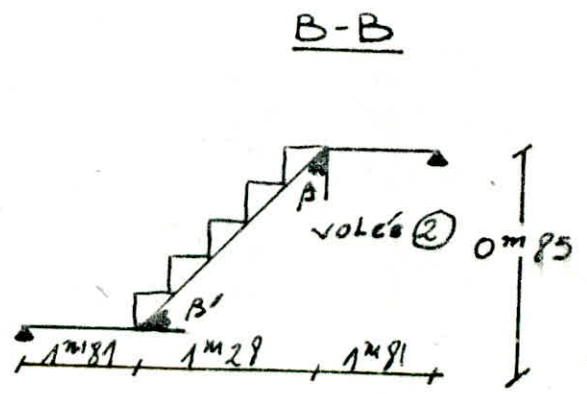
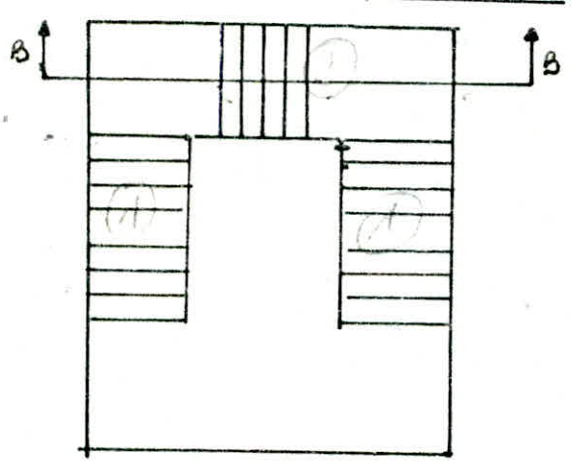
Calcul des escaliers

notre immeuble comporte deux types d'escaliers suivant la hauteur d'étage. pour  $h = 3,06$ . l'escalier est à double volée, chaque volée reprend  $h/2$ . pour  $h = 3,91$ . l'escalier est à trois volées deux parallèles identiques à l'escalier précédent la 3<sup>ème</sup> volée perpendiculaire au 2 volées, elle reprend une hauteur  $h' = 3,91 - 3,06 = 0,85$  donc il y a lieu d'étudier 2 volées d'escaliers donc étude d'une paillasse à 2 paliers.

escalier à double paillasse



escalier à 3 paillasse



étude de la volée 1

$h$ : hauteur de la marche  $h = 17 \text{ cm}$   
 $g$ : largeur de la marche  $g = 32 \text{ cm}$

verification de BLONDEL:  $g + 2h = 66 \text{ cm}$ .  $59 \leq g \leq 66$ .

$e$ : épaisseur de la paillasse  $e = 15 \text{ cm}$ .

$\tan \alpha = \frac{2,60}{1,53} \Rightarrow \alpha = 59,52^\circ$        $\cos \alpha = 0,507$   
 $\alpha' = 30,48^\circ$        $\cos \alpha' = 0,861$

charges et surcharges.

puissance

poide propre ----  $\frac{2500 \times 0,15}{\cos \alpha'} = 436 \text{ kg/m}^2$

poide des marches ----  $\frac{1}{2} \times 2200 \times h = 187 \text{ kg/m}^2$

garde corps. 50 kg/m<sup>2</sup>

revêtement 80 kg/m<sup>2</sup>

par metre linéaire d'embranchement

$q_c = G + 1,2 P = 1233 \text{ kg/ml}$

palier.

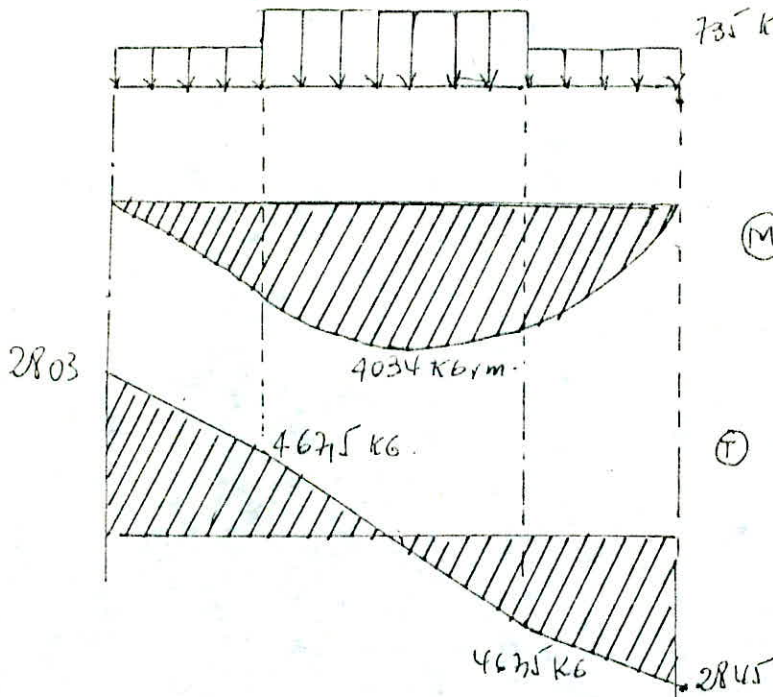
Poids propre .  $2500 \times 0,15$

revêtement 80

surcharge Majorée :  $\frac{480}{q_c} = 935 \text{ kg/m}^2$

schema statique.

$935 \text{ kg/ml}$



en tenant compte du  
sini encastrement sur  
appuis on obtient

(M) à l'appui  $M = 0,34 M_0$

$M_a = 1210 \text{ kg} \cdot \text{cm}$

$T_a = 2845 \text{ kg} \cdot \text{cm}$

en travée

$M = 4034 \text{ kg} \cdot \text{cm}$

Calcul d'armature (Méthode P. CHARON)

$h = 13 \text{ cm}$  ;  $b = 100 \text{ cm}$  ;  $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$

$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a b h^2}$

en travée

$\mu = \frac{15 \times 4034 \cdot 10^2}{2800 \times 100 \times 32} = 0,127$  Tableau |  $k = 21,1$   
|  $E = 0,8615$

$$\sigma_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{21,1} = 132,7 \text{ KG/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137,7 \text{ KG/cm}^2$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \epsilon \cdot h} = \frac{4034}{2800 \times 0,8615 \times 13} = 12,86 \text{ cm}^2 \text{ on opte pour } 3T14/\text{ml.} \\ \text{soit } (13,85 \text{ cm}^2)$$

Armature de repartition.

$$A_r \geq \frac{A}{4} = 3,21 \text{ cm}^2 \rightarrow 5T10/\text{ml} \text{ soit } (3,92 \text{ cm}^2)$$

à l'appui :

$$\nu = \frac{15 \times M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,090 \rightarrow \left. \begin{array}{l} K = 26,4 \\ \epsilon = 0,8792 \end{array} \right\}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a'}{2800} = 106,06 \text{ KG/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \epsilon \cdot h} = 3,78 \text{ cm}^2 \text{ on opte pour } 4T12/\text{ml.} (4,52 \text{ cm}^2)$$

Armature de repartition:

$$A_r \geq \frac{A}{4} = 0,945 \rightarrow 4T6/\text{ml} (1,13 \text{ cm}^2)$$

étude de la volée 2:  $\gamma_{gB'} = \frac{0,85}{1,28} = 0,664 \Rightarrow B' = 3358 \rightarrow \text{soit } B' = 0,833$

CHARGES et surcharges

Paillasse: Poids PROPRE:  $\frac{2500 \times 0,15}{0,833} = 450 \text{ KG/m}^2$

Poids des marches	187 KG/m <sup>2</sup>
revêtements	80 KG/m <sup>2</sup>
Garde corps	50 KG/m <sup>2</sup>

par metre lineaire de paillasse

$$G = 767 \\ q = (G + 1,2 \times 400) \times 1m = 1247 \text{ KG/ml}$$

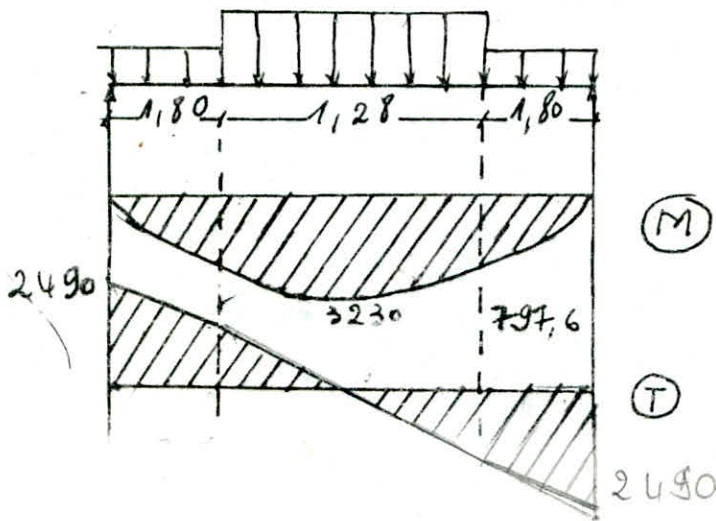
Palier: Poids PROPRE:  $2500 \times 0,15 = 375 \text{ KG/m}^2$   
 revêtement 80.  
 surcharge majorée 480.

$$q = 935 \text{ KG/m}^2$$

par metre lineaire de palier.

$$q = 935 \text{ KG/ml}$$

Schema statique



en tenant compte du semi encastrément à l'appui on aura

$$\text{appui: } T^{\text{MAX}} = 2490 \text{ KG}$$

$$M^{\text{MAX}} = 0,3 \times 3230 = 969 \text{ KGm}$$

en travée

$$M = 3230 \text{ KGm}$$

Calcul d'armature  
à l'appui

$M = 969 \text{ Kg}\cdot\text{m}$      $T = 2490 \text{ Kg}$

$$N = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \times 969 \cdot 10^2}{2800 \times 100 \times 13^2} = 0,030 \xrightarrow{\text{Tableau}} \left\{ \begin{array}{l} K = 52,0 \\ \epsilon = 0,9254 \end{array} \right.$$
  
$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{52} = 53,84 < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \epsilon K} = \frac{969 \cdot 10^2}{2800 \times 13 \times 0,9254} = 2,88 \text{ cm}^2 \rightarrow 4 \text{ T10/ml } (3,14 \text{ cm}^2)$$

armature de repartition.

$A_r \geq \frac{A}{4} = 0,72 \rightarrow 4 \text{ T6 } (1,13 \text{ cm}^2)$

entravée:     $M = 3230 \text{ Kg}\cdot\text{m}$

$$N = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \times 3230 \cdot 10^2}{2800 \times 13^2 \times 100} = 0,102 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K = 24,4 \\ \epsilon = 0,8781 \end{array} \right.$$
  
$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{24,4} = 114,75 < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \epsilon K} = \frac{10^2 \cdot 3230}{2800 \times 0,8781 \times 13} = 10,10 \text{ cm}^2 \rightarrow 7 \text{ T14/ml } (10,77 \text{ cm}^2)$$

Armature de repartition

$A_r \geq \frac{A}{4} = 2,52 \text{ cm}^2 \rightarrow 4 \text{ T10/ml } (3,14 \text{ cm}^2)$

verifications

① Contraintes

entravée:     $M = 4174,66 \text{ Kg}\cdot\text{m}$      $\bar{w} = \frac{100A}{bh} = \frac{100 \times 13,85}{100 \times 13} = 0,923 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K = 22,1 \\ \epsilon = 0,8649 \end{array} \right.$   
$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{\epsilon \cdot K \cdot A} = \frac{4034,66 \cdot 10^2}{0,8649 \times 13 \times 13,85} = 2590,7 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \text{ vérifié}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{2800}{22,1} = 127,27 \text{ Kg/cm}^2 < 137,7 \text{ vérifié}$$

aux appuis:     $A = 4,52 \text{ cm}^2$      $M = 1210 \text{ Kg}\cdot\text{m}$

$$\bar{w} = \frac{100A}{bh} = \frac{100 \times 4,52}{100 \times 13} = 0,347 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K = 39,6 \\ \epsilon = 0,9084 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{\epsilon \cdot K \cdot A} = \frac{1210 \cdot 10^2}{0,9084 \times 13 \times 4,52} = 2266,87 \text{ Kg/cm}^2$$
     $\bar{\sigma}_a < \bar{\sigma}'_a$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{39,6} = 70,70 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

② condition de non fragilité

$$A \geq 0,69 b h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} = 0,69 \times 100 \times 13 \frac{5,9}{4200} = 1,26 \text{ cm}^2$$

à l'appui     $A \geq 1,26 \text{ cm}^2$     en travée     $A \geq 1,26 \text{ cm}^2$     vérifié

③ verification de la fleche.

$$A \leq \frac{43 b h}{\bar{\sigma}_{en}} = \frac{43 \cdot 100 \times 15}{4200} = 15,35 \text{ cm}^2 > 13,85 \text{ cm}^2$$

vérifié

④ fissuration : la contrainte de traction maximum de traction des aciers est limitée à la plus grande des deux valeurs  $\sigma_1, \sigma_2$ .

en travée

$$w_f = \frac{A}{2bd} = \frac{13,85}{2 \cdot 100 \times 2} = 0,0346.$$

$$\sigma_1 = \frac{k \times w_f}{\phi (1 + 10w_f)} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \times 1,6 \times 0,0346}{14 (1 + 0,346)} = 4406,7 \text{ Kg/cm}^2$$

le calcul de  $\sigma_2$  est inutile. car  $\bar{\sigma}_a < \sigma_1$  donc  $\bar{\sigma}_a < \text{MAX}(\sigma_1, \sigma_2)$

à l'appui

$$w_f = \frac{4,52}{2 \times 100 \times 2} = 0,0113.$$

$$\sigma_1 = \frac{1,5 \cdot 10^6 \times 1,6 \times 0,0113}{12 (1 + 0,113)} = 2830,54 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{\eta \cdot k \cdot \bar{\sigma}_0}{\phi}} = 2,4 \sqrt{\frac{1,6 \times 1,5 \times 5,9 \cdot 10^6}{12}} = 2607,06 \text{ Kg/cm}^2$$

$\bar{\sigma}_a < \text{MAX}(\sigma_1, \sigma_2)$  vérifié.

⑤ condition. aux appuis

$$T = 2845 \text{ Kg} \quad M = 1210$$

$$A \bar{\sigma}_a > \frac{T+M}{2}$$

$$\underline{A \bar{\sigma}_a > T+M/2 \text{ vérifié}}$$

$$z = \frac{7}{8} h = 11,375 \quad A = 4,65 \text{ cm}^2$$

$$A \bar{\sigma}_a = 13020. \quad \frac{T+M}{2} = \frac{2845 + 1210}{2} = 2027,5$$

$$= 2788,62$$

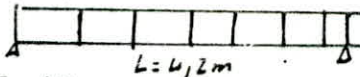
CALCUL DE LA POUTRE PALIERE :

La poutre palier est supportée appuyée aux poteaux à mi hauteur d'étage. Son rôle est de supporter le palier intermédiaire. On étudiera la section de cette poutre en flexion simple. La section est (30 x 40) cm.

Charges revenant à la poutre :

pois propre de la poutre	225 Kg/ml	
réaction du palier	2945 Kg/ml	q = 3605,5 Kg/ml
pois du 1/2 mur	535,5 Kg/ml	

Schema statique :



$M_0 = \frac{qL^2}{8} = 7950,13 \text{ KG}\cdot\text{m}$

$M_b = 0,85 M_0 = 6758 \text{ KG}\cdot\text{m}$  travee

$M_a = 0,3 M_0 = 2385 \text{ KG}\cdot\text{m}$  appui

ferailage : flexion simple :

travee :  $h = h_t - d = 40 - 4 = 36 \text{ cm}$

$\mu = \frac{15M}{\sigma_a b h^2} = 0,0885 \rightarrow K = 26,6 \quad A = 7,61 \text{ cm}^2 \quad \begin{matrix} 3T20 \\ + \\ 2T16 \end{matrix} (13,04 \text{ cm}^2)$

appui :

$\mu = 0,0328 \rightarrow E = 0,8224 \quad K = 49,2 \quad A = 2,56 \text{ cm}^2 \quad 3T12 (3,33 \text{ cm}^2)$

Vérifications :

1- Contraintes :

en travee :  $\bar{\omega} = \frac{100A}{bh} = 1,12 \rightarrow E = 0,8551 \quad K = 0,19,5 \quad \begin{matrix} \sigma_a = \frac{M}{EhA} = 1683 < \bar{\sigma}_a \\ \sigma'_b = \sigma_a / K = 83,7 < \bar{\sigma}'_b \end{matrix}$

à l'appui :  $\bar{\omega} = 0,31 \rightarrow E = 0,9129 \quad K = 42,4 \quad \begin{matrix} \sigma_a = 2140,7 < \bar{\sigma}_a \\ \sigma'_b = 50,5 < \bar{\sigma}'_b \end{matrix}$

2- condition de non fragilité :

$A > 0,69 b h \frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}_{ser}} = 1,16 \text{ cm}^2$  vérifié à l'appui et en travee.

3- vérification de la flèche :

$A \leq \frac{43 b h}{\bar{\sigma}_{ser}} = \frac{43 \cdot 30 \cdot 40}{4200} = 13,53 \text{ cm}^2$  vérifié

4- fissuration

travee :  $\sigma_1 = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,16}{16} \cdot \frac{0,056}{1 + 10 \cdot 0,056} = 5385 \text{ Kg/cm}^2$

$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,16 \cdot 5,9}{16}} = 2258$  vérifié ( $\bar{\sigma}_a = 2800$ )

appui :  $w_f = \frac{A}{26d} = 0,014 \quad \sigma_1 = 2456 \text{ Kg/cm}^2 \quad \sigma_2 = 2607$

(vérifié car on a ferailé avec  $\sigma_1$ )

5- Condition aux appuis :

$T = \frac{qL}{2} = 7,6 \text{ t} \quad T + M/2 = 7,6 - \frac{2,385}{0,2+5,86} = 7,52 \text{ t}$

$A \bar{\sigma}_a = 9492 > 7520 \text{ Kg}$  vérifié



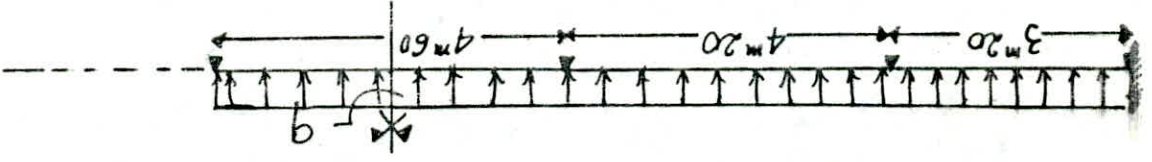
# PLANCHER

## A/ PLANCHER à CORPS CREUX

Les planchers à corps creux sont du type (16+4). Les nouvelles prescriptions ont calculé sans sollicitation et pour une  $G+1,2P$ .

Après coulage de la table de compression la nouille est adossée l'appuyé sur plusieurs appuis let encastres aux extrémités

schéma statique:



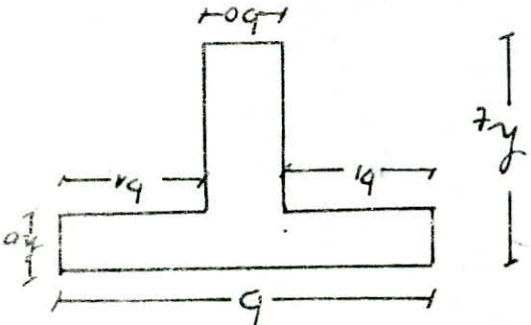
Le support des traverses n'étant pas soumis entre 0,8 et 1,25 la méthode forfaitaire n'est pas applicable. Le calcul est effectué par la méthode RDM.

détermination de la largeur de la table

$$f_{o2} = 4 \text{ cm} \quad h_t = 20 \text{ cm} \quad h = 17 \text{ cm}$$

$$b_0 = 12 \text{ cm}$$

$f_{o1} = 0,53$  distance entre nos intervalles des nouilles



$$① \quad b_1 \leq \frac{f_0}{2} = 26,5 \text{ cm}$$

$$② \quad b_1 < \frac{L}{10} = 46 \text{ cm}$$

$$③ \quad b_1 \leq (6+8) f_{o1} = (24 \div 32) \text{ cm}$$

Le portel de la nouille ( $L = 4,60 \text{ m} \div 4,20 \text{ m} \div 3,20 \text{ m}$ )

On trouve  $b_1 = 24 \text{ cm} \Rightarrow b = b_0 + 2b_1 = 60 \text{ cm} \quad b = 60 \text{ cm}$

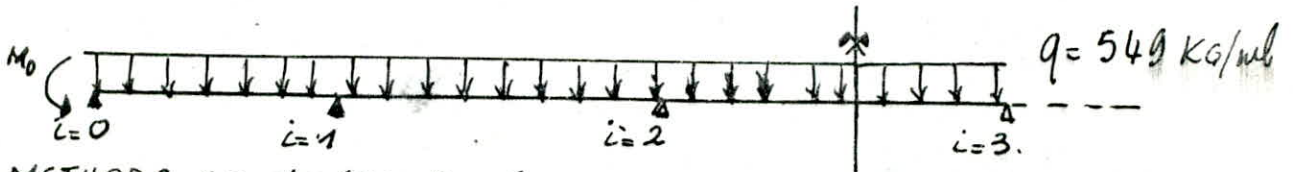
\* poids revenant au plancher courant :  $G+1,2P = 845 \text{ kg/m}^2$

\* charge revenant à la nouille  $q = 845 \times 0,65 = 549 \text{ kg/ml}$

$$\underline{q = 549,0 \text{ kg/ml}}$$

# Evaluation des moments et EFFORTS + RANÇANTS dans les poutrelles

L'encastrement des extrémités peut être ramener à un appui + un moment: d'où on aura:



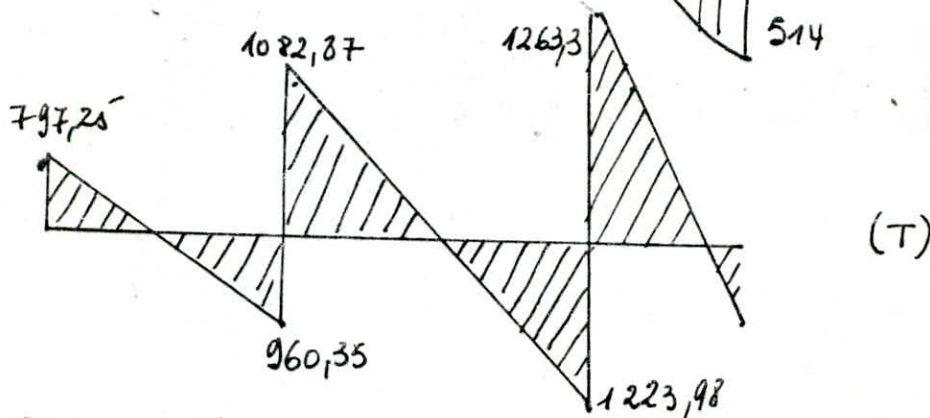
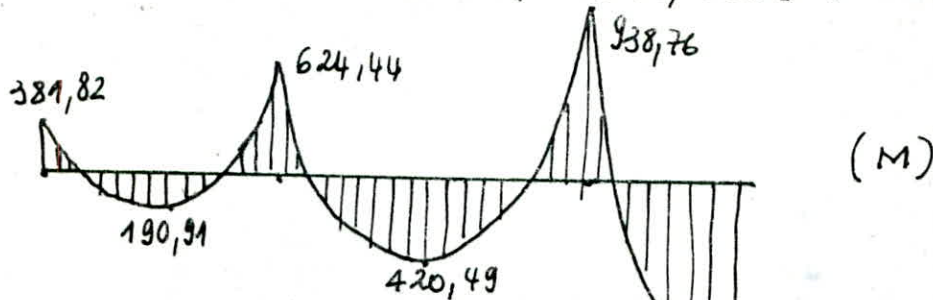
METHODE exacte (RDM). (3 MOMENTS).

equations des 3 Moments.

$$\begin{cases} M_{i-1} \cdot l_i + 2M_i(l_i' + l_{i+1}') + M_{i+1} l_{i+1} = -6 \left( \frac{\sum a_i' a_i'}{l_i} + \frac{\sum b_{i+1}' b_{i+1}'}{l_{i+1}} \right) \\ R_i = R_0^i + \frac{M_{i-1} - M_i}{l_i} + \frac{M_{i+1} - M_i}{l_{i+1}} \end{cases}$$

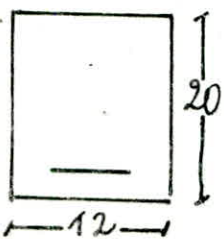
on trouve:

$$\begin{cases} M_0 = -381,82 \text{ Kg}\cdot\text{m} & M_1 = -642,44 \text{ Kg}\cdot\text{m} & M_2 = -938,76 \text{ Kg}\cdot\text{m} \\ R_0 = 797,35 \text{ Kg} & R_1 = 2043,12 \text{ Kg} & R_2 = 2487,25 \text{ Kg} \end{cases}$$



## Calcul d'armatures Longitudinales

à l'appui: la section est considérée rectangulaire ( $b_0, h_e$ ),  $M < 0$



$$M_{\text{MAX}} = 938,76 \text{ Kg}\cdot\text{m} \quad l = 4 \text{ m } 60.$$

le calcul se fait selon la méthode de P. CHARON.

$$\mu = \frac{n M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \times 938,76}{2800 \times 12 \times 172} = 0,1450$$

Tableau	$k = 19,3$
	$\bar{\omega} = 1,133$
	$\alpha = 0,4373$
	$\epsilon = 98542$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{19,3} = 145 > \bar{\sigma}_b \Rightarrow A' \neq 0.$$

$$\Delta M = M - M_{RB} = 47,19 \text{ Koxm.}$$

$$\bar{\sigma}'_a = \frac{n(\alpha - d'/h)}{\alpha} \bar{\sigma}_b = 1231,976 \text{ Kx/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

$$A' = \frac{\Delta M}{(h - d') \bar{\sigma}'_a} = \frac{47,19 \cdot 10^2}{(17 - 3) \cdot 1231,976} = 0,274 \text{ cm}^2 \quad \underline{A' = 0,274 \text{ cm}^2}$$

$$A = \frac{wbh}{100} + \frac{AM}{(h-d)\bar{\sigma}_a} = \frac{1,133 \times 20 \times 17}{100} + \frac{47,19 \cdot 10^2}{14 \times 2800} = 2,43 \text{ cm}^2 \quad \underline{A = 2,43 \text{ cm}^2}$$

$$\underline{A' (1T8 \text{ soit } 0,28 \text{ cm}^2)} \quad \underline{A (2T10 + 1T12, \text{ soit } 2,70 \text{ cm}^2)}$$

B/EN travée :  $M^{\text{MAX}} = 514 \text{ Koxm.}$

$$\mu = \frac{nM}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,0158 \text{ Tableau}$$

$$K = 74,5$$

$$\alpha = 0,1675$$

$$E = 0,2422$$

$y = \alpha h = 0,1675 \times 17 = 2,85 \text{ cm} < h_0$ . L'axe neutre tombe dans la table de compression. donc on considère la section comme rectangulaire de dimension  $(b, h)$ .

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{74,5} = 37,58 < \bar{\sigma}'_b \quad 37,58 \text{ Kx/cm}^2 < \bar{\sigma}_{b0}$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a E \cdot h} = 1,144 \text{ cm}^2 \quad \underline{2T10. (1,57 \text{ cm}^2)}$$

armatures transversales.  $T_{\text{MAX}} = 1263,27 \text{ K}$

$$\bar{\sigma}'_b = 145 \text{ Kx/cm}^2 \Rightarrow \bar{\sigma}_b = 2 \bar{\sigma}'_b \rightarrow \bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}'_{b0}}\right) \bar{\sigma}_b$$

$$\bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{2 \times 68,85}{68,85}\right) \times 5,9 = 14,75 \text{ Kx/cm}^2$$

$$\tau_s = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{1263,27}{12 \times \frac{7}{8} \times 17} = 7,077 \text{ Kx/cm}^2 \quad z = \frac{7}{8} h$$

$$\tau_s < \bar{\tau}_b$$

$$\bar{\sigma}_{at} = \frac{Tt}{z A_e} \Rightarrow t = \frac{\bar{\sigma}_{at} \times z \cdot A_e}{T} = \frac{2 \times 0,28 \times \frac{7}{8} \times 17 \times 2080,135}{8 \times 1263,27} = 13,715 \text{ cm}$$

$$t = 13,715 \text{ cm}$$

$$\bar{E} = h \left(1 - 0,3 \frac{\bar{\tau}_b}{\bar{\sigma}_b}\right) = 10,88 \text{ cm}^2 \quad t < \bar{t} \text{ (doit être vérifié)}$$

on prend  $t = 10 \text{ cm}$

Remarque:  $\bar{\sigma}_{at} = f_{\text{ben}}$   $f = \max\left(1 - \frac{\bar{\tau}_b}{3 \bar{\sigma}_b}; \frac{2}{3}\right) = 0,866$

$$\bar{\sigma}_{at} = 2080,135 \text{ Kx/cm}^2$$

$$f_{\text{ben}} = 2400 \text{ Kx/cm}^2$$

Verifications

① condition de non fragilité article 52 P C B A 68

$$\frac{A}{bh} \approx 0,69 \quad \bar{\sigma}_b$$

en travée:  $A \approx 0,69 \times \frac{5,9}{4200} \times 17 \times 60 = 0,988$  vérifié  $A = 1,14 \text{ cm}^2$

à l'appui:  $A \approx 0,69 \times \frac{5,9}{4200} \times 12 \cdot 17 = 0,197$  vérifié  $A = 2,43 \text{ cm}^2$

• VERIFICATION DES CONTRAINTES

en travée:  $A = 1,144 \text{ cm}^2$ .  $M = 514 \cdot \text{kgm}$ .

$$\bar{w} = \frac{\mu}{15} \cdot \frac{100A}{b \cdot h} = \frac{15}{15} \times \frac{100 \times 1,144}{60 \times 17} = 0,112 \rightarrow k = 74,5, E = 0,9442.$$

$$\sigma_a = \frac{M}{AE \cdot h} = \frac{514 \cdot 10^2}{1,144 \times 0,9442 \times 17} = 2799,137 \text{ kg/cm}^2 < 2800 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{k} = 37,57 \text{ kg/cm}^2 < 137,7 \text{ kg/cm}^2.$$

à l'appui:  $M = 938,76 \text{ kgm}$ .  $A = 2,43 \text{ cm}^2$

$$\bar{w} = \frac{15}{15} \times \frac{938,76 \cdot 10^2}{2,43 \times 0,8516 \times 17} = 1,101 \rightarrow k = 18,7, E = 0,8516.$$

$$\sigma_a = 2668,48 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \quad \sigma'_b = \bar{\sigma}'_b \text{ cas } A' \neq 0.$$

- VERIFICATION DE LA FISSURATION. article. 40.22. C.C.BA.68.  
la valeur maximale de la contrainte de traction des armatures  
est limitée à la plus grande des valeurs de:

$$\sigma_1 = \frac{k \cdot \mu}{\phi} \cdot \frac{w_f}{1 + 10w_f} \quad \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{\mu}{\phi} \cdot k \bar{\sigma}_a} \quad w_f = \frac{A}{2bd}$$

en travée:  $\sigma_1 = 1,5 \cdot 10^6 \times \frac{1,6}{10} \times \frac{0,0218}{1 + 10 \times 0,0218} = 5914,09 \text{ kg/cm}^2$

or.  $\sigma_{af} = \min(\bar{\sigma}_a, \max(\sigma_1, \sigma_2))$  donc  $\sigma_{af} = \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$   
donc  $\sigma_{af} < 5914,09 \text{ kg/cm}^2$  vérifié

à l'appui:  $\sigma_1 = \frac{1,5 \cdot 10^6}{1,2} \times \frac{1,6}{1 + 10 \times 0,0375} = 5454,54 \text{ kg/cm}^2$

le calcul de  $\sigma_2$  est inutile.  $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$

$$\sigma_{af} = \min(\bar{\sigma}_a, \max(\sigma_1, \sigma_2)) = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{af} < 5454,54 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifié}$$

• adhérence:  $\tau_d = \frac{T_{\max}}{n \cdot \phi}$   $n = 2 \cdot \phi = 10$ .  $n \cdot p = 2 \times 6,28$

$$\tau_d = 6,76 \text{ kg/cm}^2 \quad \bar{\tau}_d = 2 \tau_d \bar{\sigma}_b = 2 \times 1,5 \times 5,9 = 17,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_d < \bar{\tau}_d \text{ (vérifié)}$$

• verification de la fleche

Article 58.4. C.C.BA.68

Si les 3 conditions sont vérifiées le calcul de la flèche est inutile

$$h_t \geq \frac{l}{15} \frac{M_t}{M_0}, \quad h_t \geq \frac{l}{22,5}, \quad \bar{w} = \frac{A}{b_0 h} \leq \frac{36}{\sigma_{en}}$$

$$h_t = 20 \text{ cm}, \quad l = 3,10 \text{ m}, \quad M_t = 514 \text{ kg.m}, \quad M_0 = q l^2 = 659,78 \text{ kg.m}$$

$$A = 1,57 \text{ cm}^2, \quad b_0 = 12 \text{ cm}, \quad h = 17 \text{ cm}$$

$$\rightarrow \frac{l}{15} \frac{M_t}{M_0} = \frac{l}{15} \times \frac{514}{659,78} = 0,159 \text{ m}, \quad h = 0,27 > 0,159 \text{ vérifié}$$

$$\rightarrow \frac{h_t}{l} = 0,0645, \quad \frac{1}{22,5} = 0,044, \quad \frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{22,5} \text{ vérifié}$$

$$\rightarrow w = \frac{1,57}{12 \times 17} = 0,00769, \quad \frac{36}{\sigma_{en}} = \frac{36}{4200} = 0,00857. \text{ vérifié}$$

la flèche est admissible.

Ferraillage de la table de compression C.C.B-A 68 article. 58,2

La table de compression sera armée d'un quadrillage de barre dont les dimensions de mailles n'excedent pas:

- 20 cm (5 barre/ml) pour les armatures perpendiculaire
- 33 cm (3 " / ml) pour les armatures paralleles.

$l_n$ : espacement entre nervure.

Si  $50 \text{ cm} \leq l_n < 80 \text{ cm} \Rightarrow$

$$A_{\perp} \geq \frac{43}{\sigma_{en}} l_n = \frac{43 \cdot 0,5}{4200} = 0,665$$

on adopte une treillis soudé  $20 \times 20$  de  $\phi 5$

$$5 \phi 5 = 0,99 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

$$A_{\perp} = 0,98 > 0,665 \text{ cm}^2 / \text{ml} \cdot A_{\parallel} = 0,987,933 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

## B/ PLANCHERS DALLES

Nos dalles reposent toutes sur quatre côtés. Leur disposition est la même dans les planchers des 4 premiers niveaux. On s'intéressera donc à un panneau de dalle (d'un plancher) dont les dimensions sont plus grandes. On ferraillera ensuite tous les panneaux de la même manière. On adoptera par la suite le même ferrailage pour tous les autres panneaux.

On suppose que les dalles sont simplement appuyées sur leurs côtés. La liaison poutre - plancher est en fait un encastrement partiel. Dans les calculs, on réduira les moments en travées et sur appuis conformément aux règles CCBA 68 Art 57, 2/1.

### Méthode de Calcul

On appliquera la méthode de M<sup>R</sup> R. BARRES présentée dans son ouvrage "Tables de Calcul des dalles et de parois".

Cette méthode dépend du coefficient de poisson  $\mu$  et du rapport  $\gamma = \frac{a}{b}$

A partir des valeurs ( $\mu, \gamma$ ) on peut tirer les coefficients du tableau correspondant servant au calcul des moments et des flèches.

Les coefficients tirés sont :

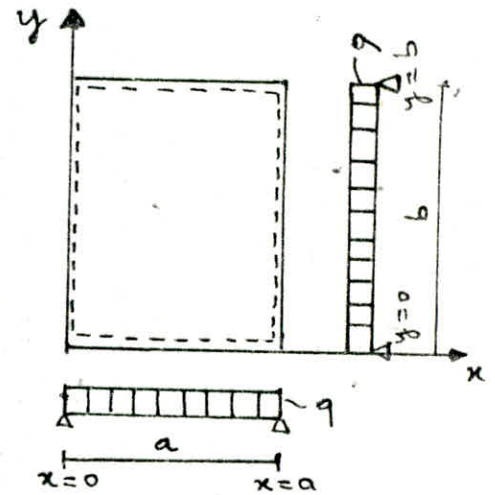
- $\alpha$  coefficient de flèche
- $M$  " de moment
- $M_{xs}$  " du moment dans la direction  $ox$  avec  $x = \frac{a}{2}; y = \frac{b}{2}$
- $M_{ys}$  " " " " " " " "  $oy$  avec  $y = \frac{b}{2}; x = \frac{a}{2}$
- $\frac{q a^4}{E h^3}$  " multiplicatif pour avoir la flèche
- $q a^2$  " " " " " " le moment suivant  $ox$
- $q b^2$  " " " " " " " "  $oy$
- $q$  : charge uniforme que supporte la dalle
- $h$  : hauteur de la dalle
- $E = 2 \cdot 10^5 \text{ Kg/cm}^2$  module de déformation
- $\mu = 0,15$  pour le béton.

On calculera donc

$$f_s = \alpha q \frac{a^4}{E h^3} \quad \text{flèche au centre de la dalle}$$

$$M_{xs} = M_{xs} q a^2 \quad \text{moment dans la direction } ox \quad (x = \frac{a}{2}, y = \frac{b}{2})$$

$$M_{ys} = M_{ys} q b^2 \quad \text{" (15) " " " " " } oy \quad (y = \frac{b}{2}, x = \frac{a}{2})$$



Le ferrailage des dalles se fait selon la méthode de M<sup>r</sup> P. CHARON

le CCBA 68 (art. 29, 14) préconise de prendre

$$\phi \leq \frac{h_t}{10} = \frac{160}{10} = 1,6 \text{ cm} \quad h_t = 16 \text{ cm}$$

l'enrobage doit satisfaire :

$$d \geq 1 \text{ cm} \quad \text{on prendra } d = 2 \text{ cm}, \quad h = h_t - d = 14 \text{ cm}$$

Plancher magasin ( $G = 546 \text{ kg/m}^2$ ,  $S = 400 \text{ kg/m}^2$ )

Panneau de dalle ( $5,00 \text{ m} \times 4,50 \text{ m}$ )

$$\gamma = \frac{a}{b} = \frac{4,50}{5,00} = 0,9 \rightarrow \begin{cases} \omega_s = 0,0584 \\ \mathcal{M}_{xs} = 0,0507 \\ \mathcal{M}_{ys} = 0,0344 \end{cases}$$

$$q = G + 1,2S = 1026 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Moment maximum suivant Ox

$$M_{xs} = \mathcal{M}_{xs} q a^2 = 1053,37 \text{ kg.m}$$

Moment max suivant Oy

$$M_{ys} = \mathcal{M}_{ys} q b^2 = 882,36 \text{ kg.m}$$

$$M_{ax} = 0,5 M_{xs} = 526,685 \text{ kg.m}$$

$$M_{tx} = 0,75 M_{xs} = 790,027 \text{ kg.m}$$

$$M_{ay} = 0,5 M_{ys} = 441,18 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = 0,75 M_{ys} = 661,77 \text{ kg.m}$$

ferrailage : suivant  $l_x$  : espacement des armatures

a/ En travée :

$$t \leq \min \{ 3h_t, 33 \text{ cm} \} = 33 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{15 M_{tx}}{\sigma_a b h^2} = \frac{15 \times 790,027 \cdot 10^2}{2800 \times 100 \times 14^2} = 0,0216$$

$$K = 62,5$$

$$\varepsilon = 0,9355$$

$$A_t = \frac{M_t}{\sigma_a \varepsilon h} = 2,154 \text{ cm}^2 \quad \text{soit}$$

$$5T8 / \text{ml} \rightarrow A = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$t = 20 \text{ cm}$$

b/ A l'appui :

$$\mu = 0,0144 \rightarrow \begin{cases} K = 79 \\ \varepsilon = 0,9468 \end{cases}$$

$$A = \frac{M_{ax}}{\sigma_a \varepsilon h} = 1,419 \text{ cm}^2$$

$$\text{soit } 4T8 / 0$$

Suivant  $\mu$  l'espacement des armatures  $t \leq \min\{4h, 45\text{cm}\} = 45$

a/ En travée:  $\mu = \frac{15 \times 661,77 \cdot 10^2}{2800 \times 100 \times 14^2} = 0,018 \rightarrow \begin{cases} K = 69,5 \\ \epsilon = 0,9408 \end{cases}$

$A_t = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \epsilon h} = \frac{661,77 \cdot 10^2}{2800 \times 0,9408 \times 14} = 1,79 \text{ cm}^2$  soit 4T8/ml  
 $A_t = 2,01 \text{ cm}^2$   
 $t = 25 \text{ cm}$

b/ A l'appui:

$\mu = \frac{15 M_{app}}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \times 441,18 \cdot 10^2}{2800 \times 100 \cdot 14^2} = 0,0120 \rightarrow \begin{cases} K = 87 \\ \epsilon = 0,951 \end{cases}$

$A_a = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \epsilon h} = \frac{441,18 \cdot 10^2}{2800 \times 0,9510 \times 14} = 1,18 \text{ cm}^2$  soit 4T8/ml  
 $A_a = 2,01 \text{ cm}^2$   
 $t = 25 \text{ cm}$

Verifications diverses

a/ béton  $\sigma_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{62,5} = 44,8 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b = 137 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

b/ Acier  $\sigma_a = \frac{M}{A \epsilon h} = \frac{790,027 \cdot 10^2}{2,51 \times 0,9355 \times 14} = 2403 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < \bar{\sigma}_a$

c/ fissuration  $w_f = \frac{A}{2 b d} = \frac{2,51}{2 \times 100 \times 2} = 0,0063$

$\sigma_1 = \frac{K \mu \bar{\sigma}_a}{\phi (1 + 10 w_f)} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \times 1,6 \times 0,0063}{8 (1 + 10 \times 0,0063)} = 1778 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K \mu \bar{\sigma}_a}{\phi}} = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \times 1,6 \times 5,9}{8}} = 3192,9 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} > 2800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

$\max(\sigma_1, \sigma_2) = \sigma_2 > 2800 \text{ kg/cm}^2$  pas risque de fissuration

d/ Condition de non fragilité

$A_y \geq 0,69 \frac{b h}{\bar{\sigma}_{cm}} \left(1 + \frac{P}{4}\right) \bar{\sigma}_b = 0,69 \frac{100 \times 14}{4200} \left(\frac{1+9,9}{4}\right) 5,9 = 0,645 \text{ cm}^2$

$A_y = 2,01 \text{ cm}^2 > 0,645 \text{ cm}^2$  vérifié

$A_x \geq 0,69 \frac{b h}{\bar{\sigma}_{cm}} \left(1 - \frac{P}{2}\right) \bar{\sigma}_b = 0,75 \text{ cm}^2$

$A_x = 2,51 \text{ cm}^2 > 0,75 \text{ cm}^2$  vérifié

Calcul de la flèche

$f = \frac{q l^4}{8 E I^3} \omega_p = \frac{1026 \times 4,50 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^5 \times 16^3} \times 0,0584 = 0,30 \text{ cm} < \bar{f} = 0,9 \text{ cm}$   
 $\rho = \frac{450}{500} = 0,9 \text{ cm}$   
 Vérifié



## Prédimensionnement

poutres: d'après les prescriptions du RPA. 81 on doit avoir

$$\left\{ \begin{array}{l} b \geq 20 \text{ cm} \\ h \geq 30 \text{ cm} \\ h/b \leq 3 \end{array} \right. \quad \text{en zone II} \quad b_{\max} \leq 1,5h + b_1 \quad b_1 \text{ largeur du poteau.}$$

On doit aussi avoir, selon P. CHARON,

$$\frac{L}{15} \leq h_t \leq \frac{L}{10} \quad L \text{ plus grande portée des poutres.}$$

$L = 5,00 \text{ m} \quad 33,3 \leq h_t \leq 50 \text{ cm} \quad \text{On prendra}$   
 $h_t = 50 \text{ cm}$

$$0,3h_t \leq b \leq 0,7h_t \quad \text{soit} \quad 15 \leq b \leq 35 \Rightarrow b = 30 \text{ cm}$$

poutres  $(30 \times 50) \text{ cm}^2$ .

poteaux: prédimensionnement avec la descente de charge et on doit vérifier les prescriptions visées par le RPA 81.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min. } (b_1, h_1) \geq 25 \text{ cm} \quad \text{Zone II} \\ \frac{1}{3} \leq b_1/h_1 \leq 3 \\ \text{Min. } (b_1, h_1) \geq h/20 \end{array} \right.$$

les sections des poteaux choisis sont les suivantes

Niveau . 11 . 12 . 13 .  $S = 35 \times 35$  .  $N' = 69,26 \text{ t}$

Niveau . 10, 9, 8, . 7 .  $S = 45 \times 45$  .  $N' = 136,39 \text{ t}$

Niveau . 6, 5, 4, 3 .  $S = 60 \times 60$  .  $N' = 210,35 \text{ t}$

Niveau . 2, 1, et sous sol  $S = 70 \times 70$  .  $N' = 282,21 \text{ t}$

vérification de l'article 4.211. du RPA. 81.  $S_{pot} \geq \frac{KN'}{\sqrt{28}}$

$K$ : coeff. dépendant de la zone  $\psi = 4$ . en zone II

$$S = 35 \times 35 = 1225 \text{ cm}^2$$

$$\frac{KN'}{\sqrt{28}} = 1026,07 \text{ cm}^2 \quad \text{vérifié}$$

$$S = 45 \times 45 = 2025 \text{ cm}^2$$

$$\frac{KN'}{\sqrt{28}} = 2020,5 \text{ cm}^2 \quad \text{vérifié}$$

$$S = 60 \times 60 = 3600 \text{ cm}^2$$

$$KN'/\sqrt{28} = 3116,29 \text{ cm}^2 \quad \text{vérifié}$$

$$S = 70 \times 70 = 4900 \text{ cm}^2$$

$$KN'/\sqrt{28} = 4180,88 \text{ cm}^2 \quad \text{vérifié}$$

## CALCUL de rigidités

Le calcul se fera suivant la Méthode de M<sup>r</sup> MUTO.  
 La rigidité relative de niveau d'un portique sera calculé comme si les poteaux étaient parfaitement encastrés, multiplié par un coefficient "a" correcteur tenant compte de la flexibilité des poutres arrivant aux nœuds.

$R^\infty$ : rigidité relative de niveau d'un portique avec poteaux parfaitement encastrés

$R = a R^\infty$ : rigidité relative de niveau d'un portique corrigé au sens de "MUTO".

### Étapes de calcul.

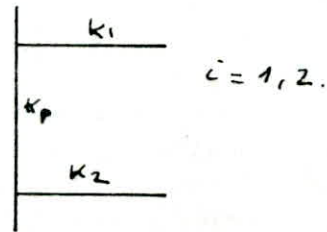
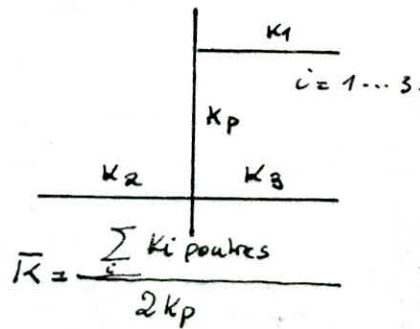
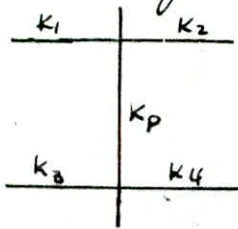
① calcul des raideurs de poteaux et poutres

②  $K_{\text{poteau}} = \left( \frac{I}{h_e} \right)$   $I$ : inertie du poteau considéré ou poutre

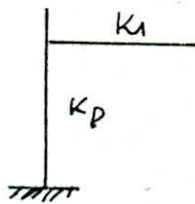
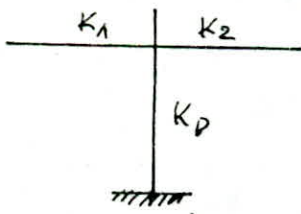
$K_{\text{poutre}} = \left( \frac{I}{L} \right)$   $h_e$ : hauteur d'étage.  $L$ :  
 $L$ : portée de la poutre considérée.

③ calcul des coefficients  $\bar{K}$  relatifs aux portiques transversaux et longitudinaux.

#### a) étage courant



b) Premier niveau. (poteaux encastrés à la base)



$$\bar{K} = \frac{\sum_i K_{\text{poutres}}}{K_p}$$

③ calcul des coefficients correcteurs "a"

#### a) étage courant

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

b) premier niveau. (poteau encastré)

$$a = \frac{0,5 \bar{K}}{1 + 2 \bar{K}}$$

④ calcul des rigidités des poteaux suivant les 2 sens:

a) étage courant

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

⑤ premier niveau: (poteau encasturé à la base)

$$r_2 = a \times \frac{12EI}{h_e^3}$$

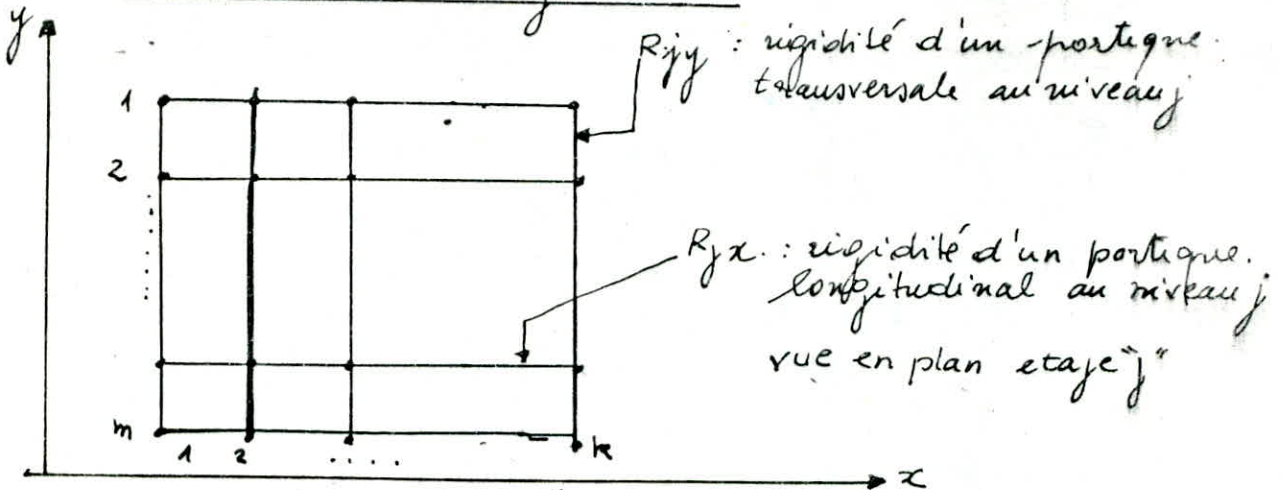
E: module de young

$$E = 378 \cdot 10^3 \text{ Kg/cm}^2$$

I: inertie de la section du poteau suivant le sens considéré

h<sub>e</sub>: hauteur du poteau.

⑤ calcul des rigidités relatives de niveau des portiques transversaux et longitudinaux



$$\left\{ \begin{aligned} R_{jx} &= \sum_{i=1}^k r_j^{x_i} = \sum_{i=1}^k \frac{a_i \cdot 12EI_i}{h_j^3} \\ R_{jy} &= \sum_{i=1}^m r_j^{y_i} = \sum_{i=1}^m a_i \frac{12EI_i}{h_j^3} \end{aligned} \right.$$

⑥ Rigidité relative d'étage.

$$R_{jx}^e = \sum_{l=1}^k R_{jx}^l \quad \text{suivant le sens longitudinal (x)}$$

$$R_{jy}^e = \sum_{l=1}^m R_{jy}^l \quad \text{suivant le sens transversal (y)}$$

RIGIDITE des poteaux

SENS TRANSVERSAL

	FILE DE RIVE												FILE INTERMEDIAIRE											
	POTEAU C						POTEAU F						POTEAU E						POTEAU B					
	I	II	III	IV, V VI	VII, VIII IX, X	XI, XII XIII	I	II	III	IV, V VI	VII, VIII IX, X	XI, XII XIII	I	II	III	IV, V VI	VII, VIII IX, X	XI, XII XIII	I	II	III	IV, V VI	VII, VIII IX, X	XI, XII XIII
$I_{10^{-4}}$	200,083	200,083	108,000	108,000	34,172	12,505	200,083	200,083	108,000	108,000	34,172	12,505	200,083	200,083	108,000	108,000	34,172	12,505	200,083	200,083	108,000	108,000	34,172	12,505
$K_{10^{-4}}$	65,387	51,172	27,621	35,294	11,167	4,087	65,387	51,172	27,621	35,294	11,167	4,087	65,387	51,172	27,621	35,294	11,167	4,087	65,387	51,172	27,621	35,294	11,167	4,087
$\bar{K}$	0,096	0,102	0,226	0,117	0,560	1,529	0,104	0,136	0,251	0,197	0,622	1,699	0,243	0,310	0,575	0,450	1,421	3,884	0,232	0,297	0,550	0,430	1,359	3,714
$\alpha$	0,284	0,058	0,102	0,081	0,219	0,433	0,288	0,064	0,112	0,090	0,237	0,459	0,331	0,134	0,223	0,184	0,415	0,660	0,328	0,129	0,216	0,177	0,405	0,650
$q K_P$	19,570	2,968	2,817	2,859	2,446	1,770	18,831	3,275	3,094	3,176	2,647	1,876	21,643	6,857	6,159	6,494	4,634	2,697	21,447	6,601	5,966	6,247	4,523	2,654
$r_{10^{-4}}$	23,739E	9,330E	2,211E	3,698E	3,135E	2,268E	24,133E	2,531E	2,429E	4,070E	3,292E	2,404E	27,737E	5,392E	4,834E	8,322E	5,939E	3,456E	27,196E	5,181E	4,683E	8,006E	5,716E	3,105E

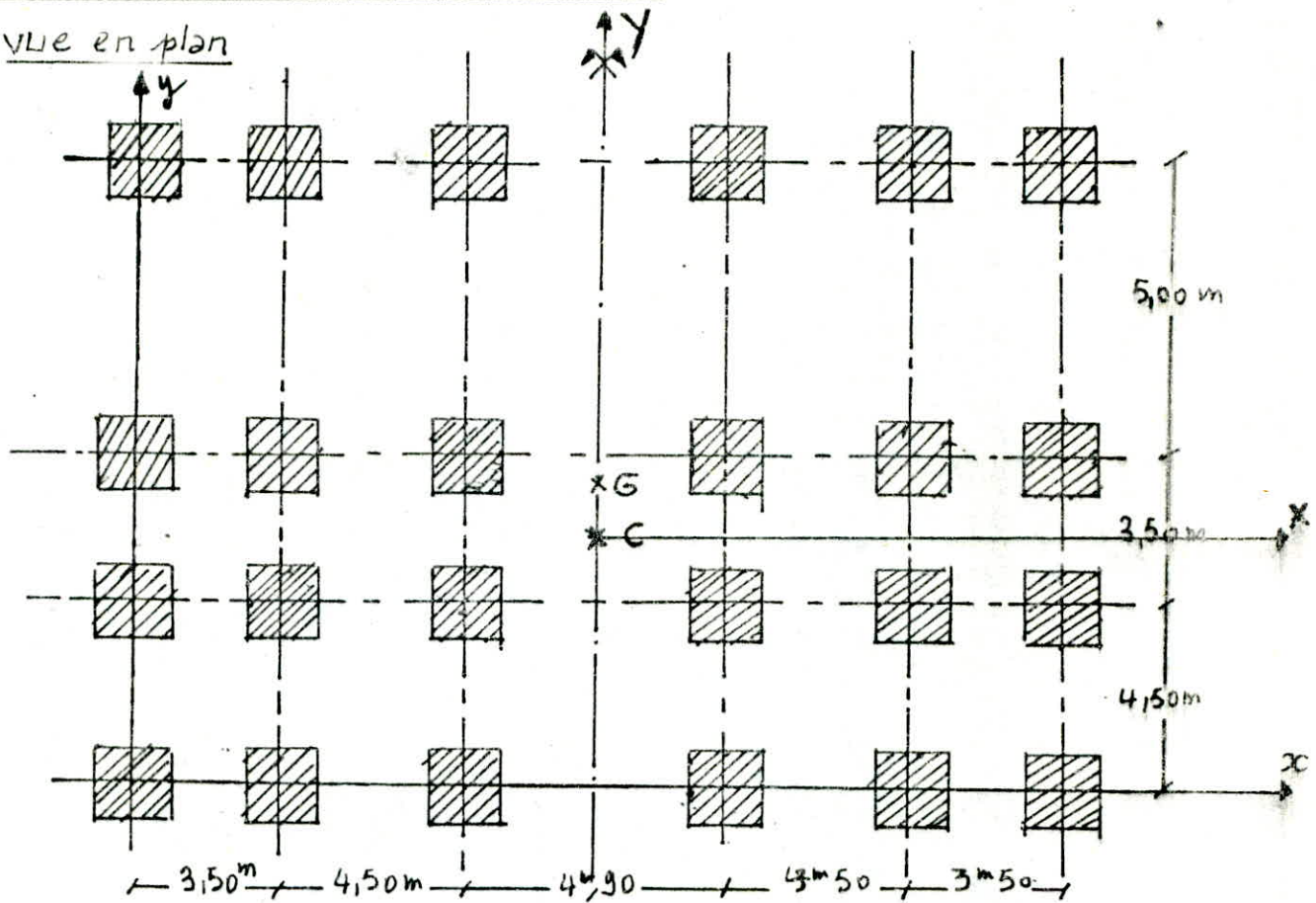
SENS LONGITUDINAL

	FILE DE RIVE						FILE INTERMEDIAIRE						FILE INTERMEDIAIRE					
	POTEAU 1, 6						POTEAU 2, 5						POTEAU 3, 4					
	I	II	III	IV, V VI	VII, VIII IX, X	XI, XII XIII	I	II	III	IV, V VI	VII, VIII IX, X	XI, XII XIII	I	II	III	IV, V VI	VII, VIII IX, X	XI, XII XIII
$I_{10^{-4}}$	200,093	200,083	108,000	108,000	34,172	12,505	200,083	200,083	108,000	108,000	34,172	12,505	200,083	200,083	108,000	108,000	34,172	12,505
$K_{10^{-4}}$	65,387	51,172	27,621	35,294	11,167	4,087	65,387	51,172	27,621	35,294	11,167	4,087	65,387	51,172	27,621	35,294	11,167	4,087
$\bar{K}$	0,137	0,175	0,323	0,253	0,800	2,185	0,243	0,310	0,575	0,450	1,421	3,884	0,204	0,260	0,482	0,337	1,193	0,326
$\alpha$	0,065	0,080	0,139	0,112	0,286	0,522	0,331	0,134	0,223	0,184	0,415	0,660	0,319	0,115	0,194	0,159	0,374	0,140
$q K_P$	19,485	4,094	3,840	3,953	3,194	2,133	21,643	6,857	6,159	6,494	4,634	2,697	20,958	5,885	5,358	5,612	4,176	0,572
$r_{10^{-4}}$	24,931E	3,213E	3,014E	5,066E	4,093E	2,734E	27,737E	5,392E	4,834E	8,322E	5,939E	3,456E	26,731E	4,619E	4,206E	7,192E	5,352E	0,733E

# CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

centre de masse et centre de torsion

VUE en plan



sens longitudinal

notre immeuble admet une symétrie dans le sens longitudinal

plong

$$x_G = x_C = 10,45 \text{ m}$$

calcul de l'ordonnée du centre de masse  $y_G$ :

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

calcul de l'ordonnée du centre de torsion:

$$y_C = \frac{\sum R_{jx} \cdot y_e}{\sum R_{jx}}$$

Comme tous les portiques d'un même étage, et d'une même sens ont même rigidité on a alors:

$$y_C = \frac{\sum y_e}{6}$$

6 portiques dans le sens longitudinal.

$$y_C = \frac{0 + 4,5 + 8 + 13}{4} = 6,875 \text{ m}$$

## excentricité

Comme dans le sens longitudinal il y a symétrie  $x_G = x_C$   
Il n'y a pas d'excentricité ou prendra l'excentricité accidentelle  
de 5% de la plus grande dimension du bâtiment soit  $5 \times 20,9$   
soit  $1,045\text{m}$ . Dans le sens transversal on calcule la  
valeur de l'excentricité accidentelle.  $e_y = |y_G - y_C|$  et on  
prendra la plus grande des 2 valeurs  $e_y$  ou de l'excentricité  
accidentelle  $1,045\text{m}$ . Mais pour cela dépasser l'excentricité  
admissible (RPA) 20% de la longueur du sens considéré

$e_{ad}$  (sens transversal) =  $2,6\text{m}$        $e_{ad}$  (sens longitudinal) =  $4,18\text{m}$   
Les résultats seront donnés sous forme de tableau.

NIVEAU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$x_G$	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45
$x_C$	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45
$e_x$	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045	1,045
$y_G$	7,27	7,33	7,54	7,65	7,65	7,71	7,77	7,77	7,77	7,81	7,85	7,85	7,72
$y_C$	6,375	6,375	6,375	6,375	6,375	6,375	6,375	6,375	6,375	6,575	6,375	6,375	6,375
$e_{y \text{ theo}}$	0,895	0,955	1,165	1,275	1,275	1,335	1,395	1,395	1,395	1,435	1,475	1,475	1,345
$e_y$ (calcul)	1,045	1,045	1,165	1,275	1,275	1,335	1,395	1,395	1,395	1,435	1,475	1,475	1,345

$e_{accidentelle}$  .  $1,045\text{m}$ .

$e$  admissible .  $\left\{ \begin{array}{l} 4,18\text{m} \text{ sens longitudinal} \\ 2,6\text{m} \text{ sens transversal} \end{array} \right.$

RIGIDITÉ à la TORSION :

$$R_{j\theta} = \sum_{k=1}^k R_{jt}(x_k)^2 + \sum_{l=1}^m R_{jl}(y_l)^2$$

$R_{j\theta}$  : rigidité à la torsion à l'étage "j"

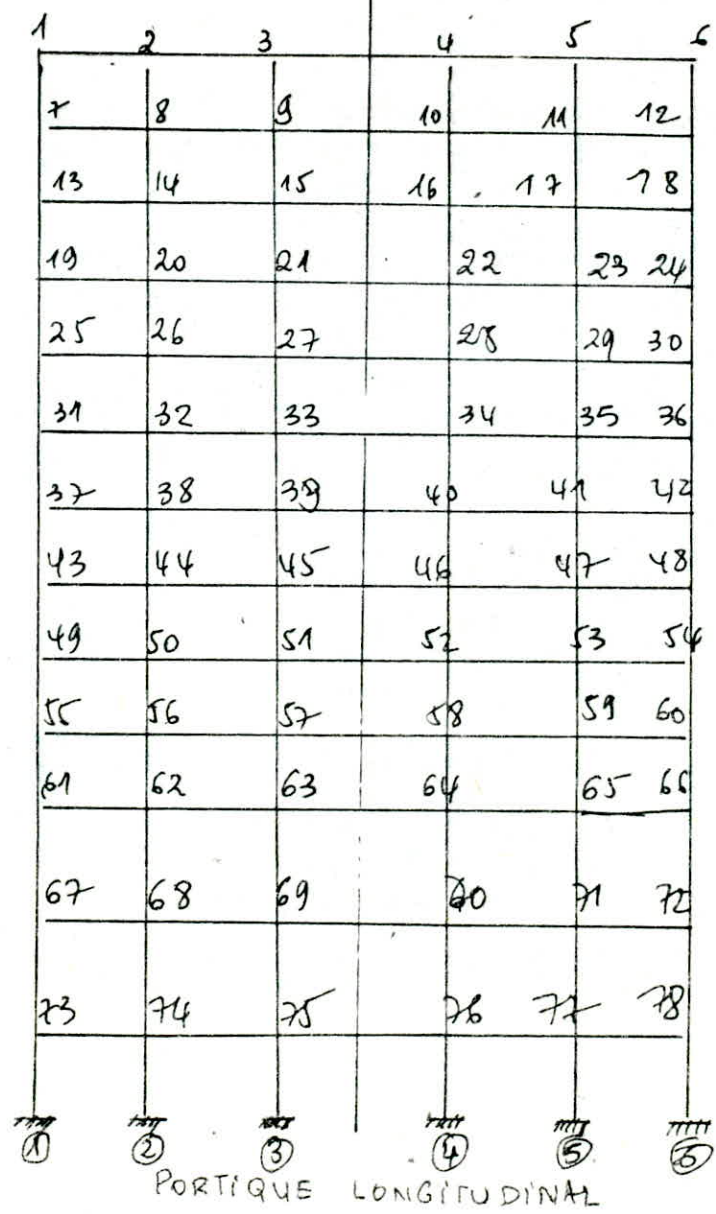
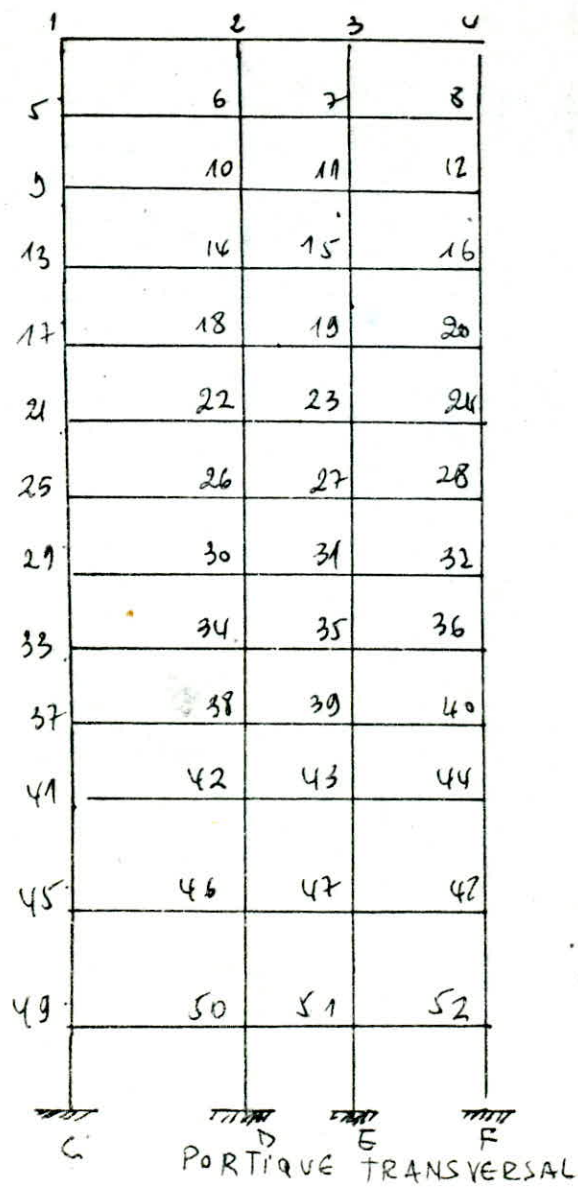
$\left\{ \begin{array}{l} x_k : \text{distance d'un portique transversal à l'axe } C_Y \\ y_l : \text{ " " " " longitudinal à l'axe } C_X. \end{array} \right.$

la rigidité d'un portique, la rigidité d'un étage et la rigidité de torsion sont données dans le tableau suivant.

NIVEAU	$R_{jx}$	$R_{jx}$	$R_{jy}$	$R_{jy}$	$R_{j\theta}$
13	13,846E	55,384E	11,533E	69,198E	5028,687E
12	13,846E	55,384E	11,533E	69,198E	5028,687E
11	13,846E	55,384E	11,533E	69,198E	5028,687E
10	30,768E	123,072E	18,262E	109,572E	8762,236E
9	30,768E	123,072E	18,262E	109,572E	8762,236E
8	30,768E	123,072E	18,262E	109,572E	8762,236E
7	30,768E	123,072E	18,262E	109,572E	8762,236E
6	41,160E	164,64E	24,096E	144,576E	11612,472E
5	41,160E	164,64E	24,096E	144,576E	11612,472E
4	41,160E	164,64E	24,096E	144,576E	11612,472E
3	24,108E	96,432E	14,157E	84,942E	6815,858E
2	26,428E	105,712E	15,464E	92,784E	7453,662E
1	158,878E	635,512E	163,155E	618,93E	48141,560E

Poids de la structure

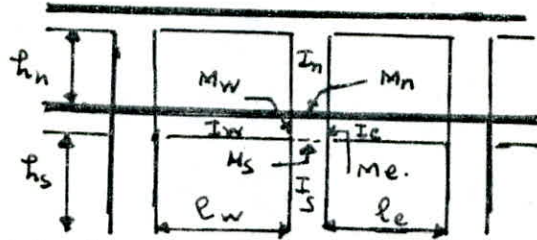
NiV	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$W_i$	345,65	346,03	346,03	353,78	260,72	360,72	369,72	378,18	389,64	389,64	352,46	334,86	348,35





La méthode de Caquot consiste à déterminer les efforts dans les poteaux et poutres sous les charges verticales. Cette méthode concerne essentiellement les poutres solidaires des poteaux qu'ils supportent les moments d'inertie des poteaux sont supposés constants.

PRINCIPE DE LA METHODE



$l_e$  et  $l_w$  sont les travées libres des poutres respectivement à gauche et à droite.  
 $h_n$  et  $h_s$  sont les hauteurs des poteaux, respectivement supérieure et inférieure.  
 La longueur  $l_e$  (travée fixe droite) est égale à  $0,8 l_e$  (travée intermédiaire).  
 La longueur  $l_w$  (travée fixe gauche) est égale à  $0,8 l_w$  (travée intermédiaire).  
 $h_n = 0,8 h_n$  (si le nœud appartient à l'avant dernier étage).

$l'_n = 0,8 h_n$  dans le cas contraire.  
 $l'_s = 0,8 h_s$

$q_e$  et  $q_w$  charge uniformément répartie sur les travées droite et gauche.  
 on définit les moments fictifs comme suit

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

$I_w, I_e, I_n, I_s$  sont les moments d'inerties respectivement des éléments formant le nœud considéré

$$k_w = \frac{I_w}{l'_w}, \quad k_e = \frac{I_e}{l'_e}; \quad k_n = \frac{I_n}{l'_n}, \quad k_s = \frac{I_s}{l'_s}$$

$$D = \sum k_i = k_w + k_e + k_n + k_s$$

les moments sont donnés par

$$\begin{cases} M_w = M'_e \cdot \frac{k_w}{D} + M'_w \cdot \left(1 - \frac{k_w}{D}\right) \\ M_e = M'_e \cdot \left(1 - \frac{k_e}{D}\right) + M'_w \cdot \frac{k_e}{D} \\ M_n = \frac{k_s}{D} \cdot (M'_e - M'_w) \\ M_s = \frac{k_n}{D} \cdot (M'_e - M'_w) \end{cases}$$

II Etapes à suivre : calcul de.

- ① Caractéristiques géométriques des portiques (sous forme de tableau)
  - ② charges revenant à chaque portique.
  - ③ Moments aux appuis sous G et P. (Tableau)
  - ④ efforts tranchants dans les poutres sous G et P. (Tableau)
  - ⑤ efforts normaux dans les poteaux sous G et P (Tableau)
  - ⑥ moment en travée dans les poutres sous G et P (Tableau)
- on fera l'étude dans les 2 sens pour le portique le plus sollicité soit le portique L-L (sens transversal) et E-E (sens longitudinal)

① CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES PORTIQUES

Niv	NOEUD	L <sub>w</sub> (m)	L <sub>e</sub> (m)	L <sub>uv</sub> (m)	L <sub>us</sub> (m)	I <sub>w</sub> (m <sup>4</sup> )10 <sup>8</sup>	I <sub>u</sub> (m <sup>4</sup> )10 <sup>8</sup>	I <sub>n</sub> (m <sup>4</sup> )10 <sup>8</sup>	I <sub>g</sub> (m <sup>4</sup> )10 <sup>11</sup>	L <sub>w</sub> (m)	L <sub>e</sub> (m)	R <sub>n</sub> (m)	L <sub>g</sub> (m)	K <sub>w</sub> 10 <sup>4</sup>	K <sub>e</sub> 10 <sup>4</sup>	K <sub>n</sub> 10 <sup>4</sup>	K <sub>g</sub> 10 <sup>4</sup>	D 10 <sup>4</sup>
13	1	/	4,65	/	2,56	0	31,25	"	12,505	/	4,65	"	2,048	/	6,720	6,106	6,106	12,825
	2	4,65	3,15	/	2,56	31,25	31,25	"	12,505	4,65	2,520	"	2,048	6,720	12,401	/	6,106	25,227
	3	3,15	4,15	/	2,56	31,25	31,25	"	12,505	2,520	4,15	"	2,048	12,401	7,530	/	6,106	26,033
	4	4,15	/	/	2,56	31,25	/	"	12,505	4,15	/	"	2,048	7,530	/	6,106	13,636	
12	5	/	4,65	2,56	2,56	/	31,25	12,505	12,505	/	4,65	2,304	2,048	/	6,720	5,428	6,106	18,254
	6	4,65	3,15	2,56	2,56	31,25	31,25	12,505	12,505	4,65	2,520	2,304	2,048	6,720	12,401	5,428	6,106	30,655
	7	3,15	4,15	"	"	"	"	"	12,505	2,520	4,15	2,304	2,048	12,401	7,530	5,428	"	31,465
	8	4,15	/	"	"	"	"	"	12,505	2,520	4,15	2,304	2,048	12,401	7,530	5,428	"	19,064
11	9	/	4,65	/	/	"	"	"	12,505	/	4,65	2,048	2,048	/	6,720	6,106	"	18,932
	10	4,65	3,15	/	/	"	"	"	12,505	4,65	2,520	2,048	2,048	6,720	12,401	6,106	"	31,303
	11	3,15	4,15	"	"	"	"	"	12,505	2,520	4,15	2,048	2,048	12,401	7,530	6,106	"	32,143
	12	4,15	/	"	"	"	"	"	12,505	4,15	/	2,048	2,048	7,530	/	6,106	"	19,742
10	13	/	4,65	"	"	"	"	"	34,172	/	4,65	"	"	/	6,720	6,106	16,686	29,541
	14	4,65	3,15	"	"	"	"	"	"	4,65	2,520	"	"	6,720	12,401	"	16,686	111,913
	15	3,15	4,15	"	"	"	"	"	"	2,520	4,15	"	"	12,401	7,530	"	"	42,722
	16	4,15	/	"	"	"	"	"	"	4,15	/	"	"	7,530	/	"	"	30,322
9	17	/	4,65	"	"	"	"	"	34,172	/	4,65	"	"	/	6,720	16,686	16,686	40,092
	18	4,65	3,15	"	"	"	"	"	"	4,65	2,520	"	"	6,720	12,401	"	"	32,493
	19	3,15	4,15	"	"	"	"	"	"	2,520	4,15	"	"	12,401	7,530	"	"	53,303
	20	4,15	/	"	"	"	"	"	"	4,15	/	"	"	7,530	/	"	"	40,902
8	21	/	4,65	"	"	"	"	"	"	"	4,65	"	"	/	6,720	"	"	40,092
	22	4,65	3,15	"	"	"	"	"	"	4,62	2,520	"	"	6,720	12,401	"	"	2,493
	23	3,15	4,15	"	"	"	"	"	"	2,520	4,15	"	"	12,401	7,530	"	"	53,303
	24	4,15	/	"	"	"	"	"	"	4,15	/	"	"	7,530	/	"	"	40,902
7	25	/	4,65	"	"	"	"	"	"	"	4,65	"	"	/	6,720	"	"	52,988
	26	4,65	3,15	"	"	"	"	"	"	4,65	2,520	"	"	6,720	12,401	"	"	53,303
	27	3,15	4,15	"	"	"	"	"	"	2,520	4,15	"	"	12,401	7,530	"	"	40,902
	28	4,15	/	"	"	"	"	"	"	4,15	/	"	"	7,530	/	"	"	40,902
6	29	/	4,65	"	"	"	"	"	10,800	/	4,65	"	"	/	6,720	"	52,734	76,440
	30	4,65	3,15	"	"	"	"	"	10,800	4,65	2,520	"	"	6,720	12,401	16,686	52,734	88,541
	31	3,15	4,15	"	"	"	"	"	"	2,520	4,15	"	"	12,401	7,530	"	"	89,351
	32	4,15	/	"	"	"	"	"	"	4,15	/	"	"	7,530	/	"	"	76,95

22

GENS TRANSVERSAL

5	33		4,65	"	"	"	"	10,800	"		4,65	"	"		6,72	52,734	"	112,188
	34	4,65	3,15	"	"	"	"	"	"	4,65	2,52	"	"	6,72	12,401	"	"	124,589
	35	3,15	4,15	"	"	"	"	"	"	2,52	4,15	"	"	12,401	7,53	"	"	125,399
	36	4,15	/	"	"	"	"	"	"	4,15	/	"	"	7,53	/	"	"	112,998
4	37	/	4,65	"	"	"	"	"	"	4,65	"	"	"	6,72	"	"	"	112,188
	38	4,65	3,15	"	"	"	"	"	"	4,65	2,520	"	"	6,72	12,401	"	"	124,589
	39	3,15	4,15	"	"	"	"	"	"	2,520	4,15	"	"	12,401	7,53	"	"	125,399
	40	4,15	/	"	"	"	"	"	"	4,15	/	"	"	7,53	/	"	"	112,998
3	41	/	4,65	"	3,41	"	"	"	"	4,65	"	2,728	"	6,72	52,434	39,589	99,043	
	42	4,65	3,15	"	3,41	"	"	"	"	4,65	2,52	"	2,728	6,72	12,401	"	39,589	111,414
	43	3,15	4,15	"	3,41	"	"	"	"	2,52	4,15	"	2,728	12,401	7,53	"	39,589	112,254
	44	4,15	/	"	3,41	"	"	"	"	4,15	/	"	2,728	7,53	/	"	39,589	99,853
2	45	/	4,65	3,41	3,41		31,25	10,800	200,083	/	4,65	2,728	2,728	/	6,72	52,734	73,344	132,798
	46	4,65	3,15	3,41	3,41	31,25	31,25	"	"	4,65	2,520	"	"	6,72	12,401	52,734	73,344	145,199
	47	3,15	4,15	3,41	3,41	"	"	"	"	2,52	4,15	"	"	12,401	7,53	"	"	146,009
	48	4,15	/	3,41	3,41	"	/	"	"	4,15	/	"	"	7,53	/	"	"	133,608
1	49	/	4,65	3,41	2,56		"	200,083	"	/	4,65	2,728	2,048	/	6,72	73,344	"	153,408
	50	4,65	3,15	3,41	2,56	"	"	"	"	4,65	2,520	"	"	6,72	12,401	"	"	165,809
	51	3,15	4,15	3,41	2,56	"	"	"	"	2,52	4,15	"	"	12,401	7,53	"	"	166,619
	52	4,15	/	3,41	2,56	"	/	"	"	4,15	/	"	"	7,53	/	"	"	154,218

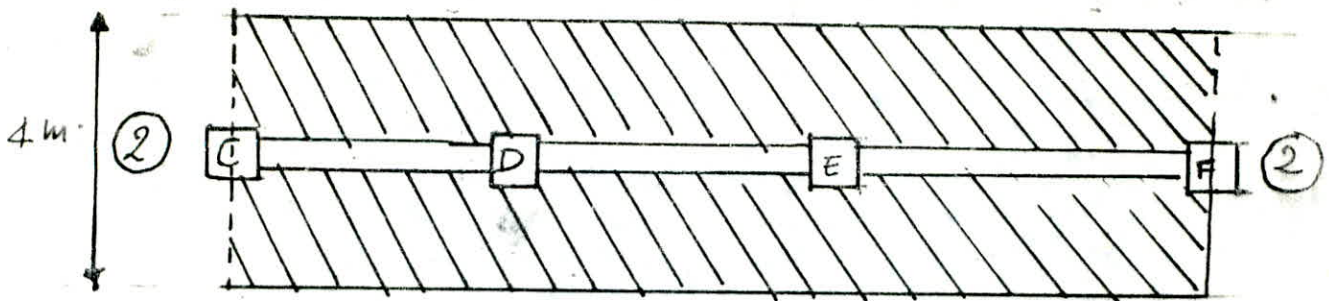
② charge revenant à chaque portique

dans le sens longitudinal les planchers 3 et 5... 13 sont non porteurs ( $q=0$ ) pour les planchers 1 et 2. (plancher dalles). les poutres sont porteuses, les charges qui leur reviennent seront déterminées par les lignes de rupture.

dans le sens transversal toutes les poutres sont porteuses. pour les planchers à corps creux la charge qui revient aux poutres est égale à la valeur de la charge ou surcharge multipliée par la largeur de dalle qui revient au portique. pour les planchers dalles selon les lignes de rupture.

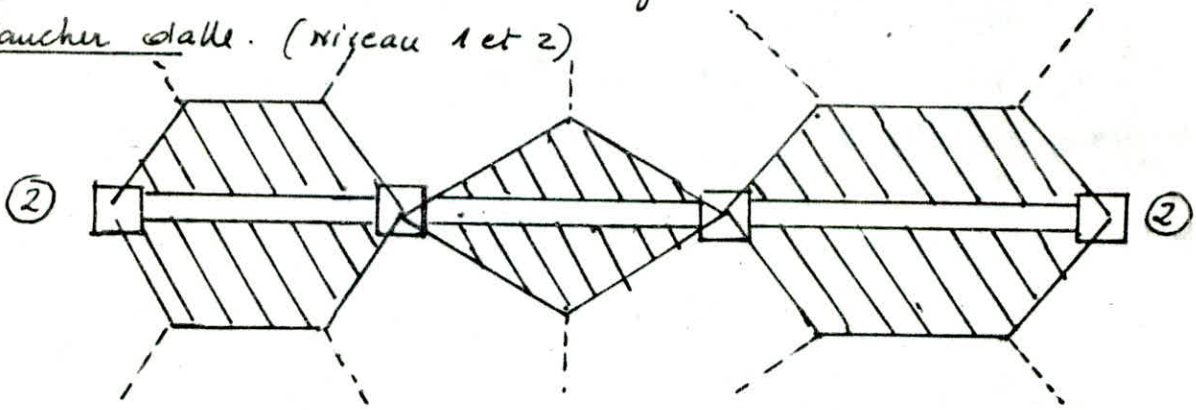
\* les charges revenant aux poutres des planchers dalles sont soit trapézoïdale ou triangulaire, elles seront alors linéarisées suivant le calcul exposé dans l'un des structures en Béton armé par M<sup>r</sup> BELAZOUGH.

plancher à corps creux.



$$\begin{cases} q = G \times 4m. & G (T/m^2) \text{ charge permanente} \\ q = P \times 4m & P (T/m^2) \text{ surcharge.} \end{cases}$$

plancher dalle. (niveau 1 et 2)



NIVEAU	q (Sous G) t/ml	q (Sous P) T/ml
13	2,915	0,700
3...12 commod	2,335	0,700
2	1,696 - 1,328 1,581	1,243 - 0,933 1,158
1	1,696 - 1,328 1,581	1,553 - 1,116 1,148

suivant les travées respectivement  $q = 50$   
 $3m50$  et  $5m00$ .

### ③ calcul des MOMENTS AUX APPUIS

Dans cette partie on calculera les moments à gauche, à droite, au nord et au sud de chaque nœud constituant le portique.  
Les formules utilisées sont déjà exposées dans le principe de la méthode des moments.  $M_e$ ,  $M_w$  sont récapitulés. Pour les poteaux ( $M_u$  et  $M_s$ ) la face tendue du tronçon supérieur est du côté correspondant à la plus grande des valeurs absolues de  $M_e$  et  $M_w$  et la face tendue du tronçon inférieur est du côté opposé (CCBA68)

les résultats seront donnés sous formes de Tableaux.

SENS TRANSVERSAL

MOMENTS aux appuis sous G

MOMENTS aux appuis sous F

Niveau	Noeud	$q_w$	$q_e$	$M'_w$	$M'_e$	$M_w$	$M_e$	$M_n$	$M_s$
13	1		2,915	0	7,415	0	3,530		3,530
	2	2,915	"	7,415	2,178	6,027	4,757		-1,270
	3	"	"	2,178	5,906	3,954	4,828		0,874
	4	"	"	5,906		2,644			-2,644
12	5		2,335		5,940		3,753	1,766	1,987
	6	2,335	"	5,940	1,744	5,020	3,442	-0,743	-0,836
	7	"	"	1,744	4,731	2,921	4,016	0,515	0,580
	8	"	"	4,731		2,862		-1,347	-1,515
11	9		2,335		5,940		3,832	1,916	1,916
	10	2,335	"	5,940	1,744	5,039	3,406	-0,818	-0,818
	11	"	"	1,744	4,731	2,896	4,031	0,567	0,567
	12	"	"	4,731		2,927		-1,463	-1,463
10	13		2,335		5,940		4,587	1,229	3,358
	14	2,335	"	5,940	1,744	5,267	2,985	-0,611	-1,670
	15	"	"	1,744	4,731	2,611	4,205	0,427	1,167
	16	"	"	4,731		3,556		-0,953	-2,603
9	17		2,335		5,940		4,944	-2,472	-2,472
	18	2,335	"	5,940	1,744	5,403	2,735	-1,334	-1,334
	19	"	"	1,744	4,731	2,439	4,309	0,935	0,935
	20	"	"	4,731		3,860		-1,930	-1,930
8	21		2,335		5,940		4,944	-2,472	-2,472
	22	2,335	"	5,940	1,744	5,403	2,735	-1,334	-1,334
	23	"	"	1,744	4,731	2,439	4,309	0,935	0,935
	24	"	"	4,731		3,860		-1,930	-1,930
7	25		2,335		5,940		4,944	-2,472	-2,472
	26	2,335	"	5,940	1,744	5,403	2,735	-1,334	-1,334
	27	"	"	1,744	4,731	2,439	4,309	0,935	0,935
	28	"	"	4,731		3,860		-1,930	-1,930
6	29		2,335		5,940		5,416	1,302	4,114
	30	2,335	"	5,940	1,744	5,622	2,332	-0,791	-2,499
	31	"	"	1,744	4,731	2,159	4,479	0,558	1,763
	32	"	"	4,731		4,268		-1,026	-3,242

Niv	Noeud	$q_w$	$q_e$	$M'_w$	$M'_e$	$M_w$	$M_e$	$M_n$	$M_s$
13	1		0,700		1,781		0,948		0,848
	2	0,700	"	1,781	0,523	1,446	1,141		-0,304
	3	"	"	0,523	1,418	0,949	1,159		0,210
	4	"	"	1,418		0,635			-0,635
12	5		0,700		1,781		1,125	0,530	0,596
	6	0,700	"	1,781	0,523	1,505	1,032	-0,223	-0,257
	7	"	"	0,523	1,418	0,876	1,204	0,154	0,174
	8	"	"	1,418		0,857		-0,404	-0,454
11	9		0,700		1,781		1,147	0,574	0,574
	10	0,700	"	1,781	0,523	1,511	1,021	-0,245	-0,245
	11	"	"	0,523	1,418	0,868	1,209	0,170	0,170
	12	"	"	1,418		0,877		-0,439	-0,439
10	13		0,700		1,781		1,375	0,368	1,007
	14	0,700	"	1,781	0,523	1,579	1,579	-0,193	-0,501
	15	"	"	0,523	1,418	0,783	1,261	0,128	0,350
	16	"	"	1,418		1,066		-0,286	-0,286
9	17		0,700		1,781		1,482	-0,241	-0,241
	18	0,700	"	1,781	0,523	1,620	0,820	-0,400	-0,400
	19	"	"	0,523	1,418	0,731	1,292	0,280	0,280
	20	"	"	1,418		1,157		-0,579	-0,579
8	21		0,700		1,781		1,482	-0,241	-0,241
	22	0,700	"	1,781	0,523	1,620	0,820	-0,400	-0,400
	23	"	"	0,523	1,418	0,731	1,292	0,280	0,280
	24	"	"	1,418		1,157		-0,579	-0,579
7	25		0,700		1,781		1,482	-0,241	-0,241
	26	0,700	"	1,781	0,523	1,620	0,820	-0,400	-0,400
	27	"	"	0,523	1,418	0,721	1,292	-0,579	-0,579
	28	"	"	1,418		1,157		-0,579	-0,579
6	29		0,700		1,781		1,624	0,390	1,233
	30	0,700	"	1,781	0,523	1,685	0,699	-0,237	-0,749
	31	"	"	0,523	1,418	0,647	1,343	0,167	0,528
	32	"	"	1,418		1,280		-0,308	-0,972

30

Niv	Noeud	$q_w$	$q_e$	$M'_w$	$M'_e$	$M_w$	$M_e$	$M_n$	$M_s$
5	33	/	2,355	/	5,940	/	5,584	2,792	2,792
	34	2,355	"	5,940	1,744	5,714	2,162	-1,776	-1,776
	35	"	"	1,744	4,731	2,040	4,552	1,256	1,256
	36	"	"	4,731	/	4,416	/	-2,208	-2,208
4	37		2,335	/	5,940	/	5,584	2,792	2,792
	38	2,335	/	5,940	1,744	5,714	2,162	-1,776	-1,776
	39	"	"	1,744	4,731	2,040	4,552	1,256	1,256
	40	"	"	4,731	/	4,416	/	2,208	-2,208
3	41		2,335	/	5,940	/	5,537	3,163	2,374
	42	2,335	"	5,940	1,744	5,687	2,211	-1,935	-1,491
	43	"	"	1,744	4,731	2,074	4,530	1,403	1,053
	44	"	"	4,731	/	4,374	/	-2,438	-1,876
2	45		1,696	0	4,314	0	4,096	1,713	2,383
	46	1,696	1,328	4,314	0,992	4,160	1,276	-1,206	-1,678
	47	1,328	1,581	0,992	3,203	1,180	3,080	-0,799	-1,111
	48	1,581	/	3,203	0	3,023	0	-1,264	-1,758
1	49		1,696	0	4,314	0	4,096	1,713	2,383
	50	1,696	1,328	4,314	0,992	4,160	1,276	-1,206	-1,678
	51	1,328	1,581	0,992	3,203	1,180	3,080	-0,799	-1,111
	52	1,581	/	3,203	0	3,023	0	-1,264	-1,758

Niv	Noeud	$q_w$	$q_e$	$M'_w$	$M'_e$	$M_w$	$M_e$	$M_n$	$M_s$
5	33	/	0,700	/	1,781	/	1,674	0,837	0,837
	34	0,700	"	1,781	0,523	1,713	0,648	-0,532	-0,532
	35	"	"	0,523	1,418	0,612	1,365	0,377	0,377
	36	"	"	1,418	/	1,324	/	0,662	-0,662
4	37		0,700	/	1,781	/	1,674	0,837	0,837
	38	0,700	/	1,781	0,523	1,713	0,648	-0,532	-0,532
	39	"	"	0,523	1,418	0,612	1,365	0,377	0,377
	40	"	"	1,418	/	1,324	/	0,662	-0,662
3	41		1,000	/	2,544	/	2,371	1,354	1,018
	42	1,000	"	2,544	0,747	2,435	0,947	-0,850	-0,638
	43	"	"	0,747	2,026	0,888	1,940	0,601	0,451
	44	"	"	2,026	/	1,873	/	1,070	-0,803
2	45		1,243	0	3,162	0	3,002	1,256	1,746
	46	1,243	0,933	3,162	0,697	3,049	0,908	-0,895	-1,245
	47	0,933	1,158	0,697	2,346	0,837	2,261	0,596	0,828
	48	1,158	/	2,346	0	2,214	0	-0,926	-1,288
1	49		1,553	0	3,951	0	3,779	1,889	1,789
	50	1,553	1,116	3,951	0,834	3,825	1,067	-1,379	-1,379
	51	1,116	1,448	0,834	2,934	0,991	2,839	0,924	0,924
	52	1,448	/	2,934	0	2,791	0	-1,395	-1,395

Unité  $\left\{ \begin{array}{l} q_w, q_e \text{ (t/m)} \\ M'_w, M'_e, M_e, M_w, M_n \text{ et } M_s \text{ en (t.m)} \end{array} \right.$

(3)

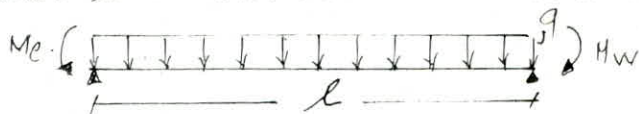
EFFORTS TRANCHANTS dans les poutres

SOUS G

Niveau	Tranche	L (m)	q (t/m)	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)
13	CD	5,00	2,915	3,530	6,027	6,788	7,787
	DE	3,50	2,915	4,757	3,954	5,330	4,873
	EF	4,50	2,915	4,828	2,644	7,044	6,073
12	CD	5,00	2,335	3,753	5,020	5,584	6,091
	DE	3,50	"	3,442	2,921	4,235	3,937
	EF	4,50	"	4,016	2,862	5,510	4,997
11	CD	5,00	"	3,832	5,039	5,596	6,079
	DE	3,50	"	3,406	2,896	4,232	3,941
	EF	4,50	"	4,031	2,927	5,499	5,008
10	CD	6,00	"	4,587	5,267	5,702	5,974
	DE	3,50	"	2,985	2,611	4,193	3,979
	EF	4,50	"	4,205	3,556	5,398	5,110
9	CD	5,00	"	4,944	5,403	5,746	5,930
	DE	3,50	"	2,735	2,439	4,171	4,002
	EF	4,50	"	4,308	3,860	5,353	5,154
8	CD	5,00	"	4,944	5,403	5,746	5,930
	DE	3,50	"	2,735	2,439	4,171	4,002
	EF	4,50	"	4,309	3,860	5,353	5,154
7	CD	5,00	2,335	4,944	5,403	5,746	5,930
	DE	3,50	"	2,735	2,439	4,171	4,002
	EF	4,50	"	4,309	3,860	5,353	5,154
6	CD	5,00	"	5,416	5,612	5,796	6,878
	DE	3,50	"	2,332	2,179	4,136	4,037
	EF	4,50	"	4,479	4,268	5,301	5,207
5	CD	5,00	"	5,584	5,774	5,812	5,864
	DE	3,50	"	2,162	2,040	4,121	4,051
	EF	4,50	"	4,552	4,416	5,284	5,224
4	CD	5,00	"	5,584	5,774	5,812	5,864
	DE	3,50	"	2,162	2,040	4,121	4,051
	EF	4,50	"	4,552	4,416	5,284	5,224

Sens transversal

Méthode de calcul : conformément aux règles (CEBA 68), en efforts-une dans les poutres sont calculés en considérant la travée indépendante et en faisant état des moments de continuité et de la charge appliquée



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

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

NIVEAU	TRAVÉE	L(m)	q t/m	M <sub>w</sub> (t.m)	M <sub>e</sub> (t.m)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)
3	CD	5,00	//	5,537	3,687	5,808	5,868
	DE	3,50	//	2,211	2,079	4,125	4,047
	EF	4,50	//	4,530	4,374	5,288	5,219
2	CD	5,00	1,696	4,096	4,160	4,227	4,253
	DE	3,50	1,328	1,276	1,180	2,351	2,296
	EF	4,50	1,581	3,080	3,023	3,570	3,545
1	CD	5,00	1,696	4,096	4,160	4,227	4,253
	DE	3,50	1,328	1,276	1,180	2,351	2,296
	EF	4,50	1,581	3,080	3,023	3,570	3,545

SOUS G

NIVEAU	TRAVÉE	L(m)	q t/m	M <sub>w</sub> (t.m)	M <sub>e</sub> (t.m)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)
3	CD	5,00	1,00	2,371	2,435	2,487	2,513
	DE	3,50	//	0,947	0,888	0,854	0,820
	EF	4,50	//	1,940	1,873	2,265	2,235
2	CD	5,00	1,243	3,002	3,049	3,098	3,117
	DE	3,50	0,933	0,908	0,837	1,653	1,612
	EF	4,50	1,158	2,261	2,214	2,676	2,595
1	CD	5,00	1,553	3,778	3,825	3,873	3,892
	DE	3,50	1,116	1,067	0,991	1,975	1,931
	EF	4,50	1,448	2,839	2,791	3,269	3,247

SOUS P

⑤ efforts normaux dans les poteaux :

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

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



SOUS G

PORTIQUE 2.2

SOUS P

NiV	POT	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N	Ncum
13	C	/	6,788	6,788	6,788
	D	7,787	5,330	13,117	13,117
	E	4,873	7,044	11,917	11,917
	F	6,073	/	6,073	6,073
12	C	/	5,584	5,584	12,372
	D	6,091	4,235	10,326	23,443
	E	3,937	5,510	9,447	21,364
	F	4,997	/	4,997	11,070
11	C	/	5,596	5,596	17,468
	D	6,079	4,232	10,311	33,754
	E	3,941	5,499	9,440	30,804
	F	5,008	/	5,008	16,078
10	C	/	5,702	5,702	23,670
	D	5,974	4,193	10,167	43,921
	E	3,979	5,348	9,377	40,191
	F	5,110	/	5,110	21,188
9	C	/	5,746	5,746	29,416
	D	5,930	4,171	10,101	54,022
	E	4,002	5,154	9,355	49,536
	F	5,154	/	5,154	25,342
8	C	/	5,746	5,746	35,162
	D	5,930	4,171	10,101	64,123
	E	4,002	5,353	9,355	58,891
	F	5,154	/	5,154	31,486
7	C	/	5,746	5,746	40,908
	D	5,930	4,171	10,101	74,224
	E	4,002	5,353	9,355	68,246
	F	5,154	/	5,154	36,650
6	C	/	5,746	5,746	46,744
	D	5,878	4,171	10,014	84,238
	E	4,037	5,353	9,338	77,584
	F	5,207	/	5,207	41,857
5	C	/	5,812	5,812	52,546
	D	5,864	4,121	9,985	94,223
	E	4,051	5,284	9,335	86,919
	F	5,224	/	5,224	47,081
4	C	/	5,812	5,812	58,328
	D	5,864	4,121	9,985	104,208
	E	4,051	5,284	9,335	96,254
	F	5,224	/	5,224	52,305
3	C	/	5,808	5,808	64,136
	D	5,868	4,125	9,913	114,201
	E	4,047	5,288	9,335	105,589
	F	5,219	/	5,219	57,524
2	C	/	4,227	4,227	68,363
	D	4,253	2,351	6,604	120,805
	E	2,296	3,570	5,866	111,455
	F	3,545	/	3,545	61,069
1	C	/	4,227	4,227	72,590
	D	4,253	2,351	6,604	127,409
	E	2,296	3,570	5,866	117,321
	F	3,545	/	3,545	64,614

NiV	POT	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N	Ncum
13	C	/	1,630	1,630	1,630
	D	1,870	1,280	3,150	3,150
	E	1,225	1,691	2,916	2,916
	F	1,575	/	1,575	1,575
12	C	/	1,674	1,674	3,304
	D	1,826	1,270	3,096	6,246
	E	1,225	1,652	2,877	5,793
	F	1,575	/	1,498	3,073
11	C	/	1,678	1,678	4,982
	D	1,826	1,269	3,091	9,337
	E	1,225	1,649	2,873	8,666
	F	1,498	/	1,501	4,574
10	C	/	1,709	1,709	6,691
	D	1,822	1,193	2,984	12,321
	E	1,224	1,618	2,747	11,413
	F	1,501	/	1,531	6,105
9	C	/	1,722	1,722	8,413
	D	1,791	1,250	3,027	15,348
	E	1,129	1,605	2,804	14,217
	F	1,531	/	1,545	7,650
8	C	/	1,722	1,722	10,135
	D	1,777	1,250	3,027	18,375
	E	1,199	1,605	2,804	17,021
	F	1,545	/	1,545	9,195
7	C	/	1,722	1,722	11,857
	D	1,777	1,250	3,027	21,825
	E	1,199	1,605	2,804	19,825
	F	1,545	/	1,545	10,740
6	C	/	1,738	1,738	13,585
	D	1,738	1,240	3,002	24,647
	E	1,240	1,589	2,799	22,624
	F	1,589	/	1,561	12,301
5	C	/	1,742	1,742	15,337
	D	1,742	1,235	2,993	27,640
	E	1,235	1,584	2,799	25,423
	F	1,584	/	1,566	13,867
4	C	/	1,742	1,742	17,079
	D	1,758	1,235	2,993	30,613
	E	1,215	1,584	2,799	28,222
	F	1,566	/	1,566	15,433
3	C	/	2,487	2,487	19,566
	D	2,487	0,857	1,674	32,287
	E	0,854	2,265	3,085	31,307
	F	2,265	/	2,235	17,663
2	C	/	3,098	3,098	22,664
	D	3,098	1,053	4,777	37,057
	E	1,653	2,616	4,228	35,535
	F	2,616	/	2,595	20,263
1	C	/	3,892	3,892	26,537
	D	3,873	1,931	6,416	43,525
	E	1,975	3,247	5,200	40,735
	F	3,269	/	3,207	23,510

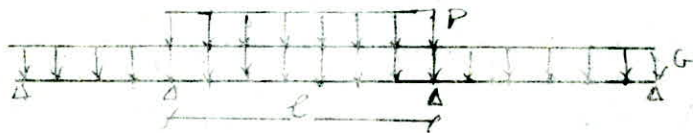
Pour déterminer les moments en travée dans les poutres, on tracera la courbe des moments de la travée indépendante de portée  $l$  avec les charges permanentes puis avec les charges permanentes et surcharge.

Pour les moments positifs: celle qui joint les moments d'appuis minimaux en valeur absolue.

Pour les moments négatifs: celle qui joint les moments d'appuis maximaux en valeur absolue.

Ceci s'effectuera dans chaque cas de charge, en supposant que les surcharges peuvent être indépendantes les unes des autres.

Moments positifs: Dans ce cas on considère les différents cas de charge de la travée considérée,  $G+1,2P$ ,  $G+P$ , et  $0,8G$ . on charge les poutres de gauche et de droite de la travée considérée et on aura à calculer les cas suivants:



$$M_t = M_o - M_a$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_t = M_o (G + 1,2P) - M_{a1} \\ M_t = M_o (G + P) - M_{a2} \\ M_t = M_o (0,8G) - M_{a3} \end{array} \right. \text{ avec } \left\{ \begin{array}{l} M_{a1} = \frac{M_e(G) + M_{wv}(G)}{2} \\ M_{a2} = \frac{M_e(G) + M_{wv}(G)}{2} \\ M_{a3} = \frac{M_e(0,8G) + M_{wv}(0,8G)}{2} \end{array} \right.$$

Moments négatifs Dans ce cas, contrairement au précédent, on fixe le moment isostatique et on établit les différentes superpositions



$$M_t = M_o - \frac{M_e(G + 1,2P) + M_{wv}(G + 1,2P)}{2}$$

$$M_t = M_o - \frac{M_e(G + P) + M_{wv}(G + P)}{2}$$

$$M_o = M_o(G)$$

Le calcul est présenté sous formes de tableaux.

Sens transversal : porrique 2.2.

Moments entravés des poutres

NIVEAU	TRAVÉE	$M_w(G)$	$M_e(G)$	$M_o(G+P)$	$M_e(G+P)$	$M_o(G+P)$	$M_e(G+P)$	$M_o(O\&P)$	$M_e(O\&P)$
13	CD	3,530	6,027	11,734	6,956	10,359	5,581	7,288	3,465
	DE	4,757	3,954	5,750	1,395	5,535	1,180	3,571	0,087
	EF	4,928	2,644	9,505	5,769	9,150	5,414	5,903	2,914
12	CD	3,753	5,020	9,922	5,536	9,484	5,098	5,838	2,329
	DE	3,442	2,921	4,862	1,681	4,647	1,466	2,860	0,315
	EF	4,016	2,862	8,037	4,598	7,682	4,243	4,728	1,977
11	CD	3,832	5,039	9,922	5,493	9,484	5,049	5,838	2,290
	DE	3,406	2,896	4,862	1,711	4,647	1,496	2,860	0,339
	EF	4,031	2,927	8,037	4,558	7,682	4,203	4,728	1,945
10	CD	4,597	5,267	9,922	4,995	9,484	4,557	5,838	1,896
	DE	2,985	2,611	4,862	2,064	4,647	1,849	2,860	0,622
	EF	4,205	3,556	8,037	4,157	7,682	3,802	4,728	1,624
9	CD	4,944	5,403	9,922	4,749	9,484	4,311	5,838	1,699
	DE	2,735	2,439	4,862	2,275	4,647	2,060	2,860	0,790
	EF	4,308	3,860	8,037	3,953	7,682	3,598	4,728	1,461
8	CD	4,944	5,403	9,922	4,749	9,484	4,311	5,838	1,699
	DE	2,735	2,439	4,862	2,275	4,647	2,060	2,860	0,790
	EF	4,309	3,860	8,037	3,953	7,682	3,598	4,728	1,460
7	CD	4,944	5,403	9,922	4,749	9,484	4,311	5,838	1,699
	DE	2,735	2,439	4,862	2,275	4,647	2,060	2,860	0,790
	EF	4,309	3,860	8,037	3,953	7,682	3,598	4,728	1,460
6	CD	5,416	5,692	9,922	4,403	9,484	3,965	5,838	1,423
	DE	2,332	2,159	4,862	2,617	4,647	2,140	2,860	1,064
	EF	4,479	4,268	8,037	3,664	7,682	3,309	4,728	1,229
5	CD	5,584	5,714	9,922	4,273	9,484	3,835	5,838	1,319
	DE	2,162	2,040	4,862	2,761	4,647	2,546	2,860	1,179
	EF	4,552	4,416	8,037	3,553	7,682	3,198	4,728	1,141
4	CD	5,584	5,714	9,922	4,273	9,484	3,835	5,838	1,316
	DE	2,162	2,040	4,862	2,761	4,647	2,546	2,860	1,179
	EF	4,552	4,416	8,037	3,553	7,682	3,198	4,728	1,141
3	CD	5,537	5,687	11,047	5,435	10,422	4,810	5,838	1,348
	DE	2,211	2,074	5,413	3,271	5,107	2,965	2,860	1,146
	EF	4,530	4,374	8,948	4,496	8,642	3,990	4,728	1,166
2	CD	1,696	4,096	9,961	7,065	9,184	6,288	4,240	1,923
	DE	1,328	1,180	3,748	2,494	3,462	2,208	1,627	0,624
	EF	1,581	3,023	7,519	5,217	6,933	4,631	3,202	1,360
1	CD	1,696	4,160	11,124	8,196	10,153	7,225	4,240	1,923
	DE	1,328	1,180	4,084	2,830	3,742	2,488	1,062	0,059
	EF	1,581	3,080	8,400	6,070	7,667	5,337	3,202	1,360

② CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

Niveau	$L_w$ m	$L_c$ m	$h_n$ m	$h_s$ m	$I_w \cdot 10^4$ m <sup>4</sup>	$I_c \cdot 10^4$ m <sup>4</sup>	$I_n \cdot 10^{-4}$ m <sup>4</sup>	$I_s \cdot 10^{-4}$ m <sup>4</sup>	$L'_w$ m	$L'_c$ m	$R'_n$ m	$R'_s$ m	$K_w \cdot 10^4$ m <sup>3</sup>	$K_c \cdot 10^4$ m <sup>3</sup>	$K_n \cdot 10^4$ m <sup>3</sup>	$K_s \cdot 10^4$ m <sup>3</sup>	$D_{10}$
66	3,50	3,91	3,91	3,91	31,25	31,25	108,0	200,08	2,80	2,80	3,128	3,128	11,161	11,161	34,527	34,527	104,652
67	4,50	3,91	3,91	3,91	31,25	31,25	108,0	200,08	3,60	3,60	3,128	3,128	11,161	9,681	34,527	63,964	118,333
68	4,50	4,90	3,91	3,91	31,25	31,25	108,0	200,08	3,60	3,92	3,128	3,128	8,681	7,972	34,527	63,964	115,144
72	3,50	3,91	3,91	3,06	31,25	31,25	200,08	200,08	2,80	2,80	3,128	2,448	11,161	11,161	63,964	81,732	156,857
73	4,50	3,91	3,91	3,06	31,25	31,25	200,08	200,08	2,80	3,60	3,128	2,448	11,161	8,681	63,964	81,732	165,538
74	4,50	4,90	3,91	3,06	31,25	31,25	200,08	200,08	3,60	3,92	3,128	2,448	8,681	7,972	63,964	81,732	162,349

③ Moments Aux Appuis sous G et P dans les traverses

SOUS G

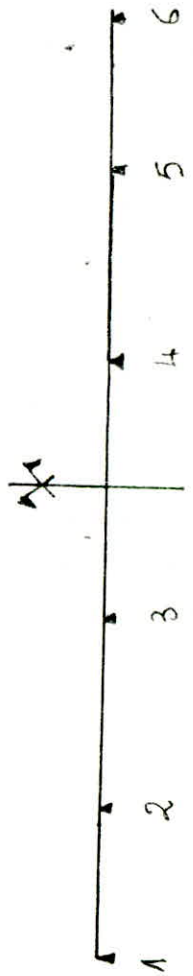
Niveau	$q_w$	$q_e$	$M'_w$	$M'_e$	$M_N$	$M_E$	$M_S$
66	1,144	1,144	1,028	1,028	0,324	0,600	0,600
67	1,144	1,526	1,028	2,327	0,379	0,702	0,702
68	1,526	1,590	2,327	2,874	0,164	0,304	0,304
72	1,344	1,344	1,240	1,240	0,506	0,646	0,646
73	1,344	1,526	1,240	2,327	0,420	0,537	0,537
74	1,526	1,559	2,327	2,055	-0,091	-0,117	-0,117

SOUS P

Niveau	$q_w$	$q_e$	$M'_w$	$M'_e$	$M_N$	$M_E$	$M_S$
66	0,984	0,984	0,908	0,908	0,286	0,530	0,530
67	0,984	1,117	0,908	1,705	0,233	0,431	0,431
68	1,117	1,158	1,705	2,093	0,116	0,216	0,216
72	1,230	1,230	1,135	1,135	0,463	0,591	0,591
73	1,230	1,397	1,135	2,1023	0,343	0,438	0,438
74	1,397	1,447	2,1023	2,618	0,234	0,308	0,308

SENS LONGITUDINAL

PORTIQUE EE



sens longitudinal  
admet une symétrie.

Chute sous charge verticale. résultats sous forme de tableaux

\* seul les niveaux 1 et 2 sont porteurs

④ EFFORTS TRANCHANIS dans les poutres

PORTIQUE EE SENS LONGITUDINAL

SOUS G

NIVEAU	TRAVÉE	q	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
2	1.2	1,144	0,923	1,151	1,937	2,067
	2.3	1,526	2,232	2,368	3,403	3,464
	3.4	1,590	2,836	2,836	3,896	3,896
1	1.2	1,344	1,152	1,315	2,305	2,399
	2.3	1,526	2,269	2,314	3,424	3,444
	3.4	1,159	2,106	2,106	2,840	2,840

SOUS P

NIVEAU	TRAVÉE	q	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
2	1.2	0,984	0,816	0,983	1,674	1,770
	2.3	1,118	1,646	1,734	2,496	2,535
	3.4	1,158	2,066	2,066	2,837	2,837
1	1.2	1,231	1,054	1,194	2,114	2,194
	2.3	1,397	1,976	2,054	3,216	3,161
	3.4	1,448	2,589	2,589	3,548	3,548

⑤ efforts normaux dans les poteaux (Sens longitudinal)

SOUS G

NIVEAU	POTEAU	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	N	Ncum
2	1	/	2,067	2,067	2,067
	2	1,937	3,464	5,401	5,401
	3	3,403	3,896	7,299	7,299
1	1	/	2,399	2,399	4,466
	2	2,305	3,444	5,749	11,150
	3	3,424	2,840	6,264	8,663

SOUS P

NIVEAU	POTEAU	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	N	Ncum
2	1	/	1,770	1,770	1,770
	2	1,674	2,535	4,209	4,209
	3	2,496	2,837	5,333	5,333
1	1	/	2,194	2,194	3,964
	2	2,114	3,161	5,275	9,484
	3	3,216	3,548	6,764	12,097

⑥ Moment en travée des poutres (Sens longitudinal)

NIVEAU	TRAVÉE	M <sub>w</sub> (G)	M <sub>e</sub> (G)	M <sub>0</sub> (G+P)	M <sub>t</sub> (G+P)	M <sub>0</sub> (G+P)	M <sub>t</sub> (G+P)	M <sub>0</sub> (0,86)	M <sub>t</sub> (0,86)
2	1.2	0,923	1,151	3,560	2,523	3,259	2,222	1,401	0,571
	2.3	2,232	2,368	7,259	4,959	6,693	4,393	3,090	1,250
	3.4	2,836	2,836	8,943	6,107	8,247	5,411	3,818	1,549
1	1.2	1,152	1,315	4,320	3,087	3,943	2,710	1,508	0,521
	2.3	2,269	2,314	8,106	5,815	7,399	5,108	3,090	1,257
	3.4	2,106	2,106	8,693	6,517	7,824	5,718	2,783	1,098

## INTRODUCTION:

L'analyse dynamique se prête probablement mieux à une interprétation réaliste du comportement d'un bâtiment soumis à des charges sismiques que le calcul statique prescrit par les codes. Elle servira surtout au calcul des structures pour lesquelles la méthode statique équivalente reste insuffisante. C'est ainsi le cas de notre bâtiment qui présente des répartitions irrégulières de masse et de rigidité (le rapport de ces deux dernières caractéristiques est supérieure à 25% d'étage en étage.) condition exigée par le RPA 89 pour le calcul statique équivalent. L'étude doit être menée séparément pour les deux sens suivant les deux axes de symétrie (pour les bâtiments présentant une symétrie) et suivant les deux axes principaux (pour les non symétriques).

### Étapes de calcul pour l'évaluation de la sollicitation sismique

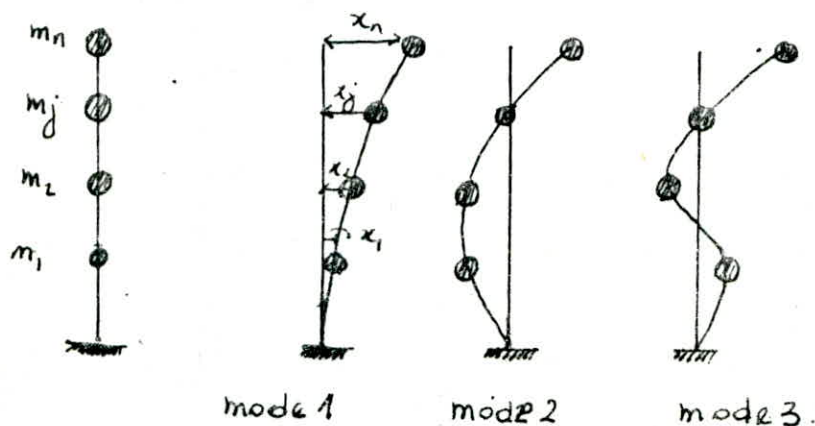
- ① Détermination des caractéristiques dynamiques de la structure (formes et périodes propres).
- ② Facteur de contribution de chaque mode.
- ③ Détermination du facteur d'amplification dynamique moyen pour chaque mode.
- ④ Évaluation des forces sismiques de calcul pour chaque mode.
- ⑤ Évaluation de la sollicitation maximale résultante.

### Étude dans le sens transversal

- ① Calcul des caractéristiques dynamiques par la méthode de HOLZER

principe: c'est une méthode itérative basée sur la notion de rigidité relative de niveau, elle se prête très bien pour des bâtiments contreventés par des portiques.

la méthode consiste en la détermination des pulsations  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , et des formes propres correspondantes à ces valeurs. l'équation de récurrence (1) [voir l'organigramme de calcul ci après] dont la bonne valeur satisfait la condition à la base  $x_0 = 0$



\* Pour le cas de structure à variation très grande de rigidité ou de masse, il n'est pas conseillé d'utiliser la méthode de HOLZER pour les modes supérieurs. C'est pour cela que notre travail est limité à la détermination des 3 premières modes.

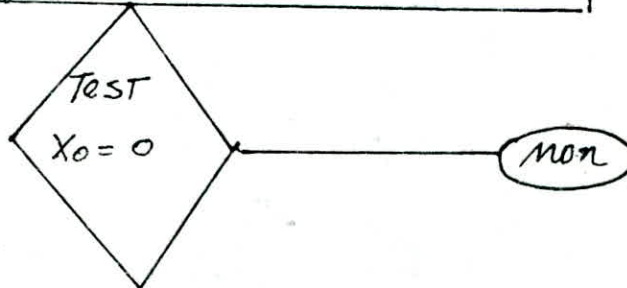
calculer  $R_1, R_2, \dots, R_n$   
 $m_1, m_2, \dots, m_n$

$R_i$ : rigidite d'etage  
 $m_i$ : masse d'etage  $i$

ou se donne  $\omega$

calculer la forme propre associee a cette valeur de  $\omega$  par la relation ①  
 $x_n = 1$   
 ①  $x_j = x_{j+1} - \frac{\omega^2}{R_j} \sum_{k=j+1}^n m_k x_k$   
 $j = 1, \dots, n-1$

essaie avec une autre valeur de  $\omega$



OUI

STOP  $\omega =$   
 $\{x_i\} =$  forme propre

$\omega_1^2 = 16,77 \text{ (rad/s)}^2$

Niveau	$m_k$	$m_k \omega^2 10^4$	$x_k$	$m_k \omega^2 x_k 10^4$	$2 m_k \omega^2 x_k 10^4$	$R_k 10^7 \text{ N.m}$	$\frac{2 m_k x_k \omega^2}{R_k}$
13	345647,39	579,651	1,00	579,651	579,651	26,71	0,022
12	346031,64	580,295	0,978	567,529	1147,180	26,71	0,043
11	346031,64	580,295	0,935	542,605	1689,785	26,71	0,063
10	353375,64	592,611	0,872	516,757	2206,542	42,29	0,052
9	360719,64	604,927	0,820	496,040	2702,582	42,29	0,064
8	360719,64	604,927	0,756	457,382	3159,964	42,29	0,075
7	360719,64	604,927	0,681	412,124	3572,088	42,29	0,084
6	375178,14	629,174	0,597	375,617	3947,705	55,80	0,071
5	389636,64	653,421	0,526	343,699	4291,404	55,80	0,077
4	389636,64	653,421	0,449	293,447	4584,851	55,80	0,082
3	352459,17	591,074	0,367	216,924	4801,775	32,79	0,146
2	394860,45	662,181	0,221	146,342	4948,117	35,81	0,158
1	348345,55	584,175	0,083	48,487	4996,604	59,77	0,084

$0,083 \approx 0,084$

④

$\omega_1 = 4094 \text{ rad/s}$

$$\omega_2^2 = 134$$

Niveau	$M_k$ (kg)	$M_k \omega^2 10^4$	$X_k$	$M_k \omega^2 X_k 10^4$	$\sum M_k \omega^2 X_k 10^4$	$R_k 10^7$ (N/m)	$\sum M_k X_k \omega^2 / R_k$
13	345647,39	4631,675	1,00	4631,675	4631,675	26,71	0,171
12	346031,64	4636,824	0,827	3834,653	8466,328	26,71	0,317
11	346031,64	4636,824	0,510	2365,236	10831,10	26,71	0,405
10	353375,64	4735,23	0,105	495,049	13246,06	42,29	0,268
9	360719,64	4833,64	-0,163	-786,856	12458,176	42,29	0,249
8	360719,64	4833,64	-0,412	-1992,337	10466,716	42,29	0,132
7	360719,64	4833,64	-0,614	-2968,195	7498,86	42,29	0,033
6	375178,14	5027,58	-0,746	-3749,844	3748,43	55,80	-0,040
5	389636,64	5221,13	-0,779	-4065,960	-109,979	55,80	-0,109
4	389636,64	5221,13	-0,739	-3857,84	-3968,394	55,80	-0,277
3	352459,17	4722,95	-0,630	-2974,269	-6943,85	32,79	-0,306
2	394860,45	5294,13	-0,353	-1869,752	-8811,62	35,81	-0,047
1	348345,55	4667,83	-0,047	-221,678	-9031,00	238,9	-0,047

$$-0,047 = -0,047$$

$$\omega_2 = 11,576 \text{ rad/s}$$

$$\omega_3^2 = 371$$

Niveau	$M_k$ (kg)	$M_k \omega^2 10^4$	$X_k$	$M_k \omega^2 X_k 10^4$	$\sum M_k \omega^2 X_k 10^4$	$R_k 10^7$ N/m	$\sum M_k X_k \omega^2 / R_k$
13	345647,39	12823,52	1	12823,518	12823,518	26,71	0,480
12	346031,64	12837,77	0,520	6675,643	19499,161	26,71	0,730
11	346031,64	12837,77	-0,210	-2696,346	16802,815	26,71	0,629
10	353375,64	13110,23	-0,839	-11000,58	5802,235	42,29	0,137
9	360719,64	13382,69	-0,976	-1457,044	-7259,279	42,29	-0,172
8	360719,64	13382,69	-0,804	-10764,31	-18023,589	42,29	-0,426
7	360719,64	13382,69	-0,378	-5058,66	-23082,249	42,29	-0,546
6	375178,14	13919,10	+0,168	2338,41	-20743,839	55,80	-0,372
5	389636,64	14455,51	0,540	7802,415	-12941,424	55,80	-0,232
4	389636,64	14455,51	0,772	11159,661	-1781,763	55,80	-0,032
3	352459,17	13076,32	0,804	10513,293	8731,530	32,79	0,266
2	394860,45	14649,22	0,537	7865,787	16597,317	35,81	0,463
1	348345,55	12923,61	0,074	950,109	17547,426	238,9	0,073

$$0,074 \approx 0,073$$

$$\omega_3 = 19,26 \text{ rad/s}$$



$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$$

$$\omega_1 = 4,0907 \text{ rad/s} \rightarrow T_1 = 1,53 \text{ s}$$

$$\omega_2 = 11,57 \text{ rad/s} \rightarrow T_2 = 0,54 \text{ s}$$

$$\omega_3 = 19,26 \text{ rad/s} \rightarrow T_3 = 0,33 \text{ s}$$

② facteur de contribution  $\delta_i$

$$\delta_i = \frac{\sum_{k=1}^n m_k \phi_{ki}}{\sum_{k=1}^n m_k \phi_{ki}^2}$$

$m_k$ : masse de l'étage  $k$ .  
 $\phi_{ki}$ : forme propre (du  $i$ ème mode à l'étage  $k$ )  
 $k$ : indice d'étage  
 $i$ : rang du mode.  
 $n$ : nombre d'étages total

1<sup>er</sup> mode.

Niveau	$M_k$	$\phi_k$	$\phi_k^2$	$M_k \phi_k$	$M_k \phi_k^2$
13	345647,39	1	1	345647,39	345647,39
12	346031,64	0,978	0,956	338418,944	330806,248
11	346031,64	0,935	0,874	323539,583	302431,653
10	353375,64	0,872	0,760	308143,558	268565,486
9	360719,64	0,820	0,672	295790,105	242403,598
8	360719,64	0,756	0,572	272704,048	206331,634
7	360719,64	0,681	0,464	245650,075	167373,913
6	375178,14	0,597	0,356	223981,350	133563,418
5	389636,64	0,526	0,277	204948,873	107929,349
4	389636,64	0,449	0,202	174946,851	78706,601
3	352459,17	0,367	0,135	129352,315	47581,988
2	394860,45	0,221	0,049	87264,153	19348,162
1	348345,55	0,083	0,007	28912,681	2438,419
<u>2<sup>ème</sup> mode</u>					$\Sigma$ 2253127,860

Niveau	$M_k$	$\phi_k$	$\phi_k^2$	$M_k \phi_k$	$M_k \phi_k^2$
13	345647,39	1	1	345647,39	345647,39
12	346031,64	0,827	0,684	286168,166	236685,642
11	346031,64	0,510	0,260	176476,136	89968,226
10	353375,64	0,105	0,011	37104,442	3887,132
9	360719,64	-0,163	0,027	-58797,301	9739,430
8	360719,64	-0,412	0,170	-14816,492	61322,339
7	360719,64	-0,614	0,377	-221481,859	135991,304
6	375178,14	-0,746	0,557	-279882,892	208974,224
5	389636,64	-0,779	0,607	-303526,943	236509,441
4	389636,64	-0,739	0,546	-287941,477	212741,605
3	352459,17	-0,630	0,397	-222049,277	139926,291
2	394860,45	-0,353	0,125	-139385,739	49357,556
1	348345,55	-0,047	0,002	-16372,241	696,691

3eme mode.

NIVEAU	$M_k$	$\phi_k$	$\phi_k^2$	$M_k \phi_k$	$M_k \phi_k^2$
13	345647,39	1	1	345647,39	345647,39
12	346031,64	0,520	0,270	179936,453	93428,543
11	346031,64	-0,210	0,044	-72666,644	15225,392
10	353375,64	-0,839	0,704	-296482,162	248776,451
9	360719,64	-0,976	0,953	-352062,369	343765,817
8	360719,64	-0,804	0,646	-290018,591	233024,887
7	360719,64	-0,378	0,143	-136352,024	51582,909
6	375178,14	0,168	0,028	63029,928	10504,988
5	389636,64	0,540	0,292	210403,786	113773,899
4	389636,64	0,772	0,596	300799,486	232223,437
3	352459,17	0,804	0,646	283377,173	227688,624
2	394860,45	0,537	0,288	212040,062	113719,810
1	348345,55	0,074	0,005	25777,571	1741,728
				$\Sigma$	2031103,875

MODE	1	2	3
$\gamma$	1,32	-0,208	0,233

③ Facteur d'amplification dynamique moyen ( $D_i$ )

Moyennant le spectre de réponse du RPA81 Article 3.3.1.2. FIG. 4 on affecte à chaque période  $T_i$  pour un amortissement donné et suivant la nature du sol une valeur du facteur d'amplification dynamique moyen  $D_i$  dans notre cas le sol est ferme et les résultats sont les suivants

$T_i$	1,53 s	0,54 s	0,33 s
$D_i$	0,8	1,52	1,8

④ Évaluation des forces sismiques

$$F_{ik} = m_k \ddot{u}_{ik} = m_k \delta_i S_a(\beta, T_i) \cdot \phi_{ik}$$

où  $S_a(\beta, T_i) = S_a^*(\beta, T_i) \times Q$  :  $Q$  : facteur de qualité RPA Article 3.3.1.4

$S_a^*(\beta, T_i)$  : spectre de réponse elasto-plastique des accélérations définie par

$$S_a^*(\beta, T_i) = \begin{cases} S_a(\beta, T_i) \times \beta/0,7 & \text{pour } T \geq 0,5 \text{ s} \\ \frac{S_a(\beta, T_i)}{\sqrt{1,4/\beta - 1}} & \text{pour } T < 0,5 \text{ s} \end{cases}$$

B: facteur de comportement de la structure article 33.13 RPA81

$S_a(\beta, T_i)$  = spectre de réponse elasto-elastique des accélérations

$$S_a(\beta, T_i) = A D(\beta, T_i)$$

A: coefficient d'accélération de zone. (RPA81. art 33.1.1)

D: facteur d'amplification dynamique moyen

$\beta$ : amortissement de la structure (10%) pour les bâtiments courants).

$$F_{ki} = \phi_{ki} \times m_k \times \delta_i \times A \times D \times \beta / 0,7 \times Q \quad \text{pour } T_i > 0,5s$$

$$F_{ki} = \phi_{ki} \times m_k \times \delta_i \times A \cdot D \cdot \frac{1}{\sqrt{(1,4/\beta) - 1}} \times Q \quad \text{pour } T < 0,5s$$

A est une fraction de  $g$  pour la zone II on a.

$$A = 0,15g \quad g = 9,81m/s^2$$

$B = \frac{1}{4}$  (construction appartenant à la catégorie 3)

$$Q = 1,3$$

mode 1

$$F_{1k} = 1,32 \times 1,3 \times 0,8 \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{0,7} \times 0,15 \times 9,81 \times m_k \phi_k$$

$$F_{1k} = 0,715 m_k \phi_k$$

mode 2

$$F_{2k} = -0,216 \cdot m_k \cdot \phi_{2k}$$

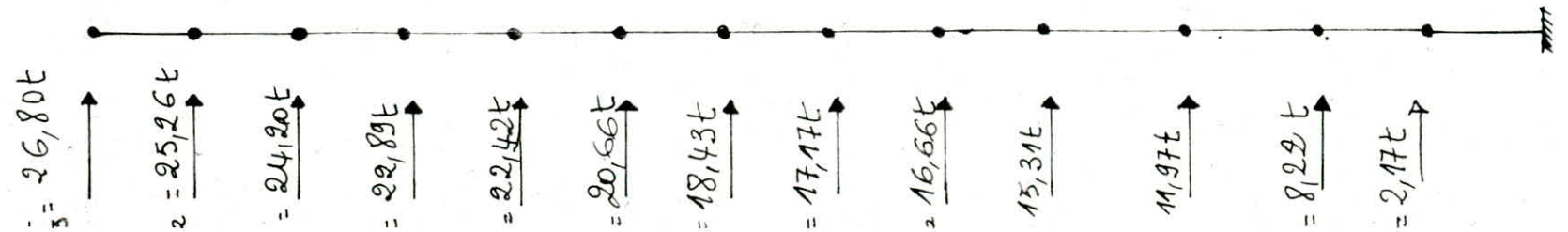
mode 3

$$F_{3k} = 0,208 m_k \phi_{3k}$$

level	M <sub>K</sub>	Mode 1			Mode 2			Mode 3		
		φ <sub>1K</sub>	F <sub>1K</sub>	F <sub>1K</sub> <sup>2</sup>	φ <sub>2K</sub>	F <sub>2K</sub>	F <sub>2K</sub> <sup>2</sup>	φ <sub>3K</sub>	F <sub>3K</sub>	F <sub>3K</sub> <sup>2</sup>
13	345647,39	1	247137,884	6,108 10 <sup>10</sup>	1	74803,921	0,559 10 <sup>10</sup>	1	71894,657	0,517 10 <sup>10</sup>
12	346031,64	0,978	241969,545	5,855 10 <sup>10</sup>	0,827	-61931,614	0,384 10 <sup>10</sup>	0,270	37426,782	0,140 10 <sup>10</sup>
11	346031,64	0,935	238490,802	5,587 10 <sup>10</sup>	0,510	-38192,410	0,146 10 <sup>10</sup>	0,044	-15114,662	0,023 10 <sup>10</sup>
10	353375,64	0,872	220322,644	4,854 10 <sup>10</sup>	0,105	-8030,025	0,649 10 <sup>10</sup>	0,704	-61668,290	0,380 10 <sup>10</sup>
9	360719,64	0,820	211489,925	4,473 10 <sup>10</sup>	-0,163	12724,727	0,016 10 <sup>10</sup>	0,953	-73228,973	0,536 10 <sup>10</sup>
8	360719,64	0,756	194983,394	3,862 10 <sup>10</sup>	-0,412	32163,113	0,103 10 <sup>10</sup>	0,646	-60323,867	0,364 10 <sup>10</sup>
7	360719,64	0,681	175639,804	3,085 10 <sup>10</sup>	-0,614	47932,407	0,230 10 <sup>10</sup>	0,143	-28361,221	0,080 10 <sup>10</sup>
6	375178,14	0,597	160146,665	2,565 10 <sup>10</sup>	-0,746	60571,375	0,367 10 <sup>10</sup>	0,028	13110,225	0,017 10 <sup>10</sup>
5	389636,64	0,526	146538,444	2,147 10 <sup>10</sup>	-0,779	65688,346	0,431 10 <sup>10</sup>	0,292	43763,987	0,196 10 <sup>10</sup>
4	389636,64	0,449	125086,999	1,565 10 <sup>10</sup>	-0,739	62315,389	0,398 10 <sup>10</sup>	0,596	62566,293	0,391 10 <sup>10</sup>
3	352459,17	0,367	92487,048	0,855 10 <sup>10</sup>	-0,630	48055,206	0,231 10 <sup>10</sup>	0,646	58942,452	0,347 10 <sup>10</sup>
2	394860,45	0,221	62393,874	0,389 10 <sup>10</sup>	-0,353	30161,298	0,091 10 <sup>10</sup>	0,288	44104,333	0,195 10 <sup>10</sup>
1	348345,55	0,083	20672,566	0,043 10 <sup>10</sup>	-0,047	3543,229	0,126 10 <sup>10</sup>	0,005	5361,735	0,003 10 <sup>10</sup>

$$F_K = \sqrt{F_{K1}^2 + F_{K2}^2 + F_{K3}^2}$$

Force sismique



(5)

Étude dans le sens longitudinale

① caractéristiques dynamiques (formes et périodes propres)

NIVEAU.	$M_k$ (KG)	$R_k \cdot 10^3$	$X_k^{(1)}$	$X_k^{(2)}$	$X_k^{(3)}$
13	345647,39	21,378	1	1	1
12	346031,64	21,378	0,967	0,787	0,408
11	346031,64	21,378	0,903	0,407	-0,426
10	353375,64	47,506	0,810	-0,06	-1,007
9	360719,64	47,506	0,755	-0,264	-0,995
8	360719,64	47,506	0,689	-0,442	-0,705
7	360719,64	47,506	0,613	-0,576	-0,22
6	375178,14	63,551	0,527	-0,652	0,327
5	389636,64	63,551	0,457	-0,658	0,664
4	389636,64	63,551	0,381	-0,612	0,853
3	352459,17	37,223	0,300	-0,515	0,850
2	394860,45	40,805	0,156	-0,287	0,551
1	348345,55	245,308	0,022	-0,042	0,082
		$\omega$	4,49 rad/s	11,47 rad/s	19,14 rad/s
		T	1,40s	0,55s	0,33s

② facteur de contribution de chaque mode

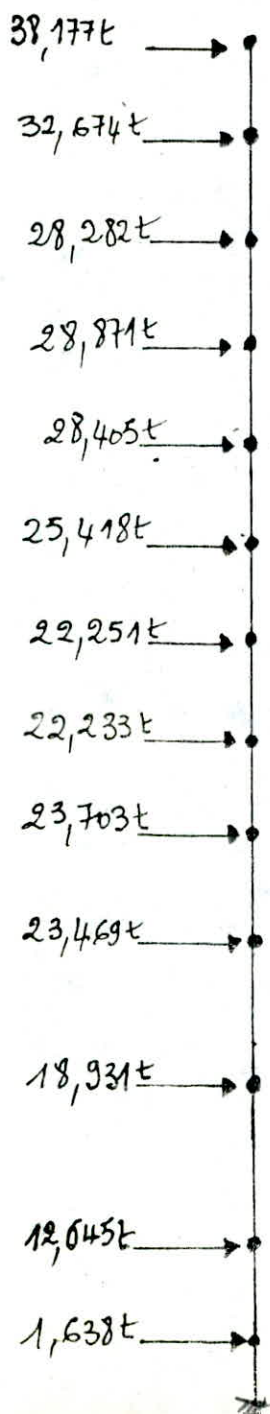
MODE	1	2	3
$\gamma_i$	1,373	-0,537	+0,276

③ facteur d'amplification dynamique moyen

MODE	1	2	3
$D_i$	0,9	1,52	1,8

④ Évaluation des forces sismiques:

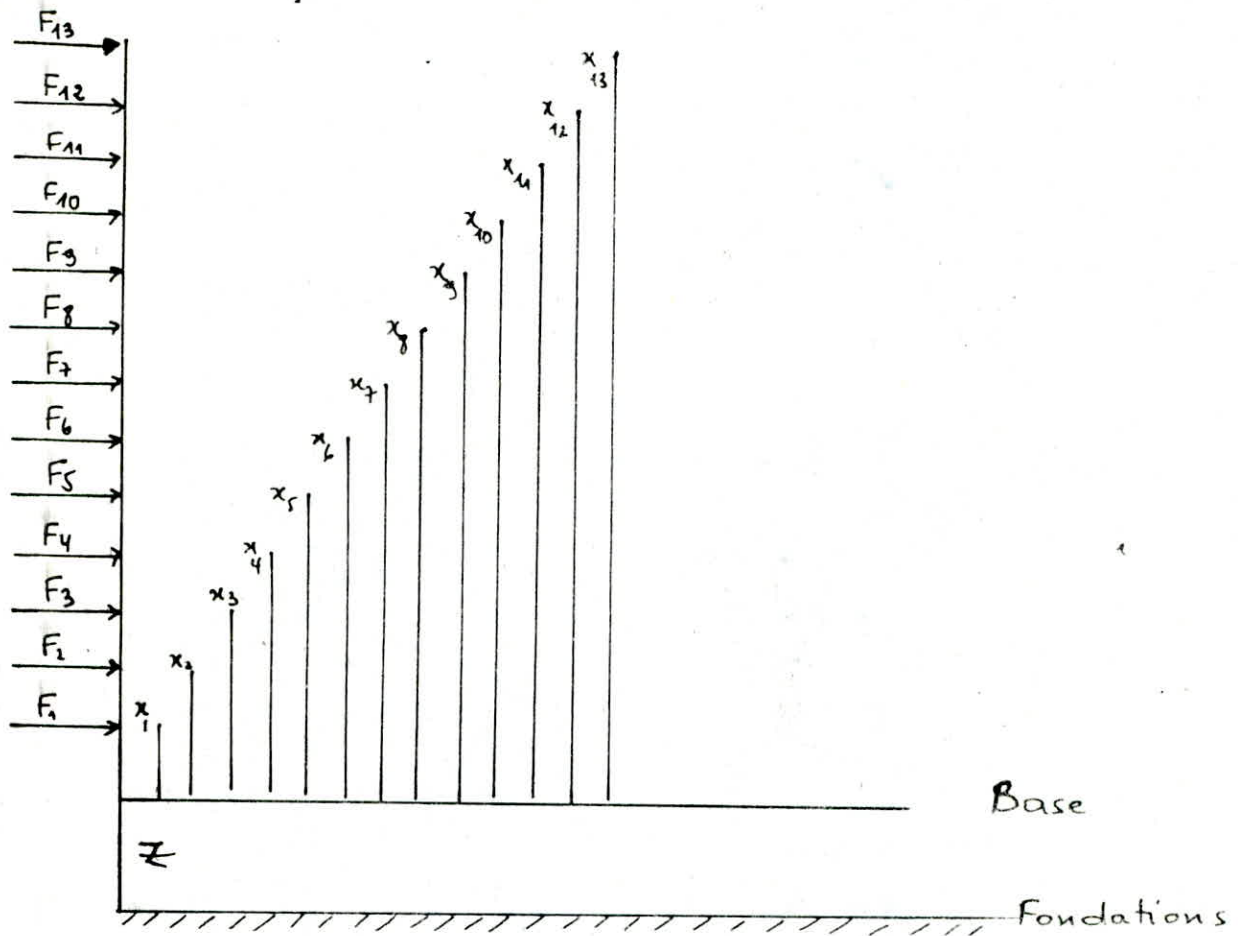
NIVELU	$F_{K1}$	$F_{K2}$	$F_{K3}$	$F_K = \sqrt{F_{K1}^2 + F_{K2}^2 + F_{K3}^2}$
13	29,173	- 19,287	15,312	38,177
12	28,241	- 15,196	6,254	32,674
11	26,372	- 7,858	- 6,530	28,282
10	24,158	1,183	- 15,764	28,871
9	22,986	5,314	- 15,820	28,405
8	20,976	8,897	- 11,266	25,418
7	18,663	11,594	- 3,516	22,251
6	16,687	13,649	5,435	22,233
5	15,028	14,306	11,461	23,703
4	12,529	13,306	14,723	23,469
3	8,924	10,129	13,272	18,931
2	5,199	6,323	9,638	12,645
1	0,647	0,816	1,265	1,638



## VERIFICATION AU RENVERSEMENT

Tout bâtiment sainement conçu doit résister aux effets de renversement qui peuvent être dus soit au séisme, soit au vent.

Moment de renversement =  $M^t$  ext. en console (Base) +  $H \cdot Z$



- Moment en console (Base) =  $\sum_{i=1}^{13} F_i x_i$

- Effort tranchant à la base  $H = \sum F_i$

-  $M^t$  résistant =  $(\sum W_i - \sum \sigma_{Hi} W_i) b$        $b = \frac{L}{2}$

$\sigma_H$  : coefficient sismique =  $A B C Q$

Sens transversal

$b = \frac{L}{2} = \frac{15,5}{2} = 7,75 \text{ m}$

$\sum_{i=1}^{13} F_i x_i = 6335 \text{ t.m}$

$H = \sum_{i=1}^{13} F_i = 232,16 \text{ t}$

$Z = 3,06 \text{ m}$

$H \cdot Z = 762,47 \text{ t.m}$

$M^t$  résistant =  $\frac{L}{2} (1 - \sigma_H) \sum W_i = 35178,42 \text{ t.m}$

$M^t$  renversement =  $6335 + 762,47 = 7046,756 \text{ t.m}$

ou dit avoir :

$M^t$  résistant  $>$   $1,5 M^t$  renversement

$$\frac{M^t_{\text{résistant}}}{M^t_{\text{renversement}}} = \frac{35179,42}{7046,756} = 4,99 > 1,5$$

Notre immeuble résiste

sens Longitudinal       $\frac{L}{2} = \frac{21,45}{2} = 10,725 \text{ m}$

$$\Sigma F_i x_i = 7321,24 \text{ t.m}$$

$$H = \Sigma F_i = 306,68 \text{ t}$$

$$M^t_{\text{renversement}} = 8259,68 \text{ t}$$

$$M^t_{\text{résistant}} = 48435,42 \text{ t}$$

$$\frac{M^t_{\text{résistant}}}{M^t_{\text{renversement}}} = 5,86 > 1,5$$

le renversement est vérifié dans les deux sens.



## Verification des déplacements

d'après le R.P.A 81 Art. 33.7.1

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

Le déplacement calculé à partir des forces sismiques doit être multiplié par  $\frac{1}{2B}$  pour obtenir le déplacement relatif.

Le rapport  $\frac{1}{2B}$  ne doit pas être plus petit que 1.

Dans notre cas :  $B = 0,25 \quad \frac{1}{2B} = \frac{1}{2 \times 0,25} = 2$

Sens transversal

Niv	$F_k (t)$	$T_k (s)$	$R_k \cdot 10^3 (t/m)$	$\delta_k = \frac{T_k}{R_k}$	$\frac{1}{2B} \cdot \delta_k (m)$
13	26,80	26,8	26,71	0,0010	0,002
12	25,26	52,06	26,71	0,0019	0,0038
11	24,20	76,26	26,71	0,0028	0,0056
10	22,89	99,15	42,29	0,0023	0,0046
9	20,42	121,23	42,29	0,0028	0,0056
8	20,66	142,23	42,29	0,0033	0,0066
7	18,13	160,66	42,29	0,0038	0,0076
6	17,17	177,83	55,80	0,0032	0,0064
5	16,66	194,49	55,80	0,0035	0,0070
4	15,31	209,8	55,80	0,0037	0,0074
3	11,97	221,99	32,79	0,0067	0,0134
2	8,22	229,99	35,81	0,0070	0,014
1	2,17	232,12	238,90	0,0009	0,0018

$$h = 3,06 \text{ m}$$

$$\delta_{\text{max}}^{\text{ad}} = 0,0075 h = 0,0229 \text{ m}$$

$$h = 3,91 \text{ m}$$

$$\delta_{\text{max}}^{\text{ad}} = 0,029 \text{ m}$$

les déplacements relatifs sont vérifiés

Sens longitudinal

Niv	$F_k (t)$	$T_k (s)$	$R_k \cdot 10^3 (t/m)$	$S_k = \frac{T_k}{R_k}$	$\frac{1}{2B} \cdot \delta_k$
13	38,17	38,17	21,38	0,0018	0,0036
12	32,67	76,34	21,38	0,0036	0,0072
11	28,28	104,62	21,38	0,0049	0,0098
10	28,87	133,49	47,51	0,0028	0,0056
9	28,41	161,90	47,51	0,0034	0,0068
8	25,42	187,32	47,51	0,0039	0,0078
7	22,25	209,57	47,51	0,0044	0,0088
6	22,23	231,80	63,55	0,0036	0,0072
5	23,70	255,50	63,55	0,0040	0,008
4	23,47	277,97	63,55	0,0044	0,0088
3	19,93	297,90	37,22	0,0080	0,016
2	12,64	310,54	40,81	0,0076	0,0152
1	1,64	312,18	245,31	0,0013	0,0026

## Distribution des forces latérales aux portiques

Les forces horizontales d'origine sismique sont des forces d'inertie. A chaque niveau, agit une force sismique de niveau au centre de gravité des masses du niveau considéré.

Le calcul du centre de torsion a montré que le centre de masse ne coïncide pas avec le centre de torsion de niveau.

La force sismique de niveau agit donc excentriquement par rapport au centre de torsion de niveau. Cette force réduite au centre de torsion engendre un moment de torsion dû à l'excentricité.

Ce moment de torsion se répartit au niveau considéré sur tous les portiques engendrant ainsi des forces supplémentaires dont il faut tenir compte.

### 1/ Effet de translation

La répartition des forces sismiques de niveau aux différents portiques se fait au prorata de leur rigidité au moyen de la relation suivante:

$$F_{k,i}^l = F_k \frac{R_k^i}{\sum R_k^i} \quad \text{où} \quad \begin{array}{l} F_k : \text{force sismique au niveau } k \\ \text{donnée par HOLZER} \\ R_k^i : \text{rigidité du portique } i \text{ au niveau } k \end{array}$$

Dans les 2 sens, les portiques ont respectivement même rigidité.

Sens transversal (sens y)

On a 6 portiques, d'où  $F_{k,i}^y = F_k \frac{R_k^i}{6 R_k^i} = \frac{F_k^y}{6}$

Sens longitudinal (sens x)

on a 4 portiques, d'où  $F_{k,i}^x = F_k \frac{R_k^i}{4 R_k^i} = \frac{F_k^x}{4}$

### 2/ Effet de La torsion

Le moment de torsion (dû à l'excentricité) sera distribué aux portiques de chaque niveau et dans chaque sens au moyen de la formule suivante:

$$F_{k,i}^{''x} = \frac{R_{k,i}^x d_{x,i} M_{k,x}^t}{R_{k\theta}} \quad , \quad F_{k,j}^{''y} = \frac{R_{k,j}^y d_{y,j} M_{k,y}^t}{R_{k\theta}}$$

où  $R_{k,i}^x, R_{k,j}^y$  rigidités du portique  $i$  (resp.  $j$ ) au niveau  $k$  dans le sens  $x$  (resp.  $y$ )

$M_{k,x}^t, M_{k,y}^t$  moment de torsion de niveau  $k$  dans le sens  $x$  (resp.  $y$ )

$d_{x,i}, d_{y,j}$  distance prise sur la normale du centre de torsion au portique  $i$  (resp.  $j$ ) dans le sens  $x$  (resp.  $y$ )

### 3/ Effet résultant

$$F_{k,i} = F'_{k,i} + F''_{k,i}$$

$F_{k,i}$  : effort revenant à un portique (i) au niveau k

D'après le R.P.A art. 3.3.6 les efforts tranchant négatifs dus à la Torsion doivent être négligés.

#### Sens transversal (sens y)

##### 1/ Effet de la translation

Niveau	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$F_{k,i}^y$ (t)	0,36	1,37	1,99	2,55	2,78	2,86	3,07	3,44	3,74	3,82	4,03	4,21	4,47

##### 2/ Effet de La Torsion

Le portique étudié est celui de rive où l'effort dû à la Torsion est maximal (portique le plus éloigné du centre de Torsion)

Niv	e (m)	$F_k^y$ (t)	$M_{k,y}^t = F_k^y \cdot e$	$R_{k\theta}$	$R_k^y$	$F_k''^y$ (t)
13	1,045	26,80	28,01	5028,69 E	11,53 E	0,67
12	1,045	25,26	26,40	5028,69 E	11,53 E	0,63
11	1,045	24,20	25,29	5028,69 E	11,53 E	0,61
10	1,045	22,89	23,92	8762,24 E	18,262 E	0,52
9	1,045	22,42	23,43	8762,24 E	18,262 E	0,51
8	1,045	20,66	21,59	8762,24 E	18,262 E	0,47
7	1,045	18,43	19,26	8762,24 E	18,262 E	0,42
6	1,045	17,17	17,94	11612,47 E	24,09 E	0,39
5	1,045	16,66	17,41	11612,47 E	24,09 E	0,38
4	1,045	15,31	15,99	11612,47 E	24,09 E	0,35
3	1,045	11,97	12,51	6815,86 E	14,46 E	0,27
2	1,045	8,22	8,59	7453,66 E	15,46 E	0,19
1	1,045	2,17	2,27	48141,56 E	103,15 E	0,05

### 3/ Effet résultant

Niv	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$F_{k,i}^y$ (t)	0,41	2,93	2,26	2,90	3,16	3,25	3,49	3,91	4,25	4,34	4,64	4,84	5,14

Sens Longitudinal (sens x) idem que pour le sens transversal

Niv	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$F_{k,i}^x$ (t)	0,41	3,16	4,73	5,87	5,93	5,56	5,56	6,35	7,10	7,22	7,07	8,17	9,54
$F_{k,i}''^x$ (t)	0,04	0,30	0,50	0,68	0,68	0,70	0,69	0,79	0,89	0,93	0,73	0,85	0,9
$F_{k,i}^x$ (t)	0,45	7,46	5,23	6,55	6,61	6,26	6,25	7,14	7,99	8,15	7,80	9,02	10,44

# CALCUL DES SOLLICITATIONS SOUS LES CHARGES HORIZONTALES

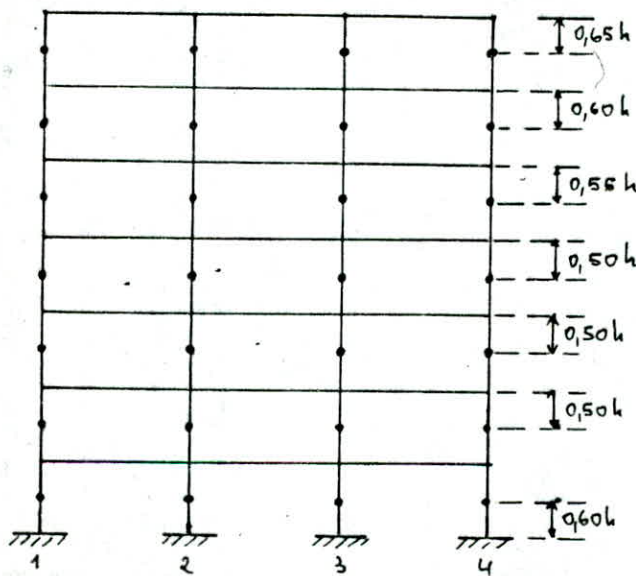
Le calcul des rigidités de niveau des portiques a montré qu'il existe une variation brusque de rigidité entre deux niveaux, due au changement du coffrage des poteaux tous les trois étages et à la variation de la hauteur d'étage entre les premiers niveaux. Muto recommande dans ce cas d'utiliser une méthode plus exacte pour le calcul des portiques soumis à des efforts horizontaux. Nous proposons la méthode de "Bowman" exposée dans le livre de M<sup>r</sup> A. FUENTES (Voir Bibliographie)

## Méthode de Bowman

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

L'effort tranchant total, à chacun des niveaux, se partage proportionnellement aux inertias des poteaux.

Les points d'inflexion dans les poteaux, de hauteur  $h$ , se situent, comme indiqué sur le schéma suivant :



Compte tenu de ces hypothèses, nous avons :

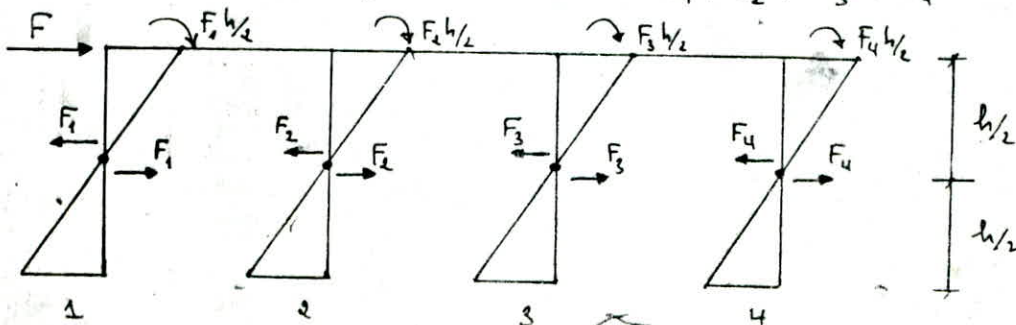
- pour un seul niveau

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$$

avec  $F$  : effort tranchant de niveau

$$\text{et } F_1 = \frac{F I_1}{I_1 + I_2 + I_3 + I_4}$$

$$F_2 = \frac{F I_2}{I_1 + I_2 + I_3 + I_4}, \text{ de même pour } F_3 \text{ et } F_4$$



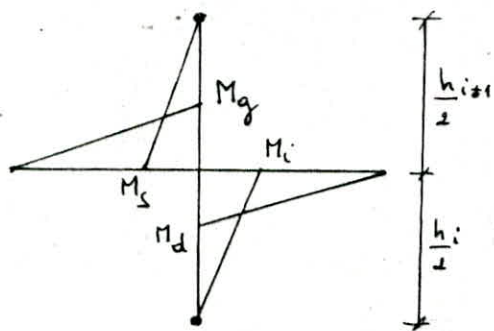
Au droit de chaque articulation, les efforts sont égaux et opposés, constituant ainsi un système en équilibre. Ce sont :

Au dessus de l'articulation, les réactions du portique supérieur

Au dessous de l'articulation, les efforts directement opposés à ces réactions, permettant l'équilibre.

- Les moments en tête et en pied de chacun des poteaux sont égaux et valent :  $F_1 \frac{h}{2}, F_2 \frac{h}{2}, F_3 \frac{h}{2}, F_4 \frac{h}{2}$

- Les moments dans les traverses se partagent proportionnellement aux raideurs des barres situées à droite et à gauche du nœud considéré, en fonction des moments  $M_s$  et  $M_i$  obtenus respectivement pour le poteau supérieur et inférieur correspondant à ce nœud.



$$\left. \begin{aligned} M_g &= -(M_s + M_i) \frac{K_g}{K_g + K_d} \\ M_d &= -(M_s + M_i) \frac{K_d}{K_g + K_d} \end{aligned} \right\} \text{Pour un nœud intermédiaire}$$

$$M_g \text{ ou } M_d = -(M_s + M_i) \text{ pour un nœud de rive}$$

avec  $K_g = \frac{I_g}{l_g}, K_d = \frac{I_d}{l_d}$

$I_g$  : inertie de la traverse de gauche  
 $l_g$  : portée libre de " "

Dans notre cas, la force  $F_k$  (effort tranchant de niveau) revenant à un portique est la somme de deux forces  $F_k'$  et  $F_k''$

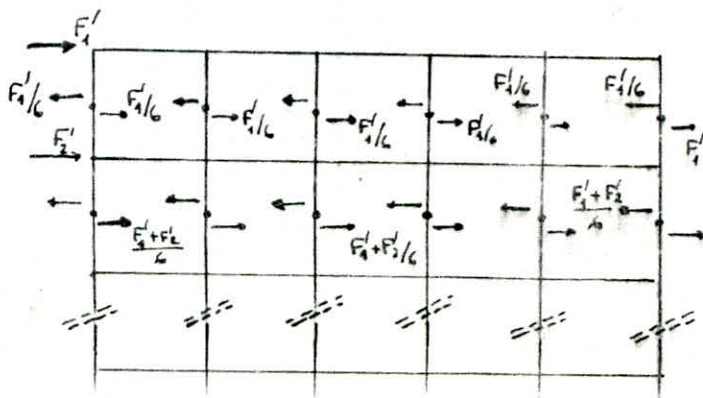
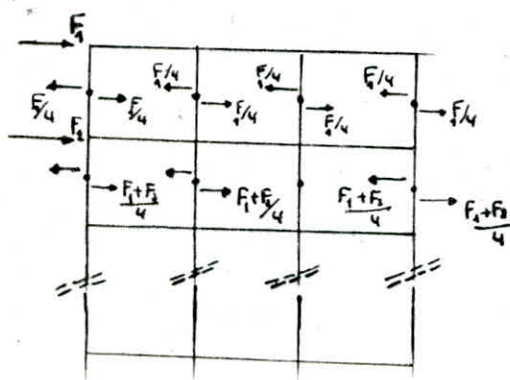
$F_k'$  force due à la translation de niveau

$F_k''$  " " à la Torsion de niveau

$$F_k = F_k' + F_k''$$

Puisque tous les poteaux d'un même niveau ont la même inertie, l'effort, au droit de chaque articulation, vaut :

$\frac{1}{4}$  de l'effort tranchant total de niveau pour le portique transversal  
 $\frac{1}{6}$  " " " " " " " " " " Longitudinal



# EFFORTS DANS LES POUTRES

PORTIQUES DE RIVE 1-1 et C-C

SENS TRANSVERSAL

SENS LONGITUDINAL

NIV	Travée	$M_e$ (t.m)	$M_w$ (t.m)	$M_e$ (t.m)	T (t)
13	CD	2,23	-0,900	0,665	-0,626
	DE	1,33	-1,270	0,030	-0,743
	EF	0,96	-2,23	-0,635	-0,709
12	CD	5,18	-2,09	1,545	-1,454
	DE	3,09	-2,94	0,075	-1,723
	EF	2,24	-5,18	-1,470	-1,649
11	CD	8,00	-3,23	2,385	-2,246
	DE	4,768	-4,54	+0,114	-2,659
	EF	3,456	-8,00	-2,272	-2,546
10	CD	10,70	-4,30	3,200	-3,000
	DE	6,40	-6,10	+0,150	-3,571
	EF	4,60	-10,7	-3,050	-3,400
9	CD	14,08	-5,66	+4,210	-3,948
	DE	8,42	-8,03	+0,195	-4,700
	EF	6,05	-14,08	-4,015	-4,473
8	CD	16,83	-6,76	5,035	-4,718
	DE	10,06	-9,59	+0,235	-5,614
	EF	7,24	-16,83	-4,795	-5,349
7	CD	19,31	-7,76	5,775	-5,414
	DE	11,55	-11,00	+0,275	-6,443
	EF	8,30	-19,31	-5,505	-6,135
6	CD	21,58	-8,57	6,505	-6,030
	DE	13,00	-12,4	+0,300	-7,257
	EF	9,20	-21,58	-6,190	-6,840
5	CD	23,74	-9,42	7,160	-6,632
	DE	14,32	-13,63	+0,345	-7,986
	EF	10,11	-23,74	-6,815	-7,522
4	CD	25,77	-10,23	7,770	-7,20
	DE	15,54	-14,80	+0,370	-8,668
	EF	10,99	-25,77	-7,390	-8,169
3	CD	31,43	-12,48	9,475	-8,782
	DE	18,95	-18,04	+0,455	-10,568
	EF	13,40	-31,43	-9,015	-9,962
2	CD	36,79	-14,50	11,145	-10,258
	DE	22,26	-21,20	+0,530	-12,447
	EF	15,60	-36,79	-10,595	-11,642
1	CD	39,57	-12,04	9,265	-8,522
	DE	18,50	-17,60	+0,450	-10,314
	EF	12,96	-39,57	-8,805	-9,673

NIV	Travée	$M_e$ (t.m)	$M_w$ (t.m)	$M_e$ (t.m)	T (t)
13	1-2	3,44	-1,95	0,745	-1,54
	2-3	1,50	-1,80	0,15	-0,733
	3-4	1,64	-1,64	0,00	-0,670
12	1-2	7,8	-4,43	1,685	-3,50
	2-3	3,37	-4,08	-0,355	-1,655
	3-4	3,72	-3,72	0,000	-1,518
11	1-2	11,60	-6,59	2,505	-5,197
	2-3	5,00	-6,07	-0,535	-2,460
	3-4	5,53	-5,53	0,000	-2,257
10	1-2	15,30	-8,70	3,300	-6,857
	2-3	6,60	-8,00	-0,700	-3,264
	3-4	7,30	-7,30	0,000	-2,980
9	1-2	20,10	-11,40	4,350	-9,000
	2-3	8,60	-10,50	-0,950	-4,244
	3-4	9,60	-9,60	0,000	-3,918
8	1-2	24,00	-13,70	5,150	-10,771
	2-3	10,32	-12,60	-1,140	-5,093
	3-4	11,40	-11,40	0,000	-4,653
7	1-2	27,40	-15,60	5,900	-12,286
	2-3	11,80	-14,30	-1,250	-5,800
	3-4	13,00	-13,00	0,000	-5,306
6	1-2	30,56	-17,50	6,53	-13,731
	2-3	13,00	-16,00	-1,500	-6,464
	3-4	14,50	-14,50	0,000	-5,918
5	1-2	33,81	-19,4	7,205	-15,203
	2-3	14,40	-17,70	-1,650	-7,133
	3-4	16,10	-16,10	0,000	-6,571
4	1-2	37,18	-21,30	7,940	-16,708
	2-3	15,80	-19,50	-1,850	-7,244
	3-4	17,70	-17,70	0,000	-7,224
3	1-2	45,90	-26,30	9,800	-20,628
	2-3	19,50	-24,00	-2,250	-9,666
	3-4	21,80	-21,80	0,000	-9,898
2	1-2	55,30	-31,80	11,750	-24,886
	2-3	23,40	-29,00	-2,800	-11,644
	3-4	26,30	-26,30	0,000	-10,735
1	1-2	65,00	-37,50	13,750	-29,286
	2-3	27,60	-34,00	-3,200	-13,689
	3-4	30,80	-30,80	0,000	-12,571

Moment en travée :

$$M_e = \frac{|M_{el}| - |M_{wl}|}{2}$$

avec :

$$M_e = M_d$$

$$M_w = M_g$$

effort tranchant :

$$T = - \left( \frac{|M_{wl}| + |M_{el}|}{L} \right)$$

L : portée de la travée considérée

# EFFORTS DANS LES POUTEAUX

PORTIQUES DE RIVE 1-1 et C-C -

SENS TRANSVERSAL

SENS LONGITUDINAL

NIV	POT	M <sub>s</sub>	M <sub>I</sub>	N	N <sub>cum</sub>
13	C	2,23	1,2	-0,626	-0,626
	D	2,23	1,2	-0,117	-0,117
	E	2,23	1,2	+0,034	0,034
	F	2,23	1,2	+0,709	0,709
12	C	3,98	2,65	-1,454	-2,080
	D	3,98	2,65	-0,269	-0,386
	E	3,98	2,65	+0,074	0,108
	F	3,98	2,65	1,649	2,358
11	C	5,35	4,38	-2,246	-4,326
	D	5,35	4,38	-0,443	-0,799
	E	5,35	4,38	0,113	0,221
	F	5,35	4,38	2,546	4,904
10	C	6,32	6,32	-3,000	-7,326
	D	6,32	6,32	-0,571	-1,370
	E	6,32	6,32	0,171	-0,392
	F	6,32	6,32	3,400	8,304
9	C	7,76	7,76	-2,948	-11,274
	D	7,76	7,76	-0,752	-2,122
	E	7,76	7,76	0,227	0,619
	F	7,76	7,76	4,473	12,777
8	C	9,07	9,07	-4,718	-15,992
	D	9,07	9,07	-0,896	-3,018
	E	9,07	9,07	0,265	0,384
	F	9,07	9,07	5,349	18,126
7	C	10,24	10,24	-5,414	-21,406
	D	10,24	10,24	-1,029	-4,1047
	E	10,24	10,24	0,308	1,192
	F	10,24	10,24	6,135	24,261
6	C	11,34	11,34	-6,030	-27,436
	D	11,34	11,34	-1,227	-5,674
	E	11,34	11,34	0,417	1,609
	F	11,34	11,34	6,840	31,101
5	C	12,4	12,4	-6,632	-34,068
	D	12,4	12,4	-1,354	-6,628
	E	12,4	12,4	0,464	2,073
	F	12,4	12,4	7,522	38,623
4	C	13,37	13,37	-7,200	-41,268
	D	13,37	13,37	-1,468	-8,096
	E	13,37	13,37	+0,499	2,572
	F	13,37	13,37	8,169	46,792
3	C	18,06	18,06	-8,782	-50,05
	D	18,06	18,06	-1,786	-9,982
	E	18,06	18,06	0,606	3,178
	F	18,06	18,06	9,962	56,754
2	C	18,73	18,73	-10,258	-60,308
	D	18,73	18,73	-2,159	-12,041
	E	18,73	18,73	0,775	3,353
	F	18,73	18,73	11,642	68,396
1	C	11,84	17,75	-8,582	-68,830
	D	11,84	17,75	-1,792	-18,933
	E	11,84	17,75	0,641	4,504
	F	11,84	17,75	9,673	78,069

NIV	POT	M <sub>s</sub>	M <sub>I</sub>	N	N <sub>cum</sub>
13	1	3,44	1,85	1,54	-1,54
	2	3,44	1,85	-0,807	+0,807
	3	3,44	1,85	-0,063	+0,063
12	1	5,95	3,96	3,50	-5,04
	2	5,95	3,96	-1,845	2,852
	3	5,95	3,96	-0,137	0,2
11	1	7,64	6,25	5,197	-10,237
	2	7,64	6,25	-2,737	5,389
10	1	9,03	9,03	6,957	-17,094
	3	9,03	9,03	-3,613	9,002
9	1	11,06	11,06	9,00	-26,094
	3	11,06	11,06	-0,326	0,993
8	1	12,90	12,90	10,771	-36,865
	3	12,90	12,90	-0,440	1,433
7	1	14,50	14,50	12,286	-49,151
	3	14,50	14,50	-0,494	1,927
6	1	16,06	16,06	13,731	-62,882
	3	16,06	16,06	-0,526	2,453
5	1	17,75	17,75	15,203	-78,085
	3	17,75	17,75	-0,562	3,015
4	1	19,43	19,43	16,708	-94,793
	3	19,43	19,43	-0,620	3,635
3	1	26,50	26,50	20,628	-115,421
	3	26,50	26,50	-0,768	4,403
2	1	28,8	28,8	24,986	-140,307
	3	28,8	28,8	-0,909	5,312
1	1	18,12	27,2	29,296	-169,593
	3	18,12	27,2	-1,118	6,43

Les poteaux 4, 5 et 6 se déduisent par symétrie.

### Effort Normal

il se déduit au moyen de :

$$N_i = -(T_{e_i} - T_{w_i}) = |T_{w_i}| - |T_{e_i}|$$

ou en écrivant l'équilibre du nœud.

avec  $N > 0$  compression

## Superposition des sollicitations

Les combinaisons des forces sismiques et des charges verticales sont données ci-dessous. Les éléments structuraux doivent être dimensionnés pour les combinaisons des charges sur la base des règlements de béton RPA 81, article 3.3.2

poutres:

$$\begin{cases} G + P \pm E \\ 0,86 \pm E \end{cases}$$

poteaux:

$$\begin{cases} G + P \pm 1,2E \\ 0,86 \pm E \end{cases}$$

G: sollicitation due à la charge permanente

P: sollicitation due à la surcharge d'exploitation

E: sollicitation due au séisme.

### Moments dans les poutres.

en travée:

$$M_t = M_t(G+P) \pm M_t(E) \quad \text{sous } G+P \pm E$$

$$M_t = M_t(G+1,2P) \quad \text{sous } G+1,2P.$$

$$M_t = M_t(0,86) \pm M_t(E) \quad \text{sous } 0,86 \pm E$$

à l'appui:

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

$$M_a = M_a(G) + M_a(P) \pm M_a(E) \quad \text{sous } G+P \pm E$$

$$M_a = M_a(0,86) \pm M_a(E) \quad \text{sous } 0,86 \pm E.$$

### EFFORT TRANCHANT: T

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

$$\text{sous } G+P \pm E \quad T = T(G) + T(P) \pm T(E)$$

$$\text{sous } 0,86 \pm E \quad T = 0,8T(G) \pm T(E).$$

Ses résultats sont donnés sous forme de tableaux.



SENS TRANSVERSAL : Moments dans les poutres

NIVEAU	TRAVÉE	G + 1,2 P			G + P + E			G + P - E			0,86 + E			0,86 - E		
		M <sub>W</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>W</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>W</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>W</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>W</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>t</sub>
13	CD	-4,548	-7,762	6,956	5,278	9,703	6,246	3,478	5,243	4,946	3,724	7,052	4,113	1,924	2,592	2,80
	DE	-6,126	-5,093	1,345	7,168	6,833	1,810	4,628	3,573	1,750	5,076	4,493	0,117	2,536	1,833	0,057
	EF	-6,219	-3,426	5,769	8,217	4,259	6,049	3,757	2,339	4,779	6,092	3,091	2,279	1,632	1,155	3,549
12	CD	-5,103	-6,826	5,536	6,968	11,705	6,643	2,789	1,745	3,553	5,092	-9,196	3,874	0,912	1,164	0,784
	DE	-4,680	-3,972	1,671	7,414	6,887	1,541	1,534	0,707	1,391	5,694	5,427	0,39	-0,186	-0,753	0,24
	EF	-5,461	-3,890	4,598	10,4	5,959	5,713	0,04	1,479	2,773	8,394	4,530	0,507	-1,967	0,050	3,447
11	CD	-5,211	-6,852	5,493	8,211	14,55	7,434	1,751	-1,45	2,664	6,296	12,031	4,675	-0,164	-3,969	-0,095
	DE	-4,631	-3,938	1,711	8,967	8,532	1,64	-0,113	-1,004	1,352	7,265	7,085	0,483	-1,815	-2,451	0,195
	EF	-5,482	-3,980	4,558	13,24	7,26	6,475	-2,76	0,348	1,931	11,825	5,798	-0,327	-4,775	-1,114	4,217
10	CD	-6,237	-7,162	4,995	10,262	17,546	7,757	1,662	-3,854	1,357	7,970	14,914	5,096	-0,630	-6,486	-1,304
	DE	-4,059	-3,551	2,064	9,98	9,794	1,999	-2,22	-3,006	1,699	8,488	8,489	0,772	-3,712	4,311	0,472
	EF	-5,718	-4,835	4,157	16,166	9,222	6,852	-5,234	0,022	0,752	14,064	7,445	-1,426	-7,336	-1,755	4,674
9	CD	-6,722	-7,347	4,749	12,086	21,103	8,521	0,766	-7,057	0,101	9,615	18,402	5,909	-1,705	-9,758	-2,511
	DE	-3,719	-3,316	2,275	11,585	11,59	2,255	-4,475	-5,25	1,865	10,218	10,371	0,985	-5,942	-6,469	0,595
	EF	-5,858	-5,249	3,953	19,68	11,067	7,613	-8,48	-1,033	-0,417	17,526	9,139	-2,554	-10,634	-2,962	5,476
8	CD	-6,722	-7,347	4,749	13,186	23,853	9,346	-0,334	-9,807	-0,724	10,715	21,152	6,734	-2,805	-12,508	-3,336
	DE	-3,719	-3,316	2,275	13,145	13,230	2,295	-6,035	-6,890	1,825	11,778	12,011	1,025	-7,402	-8,109	0,555
	EF	-5,859	-5,248	3,953	22,431	12,257	8,393	-11,229	-2,223	-1,197	20,277	10,328	-3,335	-13,393	-4,152	6,255
7	CD	-6,722	-7,347	4,749	14,186	26,333	12,086	-7,334	-12,287	-1,464	11,715	23,632	7,474	-3,805	-14,988	-4,076
	DE	-3,719	-3,316	2,275	14,555	14,72	2,335	-7,445	-8,38	1,785	13,188	13,501	1,065	-8,812	-9,560	0,515
	EF	-5,859	-5,744	3,953	24,911	9,773	9,103	-13,709	-2,87	-1,907	22,757	11,388	-4,045	-15,863	-5,212	6,965
6	CD	-7,365	-7,644	4,403	15,61	28,887	10,147	-1,53	-14,273	-2,54	12,903	26,078	7,928	-4,237	-17,082	-5,082
	DE	-3,075	-2,935	2,617	15,491	15,806	2,702	-9,589	-10,194	2,102	14,406	14,727	1,364	-10,534	-11,273	0,764
	EF	-6,091	-5,804	3,664	27,402	14,748	9,489	-15,758	-3,652	-2,881	25,163	12,614	-4,961	-17,997	-5,786	7,419
5	CD	-7,593	-7,770	4,273	16,678	31,167	10,995	-2,162	-16,313	-3,325	13,887	28,311	8,419	-4,953	-19,169	-5,781
	DE	-2,940	-2,774	2,761	16,64	16,972	2,591	-10,82	-11,668	2,201	15,360	15,952	1,524	-11,900	-12,688	0,834
	EF	-6,119	-6,005	3,553	29,657	15,850	10,013	-17,823	-4,370	-3,617	27,382	13,643	-5,674	-20,098	-6,577	7,956
4	CD	-7,593	-7,770	4,273	17,488	33,197	11,605	-2,972	-18,343	-3,935	14,697	30,341	9,086	-5,763	-21,189	-6,454
	DE	-2,940	-2,774	2,761	17,610	18,192	2,916	-11,99	-12,890	2,176	16,530	17,172	1,549	-13,070	-13,908	0,809
	EF	-6,119	-6,005	3,553	31,687	16,73	10,588	-19,853	-5,25	-4,192	29,412	14,523	-6,249	-22,128	-7,457	8,531
3	CD	-8,392	-8,609	5,435	20,388	39,552	14,285	-4,572	-23,308	-4,665	16,910	35,980	10,823	-8,050	-26,880	-8,127
	DE	-3,747	-3,140	3,271	21,198	21,912	3,42	-14,892	-15,988	2,51	19,809	20,609	1,601	-16,271	-17,291	0,691
	EF	-6,958	-6,622	4,496	37,9	19,647	13,005	-24,96	-7,153	-5,025	35,054	16,899	-7,849	-27,806	-9,901	10,181

158

158

MOMENTS DANS ICS POUTRES : Sens transversal.

NIVEAU	TRAVÉE	G + 1,2 P			G + P + E			G + P - E			0,8G + E			0,8G - E		
		Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me
2	CD	7,698	-7,819	7,065	21,598	43,999	17,433	-7,402	-29,581	-4,857	17,777	40,118	13,068	-11,223	-33,462	-9,222
	DE	-2,366	-2,194	8,494	23,384	24,277	2,738	-19,016	-20,243	1,678	22,221	23,204	1,154	-20,179	-21,316	0,094
	EF	-5,793	-5,680	5,217	42,151	20,837	15,226	-31,449	-10,363	-5,964	39,254	19,018	-9,235	-34,326	-13,182	11,955
1	CD	-8,630	-8,750	8,196	19,914	38,555	16,449	-4,166	-29,585	-2,04	45,317	33,898	11,189	-8,763	-27,242	-7,342
	DE	-2,556	-2,369	2,830	19,943	20,671	2,938	-15,257	-16,329	2,038	19,621	19,444	0,509	-16,579	-17,556	0,391
	EF	-6,487	-6,722	6,070	36,489	18,774	14,242	-24,651	-7,146	-3,468	33,034	15,378	-7,445	-28,106	-10,542	10,165

SENS TRANSVERSAL : Effort tranchant dans les poutres

NIVEAU	TRAVÉE	G + 1,2 P		G + P + E		G + P - E		0,8G + E		0,8G - E	
		Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw
13	CD	10,031	8,744	10,283	9,044	9,071	7,792	6,9556	6,0564	5,6036	4,8044
	DE	6,343	6,866	6,841	7,353	5,355	5,867	4,6414	5,007	3,1554	3,521
	EF	7,963	9,0732	8,357	9,444	6,939	8,026	5,5674	6,3442	4,1494	4,1262
12	CD	8,282	7,5928	9,371	8,712	6,463	5,804	6,3268	5,9212	3,4188	3,0132
	DE	2,407	5,759	3,885	7,228	0,439	3,782	2,4726	5,111	-0,9734	1,665
	EF	6,7946	7,424	8,144	8,811	4,846	5,513	5,6466	6,057	2,3486	2,759
11	CD	8,2654	7,6096	10,147	9,52	5,655	5,028	7,1092	6,7228	2,6172	2,2308
	DE	5,4098	5,7548	7,824	8,16	2,506	2,842	5,8118	6,0446	0,4938	0,7266
	EF	6,8092	7,4778	9,055	9,694	3,963	4,602	5,5524	6,9452	1,4604	1,8532
10	CD	8,1232	7,7528	10,765	10,411	4,765	4,411	7,7792	7,5616	1,7792	1,5616
	DE	5,3338	5,6246	8,679	8,957	1,537	1,815	6,7542	6,9254	-0,3878	-0,2166
	EF	6,9472	7,3396	10,041	10,416	3,241	3,616	7,488	7,7184	0,688	0,9184
9	CD	8,0624	7,8124	11,655	11,416	3,759	3,52	8,692	8,5448	0,796	0,6488
	DE	5,4589	5,671	9,919	10,121	0,519	0,721	7,916	8,0368	-1,484	-1,3632
	EF	7,008	7,279	11,172	11,431	2,226	2,485	8,5962	8,7554	-0,3658	-0,1906
8	CD	8,0624	7,8124	11,885	12,126	3,529	2,75	8,922	9,3148	0,566	-0,1212
	DE	5,5448	5,671	10,935	11,035	-0,293	-0,193	8,976	8,9508	-2,2524	-2,2772
	EF	7,008	7,279	12,048	12,307	1,35	1,609	9,4722	9,6314	-1,2259	-1,0666
7	CD	8,0624	7,8124	13,121	12,882	2,293	2,054	10,158	10,0408	-0,67001	-0,81201
	DE	5,3448	5,671	11,564	11,964	-1,322	-1,022	9,6446	9,7798	-3,414	-3,1062
	EF	7,008	7,279	12,874	13,093	0,564001	0,823	10,2582	10,4174	-2,0118	-1,8526

59

SCNS TRANSVERSAL: EFFORT TRANCHANT dans les poutres

NIVEAU	TRAVÉE	G+I+2P		G+P+E		G+P-E		0,86+E		0,86-G	
		Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw
6.	CD	7,9924	7,8816	13,67	13,564	1,69	1,504	10,7324	10,6668	-1,3276	-1,3932
	DE	5,489	5,624	12,504	12,633	-2,01	-1,881	10,4866	10,5658	-4,0274	-3,9482
	EF	7,0802	7,2078	13,608	13,73	-0,072	0,048	11,0056	11,0808	-2,6744	-2,5992
5	CD	7,9736	7,9024	14,254	14,186	0,99	0,922	11,3232	11,2826	-1,9408	-1,9824
	DE	5,509	5,603	13,252	13,342	-2,72	-2,63	11,2268	11,2828	-4,7452	-4,6892
	EF	6,7432	7,1848	14,042	14,39	-1,032	-0,654	11,7042	11,7492	-3,3428	-3,2948
4	CD	7,9736	7,9024	14,742	14,754	0,502	0,354001	11,8112	11,8496	-2,4288	-2,5504
	DE	5,509	5,603	13,934	14,024	-3,402	-3,312	11,9088	11,9648	-5,4272	-5,3712
	EF	7,1032	7,1848	14,959	15,037	-1,379	-1,301	12,3482	12,3962	-3,9898	-3,9418
3	CD	8,8836	8,7924	16,963	17,077	0,2009	-0,487	13,4668	13,4284	-3,8876	-4,1356
	DE	5,031	5,1498	15,435	15,547	-5,201	-5,589	13,8056	13,868	-7,3304	-7,268
	EF	7,901	8,006	17,416	17,515	-2,508	-2,409	14,1372	14,1924	-5,7868	-5,7316
2	CD	7,9934	7,9946	17,628	17,583	-2,888	-2,933	13,6604	13,6396	-6,8556	-6,8764
	DE	4,2304	4,3346	16,328	16,421	-8,509	-9,423	14,2538	14,2978	-10,5802	-10,5362
	EF	6,659	6,7092	17,782	17,828	-5,502	-5,456	14,478	14,498	-8,806	-8,786
1	CD	8,9234	8,8746	16,667	16,622	-0,377	-0,422	11,9244	11,9036	-5,1196	-5,1604
	DE	4,6132	4,721	14,541	14,64	-6,087	-5,988	12,1508	12,1968	-8,4772	-8,4332
	EF	7,4414	7,4928	16,465	16,512	-2,881	-2,834	15,509	15,529	-6,837	-6,817

(60)

NIVEAU	POTEAU	G+1,2P			G+P+1,2E			G+P-1,2E			0,8G+E			0,8G-E		
		Msup	MinF	Ncum	Msup	MinF	Ncum	Msup	MinF	Ncum	Msup	MinF	Ncum	Msup	MinF	Ncum
13	C	6,548	2,402	8,744	7,054	3,256	9,169	1,702	0,856	7,667	5,054	2,643	6,056	0,594	0,213	4,804
	D	1,635	1,011	16,897	4,25	2,406	16,407	-1,102	-0,474	16,127	3,246	1,794	10,619	-1,214	-0,606	10,317
	E	1,126	0,700	15,416	3,76	2,109	14,873	-1,592	-0,771	14,792	2,929	1,612	9,568	-1,531	-0,788	9,499
	F	3,406	1,832	7,963	5,955	3,191	8,498	0,603	0,311	6,797	4,745	2,278	5,567	-0,115	-0,122	4,749
12	C	2,712	2,605	16,339	7,369	5,67	18,172	-2,183	0,69	13,18	5,578	4,183	11,978	-2,382	-1,117	7,818
	D	1,137	1,162	30,938	5,863	4,243	29,819	-3,689	-2,117	29,559	4,649	3,304	18,862	-3,311	-1,996	18,646
	E	0,789	0,771	28,316	5,53	3,17	29,987	-4,022	-2,443	24,327	4,444	3,104	19,819	-3,516	-2,196	14,733
	F	2,060	1,990	14,758	6,745	5,082	16,973	-2,507	-1,278	11,313	5,192	3,820	11,214	-2,768	-1,480	6,498
11	C	2,605	1,671	23,946	8,91	6,853	28,141	-3,93	-3,659	17,759	6,883	5,363	18,750	-3,517	-3,397	10,048
	D	1,112	0,831	44,958	7,483	6,05	44,040	-5,357	-4,462	42,132	6,004	4,869	27,802	-4,696	-3,891	26,204
	E	0,771	0,581	41,203	7,157	5,811	39,735	-5,683	-4,701	39,205	5,804	4,722	24,864	-4,896	-4,038	24,422
	F	1,990	1,296	21,567	8,322	6,495	26,542	-4,518	-4,617	14,762	6,520	5,142	17,770	-4,180	-3,618	7,954
10	C	4,642	3,361	31,692	12,012	10,797	39,152	-3,156	-4,371	21,570	9,006	8,298	26,262	-3,634	-4,362	14,67
	D	2,271	1,814	58,106	9,755	9,318	57,896	-5,413	-5,85	54,598	7,656	7,387	36,507	-4,884	-5,253	33,767
	E	1,587	1,271	53,877	9,101	8,799	52,064	-6,067	-6,369	51,824	7,254	7,068	32,537	-5,386	-5,572	31,753
	F	3,539	2,625	28,514	10,967	10,093	37,258	-4,201	-5,075	17,328	8,402	7,864	25,254	-4,238	-4,776	8,645
9	C	3,361	3,361	39,512	12,525	12,525	51,359	-6,099	-6,099	24,300	9,738	9,738	34,807	-5,782	-5,782	11,259
	D	1,814	1,814	72,440	11,046	11,046	71,916	-7,578	-7,778	66,824	8,827	8,827	45,340	-6,693	-6,693	41,097
	E	1,271	1,271	66,596	10,527	10,527	64,496	-8,097	-8,097	63,010	8,508	8,508	40,248	-7,012	-7,012	39,009
	F	2,625	2,625	35,522	11,821	11,821	49,324	-6,803	-6,803	18,660	9,304	9,304	33,851	-6,216	-6,216	82,97
8	C	3,361	3,361	47,324	14,096	12,618	64,687	-7,672	-9,15	26,107	11,048	10,137	44,122	-7,0924	-8,003	12,138
	D	1,814	1,814	86,173	16,096	12,618	86,120	-7,672	-9,15	78,876	11,048	10,137	54,316	-7,0924	-8,003	48,280
	E	1,271	1,630	79,316	12,099	12,398	76,973	9,669	-3,37	74,851	9,818	9,818	47,997	-8,322	-8,322	44,829
	F	2,625	2,625	42,530	13,393	13,393	62,462	-8,375	-8,375	18,940	10,614	10,614	43,323	-7,526	-7,526	7,071
7	C	3,361	1,770	55,136	15,501	13,98	78,452	-9,075	-10,596	27,078	12,218	11,282	54,132	-8,262	-9,498	41,320
	D	1,814	1,075	100,198	14,022	13,366	100,725	-10,554	-11,26	91,013	11,307	10,873	63,426	-9,173	-9,607	55,332
	E	1,630	0,758	92,036	13,802	13,013	89,501	-10,774	-11,563	86,641	10,988	10,696	55,389	-9,492	-9,794	53,405
	F	2,625	1,396	49,538	14,797	13,622	76,503	-9,779	-10,954	18,277	11,784	11,061	53,581	-8,696	-9,419	5,059
6	C	5,594	3,796	63,018	18,955	17,237	93,222	-8,261	-9,979	27,376	14,631	13,574	64,799	-8,069	-9,106	9,927
	D	3,398	2,414	113,814	16,856	15,986	115,214	-10,36	-11,300	102,556	13,339	12,761	72,664	-9,341	-9,919	62,116
	E	2,397	1,708	104,733	15,899	15,241	102,139	-11,317	-11,975	98,277	12,750	12,345	63,676	-9,930	-10,335	60,458
	F	4,408	3,002	36,618	17,822	16,478	91,479	-9,394	-10,138	16,837	13,934	13,106	64,587	-9,746	-9,574	2,385

Aussi favorable.

EFFORT NORMAL et Moment flechissant dans les poteaux

NIVEAU	POTEAU	G+1,2P			G+P+1,2E			G+P-1,2E			0,8G+E			0,8G-E		
		Msup	MinF	Ncum	Msup	MinF	Ncum	Msup	MinF	Ncum	Msup	MinF	Ncum	Msup	MinF	Ncum
5	C	3,796	3,796	70,920	18,709	18,509	108,73	-11,251	-11,251	26,971	14,634	14,634	76,081	-10,166	-10,166	7,945
	D	2,414	2,414	127,397	17,188	17,188	129,81	-12,572	-12,572	113,909	13,821	13,821	82,006	-10,979	-10,979	67,750
	E	1,708	1,708	117,427	16,513	16,513	114,42	-13,250	-13,250	100,854	13,405	13,405	71,608	-11,395	-11,395	67,462
	F	2,815	2,002	63,721	17,563	17,75	107,296	-12,197	-12,01	14,600	14,017	14,166	76,288	-10,783	-10,634	-0,958
4	C	3,796	4,788	78,823	19,673	26,189	124,925	-12,495	-17,155	25,885	15,604	20,590	97,930	-11,136	-15,530	5,394
	D	2,414	3,005	140,944	18,352	18,879	144,536	-13,736	-13,209	125,106	14,791	14,958	91,462	-11,949	-11,782	75,270
	E	1,708	2,124	130,12	17,677	18,048	127,562	-14,411	-14,04	121,39	14,375	14,492	79,575	-12,365	-12,248	74,431
	F	3,002	3,782	70,824	19,914	19,612	123,988	-13,174	-12,476	11,588	15,136	15,368	88,636	-11,604	-11,372	-4,948
3	C	3,596	3,220	87,615	25,064	24,641	143,762	-18,28	-18,703	83,642	19,959	19,430	101,359	-16,161	-16,690	1,259
	D	2,257	2,280	152,945	23,801	23,773	158,346	-19,543	-19,711	134,63	19,253	19,025	101,243	-16,867	-17,091	81,479
	E	1,594	1,514	143,157	23,176	23,067	140,71	-20,168	-20,277	137,082	18,902	18,699	87,649	-17,218	-17,421	81,293
	F	2,840	2,375	28,727	24,351	23,862	143,297	-18,993	-19,482	7,087	19,561	19,071	102,77	-16,559	-17,049	-10,735
2	C	4,478	3,980	95,560	26,605	3,980	163,397	-18,347	-0,554	18,657	20,636	1,889	114,998	-16,926	-1,889	-5,618
	D	3,172	2,860	165,273	25,399	21,591	172,311	-19,553	18,281	143,41	20,072	16,366	108,685	-17,388	13,605	94,603
	E	2,105	1,908	154,097	24,415	20,638	151,097	-20,537	18,420	142,24	19,619	15,908	93,117	-17,841	14,06	85,211
	F	3,304	2,938	85,985	25,522	21,668	164,007	-19,43	18,32	-0,143	20,136	16,379	117,731	-17,324	13,589	-19,061
1	C	4,65	1,158	104,434	18,48	21,027	181,723	-9,936	18,787	16,531	13,746	15,917	126,902	-9,934	14,051	-10,759
	D	3,333	0,830	179,639	17,265	13,486	187,594	-11,151	11,852	154,274	13,182	10,153	115,81	-10,458	8,791	88,044
	E	2,220	0,553	166,203	16,243	12,936	163,203	-12,173	11,842	152,569	12,729	9,93	98,451	-10,951	9,016	98,263
	F	3,482	0,854	92,826	17,361	13,536	181,807	-11,055	11,882	-5,559	13,246	10,161	129,76	-10,434	8,783	-26,379

(2)

(3)

superposition des efforts dans le sens longitudinal: les étages se trouvant au dessus du niveau deux étant non porteurs donc les efforts sont ceux trouvés sous le sens seulement car  $G=0$   $P=0$ . c'est à dire que les combinaisons  $G+1,2P$ ,  $G+P+E$ ,  $G+P-E$ ,  $0,8G+E$ ,  $0,8G-E$ , se réduisent à  $\pm E$ . par contre les niveaux 1 et 2 étant porteurs dans les 2 sens (planchers dalles) on doit combiner les efforts dûs au sensuel et les efforts sous charge verticaux, les résultats seront donnés sous forme de tableaux

SENS LONGITUDINAL: Moments dans les poutres:

NIVEAU	TRAVÉE	G+1,2P			G+P+E			G+P-E			0,8G+E			0,8G-E		
		Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me
2	1.2	-1,902	-2,331	1,523	-33,539	53,166	13,972	30,061	-57,434	-9,528	-32,538	54,379	12,321	31,062	-56,220	-19,179
	2.3	-4,207	-4,449	4,959	-32,778	19,299	1,593	25,122	-27,502	7,193	-30,786	21,506	-1,550	27,214	-25,294	4,050
	3.4	-5,315	-5,315	6,107	-31,202	21,398	5,411	21,398	-31,202	5,411	-28,569	24,031	1,549	24,031	-27,569	1,549
1	1.2	-2,417	-2,748	3,087	-19,706	62,491	16,460	35,294	-67,509	-11,040	-38,422	63,948	14,271	36,578	-66,052	-13,229
	2.3	-4,640	-4,771	5,815	-38,245	23,232	1,908	29,755	-31,969	8,908	-35,815	25,749	-1,943	32,185	-29,451	4,451
	3.4	-5,213	-5,213	6,517	-35,495	26,105	5,718	26,105	-35,495	5,718	-32,485	29,115	1,098	29,115	-32,485	-1,098

EFFORTS. TRANCHANTS DANS les POUTRES

NIVEAU	TRAVÉE	G+1,2P		G+P+E		G+P-E		0,8G+E		0,8G-E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
2	1.2	-3,946	4,191	-28,497	-21,054	21,275	28,718	-26,476	-23,232	23,336	26,540
	2.3	-6,398	6,506	-17,543	-5,645	5,745	17,643	-14,366	-8,873	8,922	14,415
	3.4	-7,300	7,300	-17,468	-4,002	4,002	17,468	-17,852	-7,618	7,618	17,852
1	1.2	-4,942	5,032	-33,705	-24,693	24,867	33,979	-31,130	-27,367	27,442	31,205
	2.3	-7,175	7,237	-20,239	-7,084	7,139	20,294	-16,428	-10,934	10,950	16,444
	3.4	-7,098	7,058	-18,959	-6,183	6,183	18,959	-14,843	-10,299	10,299	14,843

63

EFFORTS dans les poteaux. : sens Longitudinal

Niveau	Poteau	G+112P			G+P+1,2E			G+P-1,2E			0,8G+E			0,8G-E		
		Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum
2	1	1,236	1,062	3,913	35,693	35,529	-164,757	-33,430	-33,591	171,979	29,28	29,204	-138,357	-28,32	-28,395	141,857
	2	1,215	0,832	10,589	35,693	35,323	98,592	-33,430	-33,797	-79,120	29,362	29,176	78,423	-28,238	-28,464	-69,671
	3	0,563	0,372	13,806	35,116	34,885	19,106	-34,004	-34,235	6,358	29,072	28,813	11,2	-28,528	-28,727	0,576
1	1	1,355	0,339	8,788	22,981	32,950	-194,892	20,507	-32,33	212,132	19,637	27,362	-164,757	-17,603	-27,038	174,435
	2	1,063	0,166	22,796	20,719	32,883	118,452	-20,769	-32,397	-26,694	18,550	27,334	99,678	-17,690	-27,066	-80,609
	3	0,477	0,119	28,141	22,161	32,744	33,441	-21,327	-32,536	18,009	18,214	27,229	17,345	-18,026	-27,171	4,485

(10)

(11)

# FERRAILLAGE DES PORTIQUES

## Prescriptions (RPA 81)

Notre immeuble est à ossature autostable. Les prescriptions du RPA relatives à ce type d'ossature en zone II doivent être respectées. (Art. 4.2)

### \* Poteaux :

#### Armatures longitudinales

Les armatures longitudinales doivent être des barres à haute adhérence, droites et sans crochets. Leur pourcentage minimal sera de 1% en zone II, sans toutefois dépasser 4%. Le diamètre minimum est de 14 mm.

La longueur minimale des recouvrements est de  $50 \phi$ .

La distance entre les barres verticales dans une face du poteau ne doit pas dépasser 25 cm en zone II.

#### Armatures transversales

Elles sont calculées à l'aide de la formule :  $A_t = \frac{1,25 T t}{h_1 \sigma_{eu}}$

où :  $T =$  fois l'effort tranchant de calcul si l'élançement dans la direction considérée est supérieur ou égal à 15.

$T =$  fois l'effort tranchant de calcul si l'élançement dans la direction considérée est  $< 15$ .

la quantité minimale est donnée par :  $A_t = 0,004 t b$

$t$  l'espacement qui doit être :

en zone nodale ( $\eta$  compris la hauteur du nœud)

$$t \leq \min(10 \phi; 15 \text{ cm})$$

en zone courante

$$t \leq 12 \phi$$

$\phi$  étant le plus petit diamètre des armatures longitudinales.

### \* Poutres :

#### Armatures longitudinales

Le pourcentage total minimum des aciers longitudinaux sur toute la longueur de la poutre doit être de 0,3% pour les aciers à H.A et de 0,5% pour les A. Le pourcentage total maximum est de 2,5%.

#### Armatures transversales

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

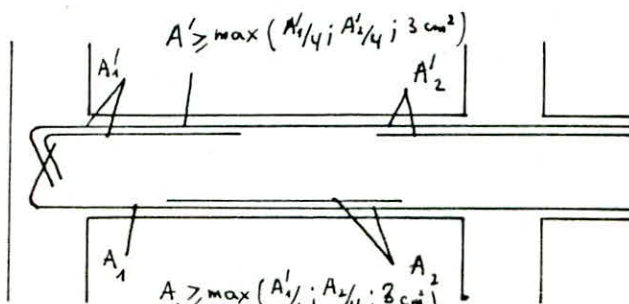
l'espacement doit être :

• en zone nodale et en travée

$$t \leq \min\left(\frac{h}{4}, 12 \phi, 30 \text{ cm}\right) \text{ si les armatures comprimées sont nécessaires.}$$

• en zone courante :  $t \leq \frac{h}{2}$

$\phi$  le plus petit diamètre calculé



Section minimale d'armatures filantes





### SENS TRANSVERSAL

POTEAU	SP1					N <sup>corr</sup>	M <sup>MAX</sup>	SP2			SP2					
	N	M	e <sub>o(cm)</sub>	Soil	F <sub>b</sub>			e <sub>o(cm)</sub>	Soil	F <sub>b</sub>	N <sup>min</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>o(cm)</sub>	Soil	F <sub>b</sub>	
13	C	8,744	4,548	52,01	SPC	206,55	9,169	7,054	76,93	SPC	206,55	4,804	0,594	12,36	SPC	161,99
	D	16,897	1,635	9,68	SPC	106,93	16,407	4,25	25,30	SPC	206,55	10,377	1,214	11,7	SPC	160,67
	E	15,416	1,126	7,3	SPC	97,57	14,873	3,76	25,28	SPC	//	9,499	1,531	15,93	SPC	169,13
	F	7,963	3,406	42,77	SPC	206,55	8,498	5,955	70,08	SPC	//	4,149	0,115	2,77	SEC	142,81
12	C	16,339	2,712	16,6	SPC	134,159	18,172	7,369	40,55	SPC	//	7,818	2,382	30,47	SPC	266,55
	D	30,938	1,137	3,68	SEC	83,32	29,819	5,863	19,66	SPC	//	18,646	3,311	17,76	SPC	206,55
	E	28,316	0,789	2,79	SEC	79,82	29,987	5,53	18,44	SPC	//	14,733	3,516	23,86	SPC	206,55
	F	14,758	2,060	13,96	SPC	123,77	16,973	6,745	39,74	SPC	//	6,498	2,768	42,6	SPC	206,55
11	C	23,946	2,605	10,88	SPC	111,65	28,141	8,91	31,66	SPC	//	10,048	3,517	35,1	SPC	266,55
	D	44,958	1,112	2,47	SEC	78,56	44,049	7,483	16,99	SPC	//	26,204	4,696	17,92	SPC	206,55
	E	41,203	0,771	1,87	SEC	76,21	39,735	7,157	18,01	SPC	//	24,422	4,896	20,2	SEC	206,55
	F	21,567	1,990	9,23	SPC	106,34	26,542	8,322	31,35	SPC	//	7,954	4,180	52,55	SPC	206,55
10	C	31,699	4,642	14,64	SPC	126,44	39,152	12,012	30,69	SPC	//	11,61	4,342	38,4	SPC	206,55
	D	58,706	2,271	3,87	SEC	84,038	57,886	9,755	16,85	SPC	170,97	33,767	5,253	15,56	SPC	168,39
	E	53,877	1,587	2,95	SEC	80,45	52,064	9,101	17,48	SPC	170,38	31,753	5,572	17,55	SPC	172,37
	F	28,514	3,539	12,41	SPC	114,67	37,358	10,967	29,44	SPC	206,55	8,646	4,776	55,25	SPC	206,55
9	C	39,512	3,361	8,51	SPC	102,33	51,359	12,525	24,38	SPC	206,55	12,259	5,782	47,17	SPC	206,55
	D	72,440	1,814	2,5	SEC	78,68	71,316	11,046	15,36	SPC	167,99	41,097	6,693	16,29	SPC	169,85
	E	66,596	1,271	1,98	SEC	76,36	64,496	10,527	16,32	SPC	169,91	39,009	7,012	17,98	SPC	173,77
	F	35,522	2,625	7,39	SEC	97,92	49,324	11,821	23,96	SPC	206,55	8,297	6,216	74,92	SPC	206,55

SENS TRANS VESAL

POTEM	SPA					NOED		SP <sub>2</sub>			SP <sub>2</sub>					
	N	M	ρ <sub>0</sub> (mm)	Soil	σ <sub>b</sub>	N <sub>max</sub>	M <sub>max</sub>	e <sub>0</sub>	Soil	σ <sub>b</sub>	N <sub>min</sub>	M <sub>corr</sub>	e <sub>0</sub>	Soil	σ <sub>b</sub>	
8	C	47,324	3,361	7	SPC	90,27	64,487	14,026	21,75	SPC	202,57	12,138	8,003	65,93	SPC	206,55
	D	86,173	1,814	2	SEC	74,97	86,120	14,096	16,37	SPC	178	48,28	8,003	16,58	SPC	180
	E	79,316	1,630	2	SEC	74,97	76,973	12,099	15,72	SPC	175	46,229	8,322	17,0	SPC	185
	F	42,530	2,625	6	SPC	130,5	62,442	13,393	21,45	SPC	201,2	7,071	7,526	1,06,0	SPC	206,5
7	C	55,136	3,361	6	SPC	130,5	78,452	15,501	19,76	SPC	193,46	11,320	9,198	82,25	SPC	206,55
	D	100,199	1,814	1,8	SEC	111,24	100,725	14,022	13,92	SPC	167	55,332	9,607	17,36	SPC	182,5
	E	92,036	1,630	1,7	SEC	110,88	89,501	13,502	15,42	SPC	174	53,405	9,794	18,34	SPC	187
	F	49,538	2,625	5,3	SEC	127,26	76,503	14,797	19,34	SPC	191,5	5,059	9,419	186,0	SPC	206,55
6	C	63,018	5,594	8,9	SPC	133,56	93,222	18,955	20,33	SPC	172,8	9,927	9,106	91,73	SPC	206,55
	D	113,814	3,394	3	SEC	113,3	115,214	16,856	14,63	SPC	153,2	62,116	9,919	15,76	SPC	135
	E	104,733	2,397	2,3	SEC	110,3	102,139	15,899	15,57	SPC	156,46	60,458	10,335	17,09	SPC	162
	F	56,618	4,408	7,8	SEC	129,78	91,479	17,822	19,48	SPC	170	2,385	9,574	401,43	SPC	206,55
5	C	70,92	3,796	5,3	SEC	124,2	108,73	18,709	17,21	SPC	162,1	7,945	10,166	127,95	SPC	206,55
	D	127,391	2,414	1,9	SEC	109,5	129,81	17,188	13,24	SPC	148,46	68,750	10,979	15,97	SPC	158
	E	117,427	1,708	1,5	SEC	108,15	114,42	16,513	14,43	SPC	49,54	67,462	11,395	16,39	SPC	167
	F	63,721	2,815	4,4	SEC	118,1	107,296	16,513	15,4	SPC	156	-0,958	10,634	1110,02	SPC	206,55
4	C	78,823	4,788	6	SEC	123,6	124,925	26,189	20,96	SPC	175	5,394	15,530	287,91	SPC	206,55
	D	140,944	3,005	2,1	SEC	110,2	144,536	18,879	13,06	SPC	147,84	75,27	11,948	15,87	SPC	157
	E	130,12	2,124	1,6	SEC	108,5	127,560	11,048	14,15	SPC	151,6	74,431	12,365	16,61	SPC	160
	F	70,824	3,782	5,3	SEC	121,2	123,883	19,612	15,83	SPC	154,95	-4,948	11,604	2,35	SET	111
3	C	87,615	3,596	4,1	SEC	117,08	1,259	16,690	1325,66	SPC	206,55	143,762	25,064	17,34	SPC	162,5
	D	152,945	2,280	1,5	SEC	108,15	82,479	16,867	20,70	SPC	174,01	158,346	23,802	15,03	SPC	155
	E	143,157	1,594	1,1	SEC	106,78	140,71	23,176	16,47	SPC	159,55	81,293	17,421	21,43	SPC	176,6
	F	78,727	2,810	3,6	SEC	115,36	143,297	24,351	16,99	SPC	161,3	-10,735	17,049	158,82	SPC	206,55
2	C	95,560	4,478	4,7	SEC	116,73	163,397	26,605	16,28	SPC	151	-5,618	16,824	299,47	SPC	206,55
	D	165,273	20,177	12,21	SPC	138,93	172,311	25,399	14,74	SPC	146,4	84,603	17,388	20,55	SPC	163,5
	E	154,097	19,689	12,77	SPC	140,6	151,097	24,415	16,16	SPC	150,56	85,211	17,841	20,94	SPC	165
	F	85,985	20,247	23,95	SPC	173,5	164,007	25,552	15,58	SPC	148,8	-19,061	17,324	90,89	SPC	206,55
1	C	104,434	20,142	19,3	SPC	159,8	182,723	21,027	11,57	LSEC	137	-10,061	14,051	139,66	SPC	206,55
	D	179,639	12,835	7,14	SEC	124	187,594	17,265	9,2	SEC	130,07	83,044	10,498	11,92	SPC	138
	E	166,203	12,499	7,5	SEC	125	163,203	16,243	9,95	SEC	132,3	98,263	10,951	11,14	SPC	136
	F	92,826	12,873	13,87	SPC	144	181,807	17,361	9,55	SEC	131,1	-26,379	10,434	39,55	SPC	206,55

SENS LONGITUDINALE.

Potrean	SP1					N <sup>COM</sup>	M <sup>MAX</sup>	SP2			SP2				
	N	M	e <sub>0</sub>	Soil	$\bar{P}_b$			N <sup>MAX</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub> <sup>(cm)</sup>	Soil	$\bar{P}_b$	N <sup>min</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>
13	1	/	/			1,54	3,44	223,37	SPC	206,55	-1,54	3,44	223,37	SPC	206,55
	2	/	/			0,867	3,44	426,27	SPC	"	-0,867	3,44	426,27	"	"
	3	/	/			0,063	3,44	5460,03	SPC	"	-0,063	3,44	5460,03	"	"
12	1	/	/			5,04	5,95	84,70	SPC	"	-5,04	5,95	84,70	"	"
	2	/	/			2,652	5,95	44,57	SPC	"	-2,652	5,95	44,57	"	"
	3	/	/			0,2	5,95	2975,0	SPC	"	-0,2	5,95	2975,0	"	"
11	1	/	/			10,237	7,64	74,63	SPC	"	-10,237	7,64	74,63	"	"
	2	/	/			5,389	7,64	141,77	SPC	"	-5,389	7,64	141,77	"	"
	3	/	/			0,403	7,64	1895,78	SPC	"	-0,403	7,64	1895,78	"	"
10	1	/	/			17,094	9,03	52,82	SPC	"	-17,094	9,03	52,82	"	"
	2	/	/			9,002	9,03	100,23	"	"	-9,002	9,03	100,23	"	"
	3	/	/			0,667	9,03	1353,82	"	"	-0,667	9,03	1353,82	"	"
9	1	/	/			26,094	11,06	42,38	"	"	-26,094	11,06	42,38	"	"
	2	/	/			13,458	11,06	82,18	"	"	-13,458	11,06	82,18	"	"
	3	/	/			0,993	11,06	1113,79	"	"	-0,993	11,06	1113,79	"	"
8	1	/	/			36,865	12,9	34,90	"	"	-36,865	12,9	34,90	"	"
	2	/	/			19,136	12,9	67,41	"	"	-19,136	12,9	67,41	"	"
	3	/	/			1,433	12,9	900,20	"	"	-1,433	12,9	900,20	"	"
7	1	/	/			49,151	14,5	29,50	"	"	-49,151	14,5	29,50	"	"
	2	/	/			25,622	14,5	56,59	"	"	-25,622	14,5	56,59	"	"
	3	/	/			1,927	14,5	752,46	"	"	-1,927	14,5	752,46	"	"
6	1	/	/			62,882	16,06	25,83	"	192	-62,882	16,06	25,83	"	192
	2	/	/			32,909	16,06	48,80	"	206,55	-32,909	16,06	48,80	"	206,55
	3	/	/			2,453	16,06	654,70	"	"	-2,453	16,06	654,70	"	"
5	1	/	/			78,085	17,75	22,73	"	"	-78,085	17,75	22,73	SET	172,73
	2	/	/			40,979	17,75	43,31	"	"	-40,979	17,75	43,31	"	206,55
	3	/	/			3,015	17,75	588,72	"	"	-3,015	17,75	588,72	"	206,55
4	1	/	/			94,793	19,43	20,49	"	173	-94,793	19,43	20,49	SET	178,25
	2	/	/			49,843	19,43	38,98	"	"	-49,843	19,43	38,98	"	206,55
	3	/	/			3,635	19,43	534,52	"	"	-3,635	19,43	534,52	"	206,55

69

## SENS LONGITUDINAL

	POTEAU	SP1					N <sup>corr</sup>	M <sup>MAX</sup>	SP2			SP2				
		N	M	e <sub>0</sub>	S <sub>011</sub>	σ' <sub>b</sub>			N <sup>MAX</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>p</sub>	S <sub>011</sub>	σ' <sub>b</sub>	N <sup>min</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>
3	1	/	/	/	/	/	115,421	26,5	22,95	SPC	183,17	-115,421	26,5	22,95	SPC	183,17
	2	/	/	/	/	/	60,805	26,5	43,58	"	206,55	-60,805	26,5	43,58	SPC	206,55
	3	/	/	/	/	/	4,403	26,5	601,86	"	206,55	-4,403	26,5	601,86	SPC	206,55
2	1	3,918	1,236	31,54	SPC	206,55	164,757	35,693	21,66	"	187,55	-164,757	29,28	21,10	SET	180,9
	2	10,589	4,219	11,51	"	206,55	98,592	35,693	56,20	//	206,55	-79,12	33,797	42,71	SPC	206,55
	3	13,806	0,563	4,07	SEC	206,55	34,895	19,108	54,76	//	206,55	0,576	28,727	49,8232	SPC	206,55
1	1	8,788	1,355	15,41	SPC	206,55	212,132	32,33	15,24	//	167,75	-194,892	32,95	16,90	SET	171,07
	2	22,796	1,063	4,66	SEC	206,55	128,452	32,883	26,59	//	188,45	-86,674	32,397	37,36	SPC	206,55
	3	28,144	0,477	1,69	SEC	206,55	33,441	32,744	97,91	//	206,55	4,485	27,171	605,82	SPC	206,55

(07)

- pour le calcul des armatures (sections d'aciers) sous SP1 le calcul donne A<sub>c0</sub>.  
 La combinaison la plus défavorable est sous SP2

CALCUL DES ARMATURES

SENS TRANSVERSAL

71

(N<sub>MAX</sub>, M<sub>Coro</sub>), (M<sub>MAX</sub>, N<sub>Coro</sub>)

(N<sub>min</sub>, M<sub>Coro</sub>)

N	POT	N	M	e <sub>0</sub>	A <sub>cm<sup>2</sup></sub>	A' <sub>cm<sup>2</sup></sub>
13	C	9,169	7,054	76,93	5,083	
	D	16,407	4,25	25,9	1,838	
	E	14,873	3,76	25,28	1,586	
	F	8,498	5,955	70,08	4,205	
12	C	18,172	7,369	40,55	4,134	
	D	29,819	5,863	19,66	1,73	
	E	29,987	5,53	18,44	1,42	
	F	16,973	6,745	39,74	3,94	
11	C	28,141	8,91	31,66	4,56	
	D	44,049	7,483	16,99	1,48	
	E	39,735	7,157	18,01	1,73	
	F	26,542	8,322	31,35	4,23	
10	C	39,152	12,012	30,68	3,20	
	D	57,886	9,755	16,95	<0	
	E	52,064	9,101	17,48	0,14	
	F	37,258	10,967	29,44	3,21	
9	C	51,359	12,525	24,38	2,67	
	D	71,916	11,046	15,36	<0	
	E	64,496	10,527	16,32	<0	
	F	49,324	11,821	23,96	2,42	
8	C	47,324	3,361	7	2,175	
	D	86,173	1,814	2	<0	
	E	79,316	1,630	2	<0	
	F	42,530	2,625	6	1,968	
7	C	55,136	3,361	6	<0	
	D	100,198	1,814	1,8	<0	
	E	92,036	1,630	1,7	<0	
	F	49,538	2,625	5,3	<0	
6	C	63,018	5,594	8,9	<0	
	D	113,814	3,394	3	<0	
	E	104,733	2,397	2,3	<0	
	F	56,618	4,408	7,8	<0	
5	C	70,92	3,796	5,3	<0	
	D	127,391	2,414	1,9	<0	
	E	117,427	1,708	1,5	<0	
	F	63,721	2,815	4,4	<0	
4	C	78,823	4,788	6	<0	
	D	140,944	3,005	2,1	<0	
	E	130,12	2,124	1,6	<0	
	F	70,824	3,782	5,3	<0	
3	C	87,615	3,596	4,1	7,702	
	D	152,945	2,280	1,5	<0	
	E	143,157	1,594	1,1	<0	
	F	78,727	2,840	3,6	<0	
2	C	95,560	4,478	4,7	<0	
	D	165,273	2,0177	12,21	<0	
	E	154,097	1,9,689	12,77	<0	
	F	85,985	2,0,247	23,55	<0	
1	C	104,434	20,142	19,30		2,64
	D	179,639	12,835	7,14		0
	E	166,203	12,499	7,5		0
	F	92,826	12,883	13,87		0

N	POT	N	M	e <sub>0</sub>	A	A'
13	C	4,804	0,594	12,36	<0	
	D	10,377	1,214	11,7	<0	
	E	9,499	1,531	15,93	0,249	
	F	4,149	0,115	2,77	1,43	
12	C	7,818	2,382	30,47	1,18	
	D	18,046	3,311	17,76	0,77	
	E	14,733	3,516	23,86	1,14	
	F	6,498	2,768	42,6	1,67	
11	C	10,048	3,517	35,1	1,92	
	D	26,204	4,656	17,92	1,12	
	E	24,422	4,896	20,0	1,49	
	F	7,954	4,18	52,35	2,73	
10	C	11,61	4,342	37,4	1,63	
	D	33,767	5,253	15,56	<0	
	E	31,783	5,572	17,55	0,018	
	F	8,646	4,776	55,24	2,245	
9	C	12,259	5,782	47,17	2,53	
	D	41,097	6,693	16,29	<0	
	E	39,009	7,012	17,98	0,124	
	F	7,297	6,216	74,92	3,27	
8	C	12,138	8,003	65,93	4,04	
	D	48,78	8,003	16,58	4,04	
	E	46,229	8,322	18,0	0,295	
	F	7,071	7,526	106,0	4,29	
7	C	11,920	9,198	81,25	4,94	
	D	55,332	9,607	17,36	0,097	
	E	53,405	9,794	18,34	0,147	
	F	5,059	9,419	186,0	3,799	
6	C	9,927	9,106	91,73	3,153	
	D	62,116	9,919	15,96	<0	
	E	60,458	10,335	17,09	<0	
	F	2,385	9,574	401,43	4,23	
5	C	7,945	10,166	127,95	3,15	
	D	68,350	10,979	15,97	<0	
	E	67,462	11,395	16,89	<0	
	F	-0,958	10,634	1110,02	5,107	
4	C	5,394	15,530	287,91	6,687	
	D	75,27	11,948	15,87	<0	
	E	74,431	12,365	16,61	<0	
	F	-4,948	11,604	2,35	6,02	
3	C	113,76	25,064	17,94	<0	
	D	158,346	23,801	15,03	<0	
	E	81,293	17,421	21,43	<0	
	F	-10,735	17,049	158,82	9,23	
2	C	-5,618	16,824	299,47	8,05	
	D	84,603	17,388	20,55	<0	
	E	85,211	17,844	20,94	<0	
	F	-19,061	17,324	90,89	9,82	
1	C	-10,061	14,051	139,66	7,34	
	D	88,044	10,498	11,92	<0	
	E	98,263	10,951	11,10	0	
	F	-26,329	10,434	39,55	11,58	

SENS LONGITUDINAL

$(N^{MAX}, M^{CORR}), (M^{MAX}, N^{CORR})$

$(N^{MIN}, M^{CORR})$

MIN	POT	N	M	e0	A	A'
13	1	1,54	5,44	223,37	2,808	
	2	0,807	3,44	426,27	2,89	
	3	0,063	3,44	5460,03	2,97	
12	1	5,04	5,95	84,70	4,59	
	2	2,652	5,95	44,57	4,958	
	3	0,2	5,95	2975	5,13	
11	1	10,237	7,64	74,63	5,47	
	2	5,389	7,64	141,77	6,01	
	3	0,403	7,64	1895,78	6,57	
10	1	17,094	9,03	52,82	4,177	
	2	9,002	9,03	100,23	5,09	
	3	0,667	9,03	1353,82	6,63	
9	1	26,094	11,06	42,38	4,53	
	2	13,458	11,06	82,17	5,96	
	3	0,993	11,06	1113,79	7,369	
8	1	36,865	12,9	34,90	4,561	
	2	19,136	12,9	67,41	6,56	
	3	1,433	12,9	900,20	8,56	
7	1	49,151	14,50	29,50	4,256	
	2	25,622	14,50	56,59	6,91	
	3	1,927	14,50	752,46	9,86	
6	1	62,882	16,06	25,53	0,24	
	2	32,909	16,06	48,80	3,81	
	3	2,453	16,06	654,70	7,27	
5	1	78,085	17,75	22,73	<0	
	2	40,979	17,75	43,31	3,69	
	3	3,015	17,75	588,72	8,00	
4	1	94,793	19,43	20,49	<0	
	2	49,843	19,43	39,98	3,474	
	3	3,635	19,43	534,52	8,72	
3	1	115,421	26,5	22,95	<0	
	2	60,805	26,5	43,58	5,55	
	3	4,403	26,5	601,86	11,956	
2	1	164,757	35,693	21,66	<0	
	2	98,592	35,693	36,20	4,391	
	3	34,885	19,106	54,78	4,404	
1	1	212,132	32,33	15,24	<0	
	2	128,452	32,883	25,59	<0	
	3	33,441	32,744	97,91	10,57	

MIN	POT	N	M	e0	A	A'
13	1	-1,54	3,44	223,37	3,15	
	2	-0,807	3,44	426,27	3,072	
	3	-0,063	3,44	5460,03	2,98	
12	1	-5,04	5,95	84,70	5,72	
	2	-2,652	5,95	44,57	5,45	
	3	-0,2	5,95	2975	5,179	
11	1	-10,237	7,64	74,63	7,77	
	2	-5,389	7,64	141,77	7,22	
	3	-0,43	7,64	1895,78	6,66	
10	1	-17,094	9,03	52,82	8,03	
	2	-9,002	9,03	100,23	7,125	
	3	-0,667	9,03	1353,82	6,18	
9	1	-26,094	11,06	42,38	10,42	
	2	-13,458	11,06	82,17	9,00	
	3	-0,993	11,06	1113,79	7,59	
8	1	-36,865	12,9	34,90	12,89	
	2	-19,136	12,9	67,41	10,887	
	3	-1,433	12,9	900,20	10,017	
7	1	-49,151	14,5	29,50	15,36	
	2	-25,622	14,5	56,59	12,97	
	3	-1,927	14,5	752,46	10,29	
6	1	-62,882	16,06	25,53	0,27	14,7
	2	-32,909	16,06	48,80	11,285	
	3	-2,453	16,06	654,70	7,827	
5	1	-78,085	17,75	22,73	1,32	17,27
	2	-40,979	17,75	43,31	12,995	
	3	-3,015	17,75	588,72	8,68	
4	1	-94,793	19,43	20,49	2,55	20,01
	2	-49,843	19,43	39,98	14,807	
	3	-3,635	19,43	534,52	9,54	
3	1	-115,421	26,5	22,95	1,83	25,64
	2	-60,805	26,5	43,58	19,36	
	3	-4,403	26,5	601,86	12,96	
2	1	-164,757	29,28	21,10	4,07	28,26
	2	-79,12	33,797	42,71	23,96	
	3	0,576	28,727	4997,32	12,58	
1	1	-194,89	32,95	16,90	9,08	37,10
	2	-86,694	32,397	37,36	24,22	
	3	4,485	27,171	605,82	11,45	

TABLEAU RECAPITULATIFS DU FERRAILLAGE DES POTEAUX

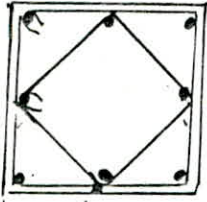
SOLL	SP2				FERRAILLAGE			
	NIV	A=A' LONG	A=A' TRANS	A <sup>min</sup> (RPA)	A <sup>max</sup> (RPA)	A adopté	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL
13		3,15	< 0	12,25	49	16,08	2(3T16)	2(3T16)
		3,15	< 0	12,25	49			
		3,15	0,249	12,25	49			
		3,15	0	12,25	49			
12		5,72	1,18	12,25	49	16,09	2(3T16)	2(3T16)
		5,72	0,77	12,25	49			
		5,72	1,41	12,25	49			
		5,72	1,67	12,25	49			
11		7,77	1,32	12,25	49	20,6	2(2T20 + 1T16)	2(2T20 + 1T16)
		7,77	1,49	12,25	49			
		7,77	1,49	12,25	49			
		7,77	2,73	12,25	49			
10		8,03	1,62	20,25	81	2,06	2(2T20 + 1T16)	2(2T20 + 1T16)
		8,03	<	20,25	81			
		8,03	0,098	20,25	81			
		8,03	2,254	20,25	81			
9		10,42	2,53	20,25	81	32,17	2(4T20)	2(2T20 + 2T16)
		10,42	<	20,25	81			
		10,42	0,24	20,25	81			
		10,42	3,27	20,25	81			
8		12,49	4,04	20,25	81	32,17	2(4T20)	2(2T20 + 2T16)
		12,49	4,04	20,25	81			
		12,49	0,295	20,25	81			
		12,49	4,29	20,25	81			
7		15,36	4,94	20,25	81	38,45	2(5T20)	2(2T20 + 2T16)
		15,36	0,097	20,25	81			
		15,36	0,47	20,25	81			
		15,36	5,977	20,25	81			
6		14,7	3,153	36	144	38,45	2(5T20)	2(2T20 + 2T16)
		14,7	<	36	144			
		14,7	<	36	144			
		14,7	4,23	36	144			
5		17,27	3,15	36	144	47,30	2(4T25)	2(2T25 + 2T16)
		17,27	<	36	144			
		17,27	<	36	144			
		17,27	5,107	36	144			
4		20,013	6,67	36	144	47,30	2(5T25)	2(2T25 + 2T16)
		20,013	<	36	144			
		20,013	<	36	144			
		20,013	6,02	36	144			
3		23,64	7,302	36	144	55,12	2(5T25)	2(2T25 + 2T16)
		23,64	<	36	144			
		23,64	<	36	144			
		23,64	6,02	36	144			
2		28,97	8,05	49	196	62,95	2(6T25)	2(2T25 + 2T16)
		28,97	<	49	196			
		28,97	<	49	196			
		28,97	9,82	49	196			
1		37,104	7,34	49	196	86,58	2(6T25)	2(2T25 + 2T16)
		37,104	<	49	196			
		37,104	0	49	196			
		37,104	11,57	49	196			



FERRAILLAGE DES POTEAUX

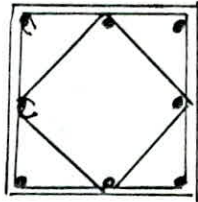
NIV 13

8T16

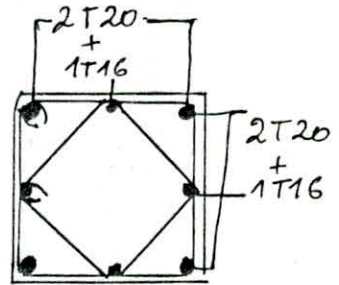


NIV 12

8T16

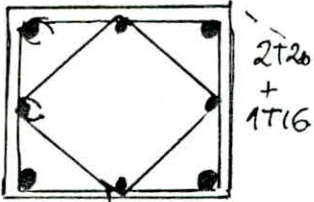


NIV 11



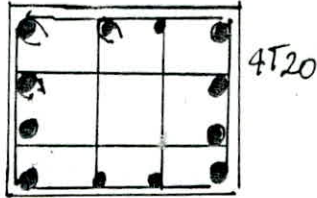
NIV 10

2T20 + 1T16



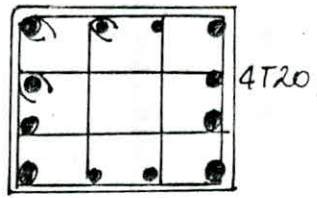
NIV 9

2T20 + 2T16



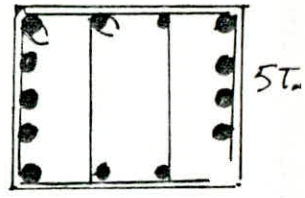
NIV 8

2T20 + 2T16



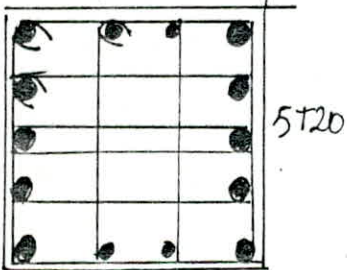
NIV 7

2T20 + 2T16



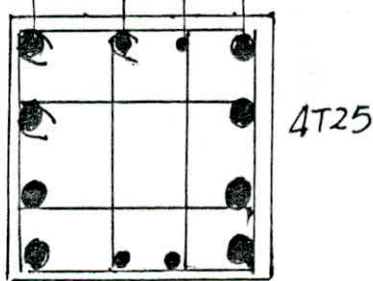
NIV 6

2T20 + 2T16



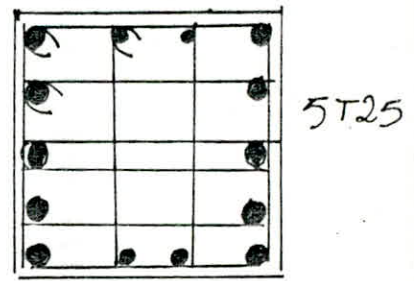
NIV 5

2T25 + 2T16



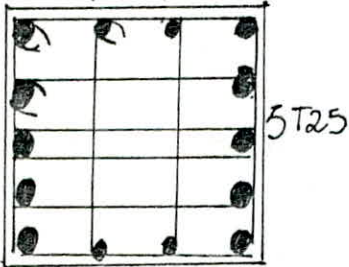
NIV 4

2T25 + 2T16



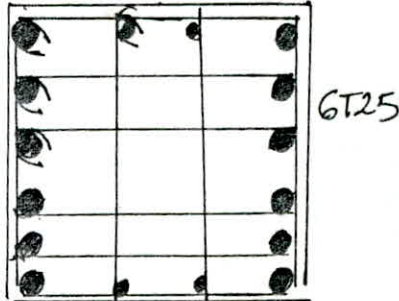
NIV 3

2T25 + 2T16



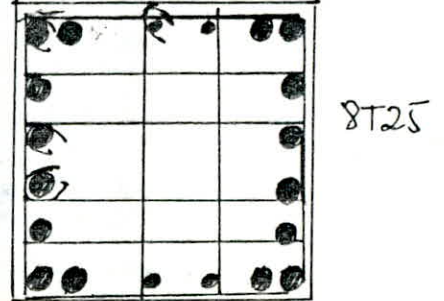
NIV 2

2T25 + 2T16



NIV 1

2T25 + 2T16



verification de la resistance a l'effort tranchant

$$\tau_b = \frac{nT}{b_3} < \bar{\tau}_b$$

$$\bar{\tau}_b = 0,15 \sigma_{28}$$

$$z = 7/8 h \quad b = \text{largeur du poteau}$$

$$n = 2 \quad \text{si } \lambda > 15$$

$$n = 3 \quad \text{si } \lambda < 15$$

T effort tranchant revenant au poteau.

$$\lambda = \frac{l_0}{i}$$

$$l_0 = 0,7 l_0, \quad i = \sqrt{\frac{I}{B}}$$

I: inertie du poteau  
B: section du poteau

$$\bar{\tau}_b = 41,31 \text{ Kg/cm}^2$$

$$T = \text{Max}(T_{\text{trans}}, T_{\text{long}})$$

NIVEAU 13, 12, 11

$$\lambda > 15 \quad T_j = 4,54t, \quad \tau_b = 8,47 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b$$

NIVEAU 10, 9, 8, 7

$$\lambda > 15 \quad T_j = 9,46t \quad \tau_b = 11,73 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b$$

NIVEAU 6, 5, 4, 3

$$\lambda < 15 \quad T_j = 13,57t \quad \tau_b = 14,32 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b$$

NIVEAU 2, 1

$$\lambda < 15 \quad T_j = 14,8 \quad \tau_b = 11,50 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b$$

Armatures transversal

RPA 81 article 4.2.2.1.

l'espacement entre les cours successifs d'armatures transversal ne devra pas dépasser 12 fois le diamètre de la plus petite dimension des armatures longitudinales en zone courante et le minimum de (10φ, 15cm) en zone nodale;

$$\phi = 16 \text{ mm.}$$

zone nodale.  $t \leq (10\phi, 15\text{cm}) = 16 \text{ cm.}$

zone courante  $t \leq 12\phi = 19,2 \text{ cm.}$

on optera pour  $\left\{ \begin{array}{l} t = 10 \text{ cm} \quad \text{en zone nodale.} \\ t = 18 \text{ cm} \quad \text{en zone courante.} \end{array} \right.$

# FERRAILLAGE DES POUTRES

Conformément à l'art. A15 du CCBA 68, les poutres seront calculées en flexion simple. Il ne sera pas tenu compte des efforts normaux dans celles-ci.

Elles seront ferrillées sous la sollicitation du 1<sup>er</sup> genre ( $S_{P_1}$ ) et sous la plus défavorable des sollicitations du 2<sup>e</sup> genre ( $S_{P_2}$ ).

- Sollicitation du 1<sup>er</sup> Genre:  $G+1,2 P$

- Sollicitation du 2<sup>e</sup> Genre:  $G+P \pm SI$  ;  $0,8G \pm SI$

On adoptera la section d'acier la plus grande.

Si le moment sous  $S_{P_1}$  augmenté de 50% est supérieur au moment sous  $S_{P_2}$  ( $1,5 M_1 > M_2$ ) on calculera et on vérifiera la section d'armatures sous  $S_{P_1}$ . Dans le cas contraire, le calcul sera fait sous  $S_{P_2}$ .

## Méthode de Calcul

on a choisi la méthode de M<sup>e</sup> P. Charon exposée dans son livre. Pour le calcul des sections en flexion simple avec ou sans armatures comprimées.

## Armatures transversales

Contrainte de cisaillement maximum :

$$\tau_b = \frac{T_{max}}{b \cdot z} \quad z = \frac{7}{8} h \quad b \text{ largeur de la poutre.}$$

Contrainte de cisaillement admissible

•  $\tau_b \leq 3,5 \bar{\sigma}_b$  si  $\sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_{b_0}$

•  $\tau_b \leq \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{\sigma'_{b_0}}\right) \bar{\sigma}_b$  si  $\bar{\sigma}'_{b_0} \leq \sigma'_b \leq 2 \bar{\sigma}'_{b_0}$

Contrainte admissible des armatures transversales

$$\bar{\sigma}_{at} = \rho_a \sigma_{cu} \quad \text{avec } \rho_a = \frac{2}{3} \text{ si on a reprise de bétonnage}$$

$$\bar{\sigma}_{at} = \begin{cases} \left(1 - \frac{\tau_b}{9 \bar{\sigma}_b}\right) \cdot \sigma_{cu} & \text{si on n'a pas reprise de bétonnage} \\ \geq \frac{2}{3} \sigma_{cu} \end{cases}$$

## Vérifications

\* Condition de la flèche (Art. 61. CCBA 68)

•  $h_f \geq \frac{l}{16}$

•  $h_f \geq \frac{1}{10} \frac{M_E}{M_0} l$

•  $A \leq b h \frac{43}{\sigma_{cu}}$

Il est inutile de vérifier la flèche si ces 3 conditions sont vérifiées.

\* Condition de non fragilité Art. 52.1 CCBA 68

Pour la poutre flechie, on doit avoir

•  $A \geq b h \psi_4 \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_a} \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 \quad \psi_4 = 0,54 \text{ (acier écrouillé)}$

• Condition de non entraînement (Art. 29.11. CCBA 68)

$$\tau_d \leq \bar{\tau}_d \quad \tau_d = \frac{T_{max}}{u p z} \leq \bar{\tau}_d \quad \bar{\tau}_d = 2 \psi_4 \bar{\sigma}_b$$

Condition de non fissuration Art. 49.22 CCBA 68

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

$$\sigma_1 = \frac{k_4}{\phi} \frac{w_f}{1+10w_f} \quad , \quad \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{4}{\phi} k \bar{\sigma}_b}$$

### PORTIQUE TRANSVERSAL

Moment dans les poutres sous  $SP_1$  et  $SP_2$

Niv 13	$SP_1$	7,762		5,093		6,126		6,219
			6,966		1,395		5,769	
Niv 12	$SP_2$	9,703		4,233		7,168		3,217
			6,246		1,910		6,049	
Niv 11	$SP_1$	4,826		5,103		4,680		5,461
			5,536		1,611		4,501	
Niv 10	$SP_2$	11,705		6,967		7,414		10,4
			6,643		1,541		5,713	
Niv 9	$SP_1$	6,852		5,211		4,637		5,482
			5,493		1,711		4,563	
Niv 8	$SP_2$	14,705		8,722		8,967		13,24
		3,369	3,434	2,451	1,640	4,215	6,475	4,175
Niv 7	$SP_1$	7,162		6,237		4,835		5,918
			4,995		2,064		4,157	
Niv 6	$SP_2$	17,546		10,266		9,97		16,166
		6,426	7,757	4,311	1,990	3,772	6,752	7,366
Niv 5	$SP_1$	7,247		4,722		5,248		5,858
			4,749		2,275		3,953	
Niv 4	$SP_2$	24,103		4,096		11,575		19,67
		3,708	3,511	6,469	2,255	5,842	7,613	10,334
Niv 3	$SP_1$	7,347		6,722		5,248		5,859
			4,749		2,275		3,053	
Niv 2	$SP_2$	23,853		13,230		13,145		22,141
		12,508	9,346	8,109	2,285	7,402	8,393	13,382
Niv 1	$SP_1$	7,347		6,722		5,248		5,855
			4,749		2,275		3,953	
Niv 0	$SP_2$	26,333		14,772		14,555		24,911
		14,498	10,086	9,56	2,335	8,812	9,103	15,866
Niv -1	$SP_1$	7,644		7,365		5,804		6,091
			4,403		2,615		3,664	
Niv -2	$SP_2$	29,887		15,806		15,491		27,110
		17,082	10,47	11,273	2,702	10,534	9,499	17,997
Niv -3	$SP_1$	7,77		7,593		6,005		6,19
			4,273		2,761		3,553	
Niv -4	$SP_2$	31,167		16,972		16,44		29,61
		19,169	10,945	12,688	2,891	11,900	10,013	20,09
Niv -5	$SP_1$	7,77		7,593		6,005		6,19
			4,273		2,761		3,553	
Niv -6	$SP_2$	33,197		18,192		17,610		31,68
		21,199	12,7605	13,908	2,916	13,07	10,583	22,12
Niv -7	$SP_1$	8,609		8,382		5,68		5,793
			5,435		2,414		5,217	
Niv -8	$SP_2$	39,552		21,912		21,198		37,9
		26,88	14,285	17,291	3,42	16,271	13,005	27,801

Niv 2	SP <sub>1</sub>	7,819		7,638		5,680		5,783
			7,065		2,144		5,217	
	SP <sub>2</sub>	43,998	0,222	24,277		23,384	9,235	42,131
		33,462	17,433	21,316	2,738	20,179	15,226	34,326
Niv 1	SP <sub>1</sub>	8,750		8,630		6,372		6,487
			8,196		2,83		6,07	
	SP <sub>2</sub>	38,555	7,342	20,671		19,943	7,445	36,489
		27,242	16,49	17,556	2,938	16,579	14,142	28,406

Si  $1,5 M_1 > M_2$  on ferraillera sous SP<sub>1</sub> c'est à dire sous M<sub>1</sub> si on M<sub>2</sub>.

Sections d'étude

Niv 13	7,762		5,093		6,126		6,259
		4,966		1,395		5,763	
Niv 12	11,705		5,103		7,414		10,4
		5,536		1,681		4,508	
Niv 11	14,55	9,095	7,531		9,767	0,321	13,24
	3,969	5,493	4,451	1,711	4,815	4,558	4,375
Niv 10	17,546	1,304	10,266		7,77	1,426	16,166
	6,486	4,995	4,311	2,064	3,712	4,157	7,326
Niv 9	21,103	3,511	12,096		11,575	3,554	19,68
	9,758	7,521	6,463	2,775	5,842	7,613	10,634
Niv 8	23,85	2,336	13,230		13,945	3,335	22,413
	12,508	9,346	9,109	2,275	7,402	9,393	13,373
Niv 7	26,333	4,076	14,72		14,595	4,045	24,911
	14,988	10,086	9,56	2,275	8,842	9,103	19,863
Niv 6	28,887	5,082	15,806		15,491	4,961	27,402
	17,082	10,47	11,273	2,617	10,534	9,499	17,997
Niv 5	31,167	5,781	16,972		16,64	5,674	29,697
	19,189	10,995	12,688	2,761	11,900	10,013	20,098
Niv 4	33,197	6,454	18,192		17,610	6,249	31,687
	21,199	11,605	13,908	2,761	13,07	10,588	22,128
Niv 3	39,552	8,127	21,912		21,198	7,849	37,9
	26,88	14,285	17,291	3,271	16,271	13,005	27,806
Niv 2	43,998	9,222	24,277		23,384	9,235	42,131
	33,462	17,433	21,316	2,414	20,179	15,226	34,326
Niv 1	38,555	7,342	20,671		19,943	7,445	36,489
	27,242	16,49	17,556	2,830	16,579	14,142	28,406

Les poutres supportant des charges verticales de planchers doivent comporter des armatures filantes (sup et inf) dont la section minimale est imposée par le R.P.A art. 4.2.3.2 indiquée par la figure 8.

Les sections d'acier adoptées pour les différents moments aux appuis et au Travées sont données dans les Tableaux ci-après.

Ferrailage adopté

Niv 13	6T12 3T12	3T12 6T12	5T12 3T12	3T12 3T12	5T12 3T12	3T12 5T12	6T12 3T12
Niv 12	5T12 3T12	3T12 5T12	4T12 3T12	3T12 3T12	4T12 3T12	3T12 4T12	6T12 3T12
Niv 11	3T16 + 2T14 3T16	3T16 3T16	3T16 3T16	2T16 3T16	3T16 3T16	2T16 3T16	3T16 + 2T14 3T16
Niv 10	3T16 + 3T14 3T16	2T16 3T16	3T16 3T16	2T16 3T16	3T16 3T16	2T16 3T16	3T16 + 3T14 3T16
Niv 9	4T16 + 4T14 4T16	2T16 4T16	4T16 4T16	2T16 4T16	4T16 4T16	2T16 4T16	4T16 + 4T14 4T16
Niv 8	4T16 + 4T14 4T16	2T16 4T16	4T16 4T16	2T16 4T16	4T16 4T16	2T16 4T16	4T16 + 4T14 4T16
Niv 7	3T20 + 3T16 3T20	2T20 3T20	3T20 3T20	2T20 3T20	3T20 3T20	2T20 3T20	3T20 + 3T16 3T20
Niv 6	6T20 4T20	2T20 4T20	+ 2T20 + 2T16 4T20	4T20 4T20	+ 2T20 + 2T16 4T20	2T20 4T20	6T20 4T20
Niv 5	6T20 4T20	2T20 4T20	+ 2T20 + 2T16 4T20	2T20 4T20	+ 2T20 + 2T16 4T20	2T20 4T20	6T20 4T20
Niv 4	6T20 + 2T16 4T20	2T20 4T20	4T20 4T20	2T20 4T20	4T20 4T20	2T20 4T20	6T20 + 2T16 4T20
Niv 3	6T20 + 2T16 4T20	2T20 4T20	4T20 4T20	2T20 4T20	4T20 4T20	2T20 4T20	6T20 + 2T16 4T20
Niv 2	8T20 + 4T20 + 4T16	2T20 4T20	+ 2T20 + 4T16 4T20	2T20 4T20	+ 2T20 + 4T16 4T20	2T20 4T20	8T20 4T20 + 4T16
Niv 1	8T20 + 4T20 + 4T16	2T20 4T20	+ 2T20 + 4T16 4T20	2T20 4T20	+ 2T20 + 4T16 4T20	2T20 4T20	8T20 4T20 + 4T16

Armatures en travées

Sens transversal

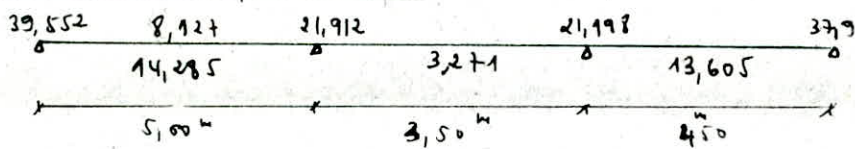
lit	M (cm)	A <sup>min</sup> <sub>RPA</sub>	A <sup>Min</sup> <sub>RPA</sub>	A <sub>adapté</sub>	A <sub>accroché</sub>	φ <sub>A</sub>	φ <sub>A'</sub>	σ <sub>a</sub>	σ <sub>a'</sub>	σ <sub>c</sub>
13	6,966	6,78	3,39	6,78	3,39	6T12	3T12	2407,7	778,25	66,36
	1,395	3,39	3,39	3,39	3,39	3T12	3T12	941,31	180,02	17,11
	5,769	5,65	3,39	5,65	3,39	5T12	3T12	2375,74	670,88	58,57
12	5,536	5,65	3,39	5,65	3,39	5T12	3T12	249,8	643,9	56,21
	1,641	3,39	3,39	3,39	3,39	3T12	3T12	1134,37	216,92	20,60
	4,509	4,52	3,39	4,52	3,39	4T12	3T12	2302,21	549,66	49,61
11	5,493	6,03	4,02	6,03	4,02	3T16	2T16	2120,67	614,37	53,4
	1,711	6,03	4,02	6,03	4,02	3T16	2T16	660,56	191,37	16,63
	4,558	6,03	4,02	6,03	4,02	"	"	1759,7	509,79	44,3
10	4,975	6,03	4,02	6,03	4,02	"	"	1928,41	558,67	48,55
	2,064	6,03	4,02	6,03	4,02	"	"	796,85	230,85	20,06
	4,157	6,03	4,02	6,03	4,02	"	"	1604,87	464,94	40,40
9	8,521	8,06	4,02	8,06	4,02	4T16	"	2489,92	894,87	75,04
	2,275	8,06	4,02	8,06	4,02	"	"	664,78	238,92	20,03
	7,613	8,06	4,02	8,06	4,02	"	"	2229,6	799,51	67,04
8	9,342	8,06	4,02	8,06	4,02	"	"	2730,99	881,51	82,31
	2,275	8,06	4,02	8,06	4,02	"	"	664,78	238,92	20,04
	8,393	8,06	4,02	8,06	4,02	"	"	2452,52	881,43	73,92
7	10,086	9,42	6,28	9,42	6,28	3T20	2T20	2519,57	947,4	78,92
	2,275	9,42	6,28	9,42	6,28	"	"	568,31	213,7	17,8
	9,103	9,42	6,28	9,42	6,28	"	"	2274	855,06	71,23
6	10,47	12,56	6,28	12,56	6,28	4T20	"	1986,84	926,97	75,04
	2,617	12,56	6,28	12,56	6,28	"	"	496,62	231,7	18,76
	9,499	12,56	6,28	12,56	6,28	"	"	1802,6	841	68,08
5	10,995	12,56	6,28	12,56	6,28	"	"	2086,47	973,45	78,81
	2,761	12,56	6,28	12,56	6,28	"	"	523,94	244,44	19,79
	10,043	12,56	6,28	12,56	6,28	"	"	1900,11	886,51	71,77
4	11,605	12,56	6,28	12,56	6,28	"	"	2202,22	1027,46	83,18
	2,761	12,56	6,28	12,56	6,28	"	"	523,94	244,45	19,80
	10,588	12,56	6,28	12,56	6,28	"	"	2009,23	937,42	75,85
3	14,285	12,56	6,28	12,56	6,28	"	"	2710,79	1264,74	102,39
	3,211	12,56	6,28	12,56	6,28	"	"	620,721	289,60	23,44
	13,205	12,56	6,28	12,56	6,28	"	"	2508,85	1169,12	94,61
2	17,403	12,56	6,28	12,56	"	"	"	2930,14	1309,2	103,72
	2,414	12,56	6,28	"	"	"	"	630,02	290,02	20,7
	15,226	12,56	6,28	"	"	"	"	2700,0	1104,3	93,72
1	16,490	12,56	6,28	"	"	"	"	2639,42	1240,3	92,20
	2,830	12,56	6,28	"	"	"	"	589,63	230,06	19,55
	14,142	12,56	6,28	"	"	"	"	2683,5	1090,02	96,08

# Armatures aux Appuis sens transversal

Niv	M	A <sub>cal</sub>	A' <sub>cal</sub>	A <sub>adopté</sub>	A' <sub>adopté</sub>	φ <sub>A</sub>	φ <sub>A'</sub>	σ <sub>ca</sub>	σ <sub>a</sub>	σ' <sub>a</sub>
13	7,762	6,74	/	6,78	3,39	6T12	3T12	2682,8	867,18	74
	5,093	4,42	/	5,65	3,39	5T12	"	2097,36	592,27	51,71
	6,126	5,32	/	5,65	3,39	5T12	"	2522,76	712,4	62,2
	6,219	5,90	/	6,78	3,39	6T12	"	2149,5	694,8	59,25
12	11,706	6,78	/	6,78	3,39	6T12	"	4045,91	1307,8	111,52
	5,103	4,43	/	4,52	3,39	4T12	"	2606,07	622,21	56,25
	7,414	4,29	/	4,52	3,39	4T12	"	3786,28	904	81,6
	10,40	6,02	/	6,78	3,39	6T12	"	3594,59	1161,9	99,08
11	14,55	8,42	/	9,01	6,03	3T16+3T14	3T16	3796,02	1390,83	116,3
	8,532	4,94	/	6,03	6,03	3T16	"	3276,5	884,25	77,86
	8,967	5,19	/	6,03	6,03	3T16	"	3443,52	929,33	81,83
	13,24	7,67	/	9,01	6,03	3T16+2T14	"	3454,25	1255,61	105,83
10	17,546	10,16	/	10,65	6,03	3T16+3T16	"	3900,57	1620,19	133,15
	10,262	5,94	/	6,03	6,03	3T16	"	3940,83	1063,54	93,05
	9,98	5,78	/	6,03	6,03	3T16	"	3832,53	1034,32	91,07
	16,166	9,36	/	10,65	6,03	3T16+3T16	"	3543,79	1492,75	122,84
9	21,103	12,22	/	12,56	8,06	4T16+4T16	4T16	3981,07	1769,75	144,09
	12,096	7,10	/	8,06	8,06	4T16	"	3492,52	1104,33	94,56
	11,585	6,70	/	8,06	8,06	4T16	"	3345,94	1058,25	90,57
	39,68	11,40	/	12,56	8,06	4T12+4T16	"	3122,63	1649,92	134,37
8	23,853	13,81	/	14,2	8,06	4T16	"	4002,46	1952,44	157,23
	13,230	7,66	/	8,06	8,06	4T16	"	3130,21	1209,19	103,51
	13,145	7,61	/	8,06	8,06	4T16	"	3105,6	1201,32	102,85
	22,413	12,98	/	14,2	8,06	4T16	"	3700,83	1831,55	147,74
7	26,338	15,44	1,20	15,45	9,42	3T20	3T20	4059,55	2089,88	163,72
	14,72	8,52	/	9,42	9,42	3T20	3T20	3646,51	1250,94	105,66
	14,55	8,43	/	9,42	9,42	3T20	3T20	3405,64	1236,91	104,47
	24,911	14,42	/	15,45	9,42	3T20+3T16	3T20	3840,33	1929,73	154,88
6	28,887	16,85	3,40	18,86	12,56	6T20	"	3650,43	1986,17	158,03
	15,806	9,15	/	10,30	12,56	4T20+2T16	"	3568,82	1205,9	102,1
	15,491	8,97	/	10,30	12,56	3T20+3T16	"	3497,79	1181,00	101,06
	27,402	16,05	2,12	18,85	12,56	6T20	3T20	3462,77	1844,07	149,91
5	31,167	19,09	5,37	18,85	12,56	6T20	4T20	3988,55	2142,57	170,51
	16,972	9,83	/	10,30	12,56	2T20+2T16	"	3832,19	1294,33	109,63
	16,44	9,52	/	10,30	12,56	2T20+2T16	"	3712,07	1254,30	106,19
	29,657	17,27	4,07	18,85	12,56	6T20	"	3747,73	2039,12	162,21
4	33,197	19,18	7,12	22,87	12,56	6T20+2T16	"	3489,63	2209,27	173,12
	18,192	10,53	/	12,57	12,56	4T20	"	3389,76	1311,68	110,95
	17,610	10,2	/	12,57	12,56	4T20	"	3281,32	1298,75	107,4
	31,687	18,37	5,82	22,87	12,56	6T20+2T16	"	3330,90	2107,83	165,213
3	39,552	22,62	12,61	22,87	12,56	6T20+2T16	"	4157,66	2631,08	206,26
	21,912	12,49	/	12,57	12,56	4T20	"	4082,92	1616,63	123,64
	21,198	12,27	/	12,57	12,56	4T20	"	3944,88	1563,77	129,3
	37,9	21,73	11,19	22,87	12,56	6T20	"	3984,00	2521,11	197,64
2	43,798	25,03	16,45	25,13	20,6	8T20	4T20+4T16	4206,75	1136,64	100,07
	24,277	14,05	/	13,43	13,43	2T20+4T16	4T20	3782,16	1024,70	103,00
	23,384	13,54	/	13,43	13,43	2T20+4T16	4T20	3674,08	1016,20	105,05
	42,131	24,02	14,84	25,13	20,6	8T20	2T20+4T16	4102,78	1200,06	104,28
1	38,555	22,09	11,73	25,13	20,6	8T20	4T20+4T16	4039,75	1149,12	100,27
	20,671	11,97	/	13,43	13,43	2T20+4T16	4T20	3560,80	1084,85	96,07
	19,943	11,55	/	13,43	13,43	2T20+4T16	4T20	2880,65	1164,88	102,13
	36,489	20,97	9,97	25,13	20,6	8T20	4T20+4T16	4004,25	1149,01	100,28



### Etude de La poutre (Niveau 3)



Calcul pour  $M = 39,552 \text{ t.m}$  sous  $SP_2$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \times 39,552 \cdot 10^5}{4200 \times 30 \times 47^2} = 0,2132 \rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,8322 \\ k = 14,8 \end{cases}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{4200}{14,8} = 283,784 > 206,55 \text{ Kg/cm}^2 = \bar{\sigma}'_b \Rightarrow \underline{A' \neq 0}$$

$$k = \frac{\bar{\sigma}_a}{\sigma'_b} = \frac{4200}{206,55} = 20,33 \rightarrow \begin{cases} \alpha = 0,424 \\ \mu' = 0,1724 \\ \varepsilon = 0,8584 \\ k = 0,1318 \end{cases} \quad \eta_1 = \alpha h = 19,97 \text{ cm}$$

$$\sigma'_a = \frac{15 (\eta_1 - d')}{\eta_1} \sigma'_b$$

$$\sigma'_b = \bar{\sigma}'_b \quad \sigma'_a = 2632,81 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$M_1 = \mu' \sigma'_b b h^2 = 24,97 \text{ t.m} \quad \rightarrow \quad \Delta M = M - M_1 = 14,58 \text{ t.m}$$

$$A_1 = \frac{M_1}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h} = 14,74 \text{ cm}^2 \quad ; \quad A' = \frac{\Delta M}{(h - d') \sigma'_a} = 14,50 \text{ cm}^2 \quad \begin{matrix} (4T20) \\ 12,56 \text{ cm}^2 \end{matrix}$$

$$A_2 = \frac{\Delta M}{(h - d') \bar{\sigma}_a} = 7,88 \text{ cm}^2 \quad A = A_1 + A_2 = 22,63 \text{ cm}^2 \quad \begin{matrix} (6T20) \\ + 2T16 \\ (22,86 \text{ cm}^2) \end{matrix}$$

### Verifications des contraintes

$$A' \quad 12,56 \text{ cm}^2 \quad (4T20)$$

$$A \quad \begin{matrix} 6T20 \\ + 2T16 \end{matrix} \quad (22,86 \text{ cm}^2)$$

$$b = 30 \text{ cm} \quad h_t = 50 \text{ cm}$$

$$\frac{b}{2n} \eta_1^2 + (A + A') \eta_1 - A'd' - A(h_t - d) = 0 \quad (\Leftrightarrow)$$

$$\eta_1^2 + 35,42 \eta_1 - 1074,42 = 0 \quad \Rightarrow \quad \eta_1 = 19,55 \text{ cm}$$

$$\frac{M}{k} = \frac{b}{3} \eta_1^3 + n A' (\eta_1 - d')^2 + n A (h_t - d - \eta_1)^2$$

$$\frac{M}{k} = 391271,75 \quad \Rightarrow \quad k = 10,1 \quad \rightarrow \quad \sigma'_b = k \eta_1 = 197,46 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow \quad \underline{\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b}$$

$$\sigma'_a = n k (\eta_1 - d') = 2507,33 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_a = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = n k (h_t - d - \eta_1) \quad \sigma_a = 4158,68 \text{ Kg/cm}^2 < 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

### Conditions de non fragilité

CCBA 67 art. 52,1

$$A \geq b_0 h \Psi_4 \frac{\bar{\sigma}_s}{\bar{\sigma}_a} \left( \frac{h_t}{h} \right)^2 \quad \Psi_4 = 0,59$$

$$A \geq 30 \times 47 \times 0,59 \frac{8,85}{4200} \left( \frac{50}{47} \right)^2 = 1,816 \text{ cm}^2$$

la condition est vérifiée

### Vérification de la flèche art. 58.4 CCBA 68

Si les 3 conditions sont vérifiées, il n'y a pas lieu de calculer la flèche.

①  $h_t \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} l$  (cas défavorable  $M_t = M_0$ )

②  $A \leq L h \frac{43}{\bar{\sigma}_{cm}}$

③  $h_t \geq l/16$

①  $h_t \geq \frac{1}{10} \times 1 \times 500 = 50 \text{ cm}$  bon

②  $A \leq 30 \times 47 \frac{43}{4200} = 14,43 \text{ cm}^2$   $A = 12,56 \text{ cm}^2$  (4T20)

③  $h \geq \frac{l}{16} = \frac{500}{16} = 31,25$  bon

la flèche est vérifiée

### Condition de fissuration (CCBA 68 Art. 49,22)

$$\sigma_1 = \frac{k_M w_f}{\phi (1 + 10 w_f)} \quad , \quad \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{4 k \bar{\sigma}_b}{\phi}}$$

$$w_f = \frac{22,86}{30 \times 4} = \frac{A}{B d} = 0,19 \quad \phi = 20 \text{ mm}$$

$$\sigma_1 = 7862,07 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad ; \quad \sigma_2 = 11060,84 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \bar{\sigma}_a < \max(\sigma_1, \sigma_2)$$

Condition vérifiée

### Condition de non entrainement

$$\bar{\tau}_d = 2 \Psi_d \bar{\sigma}_b \quad \Psi_d = 1,5$$

$$\bar{\tau}_d = 2 \times 1,5 \times 8,85 = 26,55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_d = \frac{T}{n_p Z} \leq \bar{\tau}_d$$

$$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ barres de } 16 \text{ mm} \\ 6 \text{ '' de } 20 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow n_p = 10,05 + 3470$$

$n_p = 47,75$

$$Z = \frac{I}{S} = \frac{7 \cdot 47}{8} = 41,15 \quad T = 14,742 \text{ t}$$

$$\tau_d = \frac{14,742 \cdot 10^3}{7,9 \cdot 47 \cdot 47,75} = 7,507 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < \bar{\tau}_d \quad \text{Condition vérifiée}$$

## Armatures transversales

$$T_{\max} = 14,742 \text{ t} \quad (SP_2)$$

$$\sigma_b^1 = 197,46 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = 4158,68 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_a^1 = 2507,83 \text{ kg/cm}^2$$

Contrainte de cisaillement

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{14,742 \cdot 10^3}{30 \times 7/8 \times 47} = 11,95 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{b_0} \leq \sigma_b^1 \leq 2 \bar{\sigma}_{b_0} \Rightarrow \bar{\tau}_b \leq \left(4,5 - \frac{\sigma_a^1}{\sigma_b^1}\right) \bar{\sigma}_b$$

$$\bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{197,46}{103,27}\right) \cdot 8,85 = 22,57 \text{ kg/cm}^2$$

$\tau_b < \bar{\tau}_b$  donc les armatures droites suffisent.

d'où  $\bar{\sigma}_{at} = \sigma_{en} = 2400 \text{ kg/cm}^2$  ( $SP_2$  Aciers doux)  $\rightarrow \phi 8$

$$A_t = 4\phi 8 = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$t = \frac{A_t \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = \frac{2,01 \times 7/8 \times 47 \times 2400}{14,742 \cdot 10^3} = 13,46 \text{ cm}$$

d'après le R.P.A

zone nodale  $t = \min(0,3l, 12\phi) = \min(14,1; 24) = 14,1$

zone courante  $t \leq 0,5l = 23,5 \text{ cm}$

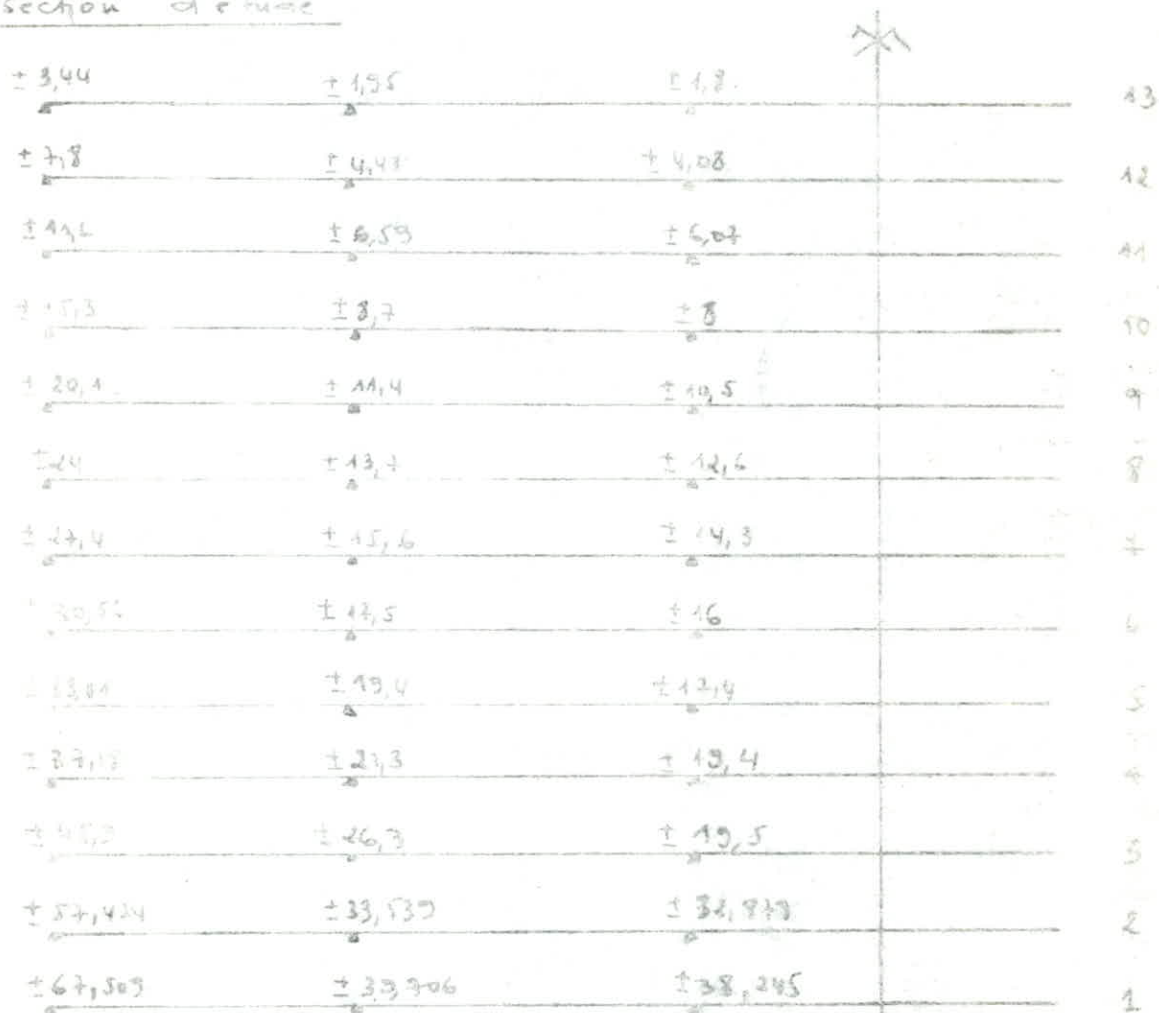
on adoptera  $t = 12 \text{ cm}$

## PORTIQUE LONGITUDINAL

Les poutres sont non portantes, sauf au niveau 1 et 2 (planchers dalles) elles sont sollicitées principalement par les forces latérales sismiques et doivent avoir des armatures symétriques avec une section en travée au moins égale à la moitié de la section sur appui (Art. 4.2.3.2.1 RPA 81)

On fera donc sous le moment maximum à l'appui

section d'étude



Le pourcentage total maximum des aciers doit être de 2,5% RPA 81  
Article 2.3.2.1

Area coniveau 1 et 2 :  $S_{c,1} = b \cdot h = 65,5 \text{ cm}^2$  (section en T)

bedonnant:  $b = 30 \text{ cm}$ ,  $h_c = 50$ ,  $h_o = 16 \text{ cm}$

car la section d'acier choisie  $\phi(5T32)$  dépasse cette quantité on doit augmenter la section de béton de la poutre  
on peut alors poser un coffrage  $(35 \times 70)$

$h_c = 70 \text{ cm}$      $b_o = 35$

Niv 43	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 42	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 41	2 T12	2 T12	2 T12 + 2 T10	2 T12 + 2 T10
Niv 40	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 39	2 T12 + 2 T16	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 38	2 T12 + 2 T14	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 37	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 36	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 35	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 34	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 33	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 32	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 31	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 30	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 29	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 28	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 27	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 26	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 25	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 24	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 23	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 22	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 21	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 20	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 19	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 18	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 17	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 16	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 15	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 14	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 13	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 12	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 11	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 10	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 9	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 8	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 7	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 6	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 5	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 4	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 3	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 2	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12
Niv 1	2 T12	2 T12	2 T12	2 T12

Ferravillage and site

X

# FONDITIONS

Vu l'importance de notre immeuble au point de vue charges et les poteaux plus ou moins rapprochés, un calcul préliminaire de prédimensionnement de semelles continues et isolées nous a montré que ces dernières sont très larges. Il en résulte pour des raisons économiques, de fonder le bâtiment sur une semelle unique constituant un radier général de répartition des charges. Un rapport de sol d'une construction voisine nous a donné un Taux de travail  $\bar{\sigma}_s = 2,5 \text{ t}$  sur une couche épaisse (Tout venant) de profondeur 20 m.  
Le Type de radier est un radier nervuré qui se calculera comme un plancher renversé.

## Dimensionnement du radier

\* La descente de charge a donné :  $G = 4723,362 \text{ t}$   
jusqu'à la base de calcul  $P = 1162,74 \text{ t}$

\* Poids de la cage rigide (Parking).

- poids des voiles ajoutés : 110 t
- poids des poteaux : 89,964 t
- poids du plancher : 262,65 t
- poids des poutres : 19,09 t

$$G_c = 491,709 \text{ t}$$

L'effort normal sur le radier est donc : sous  $SP_1$  1<sup>er</sup> Genr

$$N = G + 1,2 P = 5205,07 + 1,2 \times 1162,74 = 6600,26 \text{ t}$$

## Surface nécessaire du radier

$$\sigma = \frac{N}{S_{nec}} \leq \bar{\sigma}_s \Rightarrow S_{nec} \geq \frac{N}{\bar{\sigma}_s} = 264 \text{ m}^2$$

$$\text{Surface du bâtiment } S_0 = 15,5 \times 21,45 = 332,475 \text{ m}^2$$

on prendra un débord de 1 m

$$S_{rad} = S_0 + S_{débord} = 391,165 \text{ m}^2$$

## Dimensionnement de l'épaisseur du radier

Condition de cisaillement

On évite en général, de mettre des armatures transversales dans les dalles. Pour cela, on prend  $h_f$  telle que  $\tau_b = \frac{T_{max}}{I} \leq \bar{\tau}_b$

$$\tau_s = \frac{T_{\max}}{b_3} \leq \bar{\tau}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,78 \text{ Kg/cm}^2$$

$$T_{\max} = q \frac{l_{\max}}{2} \quad \text{avec} \quad q = \frac{N}{S_{\text{rad}}} = 16,94 \text{ t/m}^2 \quad \text{pression sous le radier}$$

$l_{\max} = 4,30 \text{ m}$  dans le sens porteur

$$T_{\max} = 36,42 \text{ t}$$

$$\text{d'où } h \geq \frac{8 T_{\max}}{7 b \bar{\tau}_b} = 62,39 \text{ cm}$$

On prendra  $h_t = 65 \text{ cm}$

$$\text{Condition forfaitaire } h_t \geq \frac{l_{\max}}{10} = 43 \text{ cm}$$

### Verification de la rigidité

On calculera la longueur élastique  $l_e$  :

$$l_e = \left( \frac{4EI}{kb} \right)^{1/4}$$

$k=4$  pour un sol moyen

$a$  : épaisseur du poteau

$$l_e \geq (l_i - a) \frac{2}{\pi}$$

$l_i$  : portée libre minimum entre 2 poteaux

$$l_i = 2,80 \text{ m}$$

$$h \geq \left[ \left( (l_i - a) \frac{2}{\pi} \right)^4 \frac{12 kb}{4Eb} \right] \quad E = 2 \cdot 10^5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow h \geq 29,30 \text{ cm} \quad \text{vérifié}$$

on peut admettre que les contraintes dans le sol sont linéaires.

### Verification au poinçonnement

$$1,5 \frac{N}{P_c h_t} \leq 1,2 \bar{\sigma}_b$$

$P_c$  : périmètre du contour cisailé

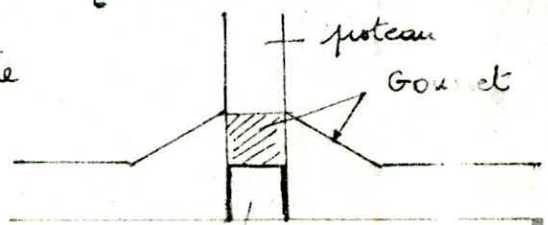
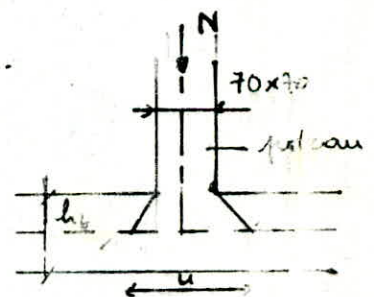
$$u = v = 70 + 2h_t = 200 \text{ cm}$$

$$P_c = 2(u + v) = 800 \text{ cm}$$

$N = 250 \text{ t}$  charge concentrée car  $0,4 < \frac{u}{v} < 2,5$  art. 39.53. CCOA

$$\text{on a } 1,5 \times \frac{250 \cdot 10^3}{800 \cdot 65} = 7,12 > 1,2 \bar{\sigma}_b \quad \text{donc on doit mettre}$$

des gougets de telle manière que le poinçonnement soit vérifié.



## Stabilité du radier

### \* Sollicitation du 1<sup>er</sup> Genre :

$$\text{poids du radier } 0,65 \times 2,5 \times 391,165 = 635,64 \text{ t}$$

$$N = (G + 1,2P) + 635,64 = 7262 \text{ t}$$

pression sous le radier est :

$$\sigma_s = \frac{N}{S} = 18,49 \text{ t/m}^2 < \bar{\sigma}_s = 25 \text{ t/m}^2$$

### \* Sollicitation du 2<sup>ème</sup> Genre :

Le radier est sollicité par les effets du moment de renversement  $M$  et de l'effort normal  $N$  qui agissent au niveau de la base. On vérifiera qu'il n'y a aucun soulèvement en bordure du radier et que les contraintes obtenues aux angles sont admissibles.

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_2}{S_{\text{rad}}} \pm \frac{M_v}{I_{\text{rad}}}$$

$$N_2 = G + P_{\text{rad}} + Q = 7029,46 \text{ t}$$

On a 2 vérifications à faire selon que le moment de renversement agit dans le sens transversal ou longitudinal

#### Sens Longitudinal

$$M = 7321,24 + 306,68 \times 3,06$$

$$M = 8259,69 \text{ t.m}$$

$$I_{\text{long}} = I_{xx} = 8794,17 \text{ m}^4$$

On doit vérifier que  $\sigma(L/4) < \bar{\sigma}_s$  avec  $\sigma\left(\frac{L}{4}\right) = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4}$

(D.T.U. 5.11)

$$v = 8,25 \text{ m}$$

$$\text{et } \begin{cases} \sigma_1 < 1,5 \bar{\sigma}_s \\ \sigma_2 < 1,5 \bar{\sigma}_s \end{cases} \quad \sigma_2 > 0$$

$$\sigma_1 = 25,72 \text{ t/m}^2 < 1,5 \times 25 = 37,5 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 10,22 \text{ t/m}^2 < 1,5 \times 25 = 37,5 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma\left(\frac{L}{4}\right) = \frac{3 \times 25,72 + 10,22}{4} = 21,93 \text{ t/m}^2 < \bar{\sigma}_s = 25 \text{ t/m}^2$$

vérifié

#### Sens transversal

$$M = 6567,16 \text{ t.m}$$

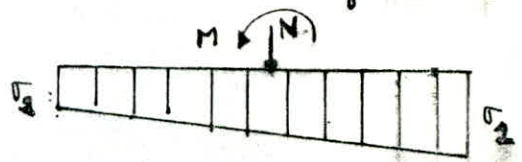
$$I_{Tr} = I_{yy} = 18609,61 \text{ m}^4$$

$$v = 12,575 \text{ m}$$

$$\sigma_1 = 22,40 \text{ t/m}^2 < 1,5 \bar{\sigma}_s$$

$$\sigma_2 = 13,5 \text{ t/m}^2 < 1,5 \bar{\sigma}_s$$

$$\sigma(L/4) = 20,26 \text{ t/m}^2 < 25 \text{ t/m}^2$$





## Détermination de la sollicitation la plus défavorable pour le calcul du radier

Le radier est calculé comme un plancher renversé (D.T.U. Art 6.3)

1<sup>er</sup> Genre :  $q_{sp1}$

2<sup>e</sup> Genre :  $q_{sp2}$

La charge à prendre en compte est la réaction du sol diminuée du poids du radier (D.T.U. Art 6.3.1)

a | Poids propre du radier.

$$P_p = 0,65 \times 2,5 = 1,625 \text{ t/m}^2$$

$$q_{sp1} = \frac{G + 1,2P + P_{rad}}{S} - P_{m1} = 18,49 - 1,625 = 16,935 \text{ t/m}^2$$

$$q_{sp2} = 28,72 - 1,625 = 24,095 \text{ t/m}^2$$

Pour le ferrailage, on a :

Sous  $SP_1$        $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2$        $\bar{\sigma}_b = 137 \text{ Kg/cm}^2$

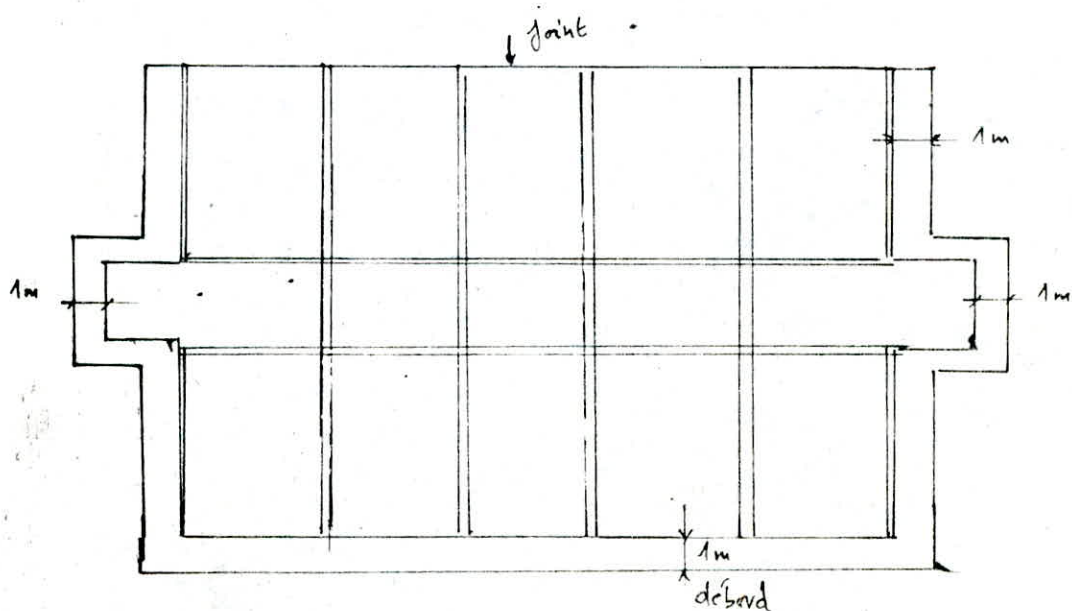
Sous  $SP_2$        $\bar{\sigma}_a = 4200 \text{ "}$        $\bar{\sigma}_b = 206,55 \text{ "}$

$$\underline{q_{sp2} > 1,5 q_{sp1}}$$

$$\frac{q_{sp1}}{\bar{\sigma}_a} = 6,05 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{q_{sp2}}{\bar{\sigma}_a} = 5,74 \cdot 10^{-4}$$

On calculera donc le radier sous la sollicitation  $SP_1$  avec une charge uniformément répartie  $q = 16,935 \text{ t/m}^2$

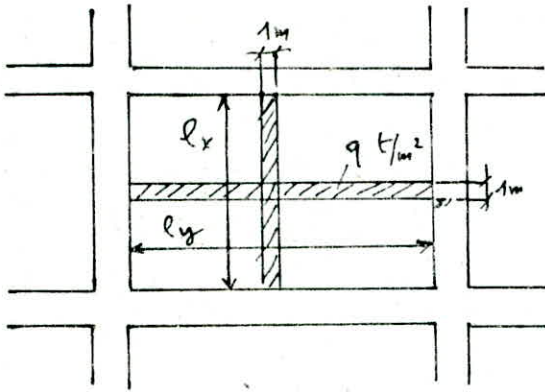


# détermination des efforts et du ferroutage dans les panneaux de dalles

Tous les panneaux sont appuyés sur 4 côtés. On calculera pour un seul panneau dont les dimensions sont les plus grandes. Les efforts seront déterminés par les abaques de Pigeaud. Le moment au milieu de la dalle pour une bande de 1m de largeur dans les 2 sens est :

$$M_x = P (M_1 + 0,15 M_2) \quad \text{avec} \quad P = q l_x l_y \quad \text{charge appliquée sur le panneau de dalle}$$

$$M_y = P (M_2 + 0,15 M_1)$$



$$\rho = \frac{l_x}{l_y}$$

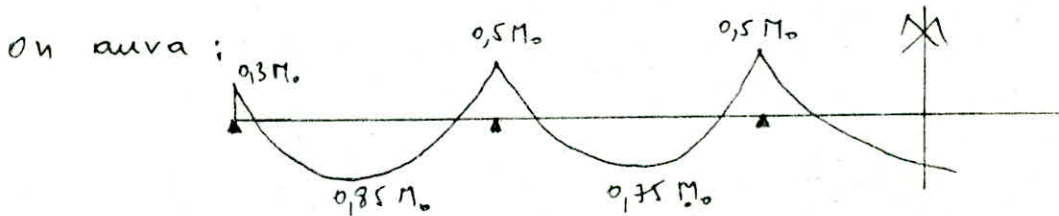
en fonction de  $\rho$ , on calcule les moments isostatiques  $M_{0x}$  et  $M_{0y}$

$$M_{0x} = (M_1 + 0,15 M_2)$$

$$M_{0y} = (M_2 + 0,15 M_1)$$

$M_1$  et  $M_2$  donnés par l'abaque de Pigeaud. Les moments en travée et à l'appui seront réduits de 15 à 25%

- en Travée
  - < Pour un panneau de rive  $M_t = 0,85 M_0$
  - < " " " " intern.  $M_t = 0,75 M_0$
- à l'appui
  - < appui de rive  $M_a^w = 0,3 M_0$
  - < " intern.  $M_a^c = 0,5 M_0$



l'écartement ou l'espacement  $e$  des armatures doit être :  
(Art. 39.6 CCBA)

$$e \leq \min (3h, 33 \text{ cm}) \quad \text{direction la plus sollicitée}$$

$$e \leq \min (4h, 45 \text{ cm}) \quad \text{" perpendiculaire}$$

## Calcul du panneau de rive

$$l_x = 2,80 \text{ m} \quad \text{entre nus des appuis}$$

$$l_y = 4,30 \text{ m} \quad \rho > 0,4 \quad \text{calcul dans les 2 sens.}$$

$$\rho_1 = \frac{l_x}{l_y} = 0,651 \quad \Rightarrow \quad M_1 = 0,048 \quad \text{P. charon}$$

$$\rho_2 = \frac{1}{\rho_1} = 1,536 \quad \Rightarrow \quad M_2 = 0,018 \quad \text{P. 129}$$

$$F = q \cdot l_x \cdot l_y = 16,935 \times 2,8 \times 4,5 = 203,89$$

Moments isostatiques

$$M_{0x} = 203,89 (0,048 + 0,15 \cdot 0,018) = 10,34 \text{ tm/ml}$$

$$M_{0y} = 203,89 (0,018 + 0,15 \cdot 0,048) = 5,14 \text{ tm/ml}$$

Moments en travée

$$M_{tx} = 0,85 M_{0x} = 8,79 \text{ tm/ml}$$

$$M_{ty} = 0,85 M_{0y} = 4,37 \text{ tm/ml}$$

Moments sur appuis

$$M_{ax}^w = 0,3 M_{0x} = 3,102 \text{ tm/ml}$$

$$M_{ay}^w = 0,3 M_{0y} = 1,54 \text{ tm/ml}$$

$$M_{ax}^e = 0,5 M_{0x} = 5,17 \text{ tm/ml}$$

$$M_{ay}^e = 0,5 M_{0y} = 2,57 \text{ tm/ml}$$

ferraillage du panneau

on a, sous  $S_{f1}$   $\bar{\sigma}_a = \min \begin{cases} 2/3 \bar{\sigma}_{cm} = 2800 \\ \max(\sigma_1, \sigma_2) \end{cases}$   $\bar{\sigma}_b = 137 \text{ Kg/cm}^2$

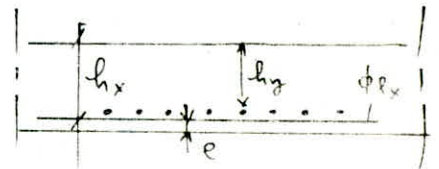
Choix du diamètre  $\phi$  des barres longitudinales (art. 29.14 CCBA 68)

on choisira  $\phi$  tel  $\phi \leq \frac{h_t}{10}$  enrobage  $e = 6 \text{ cm}$

on prendra  $\phi_{rx} = 14$  et  $\phi_{ry} = 10$

$$h_x = h_t - e - \frac{\phi_{rx}}{2} = 58,3 \text{ cm}$$

$$h_y = h_t - e - \phi_{ry}/2 = 57,1 \text{ cm}$$



Moment résistant du béton

$$M_{rb} = k b h^2 \quad k = \frac{1}{2} \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) \bar{\sigma}_b'$$

$$\alpha = \frac{n \bar{\sigma}_b'}{n \bar{\sigma}_b' + \bar{\sigma}_a} = \frac{15 \times 137}{15 \times 137 + 2800} = 0,423$$

$$\gamma = 0,858$$

$$k = 24,9$$

Suivant x  $M_{rb} = k b h_x^2 = 84,63 \text{ tm/ml}$

Suivant y  $M_{rb} = k b h_y^2 = 81,18 \text{ tm/ml}$

le  $M_{rb}$  est nettement supérieur aux moments calculés (dans chaque sens), les armatures de compression ne sont pas nécessaires.

Pour le calcul des armatures en travée dans le sens x, un calcul préliminaire a montré que la fissuration n'était pas vérifiée pour ds  $\phi_{14}$ . On prendra donc comme contrainte admissible des aciers, celle limitée par la condition de fissuration.

soit  $\sigma_a = \min \left\{ \begin{array}{l} \max(\sigma_1, \sigma_2) = \sigma_2 = 2414 \text{ Kg/cm}^2 \end{array} \right.$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K_1 \bar{\sigma}_a}{\phi}} = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6}{14} \times 1,6 \times 5,9} = 2414 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\bar{\sigma}_a = 2414 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

### Détermination des armatures

#### 1. Sens x

\* Travée :  $M_{tx} = 8,79 \text{ tm/ml}$

$$\mu = \frac{15 M_{tx}}{\bar{\sigma}_a b h_x^2} = \frac{15 \times 8,79 \cdot 10^5}{2414 \times 100 \times 58,3^2} = 0,0161 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \epsilon = 0,9431 \text{ Abaques.} \\ k = 74 \text{ P. charre} \end{array} \right.$$

$$A_t^x = \frac{8,79 \cdot 10^5}{2414 \times 0,9431 \times 58,3} = 6,62 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad \text{soit } \left\{ \begin{array}{l} 5T14/\text{ml} \\ A = 7,69 \text{ cm}^2/\text{ml} \end{array} \right. \quad t = 20 \text{ cm}$$

\* Appui de rive :  $M_{ax}^w = 3,102 \text{ tm/ml}$

$$\mu = \frac{15 M_{ax}^w}{\bar{\sigma}_a b h_x^2} = \frac{15 \times 3,102 \cdot 10^5}{2800 \times 100 \times 58,3^2} = 0,049 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k = 142 \\ \epsilon = 0,9682 \end{array} \right.$$

$$A_{ax}^w = \frac{M_{ax}^w}{\bar{\sigma}_a \epsilon h_x} = 1,962 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad \text{soit } \left\{ \begin{array}{l} 5T10/\text{ml} \\ 3,92 \text{ cm}^2/\text{ml} \end{array} \right. \quad t = 20 \text{ cm}$$

\* Appui intermédiaire :  $M_{ax}^e = 5,17 \text{ tm/ml}$

$$\mu = \frac{15 \times 5,17 \cdot 10^5}{2800 \times 100 \times 58,3^2} = 0,0081 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k = 108 \\ \epsilon = 0,9593 \end{array} \right.$$

$$A_{ax}^e = \frac{M_{ax}^e}{\bar{\sigma}_a \epsilon h_x} = \frac{5,17 \cdot 10^5}{2800 \times 0,9593 \times 58,3} = 3,30 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } \left\{ \begin{array}{l} 5T10/\text{ml} \\ 3,92 \text{ cm}^2 \end{array} \right. \quad t = 20 \text{ cm}$$

#### 2. Sens y

\* Travée :  $M_{ty} = 4,37 \text{ tm/ml} \quad l_{ny} = 57,1 \quad \bar{\sigma}_a = 2800 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

$$\mu = 0,0072 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k = 115 \\ \epsilon = 0,9615 \end{array} \right. \quad A_{ty} = 2,84 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad \text{soit } \left\{ \begin{array}{l} 5T10/\text{ml} \\ A = 3,92 \text{ cm}^2/\text{ml} \end{array} \right. \quad t = 20 \text{ cm}$$

\* Appui de rive :  $M_{ay}^w = 1,54 \text{ tm/ml}$

$$\mu = 0,0026 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k = 198 \\ \epsilon = 0,9765 \end{array} \right. \rightarrow A_{ay}^w = 0,986 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad \text{soit } 5T10/\text{ml} \\ A = 3,92 \text{ cm}^2 \quad t = 20 \text{ cm} \\ \text{adopté}$$

\* Appui intermédiaire :  $M_{ay}^e = 2,57 \text{ tm/ml}$

$$\mu = 0,0042 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \epsilon = 0,9704 \\ k = 154 \end{array} \right. \rightarrow A_{ay}^e = 1,66 \text{ cm}^2/\text{ml} \\ \text{soit } \left\{ \begin{array}{l} A = 3,92 \text{ cm}^2/\text{ml} \\ 5T10/\text{ml} \end{array} \right. \quad t = 20 \text{ cm}$$

## Verifications diverses

Condition de non fragilité (art. 52. CCBA 68)

$$A \geq \max \{ \min (A_2; 1,2 A_0) ; A_0 \}$$

• Sens X (Armatures suivant  $l_x$ )

$$A_0 = A_{tx} = 7,69 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_1 = 1,2 A_0 = 9,23 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_2 = 0,69 b h_x \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{cn}} \left( \frac{2-f}{2} \right) = 3,81 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A \geq \max \{ (3,81; 7,69) \} = 7,69 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad \text{vérifiée}$$

• Sens Y

$$A_0 = 3,92 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad A_1 = 1,2 A_0 = 4,7 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_2 = 0,69 b h_y \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{cn}} \left( 1+f/4 \right) = 2,28 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A \geq \max (2,28; 3,92) = 3,92 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad \text{Vérifiée}$$

Condition de non fissuration

• Sens X : \* en Tracée

$$\bar{\omega}_f = \frac{A_{tx}}{2 b d} = \frac{7,69}{2 \times 100 \times 6} = 0,064$$

$$\sigma_1 = \frac{K_1}{\phi} \frac{\omega_f}{1+10\omega_f} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \times 1,6}{14} \times \frac{0,064}{1+0,64} = 1031,15 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K_1}{\phi} \bar{\sigma}_b} = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \times 1,6 \times 5,9}{14}} = 2414 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = \min \{ 2800; \max (1031,15; 2414) \} = 2414 \text{ kg/cm}^2$$

\* Allai (Vérifiée)

Vérifiée

• Sens Y : même calcul, la condition est vérifiée

Verification des Contraintes

• Sens X  $\bar{\omega} = \frac{100 A_{tx}}{b h_x} = \frac{100 \times 7,69}{100 \times 58,3} = 0,131 \rightarrow \begin{cases} K=68,5 \\ \epsilon=0,9401 \end{cases}$

$$\sigma_a = \frac{M_{tx}}{A_{tx} \epsilon h_x} = \frac{8,19 \cdot 10^5}{7,69 \cdot 0,9401 \cdot 58,3} = 2085,55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 2414 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b^I = \frac{\sigma_a}{K} = 30,45 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b^I = 187 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

• Sens Y  $\bar{\omega} = \frac{100 \times 3,92}{100 \cdot 57,1} = 0,069 \rightarrow \begin{cases} K=97 \\ \epsilon=0,9554 \end{cases}$

$$\sigma_a = \frac{4,37 \cdot 10^5}{3,92 \times 0,9554 \times 57,1} = 2043,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b^I = \frac{\sigma_a}{K} = 21,1 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b^I = 137 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Toutes les contraintes sont vérifiées.

## Verification au cisaillement

$$1/ \tau_b = \frac{T}{b_3} < \bar{\tau}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b \quad (\text{Art 25.2 CCBA 68})$$

2/ les dalles doivent être bétonnées sans reprise dans leur épaisseur et ce pour éviter qu'elles comportent des armatures transversales.

$$T = q \frac{l_{\max}}{2} = 16,935 \times \frac{2,8}{2} = 23,71 \text{ t}$$

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b_3} = \frac{23,71 \cdot 10^3}{100 \times \frac{1}{8} \times 58,3} = 4,64 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < \bar{\tau}_b = 6,78 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

## Verification de la flèche

Hourdis rectangulaires appuyés sur leur 4 côtés (Art. 61,22 CCBA 68)

$$\textcircled{1} \frac{1}{20} \frac{M_{Lx}}{M_x} < \frac{h_0}{l_x} \Rightarrow \frac{1}{20} \frac{0,85 M_x}{M_x} = 0,0425 < 0,208 = \frac{58,3}{280}$$

$$\textcircled{2} w_0 = \frac{A}{b h} < \frac{20}{\sigma_{\text{con}}} \Rightarrow \frac{7,69}{100 \times 58,3} = 0,00132 < 0,00476$$

donc on peut admettre qu'il n'est pas utile de donner une justification de la flèche.

## Conclusion :

L'étude manuelle des structures autostables à grande hauteur est laborieuse et les risques d'erreurs sont plus grands. L'étude devient intéressante si des moyens de calcul sont mis à la disposition des élèves ingénieurs. ainsi ils pourront orienter principalement leur travail beaucoup plus sur la conception.

Dans le calcul des poteaux, la quantité d'aciers trouvée dans le sens longitudinal est nettement supérieure que dans le sens transversal. Le choix de sections rectangulaires aurait été plus judicieux.

## - BIBLIOGRAPHIE -

- Règles Parasismiques Algériennes (R.P.A version 83)
- CCBA 68
- ossatures des bâtiments . (A. COIN)
- Calcul pratique des ossatures de bâtiments en B.A (A. FUENTES)
- Conception et Calcul des structures soumises au Seisme . (O.P.U)
- Calcul pratique des sections en B.A (P. CHARON)
- Cours de Béton III . (M. BELAZOUGHI)



